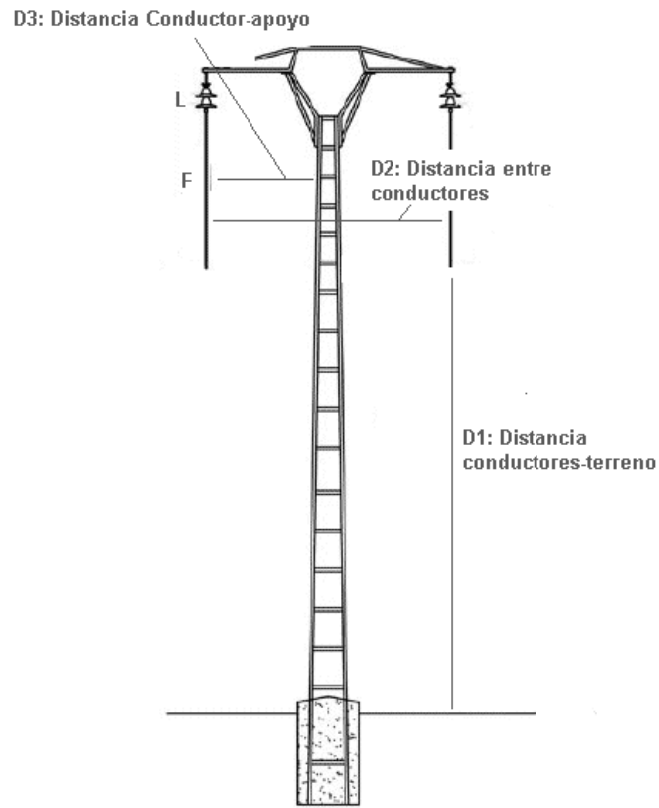


## CALCULO DE APOYOS. DISTANCIAS DE SEGURIDAD



Las distancias de seguridad que se deben calcular en un apoyo deben ser las siguientes:

**D1: Distancia del conductor al terreno, se calcula mediante la ecuación:**

—

Donde U es la tensión de la línea expresada en kV.

**NOTA:** La distancia mínima al terreno tiene que ser, según reglamento de LAAT, de 6 metros.

**D2: Distancia entre conductores, se calcula mediante la siguiente expresión.**

$$D_2 = K \cdot \sqrt{F + L} + \frac{U}{150} \text{ (m)}$$

Donde:

U= Tensión de la línea en kV.

F=Flecha máxima de los conductores expresada en metros.

L= Longitud de la cadena de aisladores expresada en metros.

K=coeficiente de oscilación de los conductores, es una constante adimensional (no tiene unidades), depende del ángulo de oscilación de los conductores  $\alpha$  y de la categoría de la línea eléctrica. Este coeficiente se obtiene de la tabla 2.8 de la página 63.

El ángulo de oscilación se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\alpha = \text{arctg} \frac{\text{sobrecarga del viento}}{\text{peso del conductor por metro}}$$

La sobrecarga del viento toma los siguientes valores:

Cables con diámetro total  $\leq 16\text{mm} = 60\text{kg/m}^2$

Cables con diámetro total  $> 16\text{mm} = 50\text{kg/m}^2$

Tanto el diámetro total del cable, como el peso del conductor por metro hay que obtenerlo de las tablas de características técnicas de los conductores, estas tablas son, tabla 2.6 página 61 para los conductores tipo LA, tabla 2.7 página 61 para conductores tipo LAC, tabla 2.7a página 62 para conductores del tipo AC (conductor de tierra).

***NOTA:*** Hay que tener en cuenta que en estas tablas el peso de los conductores se da en kg/km, por tanto esta cifra hay que dividirla entre 1000 para obtener el peso en kg/m.

**D3: Distancia entre conductor y apoyo, se calcula mediante la siguiente expresión.**

$$D_3 = 0,1 + \frac{U}{150} \text{ (m)}$$

Donde U es la tensión de la línea expresada en kV.

***NOTA:*** La distancia mínima del conductor al apoyo tiene que ser, según reglamento de LAAT, de 0,2 metros (20 cm).

**Ejemplo de aplicación:**

Calcular las distancias de seguridad de un apoyo de 12 metros de altura que porta una línea de 15 kV, con una flecha máxima de 1,60m, una longitud de la cadena de aisladores de 0,4 m. Los conductores son del tipo LA-78 .

**D1: Distancia conductor-terreno.**

$$D_1 = 5,3 + \frac{U}{150} (m)$$

$$D_1 = 5,3 + \frac{15}{150} = 5,4 m$$

La distancia mínima es de 6 m, por tanto la distancia  $D_1$  es de 6 metros.

**D2: Distancia conductor-conductor.**

$$D_2 = K \cdot \sqrt{F + L} + \frac{U}{150} (m)$$

Primero calculamos el valor de K, para ello necesitamos antes calcular el valor del ángulo de oscilación y la categoría de la línea.

**CATEGORIA DE LA LÍNEA= 3ª Categoría, al tratarse de una línea de Media Tensión (15 kV).**

**Angulo de oscilación:**

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{\text{sobrecarga del viento}}{\text{peso del conductor por metro}}$$

La sobrecarga al viento depende del diámetro total del conductor, para ello vamos a consultar la tabla 2.6 de la página 61, donde están las características del conductor LA-78 (tercera fila de la tabla), se puede observar que el diámetro exterior total en mm es de 11,34 mm, por tanto la sobre carga al viento será de 60 kg/m<sup>2</sup>, dado que el diámetro es menor de 16mm.

El peso del conductor por metro también se obtiene de la misma tabla, si consultamos la última columna para este conductor (LA-78), podemos ver que tiene un peso de 272 kg/km, por tanto un metro de dicho conductor pesara 272/1000=0,272 kg.

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{60}{0,272} = \operatorname{arctg} 220,59 = 89,74^\circ$$

Por tanto, teniendo el ángulo  $\alpha$  y la categoría de la línea, tomamos el valor de K de la tabla 2.8 de la página 63, donde podemos ver que al ser el ángulo de oscilación mayor de 65º y una línea de tercera categoría el valor de K es de 0,65.

Por tanto la distancia entre conductores será de:

$$D_2 = 0,65 \cdot \sqrt{1,60 + 0,4} + \frac{15}{150} = 1,02 \text{ m}$$

**D3: Distancia entre conductor y apoyo, se calcula mediante la siguiente expresión.**

$$D_3 = 0,1 + \frac{15}{150} = 0,2 \text{ m}$$

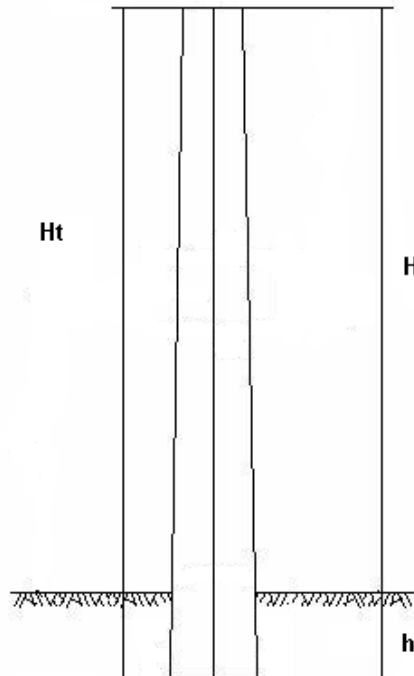
## CALCULO DE APOYOS. EMPOTRAMIENTO Y CIMENTACION DE APOYOS

### APOYOS CON EMPOTRAMIENTO

En los apoyos que no necesiten cimentación, la profundidad de empotramiento del apoyo en el suelo será como mínimo de 1,3 m para los apoyos de menos de 8 metros de altura, aumentando 0,1 m por cada metro de exceda de 8 m. Esto viene expresado en la siguiente ecuación:

$$h = 1,3 + 0,1 \cdot (H - 8) m$$

**NOTA:** el empotramiento mínimo tiene que ser de 1,3 metros.



**Ht:** Altura total del apoyo en metros.

**H:** Altura libre del apoyo en metros.

**h:** Profundidad del empotramiento.

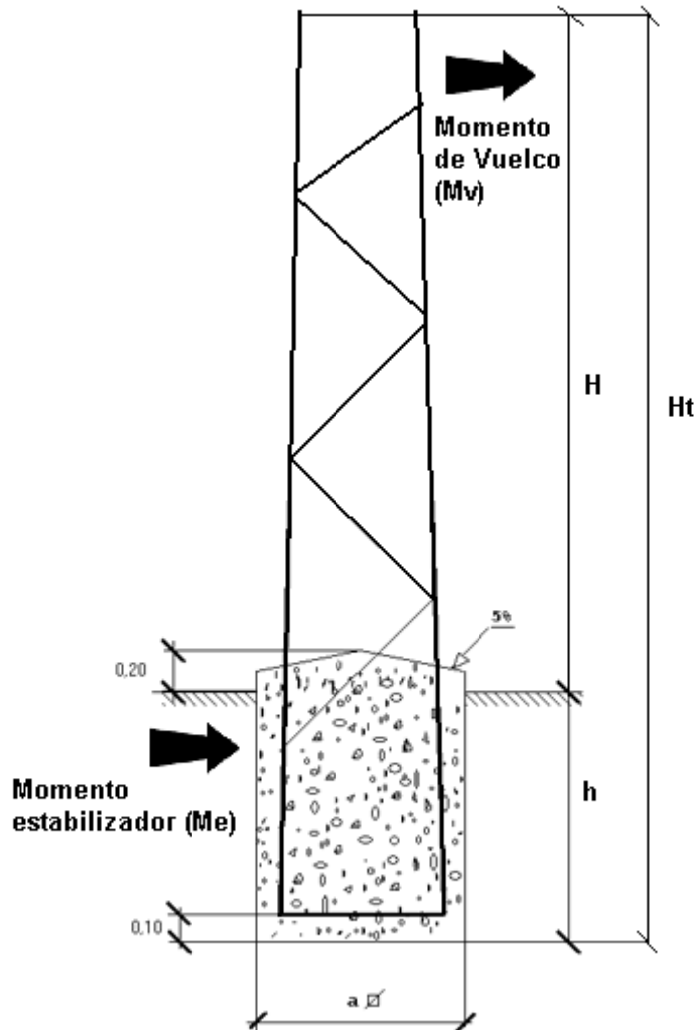
### Ejemplo de aplicación

Calcular el empotramiento para un apoyo de madera de 15 metros de altura.

$$h = 1,3 + 0,1 \cdot (Ht - 8) m$$

$$h = 1,3 + 0,1 \cdot (15 - 8) = 2 m$$

## APOYOS CON CIMENTACION



La cimentación de todos los apoyos se realiza por monobloques de hormigón cuya resistencia no será inferior a la del apoyo del soporte, verificándose su coeficiente de seguridad al vuelco. Este coeficiente se obtiene entre la relación del momento estabilizador mínimo y al momento volcador máximo, no siendo este coeficiente inferior a 1,5 para situaciones normales y de 1,2 para situaciones anormales. Con estas condiciones tenemos plena seguridad de que el apoyo no vuelca.

---

Donde  $C_s$  es el coeficiente de seguridad,  $M_e$  es el momento estabilizador expresado en  $\text{daNm}$  y  $M_v$  es el momento de vuelco expresado en  $\text{daNm}$ .

El momento de vuelco se obtiene mediante la expresión:

$$Mv = F \cdot \left( Ht - \frac{h}{3} \right) (daN \cdot m)$$

Donde F es el esfuerzo nominal del apoyo expresado en daN, Ht es la altura total del apoyo expresada en metros y h es la profundidad del empotramiento del apoyo expresada en metros.

El momento estabilizador se calcula con la siguiente expresión:

$$Me = 139 \cdot k \cdot a \cdot h^4 + 2200 \cdot a^3 \cdot h \cdot 0,4 (daN \cdot m)$$

Donde k es la constante de compresibilidad del terreno, depende del tipo de terreno donde este situado el apoyo, los valores más normales son los mostrados a continuación.

Terreno flojo,  $k=8 \text{ kg/cm}^3$ .

Terreno normal,  $k=12 \text{ kg/cm}^3$ .

Terreno rocoso,  $k=16 \text{ kg/cm}^3$ .

a es el ancho de la base de cimentación en metros, y h es la profundidad de la cimentación en metros.

### **Ejemplo de aplicación**

Calcular el momento estabilizador, el momento de vuelco y el coeficiente de seguridad de un apoyo P-1250-18, situado en un terreno rocoso.

#### **Momento de vuelco**

$$Mv = F \cdot \left( Ht - \frac{h}{3} \right) (daN \cdot m)$$

$$Mv = 1250 \cdot \left( 18 - \frac{1,85}{3} \right) = 21729,16 daN \cdot m$$

**NOTA:** la profundidad de la cimentación, h, y la anchura de la base de cimentación, a, hay que obtenerla de las tablas de cimentación para apoyos de presilla, esta tabla es la 2.11 de la página 71, si el apoyo fuese de celosía tendríamos que consultar la tabla 2.13 de la página 72.

**Momento estabilizador**

$$Me = 139 \cdot k \cdot a \cdot h^4 + 2200 \cdot a^3 \cdot h \cdot 0,4 (\text{daN} \cdot \text{m})$$

$$\begin{aligned} Me &= 139 \cdot 16 \cdot 1,10 \cdot 1,85^4 + 2200 \cdot 1,10^3 \cdot 1,85 \cdot 0,4 = 28655,92 + 2166,89 \\ &= 30822,79 \text{ daN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

**Coficiente de seguridad**

$$Cs = \frac{Me}{Mv} = \frac{30822,79}{21729,16} = 1,41$$