

CELSIA

Manual Norma de
Red Aérea BT

MANUAL RED AEREA BAJA TENSION CELSIA

Contenido

1. OBJETIVO	6
2. GLOSARIO DE TÉRMINOS.	6
3. DELIMITACION DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS.....	8
3.1 ZONAS POR ALTITUD Y TEMPERATURA AMBIENTAL.....	8
4. ELEMENTOS DE LAS LINEAS	9
4.1. CONDUCTORES DE LÍNEA	9
4.2. CONDUCTORES DE ACOMETIDAS.....	11
4.3. POSTES Y CIMENTACIONES.....	13
4.3.1 Postes	13
4.3.2 Cimentaciones.....	14
4.4. ESTRUCTURAS O CONJUNTOS.....	16
4.4.1 Configuraciones de las Redes de B.T.	16
4.4.2 Codificación de Estructuras.....	18
4.5. MATERIAL DE CONEXIÓN A LA RED	19
4.5.1 Empalmes.....	19
4.5.2 Conectores perforantes de derivación.....	20
4.5.3 Cajas de derivación de acometidas.....	20
4.5.4 Materiales varios	20
4.6. RETENIDAS.....	21
4.7. PUESTA A TIERRA.....	25
4.7.1 Generalidades	25
4.7.2 Conductor a tierra.....	26
4.7.3 Electrodo de Puesta a Tierra.....	26
5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	28
5.1. GENERALIDADES	28
5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA.....	28
5.3. CRUZAMIENTOS.....	28
5.3.1 Cruce con líneas eléctricas aéreas de B.T., M.T. y de Comunicación.....	28
5.3.2 Cruces con diferentes lugares y situaciones	29
5.4. PASO POR ZONAS	32
5.4.1 Paso por zonas con Edificaciones.....	32
5.5. DISTANCIA VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES SOBRE LA MISMA ESTRUCTURA.....	33
5.5.1 Con líneas eléctricas de M.T, líneas de B.T. y comunicaciones.....	33
5.5.2 Carreteras, caminos y calles	34
6. CALCULO ELECTRICO.....	34

6.1.	CARGAS DE DISEÑO.....	34
6.2.	CORRIENTE NOMINAL	35
6.3.	CAÍDA DE TENSIÓN.....	36
7.	CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)	37
7.1.	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA	37
7.2.	SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA.....	37
8.	CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES	39
8.1.	GENERALIDADES	39
8.2.	HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA	40
8.3.	PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR	41
8.4.	VANOS IDEALES DE REGULACIÓN	44
8.5.	TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO	44
8.6.	TABLAS DE REGULACIÓN	45
9.	CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES	45
9.1.	GENERALIDADES	45
9.2.	ESFUERZO EQUIVALENTE DE UNA FUERZA	46
9.3.	HIPÓTESIS NORMALES	47
9.3.1	Esfuerzos verticales	47
9.3.2	Esfuerzos horizontales transversales	48
9.3.3	Esfuerzos horizontales longitudinales	52
9.4.	SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO	52
9.4.1	Esfuerzos últimos y factores de mayoración	52
9.4.2	Método de selección.....	53
10.	CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS.....	54
10.1.	RETENIDAS	54
10.1.1	Cable de retenida	54
10.1.2	Compresión en el poste.....	55
10.1.3	Anclaje de la retenida	56
10.1.4	Consideraciones respecto al diseño y la instalación de la retenida	62
11.	CÁLCULO DE CIMENTACIONES.....	63
11.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO	63
11.2.	MÉTODO DE CÁLCULO.....	64
11.2.1	Consideraciones generales	64
12.	CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	67
13.	NORMAS.....	68

Tablas

Tabla 1. Altitudes y Temperaturas Ambientales por zona.....	8
Tabla 2. Descripción de los Conductores para Redes de B.T.....	9
Tabla 3. Características Generales de Conductores Trenzados.....	10
Tabla 4. Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Línea.....	10
Tabla 5. Características Generales de Conductores Concéntricos.....	12
Tabla 6. Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Acometida.....	13
Tabla 7. Características Generales de los Postes de Hormigón.....	13
Tabla 8. Codificación de conjuntos.....	19
Tabla 9. Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado.....	24
Tabla 10. Características Generales de las Varillas de Anclaje.....	25
Tabla 11. Características Generales de los Aisladores Tensores.....	25
Tabla 12. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra. RETIE Tabla 15.4.....	25
Tabla 13. Características Generales de los conductores a tierra.....	26
Tabla 14. Características Generales de los electrodos de PAT.....	27
Tabla 15. Distancias verticales mínimas en cruces o recorridos paralelos en vanos.	29
Tabla 16. Cruce con Diferentes lugares y situaciones para redes BT.....	31
Tabla 17. Paso por Diferentes Zonas.....	33
Tabla 18. Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura.	33
Tabla 19. Cargas de diseño.....	34
Tabla 20. Factores de Simultaneidad o Demanda Diversificada.....	35
Tabla 21. Valores típicos de resistividad del terreno.....	38
Tabla 22. Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno.....	38
Tabla 23. Hipótesis de cálculo mecánico.....	40
Tabla 24. Límites de tensión mecánica.....	41
Tabla 25. Fuerza unitaria de viento por conductor.....	43
Tabla 26. Peso unitario aparente por conductor.....	43
Tabla 27. Hipótesis y tipos de esfuerzos.....	46
Tabla 28. Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste.....	48
Tabla 29. Hipótesis Normales para postes de hormigón.....	53
Tabla 30. Capacidad mecánica de postes.....	53
Tabla 31. Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas.....	56
Tabla 32. Características de los terrenos para el cálculo mecánico de retenidas.....	56
Tabla 33. Dimensiones de las cimentaciones de retenidas con aporte de hormigón.....	57
Tabla 34. Características de los terrenos.....	60
Tabla 35. Tipificación de terrenos y sus características.....	63

Figura 1. Capuchón termocontráctil para extremo de cable.....	11
Figura 2. Solado base	15
Figura 3. Cimentación en terreno con nivel freático bajo.	16
Figura 4. Configuración con aislador tipo carrete.....	17
Figura 5. Configuración con grapas y pinzas.	17
Figura 6. Configuración especial.....	18
Figura 7. Retenida Bisectora.....	22
Figura 8. Retenida Alineada.....	22
Figura 9. Retenida Especial 90°.....	22
Figura 10. Retenida para Configuración Especial (Retenida Aérea).....	23
Figura 11. Retenida Directa a Tierra Inclinada	23
Figura 12. Retenida Directa a Tierra Vertical	24
Figura 13. Distancias “d1” y “d” en cruce y recorridos de vías	30
Figura 14. Distancia “e” en cruce con ferrocarriles sin electrificar	30
Figura 15. Distancia “g” para cruces con ríos.....	30
Figura 16. Distancia “f” para cruces con ferrocarriles.....	31
Figura 17. Diagrama Caída de Tensión	36
Figura 18. Peso unitario aparente	42
Figura 19. Sistema cartesiano de esfuerzos	46
Figura 20. Esfuerzo EQUIVALENTE de una fuerza	47
Figura 21. – F_{TVC}	50
Figura 22. Cálculo de esfuerzo F_t	51
Figura 23. Cálculo de proyecciones P_1 , P_2 y P_3 de cada semivano.....	51
Figura 24. Ancla de hormigón tipo bloque.....	57
Figura 25. Ancla de hormigón tipo bloque (acercamiento)	58
Figura 26. Ancla de hormigón tipo pirámide truncada	60
Figura 27. Ancla de hormigón tipo pirámide truncada (acercamiento)	61
Figura 28. Cimentación	65

1. OBJETIVO

El objeto del presente manual es establecer las características técnicas que debe cumplir la construcción de redes aéreas de Baja Tensión en conductor trenzado en el sistema eléctrico operado por CELSIA en Colombia.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS.

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

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

BAJA TENSIÓN: Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

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

CIGRE: Conseil International des Grands Reseaux 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.

CONDUCTOR TRENZADO: Cable aislado formado en haz por tres conductores de fase (AAC) y un conductor de neutro (autoportante de AAAC)

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 utilizada para determinar la carga transversal debido a la acción del viento sobre los conductores. Se define como la distancia entre los puntos medios de dos vanos adyacentes.

GRAVIVANO: Distancia utilizada para determinar la carga vertical debido al peso propio del conductor. Se define como la distancia entre los vértices de las catenarias de dos vanos adyacentes.

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).

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del manual. 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.

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.

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 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, 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 la 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.

3. DELIMITACION DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS

Para todos los Proyectos Específicos diseñados en el área de operación de CELSIA se debe definir la zona territorial donde se encuentra emplazada la línea objeto del proyecto, determinada por las temperaturas ambientales.

3.1 ZONAS POR ALTITUD Y TEMPERATURA AMBIENTAL

En la zona del Valle del Cauca 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 de viento máxima es de 100 km/h para las tres zonas.

En la tabla 1 se presentan las temperaturas establecidas para el diseño de líneas aéreas BT.

Tabla 1. Altitudes y Temperaturas Ambientales por zona

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

4. ELEMENTOS DE LAS LINEAS

4.1. CONDUCTORES DE LÍNEA

Los conductores para emplear serán trenzados de aluminio. Los conductores trenzados se construirán con los conductores de fase de aluminio, mientras que el neutro será de aleación de aluminio (AAAC).

No se permite instalar redes de baja tensión en conductores desnudos.

En las tablas 2, 3 y 4 se indican las características generales de los conductores.

Tabla 2. Descripción de los Conductores para Redes de B.T.

Características constructivas	
Conductor	Descripción
Conductores de uso en líneas y acometidas	
Tríplex #2	Trenzado; Fases: #2 AAC – Neutro: #2 AAAC
Tríplex 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Cuádruplex 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Tríplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC
Cuádruplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC

Tabla 3. Características Generales de Conductores Trenzados

Conductor	Tríplex #2 AWG	Triplex 1/0 AWG	Cuádruplex 1/0 AWG	Triplex 4/0 AWG	Cuádruplex 4/0 AWG
Sección de la fase (mm ²)	33,6	53,5	53,5	107,2	107,2
Sección del neutro (mm ²)	39,2	62,4	62,4	125	125
Composición fase (nº x ϕ en mm)	7 x 2,47	7 x 3,12	7 x 3,12	13 x 2,9 + 6 x 2,12	13 x 2,9 + 6 x 2,12
Composición neutro (nº x ϕ en mm)	7 x 2,67	7 x 3,37	7 x 3,37	7 x 4,77	7 x 4,77
Aislamiento	Polietileno reticulado				
Diámetro aproximado del haz (mm)	21	27	33	35	40
Peso del haz (daN/m)	≤ 0,351	≤ 0,631	≤ 0,870	≤ 1,189	≤ 1,570
Carga de rotura por conductor (daN) (1)	1 240	1 890	1 890	3 780	3 780
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 °C (Ω/km) Conductor de Fase	≤ 0,86	≤ 0,54	≤ 0,54	≤ 0,27	≤ 0,27
Resistencia eléctrica en C.C. a 60°C (Ω/km) Conductor de Fase	≤ 0,99	≤ 0,63	≤ 0,63	≤ 0,31	≤ 0,31
Intensidad máxima admisible (A) (2)	150	205	180	300	275

(1) Cuando se cita la carga de rotura por conductor se refiere a la del neutro de AAAC.

(2) Valores calculados en las siguientes condiciones: T. Ambiente: 25°C, T. Conductor: 75°C, velocidad del viento: 0,6 m/s y sin radiación solar.

Tabla 4. Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Línea

Duración del cortocircuito (s)	CONDUCTOR		
	AAC #2 AWG Isc (kA)	AAC 1/0 AWG Isc (kA)	AAC 4/0 AWG Isc (kA)
0,1	9,88	15,73	31,53
0,15	8,07	12,85	25,74
0,2	6,99	11,13	22,29
0,5	4,42	7,04	14,10
1	3,12	4,98	9,97
1,5	2,55	4,06	8,14
2	2,21	3,52	7,05

Los extremos de los conductores se protegerán mediante capuchones que impidan el ingreso de humedad o sustancias corrosivas que puedan deteriorarlos.

Los capuchones pueden ser del tipo termocontráctil o de instalación en frío.

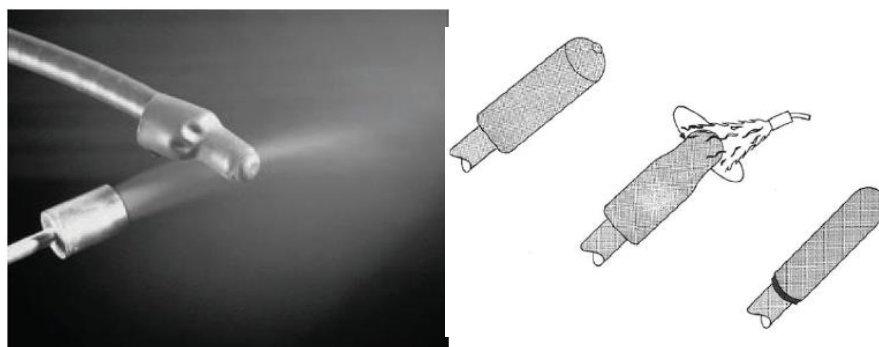


Figura 1. Capuchón termocontráctil para extremo de cable.

4.2. CONDUCTORES DE ACOMETIDAS

La acometida es la parte de la instalación comprendida entre la red de distribución general y la instalación receptora. Se entiende por unidad receptora el gabinete donde está instalado el contador de energía y el sistema de protección. Por lo tanto, forman parte de ella, los siguientes elementos:

- Elementos de conexión y anclaje a la red de distribución.
- Línea de acometida.
- Los terminales de los conductores de entrada a la instalación receptora.

El tratamiento técnico de las acometidas, sus características, su instalación y protección se presenta en la Norma de Acometidas y Medida.

Tabla 5. Características Generales de Conductores Concéntricos

Conductores concéntricos (Al)							
Conductor	Conc. 2 x #6	Conc. 3 x #6	Conc. 2 x #4	Conc. 3 x #4	Conc. 4 x #4	Conc. 3 x #2	Conc. 4 x #2
Sección de la fase (mm ²)	13,30	13,30	21,20	21,20	21,20	33,60	33,60
Sección del neutro (mm ²)	12,97	13,33	21,30	21,11	21,12	33,70	33,44
Composición fase (nº alam. x Ø en mm)	7 x 1.5544	7 x 1.5544	7 x 1.9608	7 x 1.9608	7 x 1.9608	7 x 2.4739	7 x 2.4739
Aislamiento (1)	Polietileno reticulado y PVC						
Diámetro exterior aproximado (mm) (2)	11,14	11,2 x 18,2	12,7	13,8 x 21,9	22,0	15,6 x 25,3	26,0
Peso del conductor (daN/m)	≤ 0,152	≤ 0,244	≤ 0,246	≤ 0,335	≤ 0,397	≤ 0,471	≤ 0,570
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 °C (Ω/km)	≤ 2,16	≤ 2,16	≤ 1,36	≤ 1,36	≤ 1,36	≤ 0,85	≤ 0,85
Resistencia eléctrica en C.C. a 60 °C (Ω/km)	≤ 2,52	≤ 2,52	≤ 1,58	≤ 1,58	≤ 1,58	≤ 1,00	≤ 1,00
Intensidad máxima admisible (A) (3)	60	60	75	75	75	100	100
Conductores concéntricos (Cu)							
Conductor	Conc. 2 x #8	Conc. 3 x #8	Conc. 2 x #6	Conc. 3 x #6	Conc. 4 x #6	Conc. 3 x #4	Conc. 4 x #4
Sección de la fase (mm ²)	8,37	8,37	13,30	13,30	13,30	21,20	21,20
Sección del neutro (mm ²)	8,44	8,33	12,98	13,33	13,33	21,11	21,12
Composición fase (nº alam. x Ø en mm)	7 x 1,23	7 x 1,23	7 x 1,55	7 x 1,55	7 x 1,55	7 x 1,96	7 x 1,96
Aislamiento (1)	Polietileno reticulado y PVC						
Diámetro exterior aproximado (mm) (2)	9,6	10,0 x 16,0	11,6	11,2 x 18,1	19,1	12,7 x 20,8	22,0
Peso del conductor (daN/m)	≤ 0,225	≤ 0,350	≤ 0,325	≤ 0,475	≤ 0,625	≤ 0,700	≤ 0,900
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 °C (Ω/km)	≤ 2,10	≤ 2,10	≤ 1,32	≤ 1,32	≤ 1,32	≤ 0,83	≤ 0,83
Resistencia eléctrica en C.C. a 60 °C (Ω/km)	≤ 2,43	≤ 2,43	≤ 1,53	≤ 1,53	≤ 1,53	≤ 1,22	≤ 1,22
Intensidad máxima admisible (A) (3)	55	55	75	75	75	95	95

- (1) En los conductores concéntricos solo se aislarán con polietileno reticulado (XLPE) los conductores de fase. El forro exterior es de PVC.
- (2) En el caso de conductores concéntricos que no poseen una sección circular, se indican las dimensiones de los diámetros mayor y menor.
- (3) Valor suministrado por el fabricante para una temperatura de 75°C en el conductor y ambiental de 30°C.

Tabla 6. Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Acometida

Duración del cortocircuito (s)	Conductor					
	Al #6 AWG	Al #4 AWG	Al #2 AWG	Cu #8 AWG	Cu #6 AWG	Cu #4 AWG
0,1	3,91	6,23	9,88	3,78	6,01	9,59
0,15	3,19	5,09	8,07	3,09	4,91	7,83
0,2	2,77	4,41	6,99	2,68	4,25	6,78
0,5	1,75	2,79	4,42	1,69	2,69	4,29
1	1,24	1,97	3,12	1,20	1,90	3,03
1,5	1,01	1,61	2,55	0,98	1,55	2,48
2	0,87	1,39	2,21	0,85	1,34	2,14

Se deben cumplir las distancias mínimas de seguridad sobre el suelo en acometidas que crucen calzadas.

4.3. POSTES Y CIMENTACIONES

4.3.1 Postes

Los postes serán de hormigón pretensado, fibra de vidrio y metálicos, de resistencia adecuada al esfuerzo que han de soportar. En la tabla 7 se indican las principales características de los postes de hormigón.

Tabla 7. Características Generales de los Postes de Hormigón

Denominación	Altura (m)	Carga de Rotura (daN)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-9/500 daN	9	500	14	27,5
PH-9/735 daN	9	735	14	27,5
PH-9/1030 daN	9	1 030	19	32,5
PH-10/500 daN	10	500	14	27,5
PH-10/735 daN	10	735	14	27,5
PH-10/1030 daN	10	1 030	19	34

Los postes se clasifican según su función en:

Postes de alineación (AL)
Postes de ángulo (ANG)

Postes de fin de línea (FL)
Postes de estrellamiento (PE)

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

PA – B / C

A = H si Hormigón, M si es metálico, F si es fibra.

B = Altura (m)

C = Esfuerzo de rotura (daN)

Ejemplo: PH – 9 / 735 = Poste de hormigón de 9 m de altura y 735 daN de carga nominal de rotura.

4.3.2 Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán enterrando el poste directamente en el suelo. Las cimentaciones con aporte de hormigón serán del tipo cilíndrica cuando las condiciones del terreno lo exijan.

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 físico-mecánicas, 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. La calidad del agua debe garantizarse con el cumplimiento mínimamente de: un PH \geq 5, Sustancias Disueltas \geq 15 g/l, sin hidratos de carbono. Se prohíbe la utilización de agua de mar.

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 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).

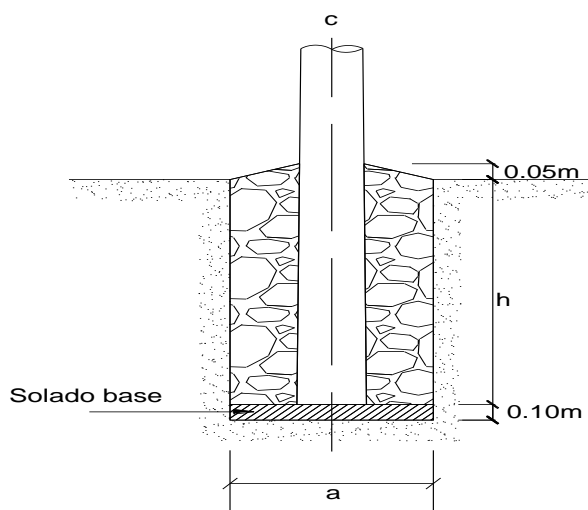


Figura 2. Solado base

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 – YY

XXX = Tipo de Cimentación
 051 Monobloque cilíndrico
 052 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 cilíndrico en terreno normal

Para nivel freático superior a 2 metros, la cimentación será de 30 cm alrededor del poste y la mitad de la profundidad de enterramiento.

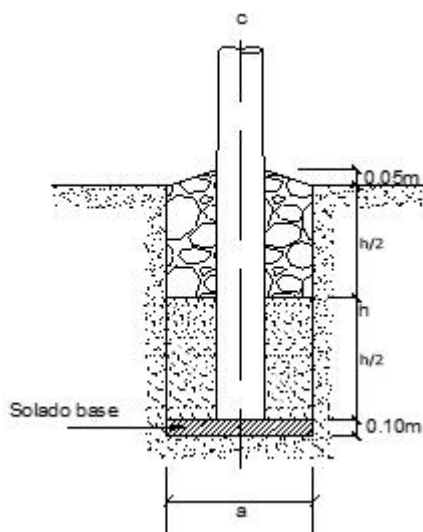


Figura 3. Cimentación en terreno con nivel freático bajo.

4.4. ESTRUCTURAS O CONJUNTOS

Una estructura es un conjunto de herrajes, accesorios (soportes, flejes, etc.) cuya función es transferir los esfuerzos de los conductores a los postes.

Por otro lado, define la ubicación en el espacio de los conductores o lo que llamaremos CONFIGURACIÓN de la estructura.

4.4.1 Configuraciones de las Redes de B.T.

Las distintas configuraciones posibles para redes trenzadas de B.T. son las siguientes:

a) Configuración con Aislador tipo Carrete

Es la configuración prioritaria. Los conductores se instalarán directamente sobre el poste. El neutro mensajero se sujetará al poste mediante el uso de una percha o soporte horquilla de un puesto con un aislador tipo carrete. El soporte horquilla será instalado sobre el poste utilizando abrazaderas o pernos. En los conjuntos de corridos y terminales también se sujetarán con abrazaderas o pernos.

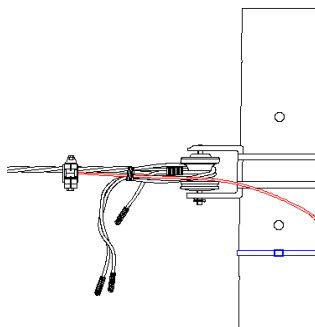


Figura 4. Configuración con aislador tipo carrete.

b) Configuración con Grapas y Pinzas

Igualmente, los conductores se instalarán directamente sobre el poste. Para sujetar el conductor al poste se utilizarán pinzas de amarre o grapas de suspensión de acuerdo a la función del apoyo. Se utiliza el neutro fiador para sujetar el haz de conductores.

Se utilizarán abrazaderas o bridas de sujeción antes y después de cada grapa o pinza con el objetivo de asegurar la unión del haz de conductores triplex o cuádruplex.

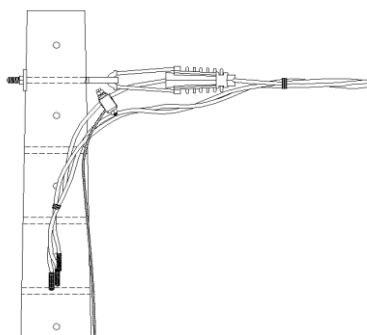


Figura 5. Configuración con grapas y pinzas.

c) Configuración Especial

Los conductores de la red de Baja Tensión se instalan en el extremo de la cruceta de MT en configuración bandera. Para soportar el conductor se utilizará un herraje en forma de U que permita aumentar la distancia vertical de separación entre la red MT y BT.

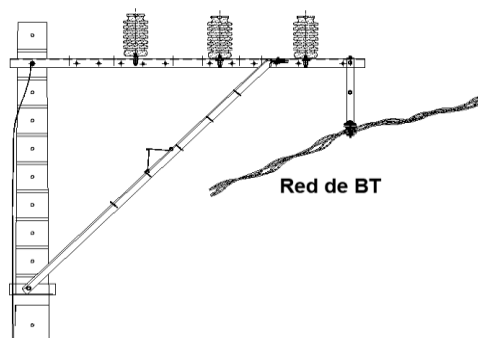


Figura 6. Configuración especial.

d) Configuración Red Tipo Acometidas (chilena)

La red se conforma con las acometidas agrupadas y amarradas a un mensajero en cable de acero galvanizado. La acometida de mayor longitud no sobrepasa los sesenta (60) m y todas son alimentadas por transformadores monofásicos de baja capacidad (Menor a 37.5kVA)

La fijación del cable mensajero al poste se hace mediante el mismo sistema de la configuración con aislador carrete.

Atendiendo a factores constructivos se permite colocar, sobre el cable mensajero, hasta 12 conductores concéntricos bipolares, 8 conductores tripolares o 6 conductores tetrapolares, con vanos entre postes no mayores a 40m.

4.4.2 Codificación de Estructuras

Las estructuras de baja tensión se codificarán según la siguiente regla mnemotécnica SA XYA.

Donde

SA = Red secundaria aislada en cable múltiplex.

X:

- 1: Alineación 0° - 3°
- 2: Alineación 3° - 60°
- 3: Terminal Sencillo
- 4: Doble terminal

Y = 1: Un solo circuito.

Z: A: Asegurado con abrazadera. La ausencia de este subíndice indica que es asegurado con perno.

Tabla 8. Codificación de conjuntos

CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	ÁNGULO
SA11	Conjunto corrido asegurado con perno	0° - 3°
SA11A	Conjunto corrido asegurado con abrazadera	0° - 3°
SA12	Conjunto corrido asegurado con perno	3° - 60°
SA12A	Conjunto corrido asegurado con abrazadera	3° - 60°
SA31	Conjunto terminal sencillo asegurado con perno	No Aplica
SA31A	Conjunto terminal sencillo asegurado con banda	No Aplica
SA41	Conjunto terminal doble asegurado con perno	3° - 90°
SA41A	Conjunto terminal doble asegurado con banda	3° - 90°

4.5. MATERIAL DE CONEXIÓN A LA RED

Se deben utilizar los siguientes elementos de conexión para el montaje y uso de la red B.T.

4.5.1 Empalmes

Se emplearán dos tipos de material para la realización de los empalmes en las líneas de B.T. en las cuales no se prevea la posibilidad de una futura desconexión.

Empalmes a plena tracción. Se utilizarán para conexiones de empalme, bajo tensión mecánica del neutro mensajero. El empalme se debe aislar.

Empalme manguito a compresión. Se utilizará para conexiones de empalme de las fases que no soportan tensiones mecánicas.

Su instalación se efectuará por compresión mediante prensas con matricería hexagonal. Este empalme será preaislado.

Los empalmes deben quedar distanciados 60 cm de los postes y se deben instalar escalonados a 40 cm entre sí.

4.5.2 Conectores perforantes de derivación

Se utilizarán para la derivación de conductores de línea y acometida, permitiendo, con facilidad, el montaje y desmontaje independiente del conductor de línea y del conductor o conductores derivados.

No se permitirá la conexión de dos derivaciones del mismo conector perforante.

Su diseño será tal que, una vez instalados, no presenten accesible ningún elemento metálico bajo tensión eléctrica.

La conexión se realiza mediante la perforación de los aislantes del conductor principal y derivado.

Una vez hecha la conexión las partes metálicas expuestas, se deben cubrir con el capuchón previsto para esta labor.

4.5.3 Cajas de derivación de acometidas

Se emplearán cuando sea necesaria la conexión de tres o más conductores derivados de la línea principal.

La caja de derivación se conectará mediante cable concéntrico de la capacidad de corriente adecuada a la red y se derivarán las acometidas desde ella.

En redes construidas en configuración especial las cajas de derivación se instalarán sobre el cable trenzado a 1.5 m del eje del poste.

Cuando la red sea en configuración especial, las cajas de derivación serán instaladas sobre el poste, sujetas mediante fleje de acero inoxidable y hebillas (cinta band it).

Las cajas serán de material plástico resistente a los rayos ultravioleta, y en su interior poseerán los barrajes y mecanismos de conexión especificados. El cable alimentador de la caja será concéntrico de cobre calibre 3 x #4 AWG o 4 x #4 AWG, este cable se conectará a la red con conectores de perforación de aislamiento.

En las cajas de derivación se instalarán las marquillas de identificación de usuarios.

4.5.4 Materiales varios

- Bridas de sujeción o abrazaderas. Estarán fabricadas en material sintético de alta resistencia a la intemperie y sin aristas vivas que puedan dañar al aislamiento de los conductores.

- Soportes de amarre y suspensión. Estarán diseñados de modo que permitan la instalación de pinzas de amarre y grapas de suspensión. En los postes se utilizarán tornillos pasantes de acero galvanizado con cabeza de ojo o algún material similar.
- Grapas de suspensión. Se usarán grapas de suspensión solo con los conductores de neutro mensajero de aleación de aluminio (AAAC). La grapa sujetará al haz de conductores por el neutro. Deben permitir las oscilaciones transversales y longitudinales de los conductores. Estarán fabricadas en materiales de alta resistencia a la intemperie y deberán soportar esfuerzos de tracción.
- Pinza de amarre para el neutro fiador. Las pinzas serán de cuerpo metálico, mientras que las cuñas que estén en contacto con el conductor serán de material plástico.

4.6. 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.

Se clasifican en tres categorías, según su función:

- a) Bisectora
- b) Alineada
- c) Especial 90°
- d) Retenida para configuración especial con red de media y baja tensión.

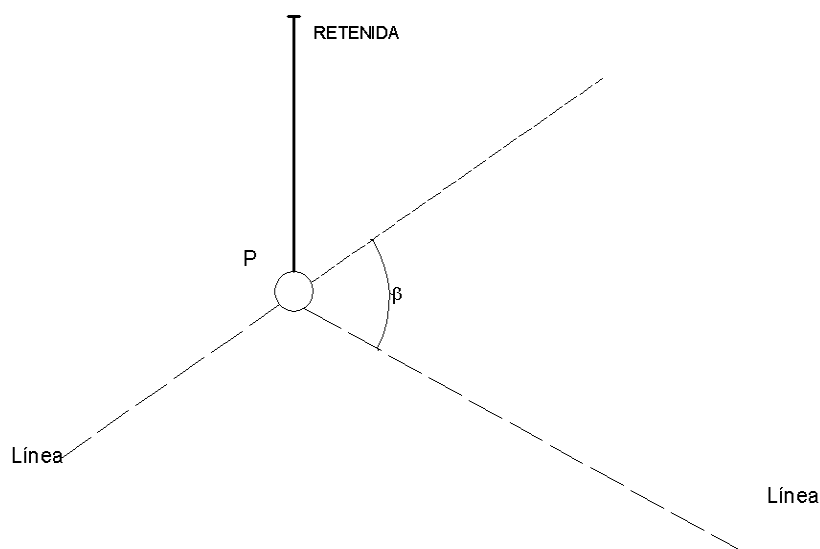


Figura 7. Retenida Bisectora

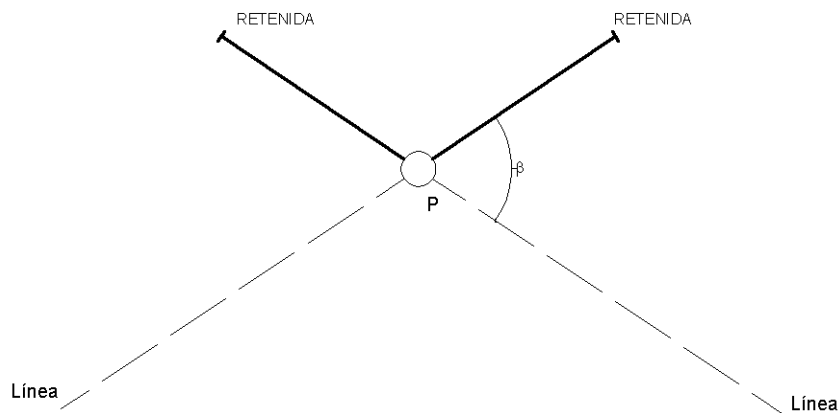


Figura 8. Retenida Alineada

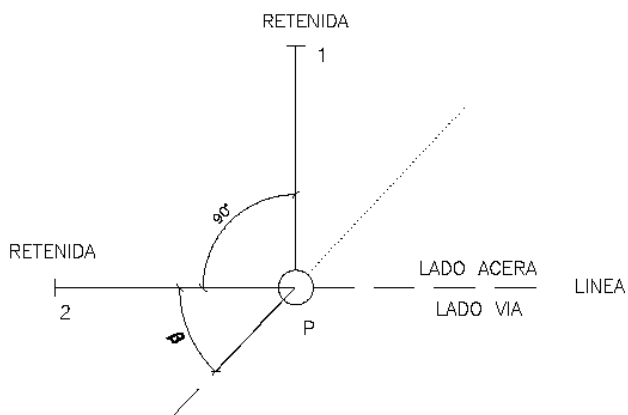


Figura 9. Retenida Especial 90°

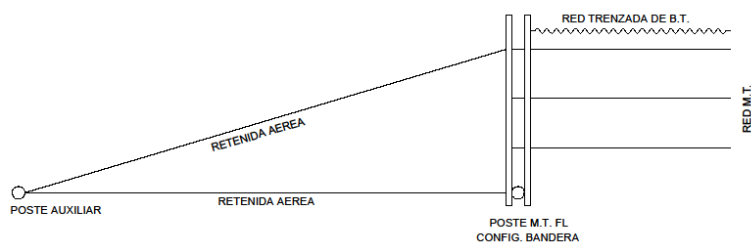


Figura 10. Retenida para Configuración Especial (Retenida Aérea)

En ANG las retenidas bisectoras deben emplearse en ángulos de línea hasta 30° . En cualquier otro caso, se utilizará la solución de retenidas alineadas.

Las retenidas especiales se utilizarán en zonas urbanas y en postes de ángulo, cuando se presenten problemas de espacio y no sea posible instalar ni bisectora ni alineada.

Las retenidas para configuración especial se utilizarán en terminales de red de media y baja tensión simultánea, apoyándose en un poste auxiliar y una retenida directa a tierra, si es posible.

Atendiendo a su tipo, las retenidas se clasifican así:

- a) Retenida directa a tierra inclinada

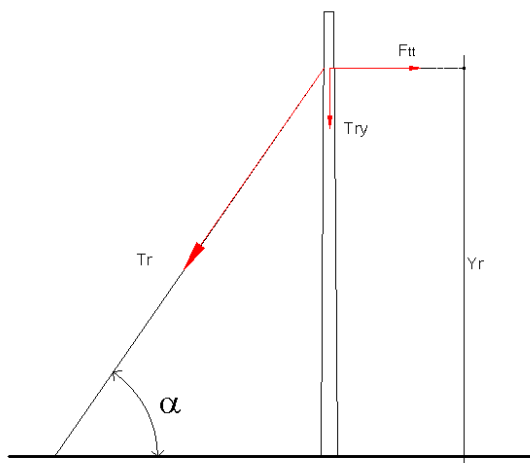


Figura 11. Retenida Directa a Tierra Inclinada

- b) Retenida directa a tierra vertical

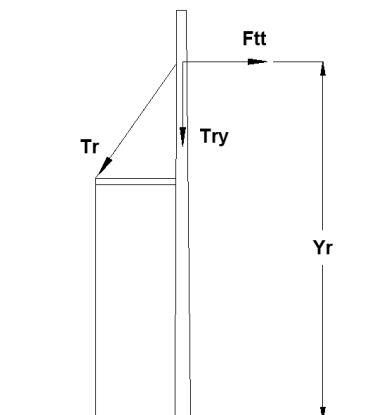


Figura 12. Retenida Directa a Tierra Vertical

En las tablas mostradas a continuación, se indican las principales características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y pletina de fijación para retenida.

Tabla 9. Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado

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

Tabla 10. Características Generales de las Varillas de Anclaje

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

Tabla 11. Características Generales de los Aisladores Tensores

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

4.7. PUESTA A TIERRA

4.7.1 Generalidades

Se colocará a tierra el conductor neutro de la red de baja tensión en los postes que soporten el transformador, fines de línea de la red trenzada y todas las crucetas metálicas en configuración especial.

Se garantizará un mínimo de una puesta a tierra del conductor neutro cada 200 metros de longitud de la línea, de modo tal que la resistencia total del sistema con todas las puestas a tierra conectadas sea menor o igual a 10 Ohmios. En cada puesta a tierra la resistencia será menor o igual a 25 Ohmios.

Tabla 12. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra. RETIE Tabla 15.4

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda.	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida de baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles.	10 Ω

4.7.2 Conductor a tierra

Es el conductor que conecta el equipo al electrodo de puesta a tierra. Los tipos son: Cable de Acero recubierto de cobre (Copper-clad Steel) Ø3/8" y Acero Inoxidable Austenítico 304.

En la tabla 13 se indican las principales características de ambos.

Tabla 13. Características Generales de los conductores a tierra

Denominación	Copper-clad Steel	Fleje Acero Austenítico
	3/8"	22,22x1.2m m
Sección Transversal Total (mm ²)	58, 56	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	1,2 x 22,22
Conductividad (%)*	30	2,4
Temperatura de Fusión (°C)*	1084	1400
Constante K _F *	14,64	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	4,52

*Fuente RETI Tabla 24 Constantes de los materiales, pag. 63 Anexo general resol. 181294_08

4.7.3 Electrodo de Puesta a Tierra

Se utilizará electrodo de difusión vertical de cobre o de acero con recubrimiento de cobre (coppercladsteel). Cuando se utilice electrodo de acero inoxidable austenítico 304 el conductor a tierra debe ser del mismo material.

En la tabla 14 se indica las principales características de la varilla utilizada como electrodo de difusión vertical.

Tabla 14. Características Generales de los electrodos de PAT

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		DIÁMETRO mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento mm
Varilla	Cobre	12,7			
	Aleaciones de cobre	12,7			
	Acero inoxidable	15			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de Cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje o cinta sólida	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		100	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable trenzado	Cobre o cobre estañado	1,8 para cada hilo	50		
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Alambre redondo	Cobre	8	50		
	Acero galvanizado	10	78,5		70
	Acero inoxidable	10			
	Acero recubierto de cobre	10			250
Placa sólida	Cobre		2500 00	1,5	
	Acero inoxidable		3600 00	6	

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.

La nomenclatura a emplear para designar las puestas a tierra es la siguiente:

PAT - YM

Y= Tipo de Puesta a Tierra

1 Electrodo Difusión Vertical

M = Material del electrodo

- 1 Acero recubierto de cobre (Coppercladsteel)
- 2 Cable de cobre No. 2
- 3 Cable de acero galvanizado de 9.52 mm de diámetro (3/8"

5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

5.1. GENERALIDADES

En este apartado se muestran las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en torno a los conductores de baja tensión para evitar riesgos a las personas e impedir daños a las instalaciones e interrupciones en el servicio.

Todas las distancias de seguridad aquí descritas se deben medir de superficie a superficie.

En la medición de distancias, los herrajes y accesorios que están energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea se deben considerar como parte integral de los mismos.

Las distintas distancias de seguridad a tener en cuenta en el presente Manual, serán las siguientes:

5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA

Los conductores de B.T. de distintos circuitos soportados por el mismo apoyo se separarán verticalmente un mínimo de 0.4 m mientras que horizontalmente se situarán a 0,3 m.

5.3. CRUZAMIENTOS

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados a la distancia indicada en los siguientes apartados por encima de cualquier punto del terreno o superficie.

5.3.1 Cruce con líneas eléctricas aéreas de B.T., M.T. y de Comunicación

La línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de media tensión. Cuando sea posible y práctico, el cruce de conductores se hará aprovechando una misma estructura.

Las distancias mínimas indicadas en este apartado se medirán en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores, considerando las posibles posiciones de los mismos y teniendo en cuenta el desplazamiento más desfavorable de la línea.

Cuando el cruce sea en diferentes estructuras se procurará que se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de Media Tensión. Las mínimas distancias verticales que se deben respetar serán las que indica en la tabla 14.

Las líneas de baja tensión cruzarán por encima de las de telecomunicación. Solo en casos excepcionales se permitirá que pasen por debajo, respetando siempre la distancia mínima vertical de seguridad respecto al suelo.

Las distancias verticales mínimas en cruces o recorridos paralelos de distintas líneas no podrán ser menores a las establecidas en la tabla 15.

Tabla 15. Distancias verticales mínimas en cruces o recorridos paralelos en vanos.

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

5.3.2 Cruces con diferentes lugares y situaciones

La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de los raíles, hilos sustentadores o superficies, será como se muestra en la tabla 15.

En el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de pértigas de hierro para transmitir la energía eléctrica del cable conductor al vehículo (trole) u otros elementos de toma de corriente que puedan separarse accidentalmente de la línea de contacto, los conductores de B.T. deben estar a una altura tal que, al desconectarse el mecanismo de toma de corriente, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, se mantenga una distancia mínima de 1,2 m entre ambos.

En los cruces con ríos y canales, navegables o flotables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua se medirá teniendo en cuenta el máximo nivel que ésta pueda alcanzar.

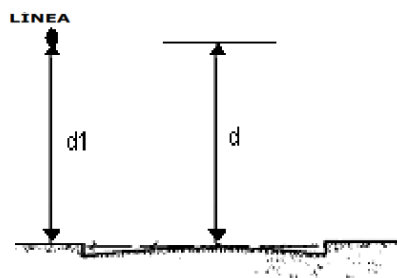


Figura 13. Distancias “d1” y “d” en cruce y recorridos de vías

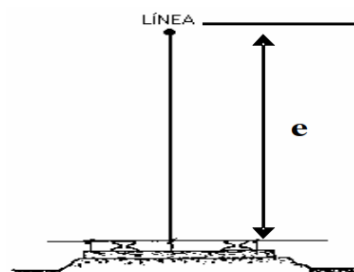


Figura 14. Distancia “e” en cruce con ferrocarriles sin electrificar

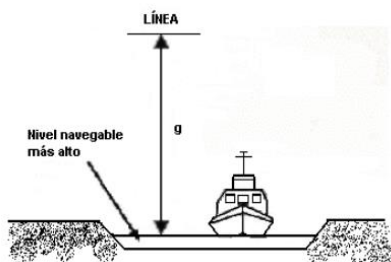


Figura 15. Distancia “g” para cruces con ríos

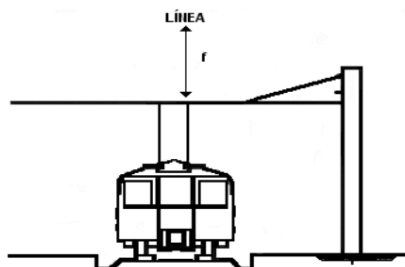


Figura 16. Distancia “f” para cruces con ferrocarriles

Tabla 16. Cruce con Diferentes lugares y situaciones para redes BT

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)
Distancia mínima al suelo “d” en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular	5
Cruce de líneas aéreas de baja tensión en grandes avenidas.	5,6
Distancia mínima al suelo “d1” desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles.	5
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 las zonas de servidumbre	5
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.	7,5
Distancia mínima vertical en el cruce “f” a los conductores alimentadores de ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trole-buses	1,2

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.	9,6
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.	4,6
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.	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.	7

Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce.

Para el cálculo se tomará la flecha final obtenida según la hipótesis de cálculo más desfavorable, sin tener en cuenta el desplazamiento producido por la acción del viento.

5.4. PASO POR ZONAS

5.4.1 Paso por zonas con Edificaciones

Los conductores pueden ser colocados adyacentes a las construcciones, siempre y cuando las distancias verticales y horizontales no sean menores que las indicadas por la tabla 16, bajo las siguientes condiciones: (Para conductores aislados las distancias horizontales no aplican).

- Cuando los conductores discurran por encima y a lo largo de las instalaciones, las separaciones se respetarán teniendo en cuenta la temperatura máxima del conductor (50 °C) sin desplazamiento de viento (flecha final).

Tabla 17. Paso por Diferentes Zonas

Naturaleza de la superficie		Distancia de seguridad mínima (m)
Horizontal	Anuncios, chimeneas, antenas, etc. No accesibles a personas y que no requieran mantenimiento (pintura, limpieza, cambio de partes).	N/A para conductores aislados
	Zonas de edificios, muros, proyecciones, ventanas, independientemente de la facilidad de la accesibilidad de las personas	N/A para conductores aislados
Vertical (*)	Anuncios, chimeneas, antenas, zonas de edificios, etc. No accesibles a personas	0.45
	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura	3,5
	Carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5

(*) Las distancias verticales se respetarán tanto por encima como por debajo de la superficie de referencia en las condiciones indicadas en este apartado.

5.5. DISTIANCIA VERTICAL MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES SOBRE LA MISMA ESTRUCTURA

5.5.1 Con líneas eléctricas de M.T, líneas de B.T. y comunicaciones.

Las distancias mínimas serán las establecidas en la tabla 18.

Tabla 18. Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura.

		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

5.5.2 Carreteras, caminos y calles

Las estructuras, incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más separado posible de la orilla de la carretera, camino o calle. En el caso de que existan bordillos la estructura deberá colocarse lo más separado posible de la orilla del bordillo y nunca a menos de 0,15 m. En todos los casos los postes serán instalados de modo tal que se asegure el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad para las redes de BT. Las estructuras deben estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura de las esquinas.

6. CALCULO ELECTRICO

6.1. CARGAS DE DISEÑO

Para la realización de los cálculos para el diseño de las redes de baja tensión se emplearán los niveles de energía y potencia de diseño, definidos en la tabla 19.

Tabla 19. Cargas de diseño

Rango	Consumo promedio (kWh/mes)	Potencia inicial (kW)	Tasa Anual de crecimiento (%)
Bajo Bajo	De 1 a 80	0,7	2.0
Bajo	De 81 a 130	1,0	2,0
Medio	De 131 a 180	1,2	1.0
Medio Alto	De 181 a 300	2,0	1.0
Alto	De 301 a 600	3,5	1.0

En el caso de existir alguna vivienda o edificio con un promedio de consumo mensual mayor a 660kW se considerará como carga especial y para el cálculo se empleará la potencia real instalada y demandada.

En caso de proyectos nuevos, se realizará un estudio minucioso mediante la realización de un censo de cargas teniendo en cuenta la proyección de la demanda a futuro, el estrato y nivel económico de la población a electrificar.

El conductor a seleccionar debe cumplir simultáneamente los apartados 6.2 y 6.3. Para ello se tendrán en cuenta las potencias unitarias de diseño de cada una de las cargas / clientes y el número de clientes atendidos simultáneamente por dicho conductor, mediante la utilización de los factores de simultaneidad o demanda diversificada de la tabla 20.

Tabla 20. Factores de Simultaneidad o Demanda Diversificada

No. USUARIOS	ESTRATO 1	ESTRATOS 2 Y 3	ESTRATO 4	ESTRATOS 5 Y 6
	FACTOR DE DEMANDA DIVERSIFICADA (factor de simultaneidad)			
1	0,9174	1,4941	1,4707	1,6706
2	0,6640	0,9899	1,1202	1,4234
3	0,5703	0,7600	0,9109	1,2467
4	0,5356	0,6552	0,7859	1,1204
5	0,5228	0,6075	0,7113	1,0302
6	0,5180	0,5857	0,6667	0,9657
7	0,5163	0,5758	0,6401	0,9197
8	0,5156	0,5712	0,6242	0,8867
9	0,5154	0,5692	0,6148	0,8632
10	0,5153	0,5682	0,6091	0,8464
20	0,5152	0,5674	0,6007	0,8057
30	0,5152	0,5674	0,6007	0,8043
40	0,5152	0,5674	0,6007	0,8043
50	0,5152	0,5674	0,6007	0,8043
100	0,5152	0,5674	0,6007	0,8043

6.2. CORRIENTE NOMINAL

La corriente nominal de la instalación se calcula mediante la siguiente expresión:

- Red BT trifásica:

$$I = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Donde:

P: Potencia trifásica a transportar por la red de BT y/o acometida (kW). Se calcula como suma de las potencias unitarias de diseño de las cargas receptoras, afectadas por el coeficiente de simultaneidad.

U: Tensión nominal entre fases (V)

cosφ: Factor de potencia medio de las cargas receptoras

- Red BT monofásica:

$$I = \frac{1000 \cdot P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

P: Potencia monofásica a transportar por la red de BT y/o acometida (kW). Se calcula como suma de las potencias unitarias de diseño de las cargas receptoras, afectadas por el coeficiente de simultaneidad

U: Tensión nominal de la línea (V)

cosφ: Factor de potencia medio de las cargas receptoras

Se seleccionará aquel conductor (de línea ó acometida) cuya intensidad máxima admisible (ver tablas 4 y 6) sea mayor a la corriente nominal.

6.3. CAÍDA DE Tensión

Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

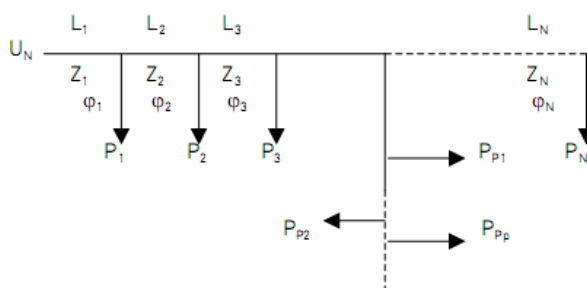


Figura 17. Diagrama Caída de Tensión

Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza el método del momento eléctrico. El porcentaje de caída de tensión está dado por:

$$\% \Delta V = K_v * P * L$$

Siendo:

K_v: Constante de Regulación

P: Potencia a transportar (kW)

L: Longitud de la línea (km)

De igual manera se seleccionará aquel conductor cuya caída de tensión sea menor o igual a los siguientes límites:

- Urbana: 3% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.

- Rural: 5% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.

Los límites de caída de tensión en los conductores de acometida están definidos en la norma de acometidas y medidas de CELSIA.

En el caso de las líneas monofásicas (120/240 V) a tres hilos se considerará la carga equilibrada.

En el apartado B1.3 del anexo B se justifica el cálculo de la constante de regulación. En el capítulo A1 del anexo A aparecen las tablas para obtener la constante de regulación, dependiendo de los diferentes niveles de tensión, conductores normalizados y para diferentes factores de potencia.

En el capítulo B1 del anexo B se desarrolla el cálculo eléctrico de los conductores, que incluye resistencia, pérdidas de potencia y potencia máxima a transportar.

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

7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA

La selección del conductor a tierra depende del valor de la corriente de cortocircuito de régimen transitorio a 150 ms, en el punto de instalación de la puesta a tierra. Este valor será suministrado por CELSIA.

El conductor a seleccionar debe cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \leq I_{cc \text{ adm}}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito en el punto de instalación de la puesta a tierra (kA)

$I_{cc \text{ adm}}$ = Intensidad de cortocircuito máxima admisible del conductor (ver tabla 9)

7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas, su máximo valor establecido para protección contra rayos y/o corriente de cortocircuito en redes de BT es de 10Ω. Es el valor que determina la selección del electrodo.

Se deberá medir la resistividad aparente del terreno, siguiendo los métodos establecidos en el RETIE. En la tabla 21 se presentan valores típicos de resistividad del terreno.

Tabla 21. Valores típicos de resistividad del terreno



Descripción de suelo	Símbolo del Grupo	Resistividad Media ($\Omega \times m$)
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55*
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	CL	25-60*
Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas	ML	30-80
Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla	SC	50-200
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados	SM	100-500

La terminología utilizada en esta tabla corresponde a la “United Soil Classification” y es un método estándar de describir los suelos en un informe geotécnico y geofísico.

*Estos resultados de clasificación de resistividad son altamente influenciados por la presencia de humedad.

La selección del tipo de configuración del electrodo de puesta a tierra se hará de la siguiente manera. Partiendo del valor medido de resistividad aparente del terreno, se selecciona la configuración en la tabla 22 cuya resistividad sea mayor o igual a la medida.

Tabla 22. Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno

Tipo de electrodo	Configuración		Valores máximos de resistividad aparente del terreno ($\rho = \Omega m$)
	Nombre	Diagrama	
Acero recubierto de una capa de cobre (CopperClad Steel)	Electrodo de Difusión Vertical		58
Acero Inoxidable Austenítico 304	Electrodo de Difusión Vertical		58

Los valores de la tabla 22, se calcularon siguiendo la metodología establecida en el anexo B4, con las siguientes premisas:

- La resistencia máxima por punto debe ser 25 ohmios.
- Los valores máximos de resistividad aparente del terreno se obtuvieron considerando un electrodo de difusión vertical de 2,4 m y un diámetro de 16 mm.

Si la resistividad aparente del terreno supera el valor establecido en la tabla 18 remítase al anexo B3 donde se desarrolla el método de cálculo de la puesta a tierra y se dan recomendaciones para mejorar la resistencia de puesta a tierra mediante el tratamiento del terreno.

8. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

8.1. GENERALIDADES

El objeto del cálculo es controlar la tensión mecánica de los conductores para los distintos regímenes de carga / condiciones climáticas para: evitar fatigas y daños que pongan en riesgo la seguridad / continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos vibratorios y aprovechar la capacidad mecánica de los mismos, logrando un balance adecuado entre longitud de vanos y dimensionamiento de postes.

Básicamente, este cálculo dependerá de los siguientes factores:

- a) Las características meteorológicas y geográficas del sitio en la que se instalen las líneas.
- b) La tensión mecánica a la que se verán sometidos los conductores al variar las condiciones ambientales en los distintos casos de carga.
- c) La flecha que tomarán los mismos en los diferentes vanos y para los distintos casos de carga.
- d) Su comportamiento frente a la posible aparición de fenómenos vibratorios. Para estas condiciones a la hora de establecer los límites de tensionado, el presente manual se guiará de las recomendaciones establecidas por el CIGRÉ en el campo de las vibraciones eólicas.
- e) Las características mecánicas de postes y crucetas utilizados en el presente manual.
- f) Los criterios constructivos adoptados para las áreas rural y urbana

8.2. HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA

La tabla 23 resume las distintas condiciones, hipótesis y sobrecargas por viento consideradas.

Tabla 23. Hipótesis de cálculo mecánico

Condición		Temperatura (°C)			SobrecargaQo (daN/m ²)	
		Zona A	Zona B	Zona C	Zona Valle del Cauca	
					Rural	Urbana
Tracción máxima	Hipótesis de Viento máximo	20	16	12	A= 38.51 B = 34.18 C = 29.85	A =22.37 B = 19.86 C= 17.35
	Hipótesis de Viento reducido	26	20	15	A= 23.11 B = 20.51 C = 17.91	A =13.42 B = 11.92 C= 10.41
	Hipótesis de Temperatura mínima	15	10	5	Ninguna	Ninguna
Flecha máxima	Hipótesis de Temperatura máxima	40	35	30	Ninguna	Ninguna
Flecha mínima	Hipótesis de Temperatura mínima	15	10	5	Ninguna	Ninguna
Fenómenos vibratorios	EDS	26	20	15	Ninguna	Ninguna
	CHS	18	14	10	Ninguna	Ninguna

En la condición de tracción máxima se determinará la máxima tensión en los cables mediante la suposición de las condiciones de mayor exigencia mecánica, comparando las tracciones resultantes de las hipótesis de viento máximo, viento reducido y temperatura mínima.

En la condición flecha máxima se verificarán las distancias de seguridad eléctrica a respetar por los conductores. Mediante la flecha resultante de la hipótesis de temperatura máxima se verificarán las separaciones horizontal y vertical entre conductores situados en una misma estructura. La flecha resultante de la hipótesis de temperatura máxima excepcional permitirá verificar el acercamiento del conductor al terreno.

Bajo la condición de flecha mínima, se comprobará que no existan arrancamientos en los postes por causa del tiro vertical resultante hacia arriba (efecto “Up-lift”). El valor de flecha se calculará con la hipótesis de temperatura mínima.

Las hipótesis de EDS y CHS tienen en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable. La primera, en condiciones de temperatura promedio, sin sobrecarga alguna. La segunda, en las condiciones de tensión más elevada que es probable que ocurra a temperatura baja frecuente, sin sobrecarga.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del CIGRE TB273/2005 y del EPRI Orange Book/2008 se han adoptado los siguientes límites de tensión mecánica, expresados como porcentaje de la carga de rotura del conductor (CR), para cada una de las hipótesis:

Tabla 24. Límites de tensión mecánica

Conductor	Porcentajes de la carga de rotura (% CR)					
	Viento máximo	Temperatura mínima	Temperatura máxima	EDS	CHS	
					Tense normal	Tense reducido
TRIPLEX N° 2 AWG	28.2	28.2	28.2	15.0	9.5	8.0
TRIPLEX N° 1/0 AWG	18.5	18.5	18.5	15.0	9.5	8.0
TRIPLEX N° 4/0 AWG	9.3	9.3	9.3	13.5	10.0	8.0
TRIPLEX N° 4/0 AWG (500 daN)	13.2	13.2	13.2	13.5	10.0	8.0
CUADRUPLIX N° 1/0 AWG	18.5	18.5	18.5	15.0	9.5	8.0
CUADRUPLIX N° 4/0 AWG	9.3	9.3	9.3	13.5	10.0	8.0
CUADRUPLIX N° 4/0 AWG (500 daN)	13.2	13.2	13.2	13.5	10.0	8.0

La tensión mecánica en el neutro fiador, en la hipótesis de viento máximo no sobrepasará los 350 daN para el triplex #2, triplex 1/0 y cuádruplex 1/0 y 500 daN para el triplex y cuádruplex 4/0 AWG.

8.3. PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR

Los conductores en determinadas condiciones se encuentran sometidos a una fuerza horizontal transversal debida al viento. La cual se expresa por unidad de

longitud y está relacionada con el diámetro del conductor y la sobrecarga por viento. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$p_v = Q_0 \cdot d \cdot 10^{-3}$$

Siendo el peso unitario aparente del conductor:

$$p = \sqrt{p_c^2 + p_v^2}$$

Donde:

- p: Peso unitario aparente del conductor (daN/m)
- p_c : Peso unitario propio del conductor (daN/m)
- p_v : Fuerza unitaria de viento sobre el conductor (daN/m)
- Q_0 : Sobrecarga por viento en el conductor (daN/m²) (ver tabla 23)
- d: Diámetro total del conductor (mm)

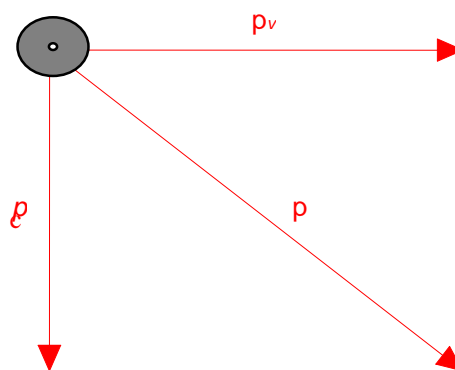


Figura 18. Peso unitario aparente

Se asume que la dirección del peso unitario aparente (p) define el plano que contiene a la catenaria bajo la acción del viento.

Tabla 25. Fuerza unitaria de viento por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	p_v (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tríplex N° 2 AWG	0,351	0.809	0,470	0.718	0.417	0.627	0.364
Tríplex 1/0 AWG	0,651	1.040	0.604	0.923	0.536	0.806	0.468
Tríplex 4/0 AWG (500 daN)	1.189	1.348	0.783	1.196	0.695	1.045	0.607
Cuádruplex 1/0 AWG	0,870	1.271	0.738	1.128	0.655	0.985	0.573
Cuádruplex 4/0 AWG (500 daN)	1.570	1.540	0.895	1.367	0.794	1.194	0.694

Tabla 26. Peso unitario aparente por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	p_a (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tríplex N° 2 AWG	0,351	0.882	0.587	0.799	0.545	0.719	0.506
Tríplex 1/0 AWG	0,651	1.098	0.699	0.987	0.641	0.879	0.585
Tríplex 4/0 AWG (500 daN)	1.189	1.797	1.424	1.686	1.377	1.583	1.335
Cuádruplex 1/0 AWG	0,870	1.540	1.141	1.425	1.089	1.314	1.042
Cuádruplex 4/0 AWG (500 daN)	1.570	2.199	1.807	2.082	1.759	1.972	1.717

8.4. VANOS IDEALES DE REGULACIÓN

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón, o conjunto de vanos comprendidos entre dos postes en los cuales la tensión mecánica en el conductor es la misma, se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano tipo llamado vano ideal de regulación.

La longitud del vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = a_p + 2/3 * (a_{max} - a_p)$$

Con:

$$a_p = \frac{\sum a_i}{n}$$

Siendo:

a_r : Longitud del vano ideal de regulación (m)
 a_p : Vano promedio
 a_i : Longitud del vano individual i (m)
 a_{max} : Longitud del vano máximo individual (m)
 n : Cantidad de vanos del cantón

8.5. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO

Las tensiones en el conductor, correspondientes a cada una de las hipótesis de carga, consignadas en las respectivas tablas de cálculo mecánico y tablas de tendido, se han obtenido aplicando la ecuación de cambio de condiciones para vano nivelado (apartado B.2.2 del Anexo B). En dicha ecuación, se ha tomado como situación inicial o de partida la hipótesis más desfavorable. Es decir, aquella cuya tensión coincide con el valor límite establecido en la tabla 22. Así mismo, las flechas se han calculado para vanos nivelados según la expresión del numeral B.2.1.3 del Anexo B.

Finalmente, las tablas de cálculo mecánico reflejan los valores de los parámetros de la catenaria de flecha máxima y mínima. Dicho parámetro se ha calculado según la expresión del numeral B.2.1.1 del Anexo B.

Las tablas de cálculo mecánico y las tablas de tendido para los distintos conductores normalizados se han elaborado para las zonas y áreas que cubre el presente manual. Estas tablas se encuentran en los capítulos A.2 y A.3 del Anexo A, respectivamente.

8.6. TABLAS DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación indican las flechas y tensiones con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura ambiente y sin actuar sobrecarga alguna.

A diferencia de la tabla de tendido, la cual está concebida para vanos ideales de regulación, se tendrá en cuenta el desnivel existente entre los postes que constituyen cada vano.

Para cada cantón y una vez calculado su vano ideal de regulación, la flecha (f_r) se obtendrá de la correspondiente tabla de tendido (capítulo A.4 del Anexo A).

$$f_{i,t} = f_{r,t} \cdot \left(\frac{a_i^2}{a_r^2} \right)$$

Siendo:

$f_{i,t}$: Flecha de instalación del conductor para el vano i del cantón, a la temperatura t (m)

$f_{r,t}$: Flecha del vano ideal de regulación del cantón a la temperatura t (m)

a_i : Longitud del vano individual i (m)

a_r : Longitud del vano ideal de regulación (m)

Para cada cantón y una vez calculado su vano ideal de regulación, la flecha (f_r) se obtendrá de la correspondiente tabla de tendido (capítulo A.4 del Anexo A).

En caso de tener desniveles considerables remitirse a los apartados 8.4 y 8.7 del Manual de Líneas Aéreas de Media Tensión.

9. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES

9.1. GENERALIDADES

Se realizará de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG, ANC y FL) y de las hipótesis y condiciones de esfuerzo consideradas según tabla 27. El poste seleccionado debe cumplir con todas ellas.

Los esfuerzos se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales).

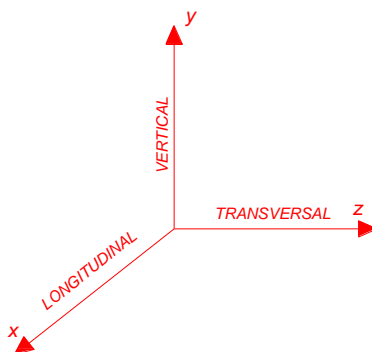


Figura 19. Sistema cartesiano de esfuerzos

Tabla 27. Hipótesis y tipos de esfuerzos

Función	HIPÓTESIS NORMAL
	Condición 1
AL	Esfuerzos verticales permanentes
	Esfuerzo horizontal transversal por conductores debido a la acción del viento máximo (1)
	Esfuerzo horizontal transversal debido a la acción del viento máximo (1) en el poste de BT
ANG	Esfuerzos verticales permanentes
	Esfuerzo horizontal transversal por conductores debido a la resultante de tensiones y a la acción del viento máximo (1)
	Esfuerzo horizontal transversal debido a la acción del viento máximo (1) en el poste de BT
FL	Esfuerzos verticales permanentes
	Esfuerzo horizontal transversal por conductores debido a la acción del viento máximo (1)
	Esfuerzo horizontal transversal debido a la acción del viento máximo (1) en el poste de BT
	Esfuerzo horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)

Nota:(1) a100 km/h y temperatura según Zona y Área.

9.2. ESFUERZO EQUIVALENTE DE UNA FUERZA

La capacidad mecánica a flexión de un poste está definida por el esfuerzo nominal aplicado a 0,2 m por debajo de la cima del poste y por lo tanto se deberá calcular

con base en la fuerza a soportar por el poste según la hipótesis por la relación de la altura real de aplicación h_F y la altura referida h_N (Altura libre menos 0,2m).

El esfuerzo equivalente F_x^* de la fuerza F_x viene dado por:

$$F_x^* = \frac{h_F}{h_N} \cdot F_x$$

donde:

F_x^* : Esfuerzo EQUIVALENTE de la fuerza F_x (daN)
 F_x : Fuerza x aplicada en el punto h_F (daN)
 h_F : Altura del punto de aplicación de F_x medida desde la base del poste (m)
 h_N : Altura donde está referido el esfuerzo nominal del poste (Altura libre menos 0,2 m)

Nótese que el esfuerzo EQUIVALENTE de una fuerza F_x se designa igual que dicha fuerza, con el símbolo * como superíndice.

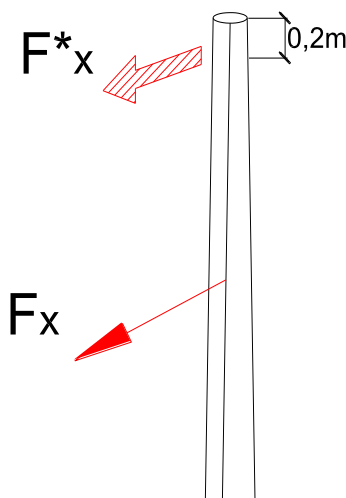


Figura 20. Esfuerzo EQUIVALENTE de una fuerza

9.3. HIPÓTESIS NORMALES

9.3.1 Esfuerzos verticales

Se considerarán como esfuerzos verticales los esfuerzos debidos al peso propio de conductores, aisladores, herrajes, etc. correspondientes a la hipótesis y condición que se esté evaluando.

Los pesos aproximados de los aisladores, herrajes, cajas, etc. figuran en las correspondientes Especificaciones Técnicas.

El cálculo de los esfuerzos verticales que los conductores transmiten a los postes se realizará mediante la teoría del gravivano (ver apartado B4.2 del Anexo B).

En los postes de ángulo fuerte (amarres que dividen 2 cantones) y anclajes se tendrá presente la diferencia de tensiones entre cantones y del parámetro de la catenaria en cada semigravivano.

9.3.2 Esfuerzos horizontales transversales

Se considerarán esfuerzos transversales horizontales aquellos debidos al viento en conductores, postes, equipos, etc. De igual manera y cuando apliquen, las debidas a la resultante de tensiones (postes con función de ANG) y como consecuencia de la excentricidad del peso propio de conductores (configuración especial).

El cálculo de los esfuerzos por viento en conductores se realizará mediante la teoría del eolovano (ver apartado B4.3 del Anexo B).

9.3.2.1 Por viento en postes

El esfuerzo horizontal transversal F_{TVP}^* se obtendrá de la tabla 26. Los valores están ya calculados como esfuerzo EQUIVALENTE.

Tabla 28. Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste

Tipo de poste	Esfuerzo EQUIVALENTE por viento sobre el poste (daN)					
	Zona Valle del Cauca					
	Zona A		Zona B		Zona C	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
PH-9/500 daN	61.84	40.43	36.63	22.72	23.45	15.80
PH-9/735 daN	61.84	40.43	36.63	22.72	23.45	15.80
PH-9/1030 daN	62.43	51.87	47.00	29.15	30.09	20.27

9.3.2.2 Por conductores en postes AL

El esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores es:

$$F_{TVC} = P_{V,C} \cdot a_v$$

donde:

F_{TVC} : Esfuerzo transversal por viento sobre el conductor (daN)

$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.

a_v : Longitud del eolovano (m)

El esfuerzo EQUIVALENTE F_{TVC}^* se calculará según 9.2 y la definición respectiva.

9.3.2.3 Por conductores en postes ANG

El esfuerzo horizontal transversal por la resultante de tensiones y la acción del viento sobre conductores es:

$$F_{TVC} = \left(P_{V,C} \cdot a_v \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + \sqrt{(T_{02} - T_{01})^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) + (T_{02} + T_{01})^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right)$$

donde:

F_{TVC} : Esfuerzo transversal por resultante de ángulo y viento sobre el conductor (daN)

$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.

a_v : Longitud del Eolovano (m)

β : Ángulo de deflexión de la línea (°)

T_{01} : Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano anterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20°C

T_{02} : Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano posterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20°C

El primer término corresponde con la acción del viento sobre los conductores en la dirección de la resultante de ángulo. El segundo, con la resultante de tensiones. En el caso de pequeños ángulos (pertenecen al mismo cantón), se cumple que $T_{01} = T_{02} = T_0$; donde T_0 es la componente horizontal de la tensión del vano regulador de cantón al que pertenece el poste. En este caso:

$$F_{TVC} = \left(P_{V,C} \cdot a_v \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot T_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right)$$

El esfuerzo EQUIVALENTE F_{TVC}^* se calculará según 9.2 y la definición respectiva.

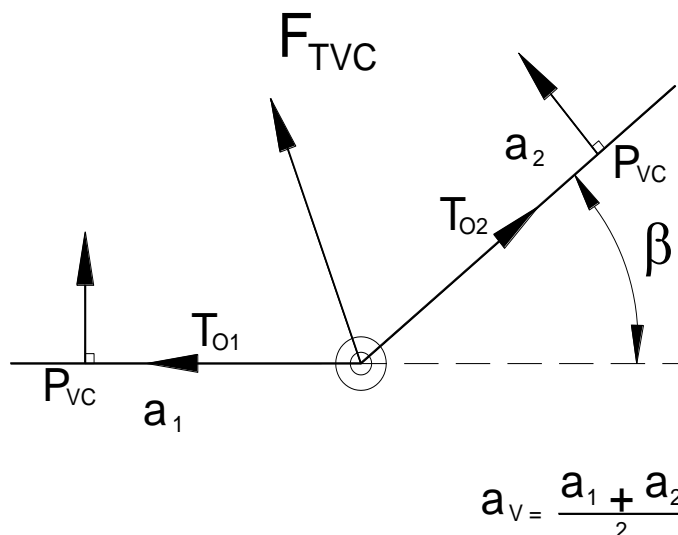


Figura 21. – F_{TV_C}

9.3.2.4 Por conductores en postes FL

El esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores es:

$$F_{TV_C} = P_{V,C} \cdot \frac{a}{2}$$

donde:

F_{TV_C} : Esfuerzo transversal por viento sobre el conductor (daN)

$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.

a : Longitud del vano anterior (m)

El esfuerzo EQUIVALENTE $F_{TV_C}^*$ se calculará según 9.2 y la definición respectiva.

9.3.2.5 Por conductores en postes PE

Para determinar el esfuerzo horizontal transversal por resultante de tensiones y la acción del viento sobre conductores, se recomienda adoptar el cálculo gráfico por su sencillez y según el siguiente método:

Paso 1: Obtener los tenses máximos (condición 20°C y viento máximo) T_1 , T_2 y T_3 de las tablas de cálculo mecánico correspondientes.

Paso 2: Calcular gráficamente el esfuerzo F_T resultante de los tenses anteriores, tal como se muestra en el siguiente gráfico:

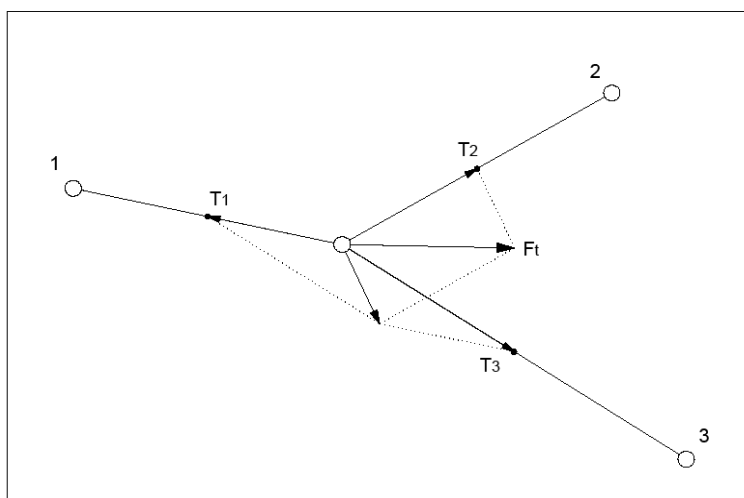


Figura 22. Cálculo de esfuerzo F_t

Paso 3: Determinar gráficamente las proyecciones P_1 , P_2 y P_3 de cada semivano ($a_1/2$, $a_2/2$ y $a_3/2$) sobre la perpendicular a la resultante F_T , según el siguiente gráfico:

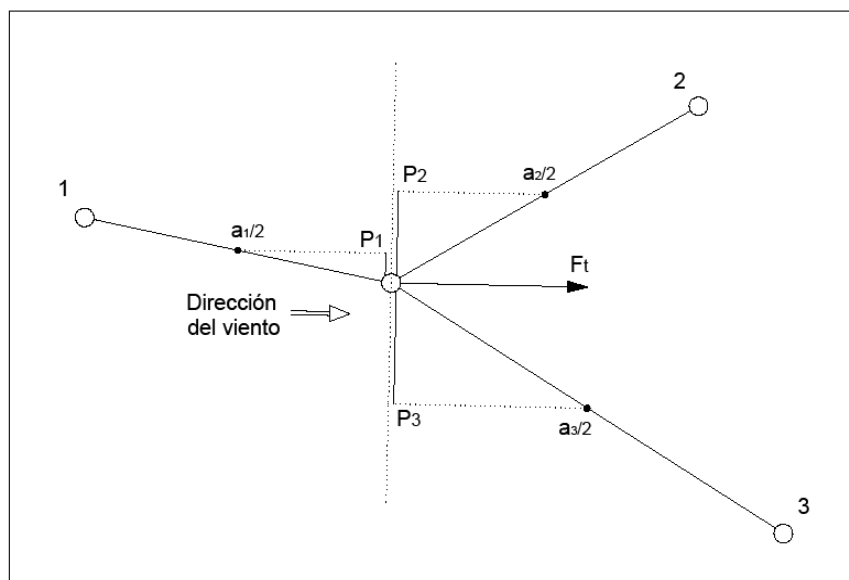


Figura 23. Cálculo de proyecciones P_1 , P_2 y P_3 de cada semivano

Paso 4: Finalmente, calcular el esfuerzo horizontal transversal por resultante de tensiones y viento sobre los conductores (daN):

$$F_{tr} = F_T + P_{VC} * (P_1 + P_2 + P_3)$$

Donde:

F_{tr} : Fuerza total resultante sobre el poste (daN)
 P_{VC} : Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.
 F_T : Resultante de tensiones (daN) obtenida según el paso 2
 P_1, P_2 y P_3 : Proyecciones de cada semivano (m) calculadas en el paso 3

El esfuerzo EQUIVALENTE F_{tr}^* se calculará según 9.2 y la definición respectiva.

9.3.2.6 Por conductores de la red y haz de acometidas

Se calculará en forma similar a las redes trenzadas considerando las características mecánicas del cable de acero portante, el diámetro aproximado del haz de acometidas y el peso total del conjunto.

9.3.3 Esfuerzos horizontales longitudinales

Aparece como consecuencia del desequilibrio real de tensiones (desequilibrio 100%) en los postes FL. Se calcula:

$$F_{LTC} = T_0$$

donde:

F_{LTC} : Carga horizontal longitudinal por desequilibrio de tensión (daN)
 T_0 : Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20°C

El esfuerzo EQUIVALENTE F_{tr}^* se calculará según 9.2 y la definición respectiva.

9.4. SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO

9.4.1 Esfuerzos últimos y factores de mayoración

La tabla 25 relaciona los esfuerzos calculados según los numerales 9.3.1 y 9.3.2 con los factores de mayoración y valores últimos a aplicar para seleccionar el poste.

Tabla 29. Hipótesis Normales para postes de hormigón

Tipo de esfuerzo calculado	Factor de mayoración	Esfuerzo último
Esfuerzo total vertical	1,5	Esfuerzo de rotura a compresión ó esfuerzo vertical último
Esfuerzo total transversal	2,5	Esfuerzo de rotura a flexión

El esfuerzo resultante total se obtiene combinando los esfuerzos horizontales transversales (T) y longitudinales (L):

$$R = \sqrt{(\sum T^*)^2 + (\sum L^*)^2}$$

Los valores de esfuerzos últimos para los distintos postes de hormigón normalizados son los siguientes:

Tabla 30. Capacidad mecánica de postes

Tipo de poste	Esfuerzo o de rotura a flexión (daN)	Esfuerzo vertical último para postes autosoportados (daN)	
		h_N	$h_N - 0,4m$
PH-9/500 daN	500	1186	1607
PH-9/735 daN	735	1186	1607
PH-9/1030 daN	1030	4244	5487

Nota. h_N = Altura libre – 0,2 m.

9.4.2 Método de selección

El poste seleccionado debe cumplir la siguiente relación:

$$\text{Esfuerzo Último} \geq \text{Esfuerzo calculado} \cdot \text{Factor de Mayoración}$$

Y simultáneamente para TODOS los distintos tipos de “esfuerzos calculados” considerados en la tabla 25.

Para el caso particular de las cargas verticales, el análisis debe hacerse para cada nivel ó altura del punto de aplicación de las mismas.

10. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS

10.1. RETENIDAS

Las retenidas se utilizarán para contrarrestar los esfuerzos horizontales que no pueda soportar el poste por sí mismo: fuerzas transversales debidas al viento y a la resultante de tensiones por el ángulo de deflexión de la línea, así como las fuerzas longitudinales debidas a tensiones desequilibradas en los vanos adyacentes.

Se deberá comprobar que el cable de la retenida a utilizar pueda soportar dichos esfuerzos y que las cargas verticales no sobrepasen el esfuerzo último a compresión del poste.

10.1.1 Cable de retenida

Se debe calcular la carga mecánica máxima absorbida por cada cable de la retenida (T_r):

$$T_r = \frac{F_h}{\cos(\alpha)}$$

F_h es la fuerza horizontal resultante que debe ser contrarrestada por el sistema Poste-Retenida en cada altura o nivel del punto de aplicación (No es un esfuerzo EQUIVALENTE). Esta fuerza se evaluará para la hipótesis normal y sin aplicar factor de mayoración alguno (daN).

T_r es la tensión máxima a lo largo del cable de acero (daN).

α es ángulo que forma la retenida con el suelo (°)

En todos los casos se debe verificar que:

$$\frac{C_r}{T_r} \geq C_s$$

donde:

C_r : Carga de rotura del cable de la retenida (daN)

C_s : Coeficiente de seguridad para el cable de la retenida, igual a 1,5.

Si no se cumple la condición anterior, entonces deberá seleccionarse un cable de retenida con una carga de rotura mayor.

10.1.2 Compresión en el poste

Los postes con retenidas están sujetos a grandes fuerzas de compresión debidas a las cargas verticales que los templete transmiten. Luego, deberá verificarse que el poste seleccionado posea la suficiente capacidad de carga vertical (Esfuerzo último vertical) para soportar tales esfuerzos y evitar deflexiones o pandeos desfavorables en el mismo.

La carga vertical transmitida por cada conjunto de retenidas al poste se calculará mediante las siguientes expresiones:

$$F_{VERT} = F_h \cdot \tan(\alpha)$$

donde:

- F_{VERT} : Carga vertical que transmite la retenida al apoyo (daN)
- F_h : Fuerza horizontal resultante a contrarrestar por el sistema Poste-Retenida (daN)
- α : Ángulo que forma la retenida con el suelo (°)

A estas cargas se le adicionarán los esfuerzos verticales que resultasen del peso de conductores y de algunos otros elementos, para entonces verificar que se cumpla la siguiente condición:

$$1 \geq f_m \cdot \sum \frac{(F_{VERT,i} + P_{s,i})}{P_{U,i}}$$

donde:

- $P_{U,i}$: Capacidad vertical del poste calculada para el punto i (daN). Tabla 29.
- $P_{s,i}$: Esfuerzo total vertical sobre el poste en el punto i (daN). Este esfuerzo resulta del peso de los conductores y de algunos otros elementos; como se establece en el Capítulo 9 de la presente Memoria.
- f_m : Factor de mayoración para esfuerzos verticales (Tabla 27)

Tabla 31. Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas

Tipo de poste	Esfuerzo vertical último para postes con retenidas (daN)	
	h_N	$h_N - 0,4m$
PH-9/500 daN	3559	4820
PH-9/735 daN	3559	4820
PH-9/1030 daN	12733	16461

Nota: h_N = Altura libre – 0,2 m.

Si no se cumple esto, entonces deberá seleccionarse un poste con una Capacidad vertical mayor.

10.1.3 Anclaje de la retenida

El esfuerzo máximo que es capaz de transmitir un ancla al terreno varía en función de las características del mismo. En el presente manual se han considerado dos tipos de terreno, cuyas características se muestran en la tabla 30.

Tabla 32. Características de los terrenos para el cálculo mecánico de retenidas

Característica	Tipo de terreno	
	Normal	Flojo
Densidad (daN/m ³)	1400	
Ángulo natural del talud	45°	50°

Cuando las características del terreno sean iguales o superiores a las mostradas en la tabla para el terreno normal, no hará falta el adicionar hormigón a la instalación del ancla.

En los casos en los que las características del terreno lo clasifiquen entre normal y flojo, se realizará una zanja en la cual se enterrará el ancla, añadiéndose a continuación hormigón hasta completar un bloque del volumen que se muestra a continuación:

Tabla 33. Dimensiones de las cimentaciones de retenidas con aporte de hormigón

Dimensiones (m)		
Zanja	Lado	0.6
	Profundidad	2.0
Bloque de hormigón	Lado	0.6
	Alto	0.4

El objetivo de este suplemento de hormigón es aumentar la superficie de contacto entre el ancla y el terreno que, junto con la propia masa del bloque, consiguen un aumento del esfuerzo que es capaz de transmitir al terreno.

10.1.3.1 Dimensionamiento del Ancla tipo Bloque de hormigón

Las figuras 14 y 15 muestran el sistema de anclaje que emplea anclas de hormigón del tipo bloque prismático recto.

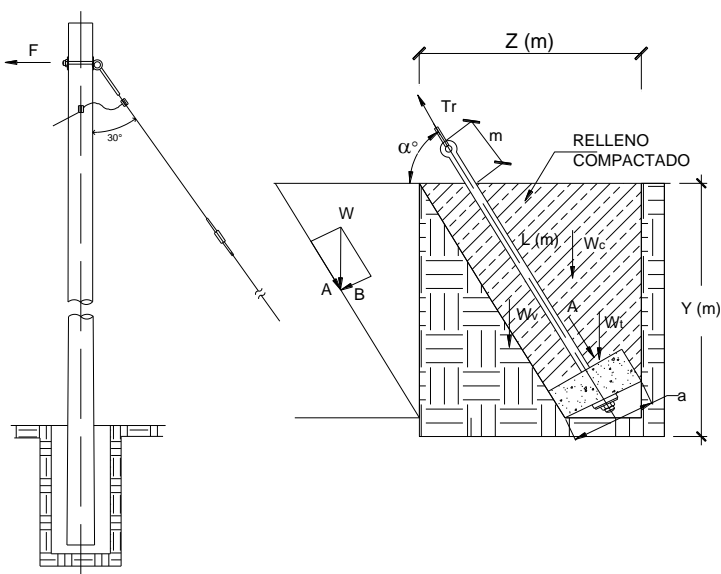


Figura 24. Ancla de hormigón tipo bloque

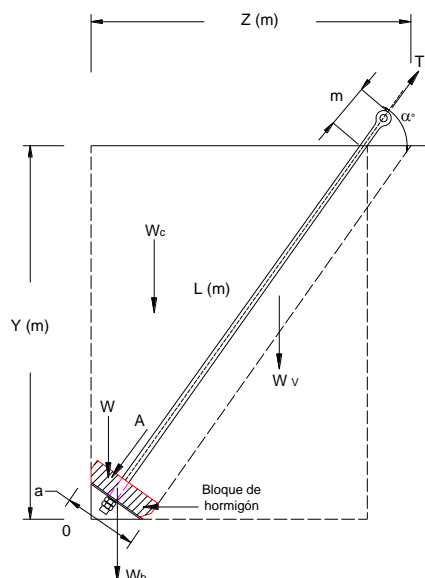


Figura 25. Ancla de hormigón tipo bloque (acercamiento)

Se debe verificar que las dimensiones del bloque de anclaje sean las adecuadas, mediante el procedimiento que se señala a continuación:

a) Calcular las dimensiones de la zanja del anclaje:

$$Y = a \cdot \cos \alpha + \left[(L-m) \cdot \sin \alpha - \frac{a}{2} \cdot \cos \alpha \right]$$

$$Z = a \cdot \sin \alpha + \left[(L-m) \cdot \sin \alpha + \frac{a}{2} \cdot \cos \alpha \right] \cdot \cot \alpha$$

donde:

Y:	Profundidad de la zanja (m)
Z:	Lado de la zanja (m)
L:	Longitud total de la varilla de anclaje (m)
m:	Longitud libre de la varilla de anclaje (m)
a:	Lado del bloque de hormigón (m)
α:	Ángulo que forma la retenida con el suelo (°)

b) Calcular el peso a mover:

$$W = W_c + W_v + W_b$$

$$W_c = \gamma \cdot a \cdot \left[\frac{y^2}{2} \cdot \cot \alpha + a \cdot x \cdot \sin^2 \alpha \right]$$

siendo:

W: Peso total a mover por (daN)
 W_c: Peso del volumen del relleno (daN)
 W_v: Peso de la varilla de anclaje (incluyendo su arandela) (daN)
 W_b: Peso del bloque o muerto de hormigón (daN)
 γ: Peso específico del material de relleno de la zanja (daN/m³)

c) Calcular la fuerza lateral actuante del terreno:

$$F_T = \frac{W \cdot \sin \alpha}{\mu}$$

donde:

F_T: Fuerza lateral actuante del terreno (daN)
 μ: Coeficiente de fricción al arrastre

d) Verificar que se cumpla el coeficiente de seguridad:

$$\frac{C_s \cdot F_T}{C_r} \geq C_{sa}$$

siendo:

C_{sa}: Coeficiente de seguridad del anclaje, igual a 1,2
 C_s: Coeficiente de seguridad del cable de la retenida, igual a 1,5
 C_r: Carga de rotura del cable de la retenida (daN)

A continuación, se muestran los tipos de terreno a considerar:

Tabla 34. Características de los terrenos

TIPO DE TERRENO	Peso específico γ (daN/m ³)	Ángulo de rozamiento (°)
Terreno flojo	1400	10° - 20°
Terreno normal	1400	20° - 30°
Cimentación de concreto ciclópeo	2400	-

10.1.3.2 Dimensionamiento del Ancla tipo Pirámide truncada

La forma tronco-piramidal del bloque de hormigón es la más utilizada ya que la mayor resistencia al arrancamiento la hace el volumen del relleno (asociado) (figura 16), el cual se determina de la siguiente manera:

$$V_t = V_{ct} - V_b$$

donde:

- V_t : Volumen del relleno asociado (m³)
- V_{ct} : Volumen del cono invertido del relleno (m³)
- V_b : Volumen del bloque o muerto de hormigón (m³)

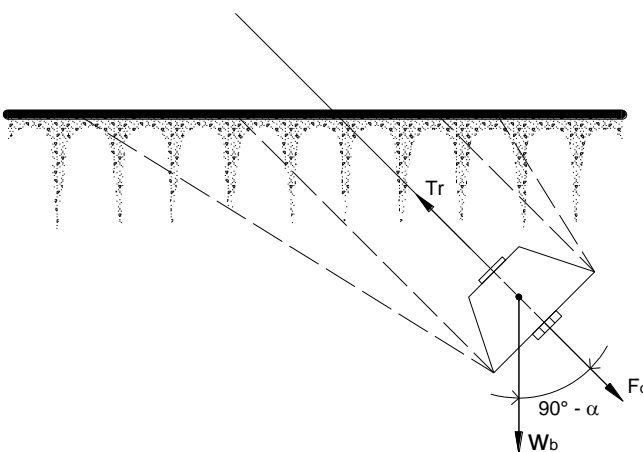


Figura 26. Ancla de hormigón tipo pirámide truncada

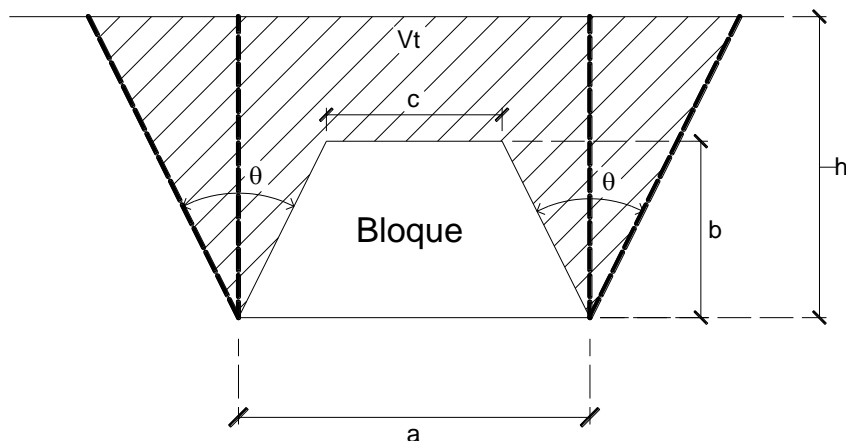


Figura 27. Ancla de hormigón tipo pirámide truncada (acercamiento)

El volumen del cono invertido viene dado por:

$$V_{ct} = \frac{h}{3} \cdot (a^2 + (a + 2 \cdot h \cdot \tan \theta)^2 + \sqrt{a^2 \cdot (a + 2 \cdot h \cdot \tan \theta)^2})$$

siendo:

a, b, c: Dimensiones del bloque o muerto de hormigón(m)

h: Profundidad de enterramiento del bloque (m)

θ: Ángulo de rozamiento entre el bloque y el terreno removido (°) (tabla 32)

Los volúmenes del relleno (asociado) y del bloque de hormigón ejercen la fuerza necesaria para soportar la tensión ejercida por el cable de la retenida (figura 17).

$$F_c = (W_b + V_{ct} \cdot \gamma) \cdot \csc \alpha$$

donde:

F_c: Fuerza del anclaje (daN)

W_b: Peso del bloque o muerto de hormigón (daN)

γ: Peso específico del relleno de la zanja (daN/m³)

α: Ángulo que forma la retenida con el suelo (°)

Se debe verificar que se cumpla el coeficiente de seguridad:

$$\frac{C_s \cdot F_c}{C_r} \geq C_{sa}$$

siendo:

- C_{sa} : Coeficiente de seguridad del anclaje, igual a 1,2
- C_s : Coeficiente de seguridad del cable de la retenida, igual a 1,5
- C_r : Carga de rotura del cable de la retenida (daN)

10.1.4 Consideraciones respecto al diseño y la instalación de la retenida

Las características de las retenidas (número de anclas y cables, tipo de fijación del cable al poste, etc.) variarán en función del conductor y del poste.

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 formarán el cable que se sujete a mayor altura y el eje vertical del poste.

Excepto cuando se aplique hormigón, la distancia horizontal de la separación entre las anclas es de un 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 se sujete más de un cable o varilla, esta se entierra en línea con el cable que forme el ángulo menor con el eje vertical del poste, es decir, en línea con el cable que se ancle a mayor altura.

Cuando otras empresas instalen otros conductores para diversos usos (telefonía, baja tensión, etc.) en los apoyos 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.

11. CÁLCULO DE CIMENTACIONES

11.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO

Los cálculos de cimentaciones del presente Manual se han realizado teniendo en cuenta los siguientes tipos de terreno y características:

Tabla 35. Tipificación de terrenos y sus características

Terreno	σ_{adm} (daN/cm ²)	$K = C_h \text{ y } C_k$ (daN/cm ³) (*)	β (°)	μ	γ (daN/cm ³)
Flojo	1	8	3	0,2	1400
Normal	2	12	6	0,3	1400
Duro	4	16	10	0,4	1400
Muy duro	5	20	15	0,5	1400

(*) **Nota:** Coeficiente de compresibilidad único para paredes y el fondo

- **Terreno flojo:** Arena fina húmeda y arcilla blanda
- **Terreno normal:** Arcilla medio dura y arcilla fina seca
- **Terreno duro:** Arcilla rígida, Arena gruesa y pedregullo
- **Terreno muy duro:** Arcilla gruesa dura, gravera rodada y pedregullo rígido

donde:

σ_{adm} : Capacidad portante del terreno (daN/cm²)
 C_h : Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales (daN/cm³)
 C_k : Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo (daN/cm³)
 β : Ángulo de tierra gravante (°)
 μ : Coeficiente de fricción entre el terreno y el hormigón
 γ : Peso específico del terreno (daN/cm³)

En la ejecución de la cimentación se utilizará como relleno el propio terreno natural obtenido durante la excavación, exceptuando si éste es tierra vegetal, en cuyo caso se debe utilizar una mezcla de grava y tierra.

Todos los postes en terreno flojo deben hormigonarse utilizando como solución prioritaria la cimentación tipo monobloque cilíndrica.

En el capítulo A6 del Anexo A se encuentran tabuladas las dimensiones de las cimentaciones normalizadas, así como, los valores de compresión máxima admisible de las mismas ($P_{MÁX}$ expresada en daN). Tanto para las cimentaciones normales como especiales. Estas últimas tienen unos valores de $P_{MÁX}$ muy superiores a las primeras, y son indicadas cuando las cargas verticales debidas a

las retenidas y calculadas según 10.1.2 son elevadas, por ejemplo, postes retenidos de redes rurales con conductores de gran sección y grandes ángulos o incluso fines de línea.

La metodología de selección de la cimentación teniendo en cuenta los valores de $P_{MÁX}$ es la siguiente:

- Conocido / categorizado el tipo de terreno y seleccionado el tipo de poste y su función (AL, ANG o FL), si inicialmente estamos evaluando una cimentación tipo directa, verificar que el esfuerzo vertical total transmitido a la cimentación por: el conjunto poste / retenida, gravivano y peso propio de equipos es menor o igual a $P_{MÁX}$ de la tabla. En caso contrario, hay que adoptar una solución hormigonada.

Por lo tanto, su selección depende de las características del terreno, la función del poste, el esfuerzo máximo vertical que puede soportar la cimentación y de las recomendaciones del capítulo 12

En caso de que el terreno tenga propiedades distintas a las indicadas en la tabla 33, la cimentación debe calcularse conforme a lo establecido en el apartado 11.2 y en el capítulo B5 del Anexo B.

11.2. MÉTODO DE CÁLCULO

11.2.1 Consideraciones generales

El coeficiente de seguridad al vuelco se ha calculado mediante la expresión:

$$C_s = \frac{M_e}{M_v}$$

donde:

M_e : Momento estabilizador total (daN.m)
 M_v : Momento de vuelco (daN.m)

El coeficiente de seguridad al vuelco no será inferior a 1,50 calculado para las distintas hipótesis. Este coeficiente se verá aumentado un 25 % para las hipótesis normales en aquellos postes que intervengan en cruzamientos con otras líneas o con vías de comunicación y paso sobre zonas urbanas.

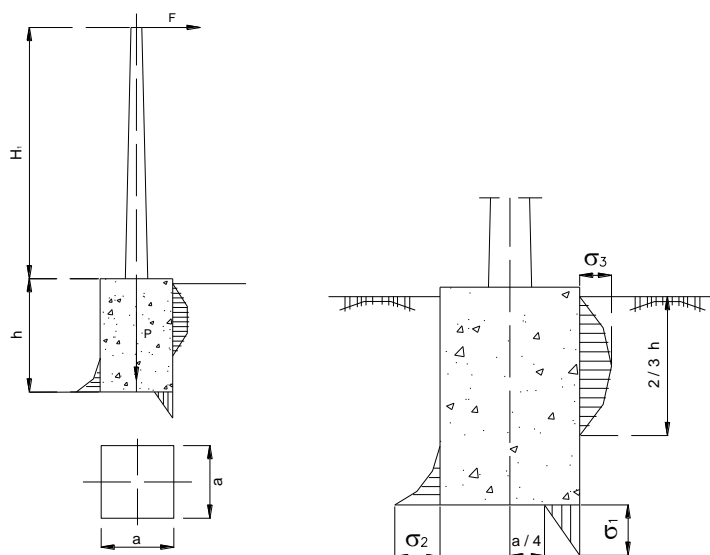


Figura 28. Cimentación

El momento de vuelco de la cimentación se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$M_v = F \cdot \left(H_l + \frac{2}{3} \cdot h \right)$$

con:

$$F = \frac{CR}{F_s}$$

siendo:

- Mv: Momento de vuelco (daN.m)
- F: Fuerza horizontal resultante de la sollicitación combinada (m)
- Hl: Altura sobre el terreno del punto de aplicación de F (m).
- h: Profundidad de la cimentación (m).
- CR: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)
- Fs: Factor de seguridad, igual a 2,5.

El momento estabilizador total se ha obtenido por el método de Sulzberger (ver apartado B5.1 del Anexo B). De igual manera, se ha comprobado que las presiones

máximas que la cimentación transmite al terreno no exceden los valores máximos fijados para el mismo (tabla 33).

Se ha supuesto que la tangente del ángulo de giro máximo permitido al alcanzar el equilibrio (inclinación del poste) no será superior a 0,01 ($\tan(\alpha) = 0,01$).

La profundidad mínima de la cimentación del 10% de la longitud total del poste más 0,6 m. Para los postes hormigonados, esta magnitud se ha incrementado en 0,10 m. En terrenos inclinados esta longitud se medirá desde el lado del poste que quede menos enterrado.

Se ha tomado como espesor de la pared de la cimentación un mínimo 0,10 m, no considerándose como espesor útil el sello de hormigón que se introduce entre el poste y la cimentación.

El solado base se ha calculado según el método descrito en el apartado B.5.2 del Anexo B.

En el capítulo A6 del Anexo A se encuentran los esquemas generales de cimentaciones.

12. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

1. La red de baja tensión será desarrollada principalmente con red en cable de aluminio AAC tipo trenzada o múltiple autoportada con cable AAAC.
2. En el desarrollo de la red se permitirán cambios de calibre como mínimo cada 250m.
3. Tramos de red transformadores distintos que terminan en el mismo poste, serán en lo posible del mismo calibre, permitiendo en el futuro cambios topológicos.
4. Los tramos derivados se podrán seleccionar en el calibre que su carga lo exija.
5. De ser necesario, por requerimientos de carga, se podrán instalar dos ramales en los circuitos de salida desde el transformador manteniendo una separación de 10 cm. como mínimo.
6. La red conformada por acometidas se utilizará en zonas específicas con alto riesgo de intervención. El usuario debe, en lo posible, desde su predio visualizar el inicio y fin de su acometida.
7. La red trenzada utilizada en configuración especial se utilizará en zonas específicas de alto riesgo de intervención, siempre estará acompañada por la línea de media tensión en toda su extensión.
8. En condiciones normales se debe procurar instalar hasta dos cajas de derivación por poste y no se podrán instalar más de tres en cualquier condición.
9. En lo posible, los postes se diseñarán autoportados. El uso de retenidas será en sitios con facilidad de instalación y en general se aplicará la retenida directa a tierra vertical con la protección y señalización del cable de retenida.
10. El terminal de una red trenzada en configuración especial deberá tener retenida, a menos que la red de media tensión continúe.
11. Los cruces de vías con la red se harán diagonal en las esquinas, cuando se requiere cambio de dirección, evitando así el uso de postes en esquinas.
12. El diseño debe prever la instalación del alumbrado público en las zonas urbanas, por lo tanto, las distancias entre postes estarán entre 30 y 40 m máximo.
13. Se debe acordar con el municipio o concesionario de alumbrado público el método de instalación del alumbrado con el fin de incorporar en las cajas de derivación la reserva para la conexión de las luminarias o el control de alumbrado.

14. La distribución de los postes será realizada de tal modo que sean instalados en los límites de predios. No se podrán bloquear o dificultar ingresos a parqueaderos o sitios públicos.
15. La red de baja tensión no debe pasar sobre predios particulares, así estén sin construcción o sin muro o malla de protección.
16. Se deben cumplir las alturas de seguridad en la instalación de las acometidas, y especial cuidado se tendrá en cruce de vías.

13. NORMAS

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 forGrounding of Industrial and CommercialPower Systems – 1991

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

Manual norma de Red Aérea BT



CELSIA