



Anexo-14

Calculo de Distancias Eléctricas



Tabla de Contenidos

1.	Cálculo de Distancias Eléctricas	5
1.1.	Consideración sobre el cálculo de las distancias	5
1.2.	Distancia entre conductores de la misma terna.....	6
1.3.	Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra.....	8
1.4.	Distancias verticales a tierra, a objetivos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas	9
1.5.	Distancia libre a edificios o sus partes	10
1.6.	Distancia respecto a columnas de alumbrado	11
1.7.	Franja de servidumbre.....	11
1.8.	Cálculo de la distancia de seguridad.....	12
1.9.	Verificación de los anchos de franjas	13



Lista de Tablas

Tabla 1. Tabla 7.2-a de AEA 95301 – Valores del coeficiente k6



Lista de Figuras

Ilustración 1. Angulo de inclinación de conductor por viento 7



1. Cálculo de Distancias Eléctricas

Las alturas y distancias de seguridad que más adelante se especifican, se aplican a líneas que son capaces de despejar automáticamente sus propias fallas eléctricas a tierra y están basadas en la máxima tensión de servicio del sistema. Estas alturas y distancias son las mínimas de seguridad exigibles para instalaciones permanentes y temporarias.

1.1. Consideración sobre el cálculo de las distancias

Las alturas y distancias de seguridad que más adelante se especifican, se aplican bajo las siguientes condiciones de carga y temperatura del conductor, rigiendo aquella que produzca la mayor altura o distancia final, luego de evaluar cuidadosamente e incluir los efectos de las deformaciones permanentes que puedan producirse sobre el conductor.

a) 50°C sin viento, o si es la mayor temperatura ambiente máxima debida a la formación de microclimas. En líneas compactas se aplica siempre la temperatura máxima, sin viento, por zona climática.

b) La temperatura máxima del conductor por potencia transmitida, sin viento, para la cual la línea se haya diseñado, siempre que resulte mayor a 50°C. No se aplica a líneas compactas.

c) La temperatura mínima que corresponda a la zona climática, con sobrecarga vertical por manguito de hielo y con o sin viento asociado.

d) Presión dinámica del viento básico, corregido por periodo de recurrencia, altura y exposición. El factor de ráfaga se considerará, cuando corresponda, para la determinación de las distancias a estructuras de otras líneas, otras obras o al terreno circundante y accesible.



1.2. Distancia entre conductores de la misma terna

La distancia entre conductores, en m, en el centro del vano y en situación de reposo, no será menor que la dada por la fórmula:

$$D = k \cdot \sqrt{f_{máx} + L_k} \cdot \frac{V_n}{150}$$

Donde:

D: Distancia entre conductores en medio del vano, en metros.

fmax: Flecha vertical máxima del conductor, en metros.

Lk: Longitud oscilante de la cadena de suspensión en metros. Para aisladores rígidos vale 0.

Vn: Tensión nominal de línea, en kV.

k: Coeficiente dependiente del ángulo de declinación máximo del conductor por efecto del viento máximo de diseño (básico modificado por recurrencia y factor del terreno), considerando perpendicular a la línea.

Tabla 7.2-a de AEA 95301 – Valores del coeficiente k

Disposición de los conductores	<45°	De 45° a 55°	De 55° a 65°	>65°
Vertical: superpuestos en un plano vertical	0.70	0.75	0.85	0.95
Triangular: dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0.62	0.65	0.70	0.75
Horizontal: ubicados en un mismo plano horizontal	0.60	0.62	0.65	0.70

Tabla 1. Tabla 7.2-a de AEA 95301 – Valores del coeficiente k

Carga aerodinámica máxima para exposición B y C

$$g_{vB} := 0.00853 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$

$$g_{vC} := 0.01625 \frac{daN}{m \cdot mm^2}$$



Peso específico del conductor

$$g = 0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}$$

Ángulo de declinación máximo para exposición B y C, obtenido por trigonometría

$$\beta_B := \tan^{-1} \left(\frac{g_{vB}}{g} \right) = \beta_B := \tan^{-1} \left(\frac{0.00853 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}}{0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}} \right) = 72.5^\circ$$

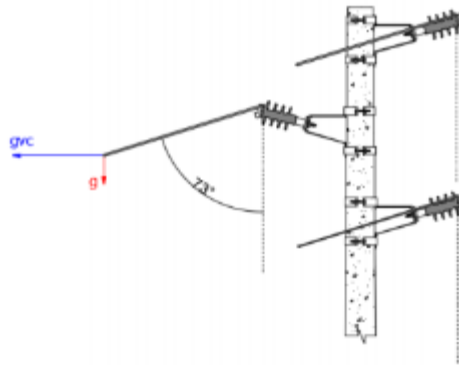


Ilustración 1. Ángulo de inclinación de conductor por viento

$$\beta_B := \tan^{-1} \left(\frac{g_{vC}}{g} \right) = \beta_B := \tan^{-1} \left(\frac{0.01625 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}}{0.00269 \frac{\text{daN}}{\text{m} \cdot \text{mm}^2}} \right) = 80.6^\circ$$

Por tabla 7.2-a, para exposición B y C con disposición triangular se tiene:

$$k_B := 0.75$$

$$k_C := 0.75$$



Con un flecha máxima típica de 1.1 m, la distancia mínima entre conductores, para exposición B y C debe ser:

$$D_B := k_B \cdot \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150} = D_B := 0.75 \cdot \sqrt{1.1 \text{ m} + 0 \text{ m}} + \frac{33 \text{ kV}}{150} = 1 \text{ m}$$

$$D_C := k_C \cdot \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150} = D_B := 0.75 \cdot \sqrt{1.1 \text{ m} + 0 \text{ m}} + \frac{33 \text{ kV}}{150} = 1 \text{ m}$$

En líneas de clase B esta distancia puede reducirse: con conductores desnudos hasta en un 30% y con conductores protegidos, sin el empleo de espaciadores, hasta en un 60%, con un mínimo de 0.4 m. Entonces, la distancia mínima entre conductores puede ser:

$$D_{Bmin} > \frac{V_N}{150}$$

$$0.7 \text{ m} > \frac{33 \text{ kV}}{150} = 0.22 \text{ m} \rightarrow \text{verifica}$$

$$D_{Bmin} > \frac{V_N}{150}$$

$$0.7 \text{ m} > \frac{33 \text{ kV}}{150} = 0.22 \text{ m} \rightarrow \text{verifica}$$

1.3. Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra

La distancia “s” mínima entre el conductor o sus accesorios puestos a potencial de línea y las partes a potencial de tierra, en líneas de clase B para

$8.7 \text{ kV} < VM \leq 50 \text{ kV}$, debe ser:

$$s := 0.075 + 0.005 \cdot (V_M - 8.7) \text{ m}$$

VM: Máxima tensión de servicio del sistema, fase a fase, en kV



Para una línea de $V_M := 36 \text{ kV}$ resulta

$$s := 0.075 + 0.005 \cdot (V_M - 8.7) = 0.2115 \text{ m}$$

1.4. Distancias verticales a tierra, a objetivos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas

Las distancias serán como mínimo, las que resulten de la aplicación de la siguiente expresión:

$$D := a \text{ [m]} \text{ para } V_N \leq 38 \text{ kV}$$

Donde:

a : Distancia básica según tabla 7.4-a de AEA 95301, en metros.

V_N : Tensión nominal de la línea, en kV

Por tabla 7.4-a de AEA 95301, la altura libre mínima de la línea debe ser:

- Zonas accesibles solamente a pedestres: $D = a = 4.7 \text{ m}$.
- Zonas con circulación de maquina agrícola, caminos rurales o secundarios, y calles comunales y distritales: $D = a = 5.9 \text{ m}$.
- Autopistas, rutas y caminos principales: $D = a = 7.0 \text{ m}$.
- Vías de Ferrocarriles: $D = a = 8.5 \text{ m}$.
- Líneas de energía eléctrica de MT: $D = a = 1.2 \text{ m}$.

En este proyecto la altura libre de la línea en zona rural será de 7 m y en zona urbana de 9 m.

Para la determinación de distancias de cruces con otras líneas, se calculará para cada una de las tensiones de cruce. A este valor se le agregará la distancia básica "a" correspondiente a Líneas de energía de MT.



La distancia mínima a líneas de 132 kV debe ser:

$$D := a + 0.01 \cdot \left(\frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) \quad D := 1.2 \text{ m} + 0.01 \cdot \left(\frac{145 \text{ kV}}{\sqrt{3}} - 22 \right)$$

La distancia mínima a líneas de 500 kV debe ser:

$$D := a + 0.01 \cdot \left(\frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) \quad D := 1.2 \text{ m} + 0.01 \cdot \left(\frac{550 \text{ kV}}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 4.15 \text{ m}$$

Este proyecto cuenta con dos cruces con líneas de 132 kV y 500 kV tanto en Avenida Monseñor Rosch como en Bulevar Yuqueri. En estos cruces, se decide cambiar los postes de madera existentes por postes de hormigón, conservando las actuales dimensiones de la estructura, puesto que se verifican perfectamente las distancias requeridas.

1.5. Distancia libre a edificios o sus partes

Sin desplazamiento del conductor por acción del viento

Por tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia horizontal básica a paredes con aberturas accesibles o ventanas de abrir es: $D = 2.7 \text{ m}$.

Por tabla 7.8-a de AEA 95301, para conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV, la distancia vertical básica a techos, balcones, chimeneas, antenas de radio y televisión, etc, es: $D = 4.1 \text{ m}$.



Con conductores desplazados por acción del viento

El desplazamiento de los conductores, desnudos o protegidos, corresponde al viento máximo, de diseño y la distancia a cumplir es de 1.9 m, para líneas con tensión fase-tierra hasta 22 kV.

1.6. Distancia respecto a columnas de alumbrado

Para líneas de clase B, considerando la flecha vertical máxima:

- Para conductores desnudos o protegidos por encima del brazo pescante o de la luminaria, 1.8 m en cualquier dirección, respecto de los mismos.
- Para conductores, por encima del plano de ubicación del artefacto de iluminación, respecto a cualquier posición practicable sobre la columna de alumbrado, su pescante y luminaria: 3 m en cualquier dirección, para instalaciones nuevas de líneas desnudas o protegidas.

1.7. Franja de servidumbre

Se define franja de servidumbre como aquella que se extiende a ambos lados de la línea y posee restricciones para su empleo.

La franja total de terreno, afectada por servidumbre, ancho físico de la línea (bajo condición de viento máximo) más las franjas de seguridad a ambos lados, responde a la fórmula:

$$A = C + 2 \cdot (L_k + f_i) \cdot \text{sen} \alpha + 2 \cdot d$$

Donde:

A: Ancho total de la franja, en metros.



C : Distancia entre los puntos de fijación de los conductores extremos, en metros, para líneas horizontales o triangulares. En líneas verticales $C = 0$.

Lk : Longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros. Para aisladores rígidos $Lk = 0$.

f_i : Flecha inclinada máxima del conductor, en metros, para el estado de viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre.

α : Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento definido en el punto 6.2.2 para franja de servidumbre. Dicho viento se corresponde con el empleado para la determinación de las distancias eléctricas externas de la línea.

d : Distancia de seguridad, en metros

$$d = 1.5 * dm + 2$$

dm : Distancia mínima, en metros.

$$dm = V_s / 150$$

$$V_s = \mu * 1.2 * 0.82 *$$

μ : Coeficiente de sobretensión máxima de servicio. (1.1 en general en sistemas trifásicos simétricos de 50 Hz y con centro de estrella, neutro, conectado rígidamente a tierra).

1.2: Consideración del enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.)

0.82: Factor de valor de cresta de la tensión (Tensión contra tierra).

V_N : Tensión nominal de la línea, en kV.

1.8. Cálculo de la distancia de seguridad

$$V_s = \mu * 1.2 * 0.82 * V_n = 1.1 * 1.2 * 0.82 * 33\text{kV} = 35.71 \text{ kV}$$

$$dm = V_s / 150 = 35.71 \text{ kV} / 150$$



$$d = 1.5 * dm + 2 = 1.5 * 0.238 \text{ m} + 2 = 2.35 \text{ m}$$

Flecha máxima inclinada del conductor

Se considera igual a la flecha máxima en reposo.

$$fi = fmax = 1.1 \text{ m}$$

Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento

Se considera el mismo ángulo de inclinación obtenido para el cálculo de distancia mínima entre conductores.

$$\alpha_b = \beta_b = 72.5^\circ$$

$$\alpha_c = \beta_c = 80.6^\circ$$

Distancia entre los puntos de fijación de los conductores externos

$$C = 1.41 \text{ m}$$

Ancho de la franja de servidumbre

Se obtiene para exposición B y C.

$$AB = C + 2 * (Lk + fi) * \text{sen } \alpha_B + 2 *$$

$$AB = 1.41 \text{ m} + 2 * (0 \text{ m} + 1.1 \text{ m}) * \text{sen } 72.5^\circ + 2 * 2.35 \text{ m} = 8.20 \text{ m}$$

$$AC = C + 2 * (Lk + fi) * \text{sen } \alpha_C + 2 *$$

$$AC = 1.41 \text{ m} + 2 * (0 \text{ m} + 1.1 \text{ m}) * \text{sen } 80.6^\circ + 2 * 2.35 \text{ m} = 8.28 \text{ m}$$

1.9. Verificación de los anchos de franjas

Este ancho de la franja de servidumbre debe ser verificado, con los conductores en reposo, considerando que en los límites de la misma:

- El campo eléctrico no supere 3 kV/m.
- El campo magnético no supere 25 μ T.