

---

### 7.6.6 Carga Longitudinal Condición Viento Medio

La carga longitudinal del conductor en condición de viento medio se obtiene de la siguiente expresión:

$$C_L = T_{VMed} * N_{CF}$$

Donde:

$T_{VMed}$  : Tensión conductor viento medio con y sin hielo

$N_{CF}$  : Número conductor de fase

### 7.7 Capacidad Electromecánica de los Aisladores

Para determinar la capacidad electromecánica de los aisladores para suspensión y anclaje, se establecen las cargas máximas, a que estarán sometidos y se amplifican por un factor de seguridad igual a 3.

$$C_{suspensión} = \sqrt{C_t^2 + C_v^2} \cdot F_S \quad \text{Carga máxima aisladores de suspensión (KN)}$$

$$C_{anclaje} = \frac{C_l \cdot F_S}{N_{cad}} N_C \quad \text{Carga máxima aisladores de anclaje/remate (KN)}$$

Donde:

$C_t$  : Carga transversal viento máximo suspensión (kg)

$C_v$  : Carga vertical viento medio suspensión (kg)

$C_l$  : Carga longitudinal máxima (kg)

$F_S$  : Factor de seguridad

$N_{cad}$  : Número de cadenas

$N_C$  : Número de conductores

## 8 DISTANCIAS ELÉCTRICAS

### 8.1 General

Las distancias eléctricas deben considerar el derrateo por altura geográfica según la zona donde se ubicarán las líneas de transmisión. Se deberán cumplir las siguientes distancias eléctricas de acuerdo a las normas y reglamentos vigentes:

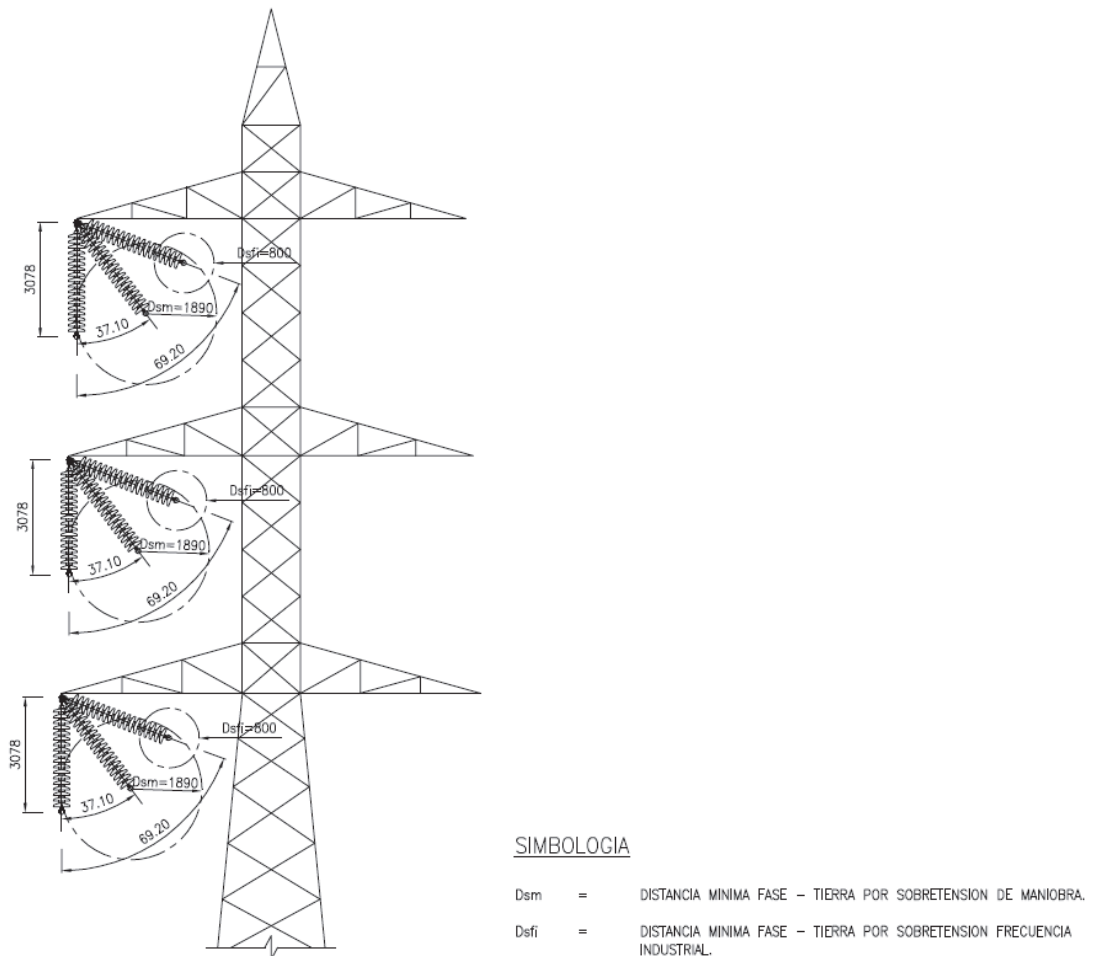
- Distancia entre conductor y estructura.

- Distancia entre fases (horizontal y vertical), en función de la flecha.
- Altura del conductor sobre el suelo.
- Distancia entre líneas en cruces.
- Distancia de faja de seguridad.

## 8.2 Distancia entre Conductor y Estructura (Fase-Tierra)

Las distancias mínimas a tierra que se deben respetar, se determinan de acuerdo a lo que se establece en el Artículo N°105, NSEG 5 E.n. 71 del RCF y según cuando ocurra alguna sobretensión en el sistema (sobretensión de maniobra y una sobretensión a frecuencia Industrial). Se considera que una sobretensión a frecuencia industrial ocurrirá con la presencia de un viento máximo sobre la línea y la sobretensión de maniobra se considera coincidente con un viento medio. Para que en la estructura no se produzcan descargas eléctricas, se debe establecer una distancia mínima para soportar esos sobrevoltajes. En base a ello se establece la "Pera Eléctrica" de la estructura, ver figura 8.1.

Figura 8.1: Ejemplo concepto de Pera Eléctrica.



Las distancias mínimas a tierra que se deben respetar, se determinan de acuerdo a las siguientes metodologías de análisis:

#### A. Reglamento de Corriente Fuertes

El RCF (Artículo 105, NSEG 5.En71) establece que la distancia entre conductor y tierra debe determinarse, según la siguiente expresión:

$$D = 0,08 + 0,006 \cdot \left( \left( \frac{K \cdot V_{nom}}{d} \right) - 10 \right)$$

Donde:

$K$  : Sobretensión normal

$V_{nom}$  : Voltaje nominal (kV)

$d$  : Densidad relativa del aire

#### B. Sobretensiones

Para que en la estructura no se produzcan descargas eléctricas, se debe establecer una distancia mínima para soportar esos sobrevoltajes. Las distancias se determinan mediante ensayos de laboratorio que entregan curvas de Voltaje Crítico kVf-t v/s Espaciamiento.

El procedimiento para obtener las distancias mínimas fase-tierra por sobretensión de maniobra y a frecuencia industrial, se realiza de acuerdo a lo establecido en "Redes de Energía Eléctrica, Endesa, Segunda Parte: Líneas de Transmisión, Determinación del Espaciamiento en Aire".

### 8.3 Distancias Entre Fases Horizontal

La distancia mínima admisible entre fases horizontal en el centro del vano de diseño se determina de acuerdo a las siguientes metodologías:

#### A. RCF (Artículo 106, NSEG 5.En.71)

$$D_H = 0,36 \cdot \sqrt{F} + 0,5 \cdot L_c + \frac{K \cdot V_{nom}}{(d \cdot 130)}$$

Donde:

$F$  : Flecha máxima del conductor condición temperatura máxima de operación (m)

$L_c$  : Longitud cadena de aisladores (m)

$K$  : Sobretensión normal

$V_{nom}$  : Voltaje nominal (kV)

---

$d$  : Densidad relativa del aire

### B. Endesa

$$D_H = K_z \cdot \sqrt{F} + 0,5 \cdot L_c + \frac{K \cdot V_{nom}}{(130 \cdot d)}$$

Donde:

$K_z$  : Factor tipo zona (0,36 ó 0.6)

$F$  : Flecha máxima del conductor condición temperatura máxima de operación ( $m$ )

$L_c$  : Longitud cadena de aisladores ( $m$ )

$K$  : Sobretensión normal

$V_{nom}$  : Voltaje nominal ( $kV$ )

$d$  : Densidad relativa del aire

### C. Sobretensión a Frecuencia Industrial

$$D_H = 2 * (L_c \cdot Sen(\alpha) + FT_{FI}) + Ee$$

Donde:

$L_c$  : Longitud cadena de aisladores ( $m$ )

$FT_{fi}$  : Distancia fase-tierra por frecuencia industrial

$\alpha$  : Ángulo de oscilación viento máximo

$E_e$  : Espesor de la estructura

El ángulo de oscilación del conductor a viento máximo se obtiene desarrollando la siguiente

expresión: 
$$\alpha = Arctg \left[ \frac{C_{im} \cdot R_{vp}}{C_{vm} \cdot 0,75} \right]$$

Donde:

$C_{im}$  : Máxima carga transversal a viento máximo ( $kg$ )

$R_{vp}$  : Relación vano peso y vano viento

$C_{vm}$  : Carga vertical a viento máximo ( $kg$ )

### D. Sobretensión de Maniobra

$$D_H = 2 * (L_c \cdot Sen(\alpha) + FT_{SM}) + Ee$$

---

Donde:

$L_C$  : Longitud cadena de aisladores ( $m$ )

$FT_{SM}$  : Distancia fase-tierra por sobretensión de maniobra

$\alpha$  : Ángulo de oscilación viento medio

$E_e$  : Espesor de la estructura

#### 8.4 Distancias Entre Fases Vertical

La distancia mínima admisible entre fases vertical en el centro del vano de diseño se determina de acuerdo a las siguientes metodologías:

##### A. RCF (Artículo 106, NSEG 5.En.71)

$$D_V = 0,2 \cdot \sqrt{F} + \frac{K \cdot V_{nom}}{(d \cdot 130)}$$

Ecuación simplificada aplica cuando no existen sobrecargas, de lo contrario considerar expresión indicada en punto 8.3-A.

Donde:

$F$  : Flecha máxima del conductor condición temperatura máxima de operación ( $m$ )

$K$  : Sobretensión normal

$V_{nom}$  : Voltaje nominal ( $kV$ )

$d$  : Densidad relativa del aire

##### B. Sobre Tensión de Maniobra

$$D_V = L_C + D_{SM}$$

Donde:

$L_C$  : Longitud cadena de aisladores ( $m$ )

$D_{SM}$  : Distancia fase-tierra por sobretensión de maniobra

##### C. Sobre Tensión Frecuencia Industrial

$$D_V = L_C + D_{fi}$$

Donde:

$L_C$  : Longitud cadena de aisladores ( $m$ )

$D_{fi}$  : Distancia fase-tierra por frecuencia industrial

---

## D. Condición Hielo

La distancia vertical entre fases, se determina mediante la siguiente expresión:

$$D_V = 1,4 \cdot (F_{HSV} - F_{SHSV}) + D_{ff}$$

Donde:

$D_{ff}$  : Distancia vertical de fases según RCF

$F_{HSV}$  : Flecha del conductor condición hielo sin viento

$F_{SHSV}$  : Flecha del conductor condición sin hielo sin viento

### 8.5 Distancia Conductor - Cable de Guardia

Como criterio general la distancia vertical entre el cable de guardia y el conductor de fase se determina para un ángulo de protección 30°:

$$D_{CG-C} = D_{ffh} \cdot F_s / \tan(\alpha)$$

Donde:

$\alpha$  : Angulo de protección cable de guardia (30°)

$F_s$  : Factor de distancia horizontal cable de guardia (0,5)

$D_{ffh}$  : Distancia fase-fase horizontal (m)

### 8.6 Distancia Conductor de Fase al Suelo

Se debe determinar la distancia mínima del conductor al suelo, según el voltaje de servicio y considerando las siguientes condiciones, de acuerdo a lo estipulado en el RCF (Artículo 107, NSEG 5.En.71):

- Zona poco transitada.
- Zona transitada.
- Cruce caminos principales.
- Cruce rutas ferroviarias.
- Cruce caminos mineros.

Esta distancia mínima se debe verificar para la flecha máxima final y desviación de los conductores debido al viento.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$D_s = K_z + 0,006 \cdot \frac{K \cdot V_{nom}}{d} + E$$

---

Donde:

- $K_z$  : Constante según región  
 $K$  : Sobretensión normal (1,1)  
 $V_{nom}$  : Tensión (kV)  
 $d$  : Densidad del aire  
 $E$  : Error por topografía

### 8.7 Cruce de Líneas

Las distancias verticales mínimas en cruces con líneas de comunicación o de potencia se deben calcular según lo señalado en el RCF (NSEG 5. E.n. 71):

$$\text{Líneas mayores a 15 kV} \quad 1,5 + \frac{kV_s + kV_i}{170 \cdot d} + a \quad (m)$$

Donde:

- $d$  : Densidad relativa del aire  
 $kV_s$  : Tensión de línea superior (kV)  
 $kV_i$  : Tensión de línea inferior (kV)  
 $a$  : 0;  $L \leq 50$  (m)  
: 0,003 (L - 50);  $L > 50$  (m)  
 $L$  : Distancia en punto de cruce y estructura más cercana de línea de tensión superior.

En cruces con líneas de menor voltaje, la línea de mayor voltaje debe ubicarse por encima. En caso contrario se aceptará que pase por debajo mediante la utilización de portales. La línea inferior debe considerarse a la temperatura mínima de diseño y la superior con flecha máxima final.

### 8.8 Faja de Seguridad

Se debe calcular de acuerdo a lo señalado en el Artículo 109 de RCF. La faja de seguridad es la distancia mínima horizontal medida a nivel de terreno, donde no se debe ubicar ningún tipo de instalación. La semi faja de seguridad está dada por la siguiente expresión:

$$SF_s = K_z + D_{cl-cruceta} + 0,01 \cdot \left[ \frac{K \cdot V_{nom}}{d} - 25 \right] + (Lc + F_{max}) \cdot \text{seno}(\alpha)$$

Donde:

- $K_z$  : Constante para líneas

---

$K$	:	Sobretensión normal
$V_{nom}$	:	Voltaje nominal (kV)
$F_{max}$	:	Flecha máxima del conductor condición viento máximo (m)
$d$	:	Densidad relativa del aire
$L_C$	:	Largo cadena de aisladores de suspensión (m)
$\alpha$	:	Ángulo oscilación del conductor a viento máximo (oscilación máxima)
$D_{Cruceta}$	:	Distancia fase externa largo cruceta + medio espesor de estructura $\geq$ distancia media fase-fase horizontal (m)

### 8.9 Paralelismo de Líneas

Se entiende por paralelismo a toda instalación u obra cuya conformación o emplazamiento requiera ocupar los terrenos de una faja vial de un camino público, de una línea de transmisión eléctrica o de una red de tuberías, siguiendo el sentido longitudinal de estas, dentro de sus líneas de cierres o entre las líneas oficiales establecidas por los planos reguladores en el caso de caminos públicos o según los planos de diseño asociados a líneas eléctricas o de tuberías.

En el caso de que las líneas proyectadas presenten cercanías con otras líneas eléctricas de transmisión aérea existentes o algún otro tipo de instalación, se deben respetar los distanciamientos mínimos de fajas de seguridad, tanto de las instalaciones existentes y/o proyectadas.

## 9 CRITERIOS MEDIO AMBIENTALES

Para la ubicación de las estructuras, se debe considerar que su construcción cause un mínimo impacto sobre la flora y fauna del lugar, así como también evitar que se ubiquen en lugares de importancia o interés arqueológico y otros aspectos ambientales.

## 10 ESTRUCTURAS

### 10.1 General

Parte del desarrollo del diseño de una línea, se debe considerar la determinación de las cargas en las estructuras, para que con este dato se proceda con el diseño del tipo de estructuras para un proyecto determinado de líneas de transmisión. Por lo cual se deben entregar las cargas para cada uno de los estados que apliquen en un proyecto determinado.



---

## 10.2 Estados de Cargas

Las estructuras de suspensión deberán soportar los siguientes estados de cargas:

- La fuerza de viento de los conductores y cable de guardia no debe sobrepasar el límite de carga transversal de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- El peso máximo del conductor no debe sobrepasar el límite de carga vertical de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- La torre de suspensión debe soportar tirón por la cortadura de un tercio de los conductores con la mitad de la tensión máxima del conductor.
- La torre de suspensión debe soportar el doble del desequilibrio de la tensión de un conductor debido a diferentes estados de carga en vanos adyacentes (uno con hielo y el otro sin hielo).
- Debe soportar la cortadura del cable de guardia.

**Tabla 10.1: Estados de carga estructuras de suspensión**

Estado de Carga	Combinación	Dirección del Viento
1.1	Viento Máximo	Normal
1.2	Viento Máximo	Longitudinal
2.1	Viento Medio	Normal
2.2	Viento Medio	Longitudinal
3.1.1	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
3.1.2	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Longitudinal
3.2.2	Corte 2 Fases	Normal
3.2.2	Corte 2 Fases	Longitudinal
4.1	Sobrecarga Vertical 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
4.2	Sobrecarga Vertical 2 Fase	Normal
5.1	Desequilibrio Longitudinal 1 Cable de Guardia	Normal
5.2	Desequilibrio Longitudinal 2 Fases	Normal
6.1	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Normal
6.2	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Longitudinal
7.1	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Normal
7.2	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Longitudinal

En el caso de considerar estructuras en base a postes de hormigón armado, en el caso de las de suspensión, no aplica el corte de conductor, pues no verifican.

Las estructuras de anclaje deberán soportar los siguientes estados de cargas:

- La fuerza de viento de los conductores (sin la carga adicional en la dirección de la resultante) más la resultante de las tensiones máximas del conductor (con la carga adicional en la dirección de la resultante) en la dirección de la bisectriz de la línea, no