



pág. 1

DOCUMENTO N° 2: MEMORIA

Memoria

Índice

1. Características
 - 1.1. Características generales
 - 1.1.1. Conductores
 - 1.1.2. Apoyos
 - 1.1.3. Accesorios para el montaje de la red trenzada
 - 1.1.4. Acometidas
 - 1.2. Características particulares
 - 1.2.1. Memoria
 - 1.2.2. Planos
 - 1.2.2.1. Plano de situación y emplazamiento
 - 1.2.2.2. Otros planos
 - 1.2.3. Presupuesto
2. Conductores
 - 2.1. Cálculo eléctrico
 - 2.1.1. Intensidad máxima de cortocircuito
 - 2.1.2. Resistencia
 - 2.1.3. Reactancia inductiva
 - 2.1.4. Caída de tensión
 - 2.1.5. Potencia a transportar
 - 2.1.6. Pérdidas de potencia
 - 2.1.7. Niveles de potencia

- 2.1.8. Coeficientes de simultaneidad
- 2.2. Cálculo mecánico
 - 2.2.1. Hipótesis de cálculo
 - 2.2.2. Diámetro del haz
 - 2.2.3. Coeficientes de sobrecarga
 - 2.2.4. Características mecánicas
 - 2.2.5. Tenses y flechas de tendido
 - 2.2.6. Tablas de tendido
 - 2.2.7. Vanos ideales de regulación
 - 2.2.8. Tablas de regulación
- 3. Apoyos
 - 3.1. Clasificación de los apoyos
 - 3.2. Utilización de los apoyos
 - 3.2.1. Apoyos de hormigón
 - 3.2.2. Apoyos de madera
 - 3.2.3. Apoyos metálicos
 - 3.3. Cimentaciones
 - 3.3.1. Cimentaciones cilíndricas
 - 3.3.2. Cimentaciones monobloque
 - 3.4. Puesta a tierra
 - 3.4.1. Puesta a tierra del neutro
 - 3.4.2. Elementos constitutivos de la instalación de puesta a tierra
 - 3.4.3. Conexiones entre la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra
 - 3.4.4. Gradiente de potencial
 - 3.5. Cálculo mecánico de los apoyos
 - 3.5.1. Definición de esfuerzo nominal
 - 3.5.2. Hipótesis de cálculo
- 4. Acometidas

- 4.1. Tipos de acometida
- 4.2. Conductores
 - 4.2.1. Cálculo eléctrico
- 4.3. Instalación
 - 4.3.1. Conexión a la línea
 - 4.3.2. Montaje de la acometida aérea posada sobre fachada
 - 4.3.3. Montaje de la acometida aérea tensada sobre apoyos
- 4.4. Entrada de la acometida aérea
- 4.5. Protección de la acometida
- 4.6. Acometidas de alumbrado público
- 5. Distancias de seguridad
 - 5.1. Distancias de seguridad entre elementos soportados en la misma estructura
 - 5.2. Cruzamientos
 - 5.2.1. Cruce con línea eléctricas aéreas de M.T.
 - 5.2.2. Cruce con línea eléctricas aéreas de B.T.
 - 5.2.3. Cruces con líneas aéreas de telecomunicación
 - 5.2.4. Cruces con carreteras, caminos y vías de ferrocarril sin electrificar
 - 5.2.5. Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses
 - 5.2.6. Ríos y canales, navegables o flotables
 - 5.3. Paso por zonas
 - 5.3.1. De conductores a edificios, chimeneas, carteles, antenas, excepto puentes
 - 5.3.2. Bosques, árboles y masas de arbolado
 - 5.4. Proximidades y paralelismos
 - 5.4.1. Con líneas eléctricas de M.T.
 - 5.4.2. Con otras líneas de B.T. o telecomunicación

- 5.4.3. Con retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura
- 5.4.4. Carreteras, caminos y calles
- 5.4.5. Vías de ferrocarril
- 6. Tablas y gráficos
 - 6.1. Tablas de cálculo mecánico de conductores trenzados
 - 6.2. Tablas de tendido de conductores trenzados
 - 6.3. Tablas de esfuerzos transmitidos al apoyo
 - 6.4. Eolovanos máximos admitidos
 - 6.4.1. Línea de B.T. nueva
 - 6.4.2. Línea de B.T. instalada en apoyo con línea de M.T.
 - 6.5. Gráficos de caída de tensión
 - 6.6. Gráficos de pérdidas de potencia
 - 6.7. Tablas de cimentaciones
 - 6.8. Tablas de selección del conductor de acometida
 - 6.9. Tablas de esfuerzo en ángulos

1. CARACTERÍSTICAS

1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características generales comunes en todos los Proyectos Específicos que se realicen según el presente Proyecto Tipo serán las indicadas a continuación.

1.1.1. Conductores

Los conductores que se emplearán para la red de B.T. serán concéntricos de cobre y conductores trenzados. Los conductores trenzados se construirán con los conductores de fase de aluminio, mientras que el neutro será de aluminio (AAC) o de aleación de aluminio (AAAC). En la siguiente tabla se describen los diferentes conductores empleados en el presente Proyecto Tipo.

Tabla 1

Características constructivas	
Conductor	Descripción
Conductores de uso exclusivo en acometidas	
Concéntrico 2 x #8	Concéntrico; Fase y Neutro: #8 Cu
Concéntrico 3 x #8	Concéntrico; Fases y Neutro: #8 Cu
Concéntrico 2 x #6	Concéntrico; Fase y Neutro: #6 Cu
Concéntrico 3 x #6	Concéntrico; Fases y Neutro: #6 Cu
Concéntrico 4 x #6	Concéntrico; Fases y Neutro: #6 Cu
Concéntrico 3 x #4	Concéntrico; Fases y Neutro: #4 Cu
Concéntrico 4 x #4	Concéntrico; Fases y Neutro: #4 Cu
Dúplex #6	Trenzado; Fases: #6 AAC – Neutro: #6 AAC
Triplex #6	Trenzado; Fases: #6 AAC – Neutro: #6 AAC
Conductores de uso en líneas y acometidas	
Triplex #2	Trenzado; Fases: #2 AAC – Neutro: #2 AAAC
Triplex 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Cuádruplex 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Triplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC
Cuádruplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC
Cuádruplex 336,4	Trenzado; Fases: 336,4 AAC – Neutro: 4/0 AAAC

Las principales características de los citados conductores aparecen reflejadas en las tablas mostradas a continuación.

Tabla 2

Características de los conductores de uso exclusivo en acometidas							
Conductores concéntricos							
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	21,15	21,15
Sección del neutro (mm ²)	8,32	8,32	13,21	13,21	13,21	21,12	21,12
Composición fase (nº alam. x ϕ 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 del haz (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 haz (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)	≤ 2,275	≤ 2,275	≤ 1,431	≤ 1,431	≤ 1,431	≤ 0,900	≤ 0,900
Resistencia eléctrica en C.C. a 50 °C (Ω/km)	≤ 2,543	≤ 2,543	≤ 1,600	≤ 1,600	≤ 1,600	≤ 1,006	≤ 1,006
Intensidad máxima admisible (A) (3)	55	55	75	75	75	95	95
Conductores trenzados							
Conductor	Dúplex #6			Triplex #6			
Sección de la fase (mm ²)	13,3			13,3			
Sección del neutro (mm ²)	13,3			13,3			
Composición fase (nº x ϕ en mm)	7 x 1,56			7 x 1,56			
Composición neutro (nº x ϕ en mm)	7 x 1,56			7 x 1,56			
Aislamiento	Polietileno reticulado						
Diámetro aprox. del haz (mm)	8			12			
Peso del haz (daN/m)	≤ 0,099			≤ 0,156			
Carga de rotura por conductor (daN)	251			251			
Resist. eléct. en C.C. a 20 °C (Ω/km)	≤ 2,155			≤ 2,155			
Resist. eléct. en C.C. a 50 °C (Ω/km)	≤ 2,416			≤ 2,416			
Intensidad máxima admisible (A) (3)	85			85			

(1) En los conductores concéntricos solo se aislarán con polietileno reticulado (XLPE) los conductores de fase. El forro final es de PVC.

(2) En el caso de conductores concéntricos que no posean una sección circular, se indican las dimensiones que definen la sección del conductor.

(3) Valor no determinado en la norma. Son valores de referencia. Se consideran las intensidades máximas admisibles en ambiente seco. 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 3

Conductores de uso en líneas y acometidas						
Conductor	Triplex #2	Triplex 1/0	Cuádruplex 1/0	Triplex 4/0	Cuádruplex 4/0	Cuádruplex 336,4
Sección de la fase (mm ²)	33,62	53,51	53,51	107,20	107,20	170,45
Sección del neutro (mm ²)	33,62	53,51	53,51	107,20	107,20	107,20
Composición fase (n° x ϕ en mm)	7 x 2,47	7 x 3,12	7 x 3,12	13 x 2,9 + 6 x 2,12	13x2,9 + 6x2,12	13x3,66 + 6x2,68
Composición neutro (n° x ϕ en mm)	7 x 2,47	7 x 3,12	7 x 3,12	7 x 4,42	7 x 4,42	7 x 4,42
Aislamiento	Polietileno reticulado					
Diámetro aprox. del haz (mm)	21	27	33	35	40	49
Peso del haz (daN/m)	≤ 0,351	≤ 0,631	≤ 0,870	≤ 1,189	≤ 1,570	≤ 2,257
Carga de rotura por conductor (daN) (1)	1 063	1 700	1 700	3 264	3 264	3 264
Resist. eléct. en C.C. a 20 °C (Ω /km) (2)	F: ≤ 0,860 N: ≤ 0,999	F: ≤ 0,539 N: ≤ 0,626	F: ≤ 0,539 N: ≤ 0,626	F: ≤ 0,269 N: ≤ 0,312	F: ≤ 0,269 N: ≤ 0,312	F: ≤ 0,169 N: ≤ 0,312
Resist. eléct. en C.C. a 50 °C (Ω /km)	F: ≤ 0,964 N: ≤ 1,120	F: ≤ 0,604 N: ≤ 0,702	F: ≤ 0,604 N: ≤ 0,702	F: ≤ 0,302 N: ≤ 0,350	F: ≤ 0,302 N: ≤ 0,350	F: ≤ 0,189 N: ≤ 0,350
Intensidad máxima admisible (A) (3)	150	205	180	300	275	370

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

(2) La letra "F" indica el valor la resistencia del conductor de fase mientras que la letra "N" indica el valor de la resistencia del conductor neutro.

(3) 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.

1.1.2. Apoyos

Los apoyos serán de hormigón, metálicos y madera, de resistencia adecuada al esfuerzo que hayan de soportar y estarán descritos en las respectivas Especificaciones Técnicas.

Las características principales de los apoyos y accesorios de sujeción se indican en el capítulo 3 "Apoyos" del presente documento y en los planos de apoyos y accesorios del Documento n° 3 Planos.

1.1.3. Accesorios para el montaje de la red trenzada

a) Material de conexión

- 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 posterior desconexión.

- Empalme a plena tracción

Se utilizarán preferentemente para conexiones de empalme, bajo tensión mecánica del neutro fiador.

Una vez instalado, cuando sea necesario, se procederá a su aislamiento mediante el empleo un empalme contráctil en frío.

- Empalme manguito a compresión

Se utilizará para conexiones de empalme que no soporten tensiones mecánicas.

Su instalación se efectuará por compresión mediante prensas con matricería hexagonal.

Este empalme será preaislado, de modo que no será necesario el aislamiento posterior a su instalación.

- Conectores de derivación

- Conectores de derivación por perforación:

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

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

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

- Cajas de derivación

Se emplearán cuando sea necesaria la conexión de más de cuatro conductores derivados en una zona concreta de la línea principal. Estas cajas serán de material plástico, y en su interior poseerán los mecanismos de conexión adecuados.

b) Conjuntos de anclaje y suspensión

En todos los apoyos o puntos de amarre en fachadas, se instalarán los correspondientes conjuntos de anclaje o suspensión.

En conductores con neutro fiador se dispondrán conjuntos de alineación en los ángulos de desviaciones inferiores a 20°. En el resto de los casos (ángulos mayores, conductores sin neutro fiador, amarres en fachada, etc.) se instalarán conjuntos de amarre.

- Soportes de anclaje y suspensión

Estarán diseñados de modo que permitan la instalación de pinzas de anclaje y grapas de suspensión.

En las fachadas se podrán utilizar pletinas de acero galvanizado, que se sujetarán directamente a la pared mediante tornillos con sus correspondientes tacos, o soportes similares. Estos soportes dispondrán de un sistema de sujeción adecuado, tanto para las pinzas de anclaje como para las grapas de suspensión.

En el caso de anclaje de acometidas en fachada, se podrán emplear tornillos con ojo u otro medio de fijación similar, que posean un sistema de sujeción adecuado para las pinzas de anclaje.

En los postes se utilizarán tornillos pasantes de acero galvanizado con cabeza de ojo o algún material similar.

Todos los soportes, una vez instalados, deben soportar convenientemente los esfuerzos mecánicos a los que se vean sometidos.

- Grapas de suspensión

Se usarán grapas de suspensión sólo con los conductores con neutro fiador de aleación aluminio (AAAC). La grapa sujetará al haz de conductores por el neutro.

Es necesario el empleo de abrazaderas para asegurar la unión del conjunto de conductores antes y después de la grapa de suspensión.

Todas las grapas de suspensión 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 de acuerdo con la correspondiente Especificación de Materiales.

- Pinzas de anclaje

En los conjuntos de anclaje los conductores se fijarán a los soportes mediante pinzas de anclaje resistentes a la intemperie.

Distinguimos dos tipos de pinzas de anclaje:

- Pinzas 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, para evitar cualquier tipo de deterioro sobre el aislamiento del conductor. Deberán soportar los esfuerzos mecánicos indicados en la correspondiente Especificación de Materiales.

Una vez instaladas, es necesario el empleo de abrazaderas para asegurar la unión del haz de conductores antes y después de la pinza de anclaje.

- Pinzas para conductores de acometida:

Se utilizarán en el caso de los conductores concéntricos de cobre y conductores trenzados de aluminio dúplex y tríplex #2, por carecer éstos de neutro fiador de aleación de aluminio (AAAC).

El cuerpo de estas pinzas será de un material de alta resistencia a la intemperie, y sujetarán al conductor abrazando a todo el conjunto. Deberán poseer las características mecánicas indicadas en la correspondiente Especificación de Materiales.

c) Fijación líneas posadas sobre fachada

Para la fijación de los conductores a lo largo de las fachadas se emplean abrazaderas con tornillo. Dichas abrazaderas se anclan a la fachada mediante tornillos con sus correspondientes tacos.

Se diferencian dos márgenes de separación entre abrazaderas. Para conductores trenzados se permite como máximo una separación de 50 cm y para conductores concéntricos se establece en 40 cm.

d) Materiales varios

- Abrazaderas

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

Se utilizarán para sujetar entre sí los conductores del haz en los puntos donde se crea conveniente y en todos los amarres del neutro fiador.

- Capuchones aislantes:

Los extremos del haz de conductores se protegerán mediante capuchones que aseguren su estanqueidad.

En el Documento n° 3 Planos del presente Proyecto Tipo se incluyen diversos planos en los cuales se pueden observar los distintos materiales. Todos ellos estarán definidos en la correspondiente Especificaciones de Materiales.

1.1.4. Acometidas

Las acometidas monofásicas monotensión, tanto de 120 V como de 240 V, se realizarán mediante conductores concéntricos de cobre bipolares (2 x #8 o 2 x #6) o conductores trenzados de aluminio dúplex # 6. A su vez, las acometidas monofásicas bitensión (120/240 V) se realizarán mediante conductores concéntricos de cobre tripolares (3 x #8, 3 x #6 o 3 x #4) o conductores trenzados de aluminio tríplex # 6. Las acometidas trifásicas (120/240 V o 120/208 V) se realizarán mediante conductores concéntricos de cobre tetrapolares (4 x #6 o 4 x #4). Se permite el uso de otros

conductores normalizados si la potencia necesaria en la acometida o la caída de tensión en el conductor así lo recomiendan.

La conexión de la acometida a la línea de B.T. se realizará mediante conectores de derivación adecuados a las secciones de los conductores, limitándose a un máximo de 4. Cuando el número de conexiones sea mayor se instalarán cajas de derivación de acometidas.

1.2. CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

Cada Proyecto Específico, diseñado basándose en el presente Proyecto Tipo, deberá aportar los documentos mostrados a continuación.

1.2.1. Memoria

El formato de la Memoria del Proyecto Específico se ajustará al establecido en el Documento nº 6 Proyecto Específico de la presente Memoria. En ella se justificará la finalidad de la instalación, razonando su necesidad o conveniencia.

A continuación se describirá el trazado de la línea, indicando los lugares o localidades afectados.

Se pondrán de manifiesto las características particulares y la descripción de la instalación indicando la siguiente información:

- Tensión nominal.
- Frecuencia.
- Tipos de conductores.
- Zona climática de la línea.
- Tipos de apoyos utilizados.

Así mismo se adjuntarán una serie de tablas que mostrarán los resultados de los cálculos eléctricos y cálculos mecánicos, indicando la siguiente información técnica:

- Resistencia y reactancia por unidad de longitud.
- Corrientes de cortocircuito.
- Caídas de tensión.
- Pérdidas de potencia.
- Distancias de los conductores al terreno.

- Resumen de apoyos.
- Cimentaciones y retenidas.

En los casos en los que sea necesario se incluirá una relación de cruzamientos, paralelismos y demás situaciones con los datos necesarios para su localización e identificación del propietario, entidad u organismo afectado.

1.2.2. Planos

1.2.2.1. Plano de situación y emplazamiento

El plano de situación representará el trazado de la línea en un plano a escala 1:50 000 o 1:25 000, en donde sea perfectamente identificable el emplazamiento de la línea y sus correspondientes apoyos.

El trazado de las líneas se representará en un plano a escala de 1:2 000 o 1:1 000 según las necesidades.

En caso necesario se podrán utilizar otras escalas equivalentes a las indicadas, que muestren con el detalle necesario las instalaciones, en función de la cartografía disponible en el país.

1.2.2.2. Otros planos

Cuando sea preceptivo se incluirán planos de los elementos constructivos que sea necesario (apoyos, cimentaciones, puesta a tierra, etc.). Además, siempre que se empleen apoyos o aplicaciones especiales que no estén reflejadas en este documento y sea necesaria su definición, se incluirán los correspondientes planos descriptivos.

1.2.3. Presupuesto

El Presupuesto del Proyecto Específico de la instalación se realizará siguiendo la estructura establecida en el Documento n° 5 Presupuesto siendo el formato del mismo el establecido en el Documento n° 6 Proyecto Específico.

2. CONDUCTORES

2.1. CÁLCULO ELÉCTRICO

En el presente capítulo se indican los cálculos eléctricos a realizar en cualquier Proyecto Específico realizado según el presente Proyecto Tipo.

2.1.1. Intensidad máxima de cortocircuito

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características mecánicas de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos. Se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza mediante un proceso adiabático (a calor constante).

La intensidad máxima de cortocircuito para un conductor de sección S, viene dada por:

$$I_{cc} = K \cdot S \cdot \sqrt{\frac{1}{t}} \quad (\text{A})$$

donde:

I_{cc} : Intensidad máxima de cortocircuito (A).

K: Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor, del aislamiento y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito. En este caso se toman como valores 143 para el cobre y 93 para el aluminio.

S: Sección del conductor (mm²).

t: Tiempo de duración del cortocircuito (s).

Sustituyendo los valores para las secciones normalizadas, obtenemos los valores representados en la siguiente tabla.

Tabla 4

Intensidad de cortocircuito admisible en conductores de cobre, aislados con polietileno reticulado (A) (*)			
Duración del cortocircuito (s)	Conductor		
	Cu #8 AWG	Cu #6 AWG	Cu #4 AWG
0,1	3 785	6 014	9 564
0,2	2 676	4 253	6 763
0,3	2 185	3 472	5 522
0,5	1 693	2 690	4 277
1,0	1 197	1 902	3 024
1,5	977	1 553	2 469
2,0	846	1 345	2 139
2,5	757	1 203	1 913
3,5	691	1 098	1 746

(*) Los conductores de fase se aíslan con polietileno reticulado (XLPE), mientras que el cable final lleva un forro de PVC.

Tabla 5

Intensidad de cortocircuito admisible en conductores de aluminio, aislados con polietileno reticulado (A)					
Duración del cortocircuito (s)	Conductor				
	AAC #6 AWG	AAC #2 AWG	AAC 1/0 AWG	AAC 4/0 AWG	AAC 336,4 MCM
0,1	3 911	9 887	15 737	31 527	50 128
0,2	2 766	6 991	11 128	22 293	35 446
0,3	2 258	5 708	9 086	18 202	28 941
0,5	1 749	4 422	7 038	14 099	22 418
1,0	1 237	3 127	4 976	9 970	15 852
1,5	1 010	2 553	4 063	8 140	12 943
2,0	875	2 211	3 519	7 050	11 209
2,5	782	1 977	3 147	6 305	10 026
3,5	714	1 805	2 873	5 756	9 152

2.1.2. Resistencia

El valor de la resistencia por unidad de longitud, para corriente continua y a la temperatura θ , vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R'_{\theta} = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)] \quad (\Omega/\text{km})$$

donde:

R'_{θ} : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura θ °C (Ω/km).

R'_{20} : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de 20 °C (Ω/km).

α_{20} : Coeficiente de variación de la resistividad a 20 °C en función de la temperatura. Esta variable adopta un valor de 0,00393 para el cobre suave y 0,00403 para el aluminio ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

θ : Temperatura de servicio del conductor ($^{\circ}\text{C}$).

En la tabla mostrada a continuación se observan los valores de la resistencia de los conductores normalizados en el presente Proyecto Tipo.

Tabla 6

Resistencia por conductor en función de la temperatura			
Conductor	R'_{20} (Ω/km)	R'_{75} (Ω/km)	R'_{90} (Ω/km)
Cu #8 AWG	2,275	2,767	2,901
Cu #6 AWG	1,431	1,740	1,825
Cu #4 AWG	0,900	1,095	1,148
AAC #6 AWG	2,155	2,416	2,633
AAC #2 AWG	0,860	1,051	1,103
AAAC #2 AWG	0,999	1,220	1,281
AAC 1/0 AWG	0,539	0,658	0,691
AAAC 1/0 AWG	0,626	0,765	0,803
AAC 4/0 AWG	0,269	0,329	0,345
AAAC 4/0 AWG	0,312	0,381	0,400
AAC 336,4 MCM	0,169	0,206	0,217

En los conductores concéntricos de cobre se toma la resistencia del neutro igual a la de las fases, por ser los valores muy parecidos.

Para los cálculos del presente Proyecto Tipo despreciamos el efecto pelicular, y por lo tanto, suponemos equivalentes los valores de resistencia del conductor con corriente continua y con corriente alterna.

2.1.3. Reactancia inductiva

La reactancia X del conductor varía con el diámetro y la separación de los conductores.

En el caso de los conductores trenzados en haz se adopta el valor de $X = 0,1 \Omega/\text{km}$, que se puede introducir en los cálculos sin error apreciable.

Este valor también se puede emplear para los cálculos relativos a los conductores concéntricos de cobre debido a que en éstos el valor real de la reactancia será incluso menor.

2.1.4. Caída de tensión

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea, debido a la propia resistencia de los conductores.

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.

La aplicación de este método permite llegar a resultados aproximados muy útiles cuando se quieren tantear diferentes soluciones con distintas configuraciones de línea. Se supone que la carga está concentrada en el punto final de cada tramo de línea.

Podemos expresar la caída de tensión en una línea trifásica equilibrada como:

$$\Delta U = 1000 \cdot \frac{(R + X \cdot \text{tg} \varphi)}{U} \cdot P \cdot L \quad (\text{V})$$

La caída de tensión relativa, en tanto por ciento, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$e = 10^5 \cdot \frac{(R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{U^2} \cdot P \cdot L \quad (\%)$$

siendo:

ΔU : Caída de tensión (V).

e: Caída de tensión relativa (%).

R: Resistencia del conductor (Ω/km).

X: Reactancia del conductor (Ω/km).

φ : Desfase entre tensión e intensidad.

U: Tensión entre fases (V).

P: Potencia consumida por la carga alimentada por la línea (kW)

L: Longitud del tramo de línea (km).

Al producto $M = P \cdot L$ se le denomina momento eléctrico de la carga P, situada a la distancia L del origen de la energía.

Para una línea monofásica la caída de tensión se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = 1000 \cdot \frac{[(R_f + R_n) + (2 \cdot X \cdot \operatorname{tg} \varphi)]}{U} \cdot P \cdot L \quad (\text{V})$$

Y la caída de tensión relativa en tanto por ciento:

$$e = 10^5 \cdot \frac{[(R_f + R_n) + (2 \cdot X \cdot \operatorname{tg} \varphi)]}{U^2} \cdot P \cdot L \quad (\%)$$

donde:

ΔU : Caída de tensión (V).

e: Caída de tensión relativa (%).

R_f : Resistencia del conductor de fase (Ω/km).

Rn: Resistencia del conductor de neutro (Ω/km).

X: Reactancia del conductor (Ω/km).

φ : Desfase entre tensión e intensidad.

U: Tensión entre fases (V).

P: Potencia consumida por la carga alimentada por la línea (kW).

L: Longitud del tramo de línea (km).

En el caso de las líneas monofásicas bitensión (120/240 V) a tres hilos se considerará la carga equilibrada y, por lo tanto, equivalente a una línea monofásica a 240 V.

En las siguientes tablas se muestran los valores de caída de tensión para los diferentes conductores y tensiones, en función de la potencia consumida por las cargas y de la longitud del tramo de línea.

Tabla 7

Conductor	Tensión	Caída de tensión Conductores de acometida (e%) (*)		
		$\cos \varphi = 0,8$	$\cos \varphi = 0,9$	$\cos \varphi = 1$
Circuito monofásico				
Conc. 2 x #8	120 V	41,33·P·L	40,96·P·L	40,29·P·L
	240 V	10,33·P·L	10,24·P·L	10,07·P·L
Conc. 3 x #8				
Conc. 2 x #6	120 V	26,38·P·L	26,02·P·L	25,34·P·L
	240 V	6,60·P·L	6,50·P·L	6,34·P·L
Conc. 3 x #6				
Conc. 3 x #4		4,25·P·L	4,15·P·L	3,98·P·L
Dúplex #6	120 V	$34,59 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$34,22 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$33,55 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
	240 V			
Triplex #6	240 V	$8,65 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$8,56 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$8,39 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
Circuito trifásico				
Conc. 4 x #6	208 V	4,39·P·L	4,33·P·L	4,22·P·L
	240 V	3,30·P·L	3,25·P·L	3,17·P·L
Conc. 4 x #4	208 V	2,83·P·L	2,76·P·L	2,65·P·L
	240 V	2,12·P·L	2,08·P·L	1,99·P·L

Tabla 8

Conductor	Tensión	Caída de tensión Conductores de línea (e%) (*)		
		cos φ = 0,8	cos φ = 0,9	cos φ = 1
Circuito monofásico				
Triplex #2	240 V	4,40·P·L	4,31·P·L	4,14·P·L
Triplex 1/0		2,85·P·L	2,76·P·L	2,59·P·L
Triplex 4/0		1,55·P·L	1,46·P·L	1,29·P·L
Circuito trifásico				
Cuádruplex 1/0	208 V	1,77·P·L	1,71·P·L	1,60·P·L
	240 V	1,33·P·L	1,28·P·L	1,20·P·L
Cuádruplex 4/0	208 V	0,97·P·L	0,91·P·L	0,80·P·L
	240 V	0,73·P·L	0,68·P·L	0,60·P·L
Cuádruplex 336,4	208 V	0,67·P·L	0,61·P·L	0,50·P·L
	240 V	0,51·P·L	0,46·P·L	0,38·P·L

(*) Los valores de la impedancia de la línea (Z) utilizados en la realización de estas tablas se han calculado utilizando el valor de la resistencia del conductor a 90°C.

En el apartado 6.5 del presente documento se muestra la gráfica que indica la caída de tensión máxima para un número dado de cargas iguales y equidistantes en función de la potencia y la distancia entre ellas.

2.1.5. Potencia a transportar

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor, mostrada en el apartado 1.1.1, y por la caída de tensión máxima que se ha fijado en el documento "Criterios de Arquitectura de Red Área Caribe", es decir, un 5 % en zona rural y un 2,5 % en zona urbana.

En zona rural de nueva electrificación se podrá admitir hasta un 10 % de caída de tensión total, incluyendo la acometida, siempre que:

- a) El transformador tenga tomas de regulación de ± 5 % y $\pm 2,5$ %.
- b) La caída de tensión máxima admisible sea menor o igual que la diferencia entre la tensión nominal del transformador y la tensión mínima admitida en el punto de entrega de energía al cliente (final de la acometida), por el ente regulador de cada país.

En este caso se admitirá una caída de tensión en acometidas hasta un 1,6 %.

La máxima potencia de transporte de un circuito de una línea trifásica equilibrada, limitada por la intensidad máxima admisible, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi_m}{1000} \quad (\text{kW})$$

siendo:

P_{\max} : Potencia máxima que puede transportar la línea (kW).

U: Tensión nominal entre fases de la línea (V).

I_{\max} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

$\cos \varphi_m$: Factor de potencia medio de las cargas receptoras.

En el caso de una línea monofásica, la expresión que se utiliza para calcular la máxima potencia de transporte es la siguiente:

$$P_{\max} = \frac{U \cdot I_{\max} \cdot \cos \varphi_m}{1000} \quad (\text{kW})$$

siendo:

P_{\max} : Potencia máxima que puede transportar la línea (kW).

U: Tensión nominal de la línea (V).

I_{\max} : Intensidad máxima admisible del conductor (A).

$\cos \varphi_m$: Factor de potencia medio de las cargas receptoras.

En las siguientes tablas aparecen los valores de potencia máxima para circuitos monofásicos y trifásicos, limitada únicamente por la intensidad máxima admisible del conductor, para los distintos niveles de tensión y para factores de potencia de 0,8, 0,9 y 1.

Tabla 9

Potencia máxima limitada por intensidad máxima (kW) Conductores de acometida				
Conductor	Tensión	cos $\varphi = 0,8$	cos $\varphi = 0,9$	cos $\varphi = 1$
Circuito monofásico				
Conc. 2 x #8.	120 V	5,3	5,9	6,6
	240 V	10,6	11,9	13,2
Conc. 3 x #8	240 V	10,6	11,9	13,2
Conc. 2 x #6	120 V	7,2	8,1	9,0
	240 V	14,4	16,2	18,0
18,2		20,5	22,8	
18,2		20,5	22,8	
Conc. 3 x #6	240 V	18,2	20,5	22,8
Conc. 3 x #4	240 V	18,2	20,5	22,8
Dúplex #6	120 V	6,7	7,6	8,4
	240 V	13,4	15,1	16,8
Triplex #6	240 V	16,3	18,4	20,4
Circuito trifásico				
Conc. 4 x #6	208 V	21,6	24,3	27,0
	240 V	24,9	28,1	31,2
Conc. 4 x #4	208 V	27,4	30,8	34,2
	240 V	31,6	35,5	39,5

Tabla 10

Potencia máxima limitada por intensidad máxima (kW) Conductores de línea y acometida				
Conductor	Tensión	cos $\varphi = 0,8$	cos $\varphi = 0,9$	cos $\varphi = 1$
Circuito monofásico				
Triplex #2	240 V	28,8	32,4	36,0
Triplex 1/0		39,4	44,3	49,2
Triplex 4/0		57,6	64,8	72,0
Circuito trifásico				
Cuádruplex 1/0	208 V	53,3	60,0	66,6
	240 V	61,5	69,2	76,9
Cuádruplex 4/0	208 V	79,3	89,2	99,1
	240 V	91,5	102,9	114,3
Cuádruplex 336,4	208 V	106,6	120,0	133,3
	240 V	123,0	138,4	153,8

2.1.6. Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia en una línea serán las debidas al efecto Joule causado por la resistencia de la misma. Para una línea trifásica o monofásica vendrán dadas, respectivamente, por las siguientes expresiones:

$$p = 3 \cdot R_f \cdot L \cdot I^2 \quad (W)$$

$$p = (R_f + R_n) \cdot L \cdot I^2 \quad (W)$$

donde:

p: Pérdidas de potencia de la línea (W).

R_f: Resistencia del conductor de fase por kilómetro (Ω/km).

R_n: Resistencia del conductor neutro por kilómetro (Ω/km).

L: Longitud de la línea (km).

I: Intensidad de la línea (A).

La potencia transportada por la línea, para el caso de una línea trifásica, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (W)$$

Mientras que para una línea monofásica la expresión se muestra a continuación:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (W)$$

siendo:

P: Potencia transportada por la línea (W).

U: Tensión entre fases de la línea (V).

I: Intensidad de la línea (A).

cos φ: Factor de potencia de la línea.

El porcentaje de potencia perdida en la línea vendrá dado por el cociente entre la potencia perdida y la potencia transportada. De esta manera se obtiene la siguiente expresión:

$$\Delta P = \frac{p}{P} \cdot 100 = 100 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot R_f \cdot L \cdot I}{U \cdot \cos \varphi} \quad (\%)$$

Sustituyendo el valor de la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A})$$

Finalmente, se deduce la expresión final:

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{P \cdot R_f \cdot L}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (\%)$$

siendo:

P: Potencia consumida (W).

R_f: Resistencia del conductor de fase por kilómetro (Ω/km).

L: Longitud de la línea (km).

U: Tensión entre fases de línea (V).

cos φ: Factor de potencia de la línea.

De forma análoga, para el caso de una línea monofásica obtenemos los siguientes resultados.

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{P \cdot (R_f + R_n) \cdot L}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (\%)$$

En las siguientes tablas se muestran los porcentajes de pérdida de potencia en función de la potencia y de la distancia, para las dos tensiones objeto de este proyecto y para varios valores del factor de potencia.

Tabla 11

Porcentaje de potencia pérdida – Conductores de acometida (*)				
Conductor	Tensión	Pérdida de potencia (%)		
		cos φ = 0,8	cos φ = 0,9	cos φ = 1
Circuito monofásico				
Conc. 2 x #8	120 V	$\frac{P \cdot L}{15,88}$	$\frac{P \cdot L}{20,10}$	$\frac{P \cdot L}{24,82}$
	Conc. 3 x #8	240 V	$\frac{P \cdot L}{63,54}$	$\frac{P \cdot L}{80,42}$
Conc. 2 x #6		120 V	$\frac{P \cdot L}{25,25}$	$\frac{P \cdot L}{31,96}$
	Conc. 3 x #6	240 V	$\frac{P \cdot L}{101,02}$	$\frac{P \cdot L}{127,85}$
Conc. 3 x #4			$\frac{P \cdot L}{160,61}$	$\frac{P \cdot L}{203,28}$
Dúplex #6	120 V	$52,42 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$41,42 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$33,55 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
	Triplex #6	240 V	$13,11 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$	$10,35 \cdot 10^{-3} \cdot P \cdot L$
Circuito trifásico				
Conc. 4 x #4	208 V	$\frac{P \cdot L}{151,75}$	$\frac{P \cdot L}{192,06}$	$\frac{P \cdot L}{237,11}$
	240 V	$\frac{P \cdot L}{202,03}$	$\frac{P \cdot L}{255,70}$	$\frac{P \cdot L}{315,67}$
Conc. 4 x #4	208 V	$\frac{P \cdot L}{241,28}$	$\frac{P \cdot L}{305,37}$	$\frac{P \cdot L}{377,00}$
	240 V	$\frac{P \cdot L}{321,23}$	$\frac{P \cdot L}{406,56}$	$\frac{P \cdot L}{501,92}$

(*) En la realización de esta tabla se ha utilizado el valor de la resistencia del conductor a 90 °C (R₅₀).

Tabla 12

Porcentaje de potencia pérdida – Conductores de línea y acometida (*)				
Conductor	Tensión	Pérdida de potencia (%)		
		cos φ = 0,8	cos φ = 0,9	cos φ = 1
Circuito monofásico				
Triplex #2	240 V	$\frac{P \cdot L}{154,67}$	$\frac{P \cdot L}{195,75}$	$\frac{P \cdot L}{241,67}$
Triplex 1/0		$\frac{P \cdot L}{246,81}$	$\frac{P \cdot L}{312,36}$	$\frac{P \cdot L}{385,63}$
Triplex 4/0		$\frac{P \cdot L}{494,89}$	$\frac{P \cdot L}{626,34}$	$\frac{P \cdot L}{773,26}$
Circuito trifásico				
Cuádruplex 1/0	208 V	$\frac{P \cdot L}{400,68}$	$\frac{P \cdot L}{507,11}$	$\frac{P \cdot L}{626,06}$
	240 V	$\frac{P \cdot L}{533,45}$	$\frac{P \cdot L}{675,14}$	$\frac{P \cdot L}{833,51}$
Cuádruplex 4/0	208 V	$\frac{P \cdot L}{802,85}$	$\frac{P \cdot L}{1016,10}$	$\frac{P \cdot L}{1254,45}$
	240 V	$\frac{P \cdot L}{1068,88}$	$\frac{P \cdot L}{1352,80}$	$\frac{P \cdot L}{1670,12}$
Cuádruplex 336,4	208 V	$\frac{P \cdot L}{1277,90}$	$\frac{P \cdot L}{1617,35}$	$\frac{P \cdot L}{1996,72}$
	240 V	$\frac{P \cdot L}{1701,35}$	$\frac{P \cdot L}{2153,27}$	$\frac{P \cdot L}{2658,36}$

(*) En la realización de esta tabla se ha utilizado el valor de la resistencia del conductor a 90 °C (R₉₀).

Para determinar el porcentaje de pérdidas de potencia, en el caso de varias cargas conectadas a diferentes distancias, se realizará el sumatorio de cada uno de los productos, tal y como se muestra en la siguientes expresión.

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{R_f \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot L_i}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (\%)$$

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{(R_f + R_n) \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot L_i}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \quad (\%)$$

En el apartado 6.6 del presente documento se indican de forma gráfica las pérdidas de potencia.

2.1.7. Niveles de potencia

Para la realización de los cálculos para el diseño de las redes de B.T. se emplearán los niveles de potencia definidos en la siguiente tabla:

- Red rural

Nivel de electrificación:

- Bajo: 0,9 kW.
- Medio: 1,6 kW.
- Alto: 2,4 kW.

- Red urbana

Nivel de electrificación:

- Bajo: 3,6 kW.
- Medio: 4,8 kW.
- Alto: 6 kW.
- Cliente singular.

En el caso de existir alguna vivienda o edificio con un grado de electrificación clasificado como cliente singular (mayor de 6 kW), para el cálculo se considerarán las potencias reales. Asimismo, las áreas suburbanas de nivel bajo se considerarán como rurales.

2.1.8. Coeficientes de simultaneidad

Para el cálculo de las caídas de tensión en las redes se considerará que las cargas los usuarios no estarán conectadas de forma simultánea.

Tal y como se indica en el documento "Criterios de Arquitectura de Red Área Caribe", los coeficientes de simultaneidad en función del número de suministro de la línea son los que muestra la siguiente tabla.

Tabla 13

Coeficientes de simultaneidad				
Número de suministros	1	2 a 4	5 a 15	> 15
Ns	1	0,8	0,6	0,4

2.2. CÁLCULO MECÁNICO

En este apartado se indican los cálculos mecánicos de conductores a realizar en cualquier Proyecto Específico realizado según el presente Proyecto Tipo.

Los conductores normalizados utilizados en el presente Proyecto Tipo son de dos tipos: homogéneos y heterogéneos. Dentro de los homogéneos se encuentran aquellos que están compuestos sólo de cobre (Cu) o de aluminio (AAC), tanto los conductores de fase como el conductor neutro. En el grupo de los heterogéneos se encuadran aquellos en los que los conductores de fase son de aluminio (AAC) y los conductores neutros de aleación de aluminio (AAAC).

Se debe observar que cuando los conductores sean homogéneos de aluminio o concéntricos de cobre, la pinza de anclaje abrazará a todo el conjunto de conductores y, por lo tanto, se tendrán en cuenta las características mecánicas del conjunto en lugar de las de cada conductor. Para el resto de los conductores se utiliza una pinza de anclaje que sujeta únicamente al neutro. En este caso sólo se considerarán las características mecánicas del neutro fiador.

Los tenses y flechas con los que debe ser tendido el conductor dependen de la longitud del vano y de la temperatura del conductor en el momento del tendido, de forma que, al variar ésta, el tense del conductor en las condiciones más desfavorables no sobrepase los límites establecidos.

Los conductores de B.T. se situarán sobre los mismos apoyos que soportan las líneas de M.T. o sobre apoyos independientes, es decir, sólo para B.T., cuando sea necesario.

2.2.1. Hipótesis de cálculo

Teniendo en cuenta que este Proyecto Tipo será de aplicación en distintas áreas geográficas con diferentes condiciones climáticas, se definen tres zonas diferentes, fijándose para cada una de ellas las hipótesis de cálculo a considerar. Estas zonas son:

- Área A-Zona 1: Será de aplicación en las zonas con velocidades del viento de 100 km/h con altitudes inferiores a los 2000 m.
- Área A-Zona 2: Se aplicará cuando las líneas se instalen en zonas con velocidades del viento de 100 km/h con altitudes superiores a los 2000 m.
- Área B-Zona 1: Será de aplicación en las zonas con velocidades del viento de 120 km/h con altitudes inferiores a los 2000 m.
- Área B-Zona 2: Se aplicará cuando las líneas se instalen en zonas con velocidades del viento de 120 km/h con altitudes superiores a los 2000 m.

En cada zona se utilizarán unas hipótesis de cálculo determinadas, de acuerdo con las características geográficas y meteorológicas de las mismas.

En la tabla presentada a continuación se resumen las citadas hipótesis de cálculo con las correspondientes sobrecargas a considerar:

Tabla 14

Condición		Área A				Área B			
		Velocidad de viento 100 km/h				Velocidad de viento 120 km/h			
		Zona 1 Altitud menor de 2000 m		Zona 2 Altitud mayor de 2000 m		Zona 1 Altitud menor de 2000 m		Zona 2 Altitud mayor de 2000 m	
		Temperatura	Sobrecarga	Temperatura	Sobrecarga	Temperatura	Sobrecarga	Temperatura	Sobrecarga
Tracción máxima	Hipótesis viento	10 °C	Presión de viento de 47,24 daN/m ² (1)	5 °C	Presión de viento de 47,24 daN/m ² (1)	10 °C	Presión de viento de 68,02 daN/m ² (2)	5 °C	Presión de viento de 68,02 daN/m ² (2)
	Hipótesis temperatura	5 °C	Ninguna	-5 °C	Ninguna	5 °C	Ninguna	-5 °C	Ninguna
Flecha máxima	Hipótesis viento	20 °C	Presión de viento de 47,24 daN/m ² (1)	20 °C	Presión de viento de 47,24 daN/m ² (1)	20 °C	Presión de viento de 68,02 daN/m ² (2)	20 °C	Presión de viento de 68,02 daN/m ² (2)
	Hipótesis temperatura	50 °C	Ninguna						
	Hipótesis temperatura excepcional	75 °C	Ninguna						
Flecha mínima	Hipótesis temperatura	5 °C	Ninguna	-5 °C	Ninguna	5 °C	Ninguna	-5 °C	Ninguna
CHS		10 °C	Ninguna	0 °C	Ninguna	10 °C	Ninguna	0 °C	Ninguna
EDS		20 °C	Ninguna	15 °C	Ninguna	20 °C	Ninguna	15 °C	Ninguna

(1) La presión de viento de 47,24 daN/m² es la equivalente a la ejercida por un viento de 100 km/h.

(2) La presión de viento de 68,02 daN/m² es la equivalente a la ejercida por un viento de 120 km/h

Se calcularán las tensiones máximas de los conductores para las hipótesis de tracción máxima (hipótesis de viento y de temperatura), flecha máxima y flecha mínima. El resultado de estos cálculos aparecerá reflejado en las tablas incluidas en el apartado 6.1 del presente Proyecto Tipo.

2.2.2. Diámetro del haz

Para los cálculos mecánicos es necesario conocer el diámetro real aproximado de los conductores que empleamos en este Proyecto Tipo. Este diámetro es una característica fundamental para calcular el esfuerzo que, debido a la acción del viento, transmiten los conductores de B.T. a los apoyos.

Para determinar este diámetro hay que conocer el diámetro de cada conductor (incluido el aislamiento), tanto de fase como neutro, y aplicar unos coeficientes en función de la configuración del mismo, dependiendo si es dúplex, tríplex o cuádruplex.

En la siguiente tabla se muestran los diámetros aparentes del haz empleados en los cálculos mecánicos.

Tabla 15

Diámetro a considerar a efectos de viento Conductores de línea	
Conductor	Diámetro aparente aprox. (mm)
Tríplex #2	21,0
Tríplex 1/0	27,0
Cuádruplex 1/0	33,0
Tríplex 4/0	35,0
Cuádruplex 4/0	40,0
Cuádruplex 336,4	49,0

2.2.3. Coeficientes de sobrecarga

Se definen los coeficientes de sobrecarga (Q) como el cociente entre el peso aparente (p_a) y el peso normal (p) de los conductores. A continuación se deducen los citados coeficientes:

- Área A (Viento 100 km/h)

La sobrecarga (p_v) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$p_v = 47,24 \cdot d \cdot 10^{-3} \text{ (daN/m)}$$

- Área B (Viento 120 km/h)

$$p_v = 68,02 \cdot d \cdot 10^{-3} \text{ (daN/m)}$$

siendo en los dos casos:

p_v : Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor (daN/m).

d: Diámetro aparente del haz (mm).

El peso aparente se obtiene mediante la expresión mostrada a continuación:

$$p_a = \sqrt{p^2 + p_v^2} \text{ (daN/m)}$$

donde:

p_a : Fuerza por unidad de longitud o peso aparente del conductor con condiciones de sobrecarga (daN/m).

p: Peso por unidad de longitud del conductor (daN/m).

p_v : Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor (daN/m).

Teniendo en cuenta las dimensiones de los distintos conductores se obtienen los resultados expuestos en la siguiente tabla:

Tabla 16

Coeficientes de sobrecarga – Conductores de línea						
Conductor	D (mm)	Área	P (daN/m)	p_v (daN/m)	p_a (daN/m)	Q (p_a/p)
Triplex - #2	≈ 21	A	≤ 0,351	0,99	1,05	3,00
		B		1,43	1,47	4,19
Triplex - 1/0	≈ 27	A	≤ 0,631	1,28	1,42	2,26
		B		1,84	1,94	3,08
Cuádruplex - 1/0	≈ 33	A	≤ 0,870	1,56	1,79	2,05
		B		2,24	2,41	2,77
Triplex - 4/0	≈ 35	A	≤ 1,189	1,65	2,04	1,71
		B		2,38	2,66	2,24
Cuádruplex - 4/0	≈ 40	A	≤ 1,570	1,89	2,46	1,56
		B		2,72	3,14	2,00
Cuádruplex – 336,4	≈ 49	A	≤ 2,257	2,31	3,23	1,43
		B		3,33	4,03	1,78

2.2.4. Características mecánicas

Las tensiones máximas que son capaces de soportar cada uno de los conductores aparecen reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 17

Características mecánicas de los conductores Conductores de línea			
Conductor	Carga de rotura (daN) (1)	Coef. de seguridad	Carga máxima admisible (daN)
Triplex - #2	1 063	3	354
Triplex - 1/0	1 700		567
Cuádruplex - 1/0	1 700		567
Triplex - 4/0	3 264		1 088
Cuádruplex - 4/0	3 264		1 088
Cuádruplex - 336,4	3 264		1 088

(1) La columna denominada carga de rotura indica la resistencia mecánica del conductor neutro de AAAC.

Una vez conocidas las cargas de rotura máximas admisibles por cada conductor, se eligen las siguientes tensiones máximas para el tendido de los diversos haces. Los valores seleccionados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 18

Tensiones máximas – Conductores de línea y acometida			
Conductor	350 daN	500 daN	800 daN
Triplex - #2	***		
Triplex - 1/0	***	***	
Cuádruplex – 1/0	***	***	
Triplex – 4/0		***	***
Cuádruplex – 4/0		***	***
Cuádruplex – 336,4		***	***

NOTA: Los conductores de uso exclusivo en acometidas se instalan sin tensar el conductor.

2.2.5. Tenses y flechas de tendido

La ecuación del cambio de condiciones permite calcular la tensión a la que estará sometido un conductor en unas condiciones determinadas de temperatura y sobrecarga, partiendo de una tensión hallada previamente para unas condiciones iniciales.

Estas condiciones de partida se fijarán teniendo en cuenta conjuntamente las distintas hipótesis aparecidas en la tabla 14 del apartado 2.2.1 del presente documento, de forma que la situación inicial será la que establezca las condiciones más desfavorables.

Las tablas de cálculo mecánico de conductores se determinarán empleando la ecuación de cambio de condiciones para un vano nivelado:

$$T_{02}^3 + T_{02}^2 \cdot \left[\alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot S \cdot E + \frac{a^2 \cdot p_1^2 \cdot S \cdot E}{24 \cdot T_{01}^2} - T_{01} \right] = \frac{a^2 \cdot p_2^2 \cdot S \cdot E}{24}$$

El cálculo de la flecha para vanos nivelados se determinará mediante la siguiente expresión:

$$f_2 = \frac{T_{02}}{p_2} \cdot \left[\cosh \left(\frac{a \cdot p_2}{2 \cdot T_{02}} \right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

T_{02} : Componente horizontal de la tensión del conductor en las condiciones finales (daN).

T_{01} : Componente horizontal de la tensión del conductor en las condiciones iniciales (daN).

α : Coeficiente de dilatación del conductor ($^{\circ}\text{C}^{-1}$).

θ_2 : Temperatura del conductor en las condiciones finales ($^{\circ}\text{C}$).

θ_1 : Temperatura del conductor en las condiciones iniciales ($^{\circ}\text{C}$).

S: Sección total del conductor (mm^2).

E: Módulo de elasticidad del conductor (daN/mm^2).

a: Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).

p_1 : Peso aparente del conductor en las condiciones iniciales (daN/m).

p_2 : Peso aparente del conductor en las condiciones finales (daN/m).

f_2 : Flecha del conductor (m).

Al referirnos al peso aparente del conductor hay que tener en cuenta las sobrecargas que están actuando sobre él en ese momento.

Sustituyendo los valores en las condiciones iniciales se llega a una ecuación de tercer grado en función de T_2 , θ_2 y p_2 . De esta forma, para cada temperatura final θ_2 y peso aparente final p_2 predeterminados, se obtienen los valores de tensión final T_2 y, en consecuencia, una flecha final f_2 .

2.2.6. Tablas de tendido

En las tablas cálculo mecánico y de tendido que figuran en el apartado 6 del presente Proyecto Tipo se indican los tenses y flechas para cada tipo de conductor, tense y zona, en función de la longitud del vano y de la temperatura ambiente. Se incluyen también los valores correspondientes a las hipótesis reglamentarias, que indican las condiciones en las cuales se alcanza la flecha máxima a efectos del cálculo de la distancia entre el haz de conductores y el suelo.

Cuando se necesiten valores intermedios para el vano y la temperatura se interpolarán los valores del tense y de la flecha, obteniéndose de esta forma resultados suficientemente aproximados.

2.2.7. Vanos ideales de regulación

Como el haz de conductores suele tensarse entre una serie de vanos consecutivos entre dos apoyos de amarre, en el momento del tendido se igualan todas las tensiones en dichos vanos.

En condiciones extremas las tensiones son idénticas para todos esos vanos, mientras que en otras condiciones se producen diferencias de tense que son absorbidas por los apoyos de suspensión.

Por lo tanto, el comportamiento de la componente horizontal de la tensión del conductor en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo conductor en un único vano tipo llamado vano ideal de regulación. Este vano representativo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i^2}{a_i}}$$

$$a'_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (\text{m})$$

donde:

a_i : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

b_i : Desnivel del vano i medido en la dirección vertical (m).

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

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i^2}{a_i}}} \quad (\text{m})$$

Al operar de este modo, el valor de las flechas en los vanos que no sean el de regulación no será el indicado en las tablas, sino que deberá corregirse multiplicándolo por la relación:

$$\delta = \frac{T}{T_r}$$

siendo:

δ : Coeficiente de corrección.

T : Tensión del conductor en el vano considerado (daN).

T_r : Tensión del conductor en el vano de regulación (daN).

Una vez calculada la tensión real del conductor en el vano objeto de estudio, se determina el valor real de la flecha en dicho vano.

2.2.8. Tablas de regulación

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

A diferencia de la tabla de tendido, se tendrá en cuenta el desnivel existente entre los apoyos que constituyen cada vano.

La componente horizontal de la tensión de cada cantón se calculará mediante la ecuación de cambio de condiciones establecida en el apartado 2.2.4, para el vano ideal de regulación correspondiente.

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \cdot \left[\cosh\left(\frac{a_i}{2 \cdot H}\right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

donde:

f: Flecha (m).

T_{mi} : Tensión del conductor en el punto medio del vano i (daN).

p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).

a_i : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

H: Parámetro de la catenaria (m).

3. APOYOS

En el presente apartado se mostrarán todas las características de los apoyos además del método de cálculo empleado.

Las líneas de B.T. se instalarán:

- Sobre apoyos existentes que soporten líneas de M.T.

En este caso se calcularán los esfuerzos suplementarios a los que se verán sometidos los apoyos debido a la instalación de la línea de B.T., según se describe en el apartado 2.2 de esta Memoria. Estos esfuerzos se sumarán a los que ya soporte el poste, descritos en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13,2, 24,9 y 34,5 kV y en el Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas de 13,2 y 34,5 kV Sin Neutro. Se debe asegurar que el apoyo es capaz de soportar las sollicitaciones mecánicas provocadas por la nueva línea. En el apartado 6.3 y en el apartado 3.5 del presente Documento se muestran los esfuerzos adicionales que se transmiten en función del tipo de conductor y de la función del apoyo.

- Sobre apoyos nuevos que sólo soporten líneas de B.T.

Se deben calcular los esfuerzos transmitidos a los apoyos por la línea de B.T. según se describe en el apartado 3.5 de la presente Memoria. En función de los resultados se seleccionará el apoyo más adecuado.

3.1. CLASIFICACIÓN DE LOS APOYOS

Los apoyos se clasificarán según su función, quedando definidas las siguientes categorías:

- Apoyos de alineación.
- Apoyos de ángulo.
- Apoyos de estrellamiento.
- Apoyos de fin de línea.

Se debe tener en cuenta que en la mayoría de los casos los postes pueden soportar líneas de M.T., de comunicación, etc. además de las líneas de B.T. que se vayan a incorporar. En consecuencia, un apoyo puede ser de alineación atendiendo a la línea de M.T. y fin de línea atendiendo a la línea de B.T.

Normalmente en líneas de B.T. las cargas permanentes tendrán muy poca influencia y, en general, se podrá prescindir de ellas en el cálculo.

3.2. UTILIZACIÓN DE LOS APOYOS

Cuando las líneas de B.T. se instalen sobre apoyos nuevos se utilizarán los postes indicados en los siguientes apartados.

En casos excepcionales, se permite el uso de apoyos normalizados con características dimensionales y mecánicas diferentes a las citadas en este documento.

3.2.1. Apoyos de hormigón

Para la construcción de nuevas líneas se utilizarán postes de hormigón pretensado centrifugado, de 9 y 10,5 m de altura.

Las características de dichos postes se describen en la Especificación de Materiales correspondiente.

3.2.2. Apoyos metálicos

En lugares de difícil acceso o cuando las características de la línea así lo aconsejen se podrán emplear apoyos metálicos de chapa de 9 y 10,5 m de altura.

Se permite el uso de apoyos normalizados de mayor altura cuando, por las características particulares de la línea, sea necesario su empleo.

Todas las características de dichos apoyos quedan definidas en la correspondiente Especificación de Materiales.

3.2.3. Apoyos de madera

Cuando se empleen de forma singular postes existentes de madera, éstos serán de 9 y 10,5 m.

Estos postes quedan definidos en la Especificación de Materiales correspondiente.

3.3. CIMENTACIONES

Cuando por las características particulares de la línea no se puedan utilizar los apoyos existentes se emplearán los postes previstos en el apartado 3.2. Las cimentaciones de dichos postes se realizarán como se indica en este apartado.

Las cimentaciones, cuando las características del terreno lo permitan (terrenos duros o muy duros), se realizarán introduciendo los apoyos directamente en el terreno en hoyos practicados para tal fin. Luego se apisonará el terreno utilizando como relleno capas alternas de grava y tierra.

Cuando las condiciones de la línea o del suelo así lo requieran, se realizará una cimentación con aporte de hormigón. También se puede realizar del tipo monobloque, a las cuales se les dedica el siguiente apartado.

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

En las cimentaciones con aporte de hormigón se realizará una solera en el fondo de la cimentación de una altura de 0,15 m.

La tangente del ángulo de giro máximo permitido al alcanzar el equilibrio (inclinación del apoyo) no será superior a 0,01 ($\text{tg } \alpha \leq 0,01$).

El coeficiente de seguridad al vuelco vendrá dado por la expresión:

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

siendo:

M_e : Momento estabilizador total (daN·m).

M_v : Momento de vuelco (daN·m).

El momento de vuelco de la cimentación vendrá dado por la siguiente expresión:

$$M_v = F \cdot \left(H_1 + \frac{2}{3} \cdot h \right) \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

siendo:

M_v : Momento de vuelco (daN m).

F: Esfuerzo horizontal resultante de la sollicitación combinada (daN).

H_i: Altura sobre el terreno del punto de aplicación del esfuerzo resultante (m).

h: Profundidad de la cimentación (m).

El momento estabilizador total se calculará tal y como se indica en los apartados 3.3.1 y 3.3.2 del presente documento.

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 apoyos que intervengan en cruzamientos con otras líneas o con vías de comunicación y paso sobre zonas urbanas.

La profundidad mínima de la cimentación, cuando el poste se entierre directamente, debe ser un 10% de la longitud total del poste más 0,5 m. Cuando se realice una cimentación, tanto cilíndrica como prismática, con aporte de hormigón, la profundidad de la cimentación será también un 10% de la longitud total del poste más 0,5 m. En terrenos inclinados esta longitud se medirá desde el lado del poste que quede menos enterrado.

En el apartado 6.6 del presente documento se incluyen unas tablas con las dimensiones de las cimentaciones en función del tipo de terreno.

En terrenos normales o flojos las cimentaciones llevarán hormigón, ya que las fundaciones con el poste directamente enterrado obligan a profundidades mayores, reduciéndose significativamente la altura útil del poste.

Las tensiones máximas que la cimentación transmite al terreno no excederán los valores máximos fijados para el mismo (ver tabla 19).

Las características dimensionales y técnicas de las cimentaciones se adjuntan en los planos de cimentaciones del Documento nº 3 Planos.

3.3.1. Cimentaciones cilíndricas

Las cimentaciones cilíndricas utilizadas en el presente Proyecto Tipo se realizarán enterrando directamente el poste en el suelo o añadiendo hormigón cuando las características del terreno así lo indiquen (terrenos blandos).

El dimensionamiento de las mismas se realizará mediante la utilización de la formulación de Sulzberger.

El momento estabilizador total vendrá dado por la siguiente expresión:

$$M_e = \frac{d \cdot h^3}{52,8} \cdot C_n \cdot \operatorname{tg} \alpha + c \cdot d \cdot P \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

siendo:

M_e : Momento estabilizador total (daN·m).

d: Diámetro de la cimentación (m).

h: Profundidad de la cimentación (m).

C_n : Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales a h metros de profundidad (daN/m³).

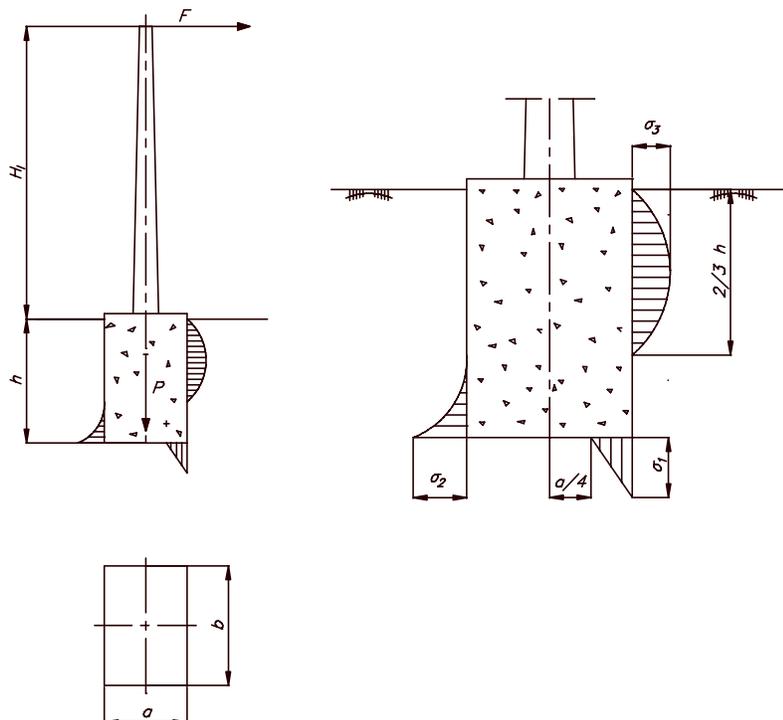
α : Ángulo de rotación admisible (°).

c: Coeficiente en función de la tangente de α . En los cálculos realizados en este proyecto, es decir, para $\operatorname{tg} \alpha = 0,01$ el coeficiente c tendrá el valor 0,375.

P: Esfuerzo vertical resultante en la que se incluye peso propio del apoyo, peso propio del macizo de hormigón y esfuerzos verticales de conductores (daN).

3.3.2. Cimentaciones monobloque

Las cimentaciones monobloque serán de forma prismática recta de sección cuadrada.



El dimensionamiento de las mismas también se realizará mediante la utilización de la formulación de Sulzberger.

El momento estabilizador vendrá dado por la siguiente expresión:

$$M_e = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot C_h \cdot \operatorname{tg} \alpha + P \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \sqrt{\frac{P}{b \cdot C_k \cdot \operatorname{tg} \alpha}} \right) \quad (\text{daN} \cdot \text{m})$$

siendo:

M_e : Momento estabilizador total (daN·m).

b : Anchura del macizo en la dirección transversal del esfuerzo F (m).

h : Profundidad del macizo (m).

C_h : Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales del macizo a h metros de profundidad (daN/m³).

α : Ángulo de rotación admisible (°).

P : Esfuerzo vertical resultante en el que se incluye peso propio del apoyo, peso propio del macizo de hormigón y esfuerzos verticales de conductores (daN).

a: Anchura del macizo en la dirección longitudinal del esfuerzo F (m).

C_k : Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo a k metros de profundidad (daN/m^3).

Cuando no se disponga de información sobre las características reales del terreno se utilizarán los coeficientes de compresibilidad a 2 m de profundidad (k) que establece la siguiente tabla. En la tabla también se muestra la tensión máxima admisible para los distintos tipos de terrenos:

Tabla 19

Terreno	Ch-Ck (daN/cm^3)
Arcilla dura	10-10
Arcilla semidura	6-8
Arcilla blanda	4-5
Tierra vegetal (compactado)	8-12
Gravera arenosa (compactado)	8-20
Arenoso grueso (compactado)	8-20
Arenoso fino (compactado)	8-20
Gravera arenosa (sin compactar)	8-12
Arenoso grueso (sin compactar)	8-12
Arenoso fino (sin compactar)	8-12

Se admite una cierta proporcionalidad entre los coeficientes de compresibilidad y la profundidad siguiendo la siguiente expresión:

$$C_{h,k} = \frac{k \cdot h}{2} \quad (\text{daN/m}^3)$$

siendo:

$C_{h,k}$: Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales del macizo a h metros de profundidad o coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo a k metros de profundidad (daN/m^3).

k: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad (daN/m^3).

h: Profundidad de la cimentación o del macizo (m).

Los cálculos de cimentaciones del presente Proyecto Tipo se han realizado con coeficientes de compresibilidad (k) de 8 daN/cm^3 para terrenos flojos, 12 daN/cm^3 para terrenos normales, 16

daN/cm³ para terrenos duros y 20 daN/cm³ para terrenos muy duros.

Aquellas cimentaciones que tengan propiedades del terreno distintas a las anteriores deberán ser calculadas conforme a sus características particulares.

3.4. PUESTA A TIERRA

Se colocarán puestas a tierra del conductor neutro con objeto de limitar las tensiones que puedan aparecer respecto a tierra.

3.4.1. Puesta a tierra del neutro

Cuando se instale la red de Baja Tensión sobre apoyos existentes, se conectará el conductor neutro de la línea de B.T. con el conductor neutro de la línea de M.T. (en el caso de haberlo) en cada apoyo.

Las características de la puesta a tierra del neutro varían en función del tipo de instalación:

- Red de B.T. instalada sobre apoyos existentes.

El conductor neutro de la red de Baja Tensión estará puesto a tierra en varios puntos, a saber:

- En todos los apoyos que soporten un centro de transformación.
- En todos los apoyos fin de línea.

- Red de B.T. independiente instalada sobre nuevos apoyos.

Cuando se realice el tendido de la red de B.T. sobre nuevos apoyos, el conductor neutro estará puesto a tierra:

- En todos los apoyos de fin de línea.
- En los apoyos desde los que arranque una derivación importante.
- Se garantizará un mínimo de una puesta a tierra del conductor neutro cada 500 metros de longitud de la línea.

3.4.2. Elementos constitutivos de la instalación de puesta a tierra

Los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra serán:

- Línea de tierra.
- Electrodo de puesta a tierra.

La línea de tierra es el conductor que une el electrodo de puesta a tierra con el punto de la línea que ha de conectarse a tierra.

Como conductor de puesta a tierra se empleará un conductor de cobre de tamaño #2 AWG. Sus características están definidas en la correspondiente Especificación Técnica.

Los electrodos serán picas con alma de acero y recubrimiento de cobre, de una longitud de 2 metros. Estas picas de cobre-acero están definidas en la correspondiente Especificación de Materiales.

La pica de puesta a tierra se hincará en la proximidad del apoyo. El extremo superior de cada pica deberá penetrar tanto como sea posible por debajo del nivel de humedad permanente, con un mínimo de 0,5 metros por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irá también la línea de tierra que conecte las picas con el apoyo.

3.4.3. Conexiones entre la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico, tanto con las partes metálicas que se deseen poner a tierra como con el electrodo. Las conexiones de la línea de tierra con los electrodos se efectuarán por medio de conectores de compresión.

La línea de enlace con el electrodo deberá ser lo más corta posible y sin cambios bruscos de dirección (ángulos cerrados o esquinas), no debiendo estar sujeta a esfuerzos mecánicos.

3.4.4. Gradiente de potencial

Se tomarán las precauciones necesarias para que en ningún caso el gradiente de potencial en la superficie del terreno pueda ser perjudicial a personas o animales.

Siempre se debe garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas en caso de una falta de tierra no superen las máximas permitidas.

3.5. CÁLCULO MECÁNICO DE LOS APOYOS

Los cálculos descritos a continuación se tendrán en cuenta en la construcción de nuevas líneas cuando no se empleen apoyos existentes.

Los apoyos utilizados serán los descritos en el apartado 3.2 del presente documento.

3.5.1. Definición de esfuerzo nominal

La resistencia mecánica de un apoyo vendrá determinada por su esfuerzo nominal. Se define el citado esfuerzo como aquél que es capaz de soportar el poste en la dirección principal, normal a su eje, y aplicada a la distancia de la cogolla indicada en las normas correspondientes.

3.5.2. Hipótesis de cálculo

En el cuadro mostrado a continuación se muestran la hipótesis a tener en cuenta dependiendo de la función del apoyo y de la zona de emplazamiento.

Tabla 20

Apoyo	Área A		Área B	
	Zona 1	Zona 2	Zona 2	Zona 3
Alineación	• Esf. horizontal transversal con viento 100 km/h y temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal con viento 100 km/h y temperatura 5 °C.	• Esf. horizontal transversal con viento 120 km/h y temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal con viento 120 km/h y temperatura 5 °C.
Ángulo	• Esf. horizontal transversal debido a la resultante de tensiones y a la acción del viento a 100 km/h con temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal debido a la resultante de tensiones y a la acción del viento a 100 km/h con temperatura 5 °C.	• Esf. horizontal transversal debido a la resultante de tensiones y a la acción del viento a 120 km/h con temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal debido a la resultante de tensiones y a la acción del viento a 120 km/h con temperatura 5 °C.
Estrellamiento	• Esf. horizontal transversal resultante con viento a 100 km/h con temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal resultante con viento a 100 km/h con temperatura 5 °C.	• Esf. horizontal transversal resultante con viento a 120 km/h con temperatura 10 °C.	• Esf. horizontal transversal resultante con viento a 120 km/h con temperatura 5 °C.
Fin de línea	• Esf. horizontal transversal con viento a 100 km/h con temperatura 10 °C. • Tiro de conductores	• Esf. horizontal transversal con viento a 100 km/h con temperatura 5 °C. • Tiro de conductores	• Esf. horizontal transversal con viento a 120 km/h con temperatura 10 °C. • Tiro de conductores	• Esf. horizontal transversal con viento a 120 km/h con temperatura 5 °C. • Tiro de conductores

Para el cálculo mecánico de los apoyos no se tendrán en cuenta las cargas permanentes producidas por el peso del propio conductor y de los distintos accesorios, debido a su pequeño valor respecto al resto de las sollicitaciones mecánicas que debe soportar el apoyo.

- Apoyos de alineación

En condiciones normales de instalación únicamente se considerará la sobrecarga debida a la acción del viento sobre el haz de conductores, teniendo en cuenta el eolovano correspondiente.

- Apoyos de ángulo

La hipótesis de cálculo más desfavorable corresponderá a la acción del viento aplicada al eolovano correspondiente más la resultante del tense de los conductores en la dirección de la bisectriz del ángulo.

Los esfuerzos debidos a la acción del viento se determinan aplicando la siguiente expresión:

$$F = P_v \cdot a_v \cdot \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) + 2 \cdot \max[T_{01}, T_{02}] \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (\text{daN})$$

donde:

F: Esfuerzo resultante aplicado al apoyo (daN).

P_v : Esfuerzo debido al viento sobre los conductores en los semivanos considerados (tabla 16) (daN/m).

a_v : Eolovano considerado (m).

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ (m)}$$

a_1 : vano anterior al apoyo (m).

a_2 : vano posterior al apoyo (m).

α : Ángulo de desviación de la línea. Es el ángulo formado entre la prolongación de la dirección del conductor antes del vano y la dirección del conductor después del vano.

T_{01} , T_{02} : Tense de los conductores en cada vano, en las condiciones indicadas en cada hipótesis (daN).

Se puede determinar el ángulo máximo de desviación de la línea que es capaz de resistir un apoyo sin retenidas, en función de su esfuerzo nominal, el tense de los conductores, la presión del viento y el eolovano que soporta el apoyo. Para ello se aplican las siguientes expresiones.

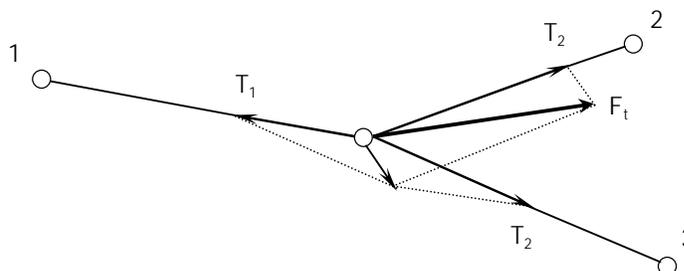
$$\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{T - \sqrt{T^2 + P_v \cdot a_v \cdot (P_v \cdot a_v - F)}}{P_v \cdot a_v}$$

$$\alpha = 2 \cdot \left[\text{arcsen}\left(\frac{T - \sqrt{T^2 + P_v \cdot a_v \cdot (P_v \cdot a_v - F)}}{P_v \cdot a_v}\right) \right]$$

Mediante esta ecuación sólo se podrá calcular el ángulo máximo cuando el apoyo en cuestión únicamente soporte una línea de B.T. En el resto de los casos se deberán tener en cuenta los esfuerzos aplicados al apoyo por la línea de M.T., que se sumarán a los provocados por la línea de B.T. que se pretende construir.

Para ángulos mayores a los que pueda soportar el apoyo, se instalarán las retenidas adecuadas.

- Apoyos de fin de línea



El esfuerzo horizontal que los apoyos fin de línea deben soportar se determina en función del tense máximo de los conductores elegido.

$$F = T \text{ (daN)}$$

siendo:

F: esfuerzo aplicado al apoyo (daN).

T: Tense máximo del haz de conductores en las hipótesis consideradas (daN).

En la mayoría de los casos se deberán reforzar los apoyos mediante la colocación de retenidas para que sólo trabajen a compresión y puedan soportar los esfuerzos horizontales a los que se verán sometido.

- Apoyos en estrellamiento

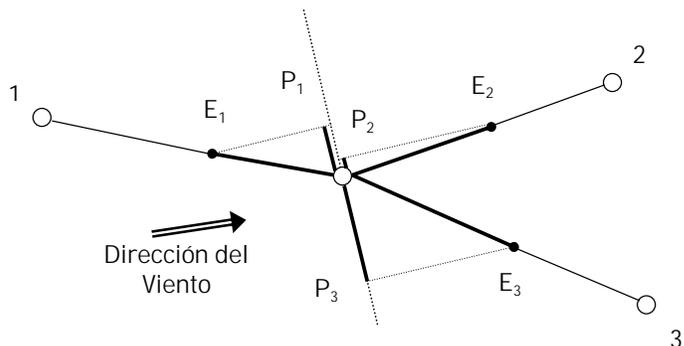
Para determinar el esfuerzo útil mínimo en los apoyos se recomienda adoptar el cálculo gráfico por su sencillez.

Los valores de los tenses T_1 , T_2 y T_3 se obtendrán de las tablas incluidas en el apartado nº 6 de la presente Memoria.

Se calculará el esfuerzo F_t resultante de la suma de los tenses de cada conductor, tal y como se muestra en el siguiente gráfico:

Para un cálculo más preciso es necesario añadir a la resultante el esfuerzo debido a la acción del viento sobre los semivanos de las distintas líneas que convergen en el apoyo de estrellamiento. Para ello se supone el viento en la dirección de la resultante y se procede como sigue:

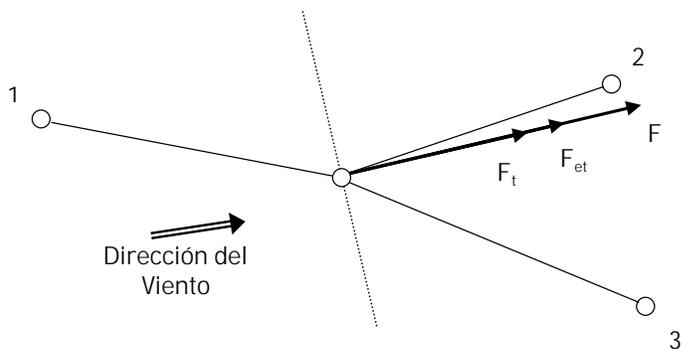
- a) Se determinan las proyecciones (P_1 , P_2 y P_3) de cada semivano (E_1 , E_2 y E_3) sobre la perpendicular a la resultante de las tensiones.



- b) El esfuerzo de viento (F_{et}) es el resultado de multiplicar la longitud de estas proyecciones por la presión de viento sobre cada uno de los conductores de cada línea.
- c) La suma de estos esfuerzos, en la dirección de la resultante de las tensiones, se suma a esta y nos da el esfuerzo total.

Normalmente este valor es muy inferior al resultado de las tenses por lo que, en general, se puede despreciar y se considera solamente el resultante del cálculo propio de las tensiones.

El apoyo se orientará en la dirección de la resultante.



4. ACOMETIDAS

La acometida es la parte de la instalación comprendida entre la red de distribución general y la instalación receptora. Por lo tanto forman parte de ella, siendo sus extremos, 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.

4.1. TIPOS DE ACOMETIDA

En la red trezada aérea se distinguen los siguientes tipo de acometidas:

- Acometida aérea posada sobre fachadas o muros.
- Acometida aérea tensada entre apoyos o de apoyo a fachada.

Los distintos tramos de una acometida podrán proyectarse de ambas formas a fin de realizar una instalación lo más idónea posible.

4.2. CONDUCTORES

Los conductores a emplear en las acometidas serán los normalizados en el presente Proyecto Tipo. Se realizarán los cálculos mostrados a continuación y se elegirá el conductor que posea las características más adecuadas.

En las acometidas serán de uso preferente los conductores concéntricos de cobre. Para potencias superiores a las admitidas por estos conductores se empleará el cable trenzado normalizado de sección adecuada a las mismas.

4.2.1. Cálculo eléctrico

La sección de los conductores de la acometida se determinará en función de los criterios expuestos a continuación:

- Con el fin de garantizar que todos los clientes conectados a las acometidas estén incluidos dentro de los márgenes de tolerancia, se asigna un porcentaje de caída de tensión del 0,8 % a la acometida, tanto para red rural como para red urbana.
- La intensidad máxima admisible por el conductor seleccionado para realizar una acometida, debe ser superior a la intensidad máxima que se prevea para el suministro.

A continuación se muestra el proceso de cálculo que se debe seguir.

- a) Se calcula la sección teórica necesaria de los conductores.

Para la acometida monofásica se utiliza la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\lambda \cdot e \cdot U} \quad (\text{mm}^2)$$

En el caso de acometidas trifásicas la ecuación empleada es la siguiente:

$$S = \frac{P \cdot L}{\lambda \cdot e \cdot U} \quad (\text{mm}^2)$$

siendo en los dos casos:

S: Sección teórica del conductor (mm²).

P: Potencia demandada (W).

L: Longitud de la acometida (m).

λ : Conductividad del material (aluminio = 35; aleación de aluminio = 30; cobre = 56) (m/Ω·mm²).

e: Caída de tensión admisible (V).

U: Tensión de servicio. Para acometidas trifásicas se considera como tensión de servicio la tensión de línea (V).

- b) Se determina la intensidad de corriente del suministro mediante las siguientes expresiones según sean acometidas monofásicas o trifásicas respectivamente:

$$I = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \quad (A)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (A)$$

donde:

I: Intensidad máxima prevista para el suministro (A).

P: Potencia máxima prevista para el suministro (W).

U: Tensión de servicio. Para acometidas trifásicas se considera como tensión de servicio la tensión de línea (V).

$\cos \varphi$: Factor de potencia medio del suministro.

- c) Una vez determinada la sección se elige el conductor normalizado adecuado según las características mostradas en el apartado 1.1.1 del presente Documento. La intensidad máxima admisible del conductor seleccionado debe ser superior a la intensidad máxima prevista para el suministro. En caso contrario se elegirá el siguiente conductor normalizado que posea una intensidad y sección adecuadas.

Para determinar la sección necesaria del conductor en una acometida trifásica, cuando este también alimente a una carga monofásica, se considerará la intensidad en la fase más cargada como la suma de la intensidad debida a la potencia trifásica y la debida a la potencia monofásica. A efectos del cálculo de la caída de tensión, la intensidad en la fase más cargada será la suma de la intensidad debida a la carga trifásica más la debida a otra carga trifásica de valor seis veces la potencia de la carga monofásica.

En las tablas mostradas en el apdo. 6.8. del presente Proyecto Tipo se muestran los conductores adecuados para cada acometida en función de la tensión, el nivel de potencia y la longitud del suministro.

Para el cálculo de las caídas de tensión en las redes aéreas de B.T. se empleará el programa CRBT. Con la ayuda de este programa se seleccionarán los conductores más adecuados para cada tramo de la red, asegurándose de este modo que las caídas de tensión en toda la red se encuentran dentro de los márgenes fijados en el documento "Criterios de Arquitectura de Red Área Caribe".

4.3. INSTALACIÓN

4.3.1. Conexión a la línea

La conexión a la línea de los conductores se realizará mediante los conectores de derivación definidos en el apartado 1.1.3 de la presente Memoria.

En líneas tensadas la conexión se efectuará, siempre y cuando sea posible, en el apoyo. Excepcionalmente se permitirán las conexiones en el medio del vano.

El número de conexiones de acometida a la red en el mismo apoyo se limitará a un máximo de 4. Cuando el número sea mayor se instalarán las correspondientes cajas de derivación de acometidas, conectando estas abiertamente a la red y derivando las acometidas desde dichas cajas

Se fijará en los extremos de la acometida tensada una pinza adecuada a las características del conductor, amarrándola sobre el soporte dispuesto para dicho fin. Las características de dicha pinza se describen en la Especificación de Materiales correspondiente.

4.3.2. Montaje de la acometida aérea posada sobre fachada

El conductor de la acometida, en su llegada a la fachada, se fijará mediante una pinza adecuada a sus características.

Se usarán abrazaderas con tornillo para la fijación de la acometida a lo largo de la fachada. Los taladros necesarios para la instalación de dichas abrazaderas se espaciarán un máximo de 0,4 metros.

Cuando por las características de la fachada algún tramo de la acometida se instale a una altura inferior a 3 metros del suelo, se colocarán tubos de protección adecuados.

Cuando las viviendas no tengan una altura suficiente para asegurar las distancias verticales de seguridad, se dispondrá un postecillo metálico que garantice dichas distancias. La acometida podrá descender por dicho postecillo, quedando los cables a la vista en todo su recorrido hasta la entrada de la caja portacontador. Sus características se describirán en la Especificación Técnica correspondiente.

Las características de todos los materiales necesarios para el montaje de la acometida aérea posada sobre fachada se detallarán en las Especificaciones Técnicas adecuadas.

4.3.3. Montaje de la acometida aérea tensada sobre apoyos

El montaje de la acometida aérea tensada sobre apoyos se realizará empleando los materiales adecuados que se describen en las correspondientes Especificaciones de Materiales. Los conductores empleados se instalarán con el tense indicado en la tabla 18 de la presente Memoria.

Los conductores concéntricos de cobre y trenzados de aluminio #6 no se tensarán pero se asegurarán en todo momento las distancias verticales de seguridad descritas en el presente Proyecto Tipo.

4.4. PROTECCIÓN DE LA ACOMETIDA

La protección de la acometida delimita el final de la red general de distribución y el principio de la instalación receptora. Dicha protección pertenece a la instalación receptora.

La protección de la acometida se hará como sigue:

- a) Suministros individuales: Interruptor automático unipolar para acometidas monofásicas a 120 V a 2 hilos, bipolar para acometidas a 3 hilos en 240 V o tripolar trifásica de la intensidad adecuada a la potencia contratada por el cliente.
- b) Suministro a edificios de varios usuarios: Interruptor automático tripolar, de la intensidad adecuada a la potencia total del conjunto de los suministros.

Se podrán alimentar dos o tres suministros individuales con equipo de medida instalados en cajas enlazables, mediante una sola acometida, siendo esta de la sección adecuada. Cada equipo llevará su correspondiente interruptor automático.

En la siguiente tabla se indican las intensidades máximas de los interruptores automáticos a instalar como protección de la acometida en función de la sección del conductor a emplear en la misma.

Tabla 21

Interrupidores automáticos para la protección de la acometida		
Cable acometida	I máx interruptor (A)	Icc interruptor (kA)
Concéntrico 2 x #8	≤ 40	6
Concéntrico 3 x #8		
Concéntrico 2 x #6	≤ 63	
Concéntrico 3 x #6		
Concéntrico 4 x #6		
Concéntrico 3 x #4	≤ 80	
Concéntrico 4 x #4		
Dúplex #6	≤ 80	10
Tríplex #6	≤ 80	10
Tríplex #2	≤ 125	10
Tríplex 1/0	≤ 200	50
Tríplex 4/0	≤ 250	50
Cuádruplex 1/0	≤ 160	50
Cuádruplex 4/0	≤ 250	50
Cuádruplex 336,4	≤ 350	100

Quando la intensidad demandada por el cliente o conjunto de clientes sea inferior a la máxima señalada en la tabla se podrán instalar interruptores de intensidad nominal inferiores a la indicada. El tipo, número de polos y forma de instalación de estos interruptores automáticos, estará definido en la correspondiente norma de instalaciones de enlace.

4.5. ACOMETIDAS DE ALUMBRADO PÚBLICO

La red de Alumbrado Público no es objeto del presente Proyecto Tipo. Sus características se describen en el correspondiente Proyecto Tipo.

Estas instalaciones incluirán siempre las protecciones adecuadas. Se montarán de forma que la acometida para el alumbrado se derive directamente desde un poste que soporte un Centro de Transformación.

Quando las instalaciones de Alumbrado Público sean responsabilidad de la empresa suministradora, éstas se realizarán de acuerdo con el Proyecto Tipo de Instalaciones de Alumbrado Público en vigor.

5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

En este apartado se muestran las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse entorno a los conductores de Baja Tensión para evitar riesgos a las personas e impedir, en la medida de lo posible, 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 Proyecto Tipo, serán las siguientes:

5.1. DISTANCIAS DE SEGURIDAD 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 0,2 m mientras que horizontalmente se situarán a 0,3 m.

Las distancias de seguridad entre conductores en sus soportes serán las indicadas en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 22

Nivel inferior	Nivel superior (m)				
	Conductores de B.T.	Conductores de M.T. (kV)			
		Neutro	13,2	24,9	34,5
Conductores de comunicación	1	1	---	---	---
Conductores de B.T.	---	0,4	0,5	0,6	0,7

5.2. 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.

5.2.1. Cruce con líneas eléctricas aéreas de M.T.

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. En cruzamientos o entre conductores adyacentes, la distancia horizontal entre la línea de B.T. y las partes más próximas de la línea de M.T. no será inferior a 1,5 m.

Las mínimas distancias verticales que se deben respetar serán las que indica la siguiente tabla.

Tabla 23

Nivel inferior	Nivel superior – Conductores de M.T. (m)	
	Fases	Neutro
Conductores de B.T.	0,6	

5.2.2. Cruces con otras líneas eléctricas aéreas de B.T.

En los cruzamientos entre líneas aéreas de B.T., situadas en apoyos diferentes, la distancia entre los conductores más próximos no será inferior a 0,6 m.

5.2.3. Cruces con líneas aéreas de telecomunicación

Las líneas de B.T. 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.

La distancia de seguridad mínima entre los conductores más próximos, cuando están instalados en diferentes estructuras, será de 0,6 m.

5.2.4. Cruces con carreteras, caminos y vías de ferrocarril sin electrificar

La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de los railes, en el caso de vías de ferrocarril sin electrificar, será de:

Tabla 24

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)
Carreteras, calles y áreas de tránsito	5
Aceras o caminos para peatones	3
Ferrocarriles	7,2

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

5.2.5. Cruces con ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

La distancia vertical mínima de los conductores de B.T. sobre los cables, hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de 2 m.

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 0,3 m entre ambos.

5.2.6. Ríos y canales, navegables o flotables

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua, para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

Tabla 25

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)
Regatos y otras aguas donde no está permitida la navegación	4
Aguas navegables adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m	9,6
Aguas navegables no adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m	4,6

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

5.3. PASO POR ZONAS

5.3.1. De conductores a edificios, chimeneas, carteles, antenas, excepto puentes

Los conductores pueden ser colocados adyacentes a los elementos mencionados, siempre y cuando las distancias verticales y horizontales no sean menores que las indicadas por la tabla que se acompaña, bajo las siguientes condiciones:

- 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 (60 °C en zona 1 y 50 °C en zona 2 y 3), sin desplazamiento de viento (flecha final).
- Cuando los conductores discurran por encima y a lo largo de las instalaciones, las separaciones se respetarán teniendo en cuenta temperatura mínima del conductor para la cual se diseña la línea, sin desplazamiento de viento (flecha final).

Tabla 26

Naturaleza de la superficie		Distancia de seguridad mínima (m)
Horizontal	Anuncios, chimeneas, antenas, etc. no accesibles a personas	1
	Zonas de edificios y áreas accesibles a personas	1,5
Vertical (*)	Anuncios, chimeneas, antenas, etc. no accesibles a personas	1
	Zonas de edificios no accesibles a personas	1
	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura	3,5
	Zonas de tránsito de vehículos de más de 2,45 m de altura	5

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

Se permite la colocación de los conductores sobre las fachadas de los edificios siempre que se respetan las distancias verticales de seguridad indicadas en este apartado y se sitúen como mínimo a 3 m del suelo.

Los conductores de acometida deberán mantener una distancia de seguridad de 3 m respecto al punto más alto del techo o balcón de la vivienda excepto cuando éste no sea accesible. En este caso la distancia puede reducirse a 1 m. Se considera que no es fácilmente accesible cuando no se pueda acceder casualmente a él a través de puertas, ventanas, escaleras, etc. sin que la persona realice un gran esfuerzo físico o utilice alguna herramienta especial.

Cuando el techo o balcón no es fácilmente accesible y la acometida pasa por encima del techo para, posteriormente, penetrar en la vivienda, se debe mantener una distancia mínima vertical de 0,5 m del punto más bajo de la acometida al techo. Las distancias de seguridad que deben mantenerse en la instalación del accesorio de la acometida se indican en el apartado 4 del presente Documento.

El conductor de la acometida debe situarse a una distancia mínima de 1 m en cualquier dirección de ventanas, puertas, pórticos, salida de incendios o localizaciones similares excepto cuando se sitúen sobre el nivel superior de la ventana o cuando las ventanas se diseñen para no abrirse.

5.3.2. Bosques, árboles y masas de arbolado

Para evitar las interrupciones del servicio producidos por la caída o contacto de ramas o troncos de árboles sobre los conductores de la línea eléctrica, se cortarán todas aquellas ramas, troncos, etc. que debido a su flexibilidad puedan alcanzar a los conductores debido a la acción del viento soplando a las velocidades habituales de la zona.

Igualmente, deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por su flexibilidad puedan alcanzar a los conductores en su posición normal.

5.4. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

5.4.1. Con líneas eléctricas de M.T.

Se mantendrá una distancia mínima de 2 m en paralelismos entre línea de B.T. y líneas de M.T. Para tensiones mayores de 66 kV se mantendrá una distancia mínima de 3 m.

5.4.2. Con otras líneas de B.T. o telecomunicación

Las distancias de seguridad mínimas que deben mantener los conductores de BT no serán inferiores a las mostradas en la tabla.

Tabla 27

Conductores	Distancia (m)	
	Horizontal	Vertical
De telecomunicaciones	1	0,6
BT desnudos	1	0,6
BT trenzados	0,4	0,4

5.4.3. Con retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura

Cuando por determinadas circunstancias existan retenidas o mensajeros que discurran paralelos a la línea y estén sujetos a la misma estructura, las distancias de seguridad que se han de respetar son las siguientes:

- A vientos o retenidas paralelas a la línea: 0,30 m.
- Otros: 0,15 m.

5.4.4. 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. Las estructuras deben estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura de las esquinas.

5.4.5. Vías de ferrocarril

Todos los elementos de la estructura de soporte deben estar a una distancia horizontal mínima de 4,3 m.

6. TABLAS Y GRÁFICOS

6.1. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES TRENZADOS

6.2. TABLAS DE TENDIDO DE CONDUCTORES TRENZADOS

6.3. TABLAS DE ESFUERZOS TRANSMITIDOS AL APOYO

6.4. EOLOVANOS MÁXIMOS ADMITIDOS

6.4.1. LÍNEA DE B.T. NUEVA

6.4.2. LÍNEA DE B.T. INSTALADA EN APOYO CON LÍNEA DE M.T.

6.5. GRÁFICOS DE CAÍDA DE TENSIÓN

6.6. GRÁFICOS DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

6.7. TABLAS DE CIMENTACIONES

6.8. TABLAS DE SELECCIÓN DEL CONDUCTOR DE ACOMETIDA

6.9. TABLAS DE ESFUERZOS EN ÁNGULOS