

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA – FACULTAD DE
INGENIERÍA

Proyecto Línea de Transmisión de 132 kV Doble Terna.

Carrera:

Ingeniería Electromecánica.

Alumno:

CARRASCO, Martín Alejandro.

Tutor por la Facultad:

Ing. MANDRILE, Daniel Alberto.

General Pico, 12 de noviembre del 2017

ÍNDICE GENERAL

Punto	DESCRIPCIÓN	PAGINA
1.0	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	3
1.1	• Descripción de las características de la obra	3
1.2	• Cálculo de la corriente máxima admisible	4
1.3	• Características Técnicas	6
2.0	CÁLCULO MECÁNICO	8
2.1	• Cargas específicas	10
2.2	• Tensiones y Flechas	13
3.0	CÁLCULO DE ESTRUCTURAS "S"	18
3.1	• Distancias Eléctricas	18
3.2	• Diseño del Cabezal	22
3.3	CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS	26
3.3.1	Estructura de Suspensión Simple	26
	○ Verificación de Hipótesis de Carga	26
3.3.2.	Estructura de Retención Angular - Piquete N°14.	41
3.4.1	Fundación Estructura de Suspensión.	99
3.4.2	Fundación Estructura de Retención Angular	104
4	Tablas tendido del conductor del Piquete N°6 al Piquete N°14	108
4.1	Tabla tendido del cable de guardia del Piquete N°6 al Piquete N°14.	113
5	Tablas de tendido de la CTLC al Piquete N°1	126
	Tablas de tendido del Piquete N°1 al Piquete N°2	128
	Tablas de tendido del Piquete N°2 al Piquete N°3	130
	Tablas de tendido del Piquete N°3 al Piquete N°4	132
	Tablas de tendido del Piquete N°4 al Piquete N°5	134
	Tablas de tendido del Piquete N°5 al Piquete N°6	136

1.0.DESCRIPCIÓN TÉCNICA.

1.1.DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LA OBRA:

- a) **Ubicación Geográfica:** Ciudad de Añelo, Provincia de Neuquén.
- b) **Zona climática:** Las obras a realizar se encuentran en la ZONA CLIMÁTICA D, según especificaciones técnicas GC-IE-T N°1, cuyas hipótesis de cálculo corresponden a la zona mencionada.
- c) **Tensión:** La tensión eléctrica de operación será de 132 kV.
- d) **Vano Calculado:** El vano medio de cálculo es de 200 metros.
- e) **Tipo de Línea:** La línea es una doble terna ubicada en zona rural, con tres conductores a diferentes niveles.
- f) **Tipos de Estructuras:** De hormigón armado centrifugado y calculado con las normas de Agua y Energía Eléctrica GC-IE-T N°1 anexo para LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA.
- g) **Sección del Conductor:** Los conductores a utilizar son de Aluminio-Acero con una sección nominal de 300/50 mm².
- h) **Sección del Cable de Guardia:** La línea es protegida por un cable de guardia con Fibra Óptica (OPGW) de acero galvanizado de 95 mm².
- i) **Tipo de Aislación:** Se ha provisto utilizar cadenas de aisladores (Tipo 52-3) según Norma ANSI C29.2
 - **Cadena de Suspensión simple:** [1×9] elementos.
 - **Cadena de Suspensión Cruce de Ruta N°17:** [2×9] elementos.
 - **Cadena de Retención:** [2×10] elementos.
- j) **Tipo de Fundación:** Se han adoptado fundaciones monoblock prismáticas de bases cuadradas para las diferentes estructuras de la línea. Los cálculos se realizaron utilizando el método de Sulzberger.
- k) **Puesta a Tierra:** El cable de unión de la estructura con el conductor de protección será de cobre de 50 mm² de sección, al igual del que la une a los dispersores. En todos los casos se verificará que el valor medio de la resistencia no supere el valor indicado en el apartado VII de la GC-IE-T N°1.
- l) **Alturas libres:** Se verificaran las distancias mínimas admisibles fijadas por GC-IE-T N°1 Anexo III.
 - Altura libre mínima en zonas rurales: 7,00m
 - Altura libre mínima en cruce de ruta provincial: 8,00m
 - Distancia vertical mínima entre conductores de líneas eléctricas distintas: 4,00m

1.2 Cálculo de la corriente máxima admisible:

Potencia aparente a transmitir: 117 [MVA]
 Coseno fi: 0.9
 Cantidad de conductores por fase: 1

$$P = [\text{Watt}]$$

$$I = [\text{Amp}]$$

$$P = S \cdot \cos \phi$$

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

$$I = 568,60 [A]$$

Corriente por fase: $I = 568,60 [A]$

Según catálogo de conductor de aluminio con alma de acero marca PRYSMIAN:

▶ **Cuerdas de aluminio con alma de acero aptas para distribución en líneas aéreas de media tensión y transmisión en alta y altísima tensión; montado sobre aisladores. Tipo ACSR.**

▶ **IRAM 2187 u otras a pedido**

Características Técnicas

Cables según norma IRAM 2187

Sección nominal	Formación aluminio	Formación Acero	Diámetro exterior aprox.	Masa aprox.	Largo habitual de expedición (2)	Carga de rotura calculada	Resist. eléctrica máxima a 20°C y c. c.	Intensidad de corriente admisible (1)
mm ²	Nº x mm	Nº x mm	mm	kg/km	m	kg	ohm/km	A
16/2,5	6 x 1,8	1 x 1,8	5,4	60	5000	591	1,88	100
25/4	6 x 2,25	1 x 2,25	6,8	100	3500	917	1,20	130
35/6	6 x 2,7	1 x 2,7	8,1	140	2500	1254	0,835	160
50/8	6 x 3,2	1 x 3,2	9,6	195	2000	1713	0,595	195
70/12	26 x 1,85	7 x 1,44	11,7	280	5000	2681	0,413	255
95/15	26 x 2,15	7 x 1,67	13,6	380	4000	3558	0,306	305
120/20	26 x 2,44	7 x 1,9	15,5	490	3000	4526	0,237	365
150/25	26 x 2,7	7 x 2,1	17,1	600	2500	5464	0,194	415
185/30	26 x 3,0	7 x 2,33	19,0	740	2000	6646	0,157	475
210/35	26 x 3,2	7 x 2,49	20,3	845	2000	7482	0,138	505
240/40	26 x 3,45	7 x 2,68	21,9	980	2500	8675	0,119	565
300/50	26 x 3,86	7 x 3,0	24,5	1230	2500	10700	0,0949	650
340/30	48 x 3,0	7 x 2,33	25,0	1170	2000	9310	0,0851	670
380/50	54 x 3,0	7 x 3,0	27,0	1440	2000	12322	0,0767	715

Se selecciona el CONDUCTOR: **ACSR 300/50**

También se debe tener en cuenta la máxima caída de tensión en toda la línea, debe ser menor que el 5% de la tensión inicial.

La longitud total es de:

$$L_T = 2242,25[m]$$

De tablas del fabricante del conductor, marca Prysmian (cable- desnudo unipolar Al-Ac) se obtiene la resistencia del conductor a 20°C en C.C., y la inductancia se calcula a través del coeficiente de autoinducción y la distancia equivalente entre conductores.

$$R = 0,0949 [\Omega/km]$$

$$L = \left(\frac{\mu}{2n} + 4,6 \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right]$$

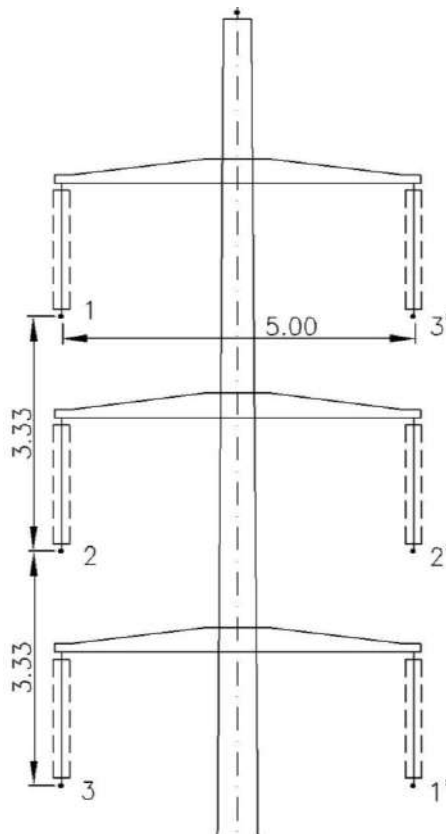
$\mu = 1$ (Permeabilidad magnética del conductor aluminio-acero)

$n = 1$ (Número de conductores por fase)

$r = 12,25[mm]$ (Radio del conductor)

La terna número uno los conductores son 1, 2 y 3. La terna número dos los conductores son 1', 2' y 3'

Los valores de D (distancia) entre conductores, primero se realizó el cálculo de la estructura de suspensión simple, para saber la distancia entre dichos conductores.



$$D_1 = \frac{\sqrt{D_{1-2}D_{1-2'}D_{1-3}D_{1-3'}}}{D_{1-1'}} = \frac{\sqrt{3,33 \times 6 \times 6,66 \times 5}}{8,32} = 3,1[m]$$

$$D_2 = \frac{\sqrt{D_{2-1}D_{2-1'}D_{2-3}D_{2-3'}}}{D_{2-2'}} = \frac{\sqrt{3,33 \times 6 \times 3,33 \times 6}}{5} = 3,99[m]$$

$$D_3 = \frac{\sqrt{D_{3-1}D_{3-1'}D_{3-2}D_{3-2'}}}{D_{3-3'}} = \frac{\sqrt{6,66 \times 5 \times 3,33 \times 6}}{8,32} = 3,1[m]$$

$$D = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} = 3,37[m]$$

$$L = \left(\frac{\mu}{2n} + 4,6 \ln \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} \left[\frac{H}{km} \right] \quad L = 0,00263[H/km]$$

$$X_L = \omega \cdot L \quad \omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad X_L = 0,827 [\Omega/km]$$

Considerando un $\cos(\varphi) = 0,9$; $\sin(\varphi) = 0,43$; se obtiene la impedancia:

$$Z = 0,441 [\Omega/km]$$

Ahora se puede calcular la caída de tensión como:

$$\Delta U = \sqrt{3} I L Z = \sqrt{3} \cdot (568,6) \cdot (2,242) \cdot (0,441) = 973[V] \Rightarrow \Delta U = 0,73 \%$$

Verifica, que la caída de tensión es menor al 5%.

1.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

a) Este proyecto se ajusta a las especificaciones técnicas GC-IE-T-N⁰¹ de Agua y energía Eléctrica, que se basan en las normas VDE 0210/5.69.

b) Conductores.

Tabla 1

Conductores			
Descripción de características	Unidades	Conductor	Cable de guardia (OPGW)
Norma		IRAM 2187/I	
Material		Al/Ac	Ac galvanizado
Formación		3 5/7	
Sección nominal	mm ²	300/50	95
Sección Aluminio	mm ²	304,3	
Sección Acero	mm ²	49,5	
Sección total	mm ²	353,5	103
Diámetro	mm	24,5	13,4
Peso	kg/km	1227	682
Relación Al/Ac		1/6	
Carga de rotura	kg	10500	9666
Tensión de rotura	kg/mm ²	29,70	93,84
Tensiones máximas admisibles según estado de carga	kg/mm ²	Ver tabla 3	46
Módulo de elasticidad	kg/mm ²	7700	13802
Coeficiente de dilatación térmica	1/°C	18,9x10 ⁻⁶	13,2x10 ⁻⁶
Relación máx. entre flechas de de cable de guardia y conductor a temperatura media anual			0,9

c) Hipótesis de estado atmosférico: ZONA D

Tabla 2

Estado N°	Temperatura [°C]	Viento [km/h]	Manguito de Hielo [mm]
1	+35	---	---
2	-20	---	---
3	+10	130	---
4	-5	50	10
5	+8	-	-

d) Tensiones máximas admisibles en ZONA D, conductor Al/Ac 300/50 mm² (Anexo I) Pág. N°38. Reglamento A. y EE.

Tabla 3

Estado	σ_{adm} [kg/mm ²]
1	11,44
2	9,70
3	10,65
4	10,18
5	10,59

La tensión σ_{ma} a la temperatura anual sin carga del viento es:

$$\sigma_{ma} = 5,2 \times \left(1 + 0,15 \times \frac{(500 - a)}{350} \right)$$

Según establece la especificación técnica N° GC-IE-T-N°1 de AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA, Pág. N°37, para vano entre 150 [m] y 500 [m], conductores de Aluminio/Acero fabricados según Norma IRAM 2187/70, relación de secciones igual a 6. Al/Ac.

Para vanos menores a 150 [m], vale para vanos de 150 [m].

$$\sigma_{ma} = 5,2 \times \left(1 + 0,15 \times \frac{(500 - 150)}{350} \right)$$

$$\sigma_{ma} = 5,98 \text{ [kg/mm}^2\text{]}$$

e) Distancias del Tendido de Conductores e hilo de guardia de LAT 2x132kV:

- Pórtico CTLC al Piquete N°1 $\rightarrow v_{CTLC-1} = 40[m]$
 - Piquete N°1 al Piquete N°2 $\rightarrow v_{1-2} = 158,12[m]$
 - Piquete N°2 al Piquete N°3 $\rightarrow v_{2-3} = 221,33[m]$
 - Piquete N°3 al Piquete N°4 $\rightarrow v_{3-4} = 49[m]$
 - Piquete N°4 al Piquete N°5 $\rightarrow v_{4-5} = 48[m]$
 - Piquete N°5 al Piquete N°6 $\rightarrow v_{5-6} = 165[m]$
 - Piquete N°6 al Piquete N°14: Longitud 1500,8[m]
- Este tendido de conductores está compuesto por 8 VANOS:
- a) Piquete N°6 al Piquete N°7 $\rightarrow v_{6-7} = 202,5[m]$
 - b) Piquete N°7 al Piquete N°8 $\rightarrow v_{7-8} = 203,7[m]$
 - c) Piquete N°8 al Piquete N°9 $\rightarrow v_{8-9} = 202,5[m]$
 - d) Piquete N°9 al Piquete N°10 $\rightarrow v_{9-10} = 202,5[m]$
 - e) Piquete N°10 al Piquete N°11 $\rightarrow v_{10-11} = 163[m]$
 - f) Piquete N°11 al Piquete N°12 $\rightarrow v_{11-12} = 160,6[m]$
 - g) Piquete N°12 al Piquete N°13 $\rightarrow v_{12-13} = 203[m]$

h) Piquete N°13 al Piquete N°14 $\rightarrow v_{13-14} = 163[m]$

- Piquete N°14 al Pórtico ETLC $\rightarrow v_{14-ETLC} = 60[m]$

2. CÁLCULO MECÁNICO – Tendido del Piquete N°6 al Piquete N° 14.

Cálculo de VANO IDEAL de REGULACIÓN, formado por 8 VANOS.

$$a_v = \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum a_i}} \rightarrow a_v = 190,61[m]$$

Cargas y Presiones del Viento:

Elementos planos y cilíndricos de estructuras.

Para determinar la carga del viento sobre las estructuras por unidad de superficie se calcula mediante la siguiente expresión (Pág. 82 norma):

$$W_e = K \cdot \frac{V^2}{16} \cdot \text{sen}(\theta)$$

Dónde:

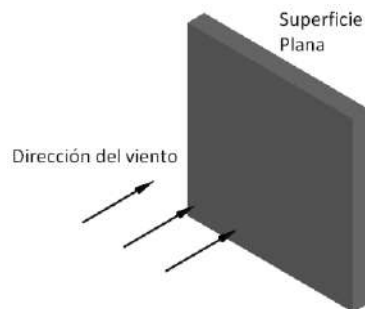
V: velocidad del viento en [m/s]

K: coeficiente de presión dinámica (tabla III, Pág. 85 norma)

θ : ángulo determinado por la dirección del viento y el plano que contiene al elemento de superficie considerado.

Se analizarán las cargas del viento para dos estados diferentes; $V=130$ [km/h]=36,11 [m/s] (correspondiente al Estado 3) y $V=50$ [km/h]=13,88 [m/s] (correspondiente al Estado 4).

Cálculos de los coeficientes de presión dinámica para estructuras planas:



De la tabla III (Pág. 85 Norma), para caras reticuladas planas de perfil, tenemos $K=1,6$.

Cálculos de los coeficientes de presión dinámica para estructuras cilíndricas:



De la tabla III (ANEXO IV) (Pág. 85 Norma), para postes tubulares de acero, de hormigón armado de madera, de sección circular; tenemos $K=0,7$.

Para todos los casos se tomó el ángulo $\theta=90^\circ$ para obtener la máxima carga del viento sobre las estructuras.

Cuadro Resumen.

Presión		Unidad	Velocidad del viento	
			36,11[m/s]	13,88 [m/s]
Elementos planos de Estructuras	K	-	1,6	1,6
	We	kg/m ²	130,39	19,26
Elementos Cilíndricos de Estructura	K	-	0,7	0,7
	We	kg/m ²	57,04	8,42

Conductores y Cable de Guardia.

Para la determinación de las cargas del viento sobre conductores y cable de guardia nos basamos en la ecuación: (ANEXO IV) (Pág. 77 Norma).

$$W_c = 0.75 \cdot K \cdot \frac{V^2}{16} \cdot d \cdot \left(0.6 + \frac{80}{a_m}\right) \cdot \text{sen}(\theta)$$

Dónde:

V: velocidad del viento en [m/s].

K: coeficiente de presión dinámica (tabla I, hoja 78, Anexo VI de la norma)

d: diámetro del conductor en [m].

a_m : vano medio (vano de viento), en [m].

θ : ángulo determinado por la dirección del viento y el eje del conductor.

Obs.: si el vano es mayor a 200 [m] entonces se utiliza el factor de corrección $\left(0,6 + \frac{80}{a_m}\right)$ para el cálculo de la presión del viento sobre el cable, caso contrario se utilizará el factor igual a 1.

Obs.: en el estado 4 de carga, correspondiente a una temperatura de -5 [°C] y viento de 50 [km/h], se considera la formación de un manguito de hielo de 10 [mm] de espesor. Esto produce una modificación en el peso y la presión producida por el viento sobre el cable.

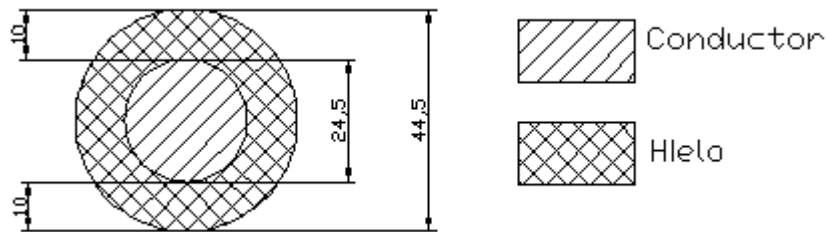
Se analizarán las cargas del viento para tres estados diferentes; $V=130$ [km/h] =36,11 [m/s] (correspondiente al Estado 3, según hipótesis atmosféricas); $V=50$ [km/h] =13.88 [m/s] (correspondiente al Estado 4, según hipótesis atmosféricas) y para $V=72$ [km/h] =20 [m/s]

(necesario para el cálculo de distancias del cable conductor a masa, para tormentas eléctricas, pág. 82 Norma AyEE)

Cálculos de los coeficientes de presión dinámica para el conductor:

Tanto para $V=36,11$ [m/s], como para $V=20$ [m/s]; el diámetro del conductor es $24,5$ [mm], luego $d > 15,8$, por lo tanto de la tabla I (Pág. 78 Norma), tenemos $K=1$.

Para $V=13,88$ [m/s] tenemos:



$$d = d_{\text{Conductor}} + e_{\text{mang.hielo}} = 24,5 [mm] + 20 [mm] = 44,5 [mm] > 15,8 [mm] \Rightarrow k = 1$$

$$\left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) = 0,99 \rightarrow (a_m = 203,9 [m] > 200 [m])$$

Cálculos de los coeficientes de presión dinámica para el cable de Guardia:

Tanto para $V=36,11$ [m/s], como para $V=20$ [m/s]; el diámetro del cable de guardia es $13,4$ [mm], luego $12,5 [mm] < d \leq 15,8 [mm]$, por lo tanto, de la tabla I, tenemos $K=1,1$.

Para $V=13,88$ m/s tenemos:

$$d = d_{\text{C.deGuardia}} + e_{\text{mang.hielo}} = 13,4 [mm] + 20 [mm] = 33,4 [mm] > 15,8 [mm] \Rightarrow k = 1$$

$$\left(0,6 + \frac{80}{a_m} \right) = 0,99 \rightarrow (a_m = 203,9 [m] > 200 [m])$$

Para todos los casos se tomó el ángulo $\theta=90^\circ$ para obtener la máxima carga del viento sobre los conductores.

Cuadro Resumen.

Cargas		Unidad	Velocidad del viento		
			36,11[m/s]	13,88 [m/s]	20 [m/s]
Conductor	K	-	1	1	1
	Wc	kg/m	1,497	0,221	0,459
Cable de guardia	K	-	1,1	1	1,1
	Wcg	kg/m	0,9	0,121	0,276

Aislación.

Las cadenas de suspensión y de retención se utilizarán en toda la línea aisladores de suspensión a rótula y badajo de porcelana, según Norma IEC 60305 (tipo U70BL) ó su equivalente Norma ANSI C29.2 (Tipo 52-3), con una resistencia electromecánica de 70kN.

Cargas sobre la cadena de aisladores:

$$Q = w_{ec}A_{aisl}$$

Siendo:

Q: carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

wec: carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m²]

Aaisl: área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m²]

Presión		Unidad	Velocidad del viento	
			36,11 [m/s]	13,88 [m/s]
Elementos Cilíndricos de Estructura	K	-	0,7	0,7
	We	kg/m ²	57,04	8,42

Características y Cargas de las cadenas de Aislación.

Con respecto al peso de la cadena de Aisladores, cada aislador (tipo U70BL) según Norma IEC 60305 tiene un Peso de 5,2kg con un diámetro de 273mm.

El peso de morseteria, ya sea yugo, péndulo, ojal, raqueta, se le aplica un peso de aproximadamente 25kg.

Características	Cadenas de Suspensión		Cadena de Retención
	Simple	Doble	Doble
Nº de Aisladores	9	2x9	2x10
Largo [mm]	1793	1744	1995
Peso [kg]	72	119	129
Viento 36,11[m/s] [kg]	28	54,31	62
Viento 13,88[m/s] [kg]	4	8,01	9
Viento 20[m/s] [kg]	8,5	16,6	-

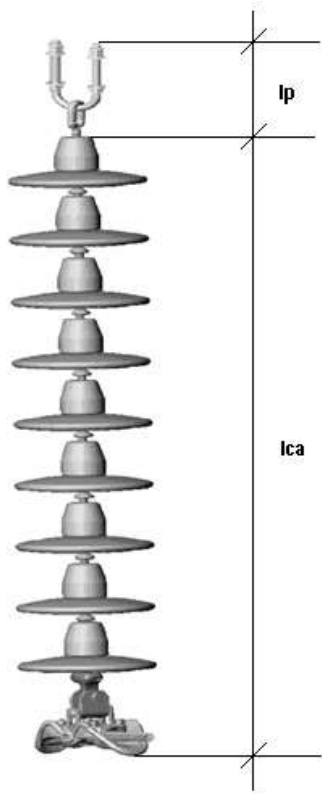


Figura 1 (suspensión simple con 9 aisladores)

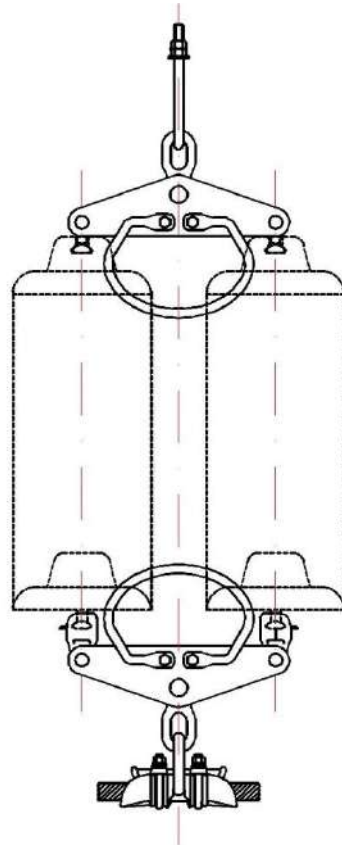


Figura 2 (suspensión simple con 9 aisladores, para cruce ruta Provincial)

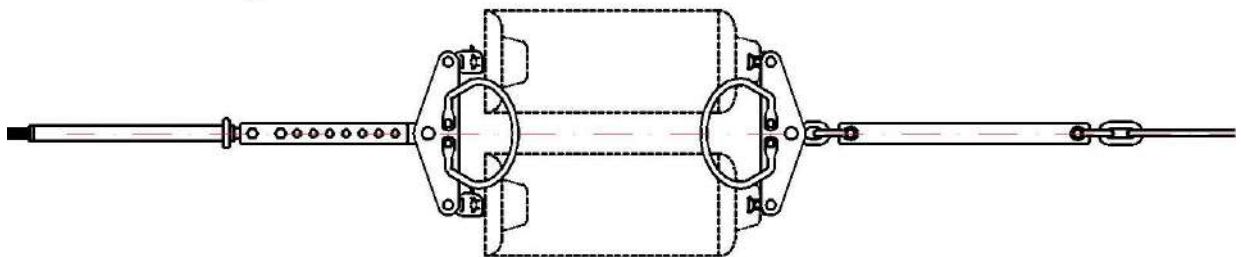


Figura 3 (retención, con 10 aisladores)

2.1. CARGAS ESPECÍFICAS

Para determinar el tiro equivalente en la cima del poste, debido a las fuerzas a las que se expone, se realiza el cálculo mecánico mediante hipótesis de carga establecidas en el Anexo II de la Especificación Técnica N° GC-IE-T-N° 1 de Agua y Energía.

Se denomina cargas permanentes al peso de los conductores, aisladores y accesorios; cargas adicionales al peso del hielo sobre los conductores y aisladores; y elementos de cabecera a las ménsulas, aisladores y accesorios.

2.1 Cargas específicas:

Ecuación de cambio de estado:

$$\sigma_j^3 + \sigma_j^2 \left[\frac{E w_i^2 a^2}{24 \sigma_i^2} + E \alpha (t_j - t_i) - \sigma_i \right] = \frac{E w_j^2 a^2}{24}$$

Dónde:

E: Módulo de elasticidad [kg/mm²]

α : Coeficiente de dilatación térmica [1/°C]

t_i: Temperatura del estado base [°C]

t_j: Temperatura del estado a calcular [°C]

σ_i : Tensión máxima admisible del estado base [kg/mm²]

σ_j : Tensión resultante al cambio de estado [kg/mm²]

$w_i = \frac{g_i}{s}$: Carga específica sobre el conductor en el estado de temperatura media anual [kg/m mm²]

$w_j = \frac{g_j}{s}$: Carga específica sobre el conductor en el estado a calcular [kg/m mm²]

Además del peso del conductor (G), existen otras fuerzas que solicitan al conductor:

- Fuerzas Verticales

$$gv = G + H$$

H: peso del hielo [Kg/m]; $H = Ph * \pi * e * (e + d)$

Dónde:

Ph : densidad del hielo: 900 [kg/m³]

e : espesor del hielo: 10 [mm]

d : diámetro del conductor

- Fuerzas Horizontales

gh : Fuerza producida por el viento [kg/m]

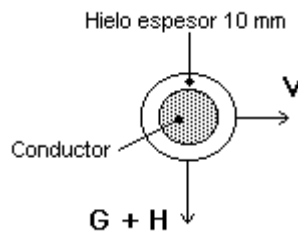
CARGA ESPECÍFICA TOTAL

$$w = \frac{g}{s}$$

$g = \sqrt{(gv^2 + gh^2)}$ → Peso total del conductor [kg/m]

s = Sección real

En el cálculo de las cargas sobre el cable de guardia se debe tener en cuenta para el estado con manguito de hielo el espesor se incrementa en 10 [mm] por lo tanto la constante K es ahora igual a 1,2.



Tensiones máximas admisibles en ZONA D, conductor Al/Ac 300/50 [mm²](Anexo I) Pág. N°38. Reglamento A. y EE.

Estado	σ_{adm} [kg/mm ²]
1	11,44
2	9,70
3	10,65
4	10,18
5	10,59

La tensión σ_{ma} a la temperatura anual sin carga del viento es:

$$\sigma_{ma} = 5,2 \times \left(1 + 0,15 \times \frac{(500 - a)}{350} \right)$$

Para el vano de cálculo $a = 203,7 [m]$

$$\sigma_{ma} = 5,86 [kg/mm^2]$$

Según establece la especificación técnica N° GC-IE-T-N°1 de AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA, Pág. N°37, para vano entre 150 [m] y 500 [m], $a = 203,7 [m]$ y conductores de Aluminio/Acero fabricados según Norma IRAM 2187/70, relación de secciones igual a 6. Al/Ac.

Tabla De Conductores: CARGAS ESPECÍFICAS

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4867	1,9276	0,00545
4	-5	50	10	2,2025	0,3995	2,2384	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tabla de Cable de guardia: CARGAS ESPECÍFICAS

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

2.2. TENSIONES Y FLECHAS

Calculamos la Ecuación General de estado:

$$\sigma_j^3 + \sigma_j^2 A - B = 0$$

$$A = \frac{E \times \omega_i^2 \times a^2}{24 \times \sigma_i^2} + E \times \alpha_t (t_j - t_i) - \sigma_i$$

$$B = \frac{E \times \omega_j^2 \times a^2}{24}$$

Dónde:

E: módulo de elasticidad del conductor que vale 7700 [kg/mm²]

α : Coeficiente de dilatación térmica 1.89e-05

a: vano del tramo considerado.

t_i : temperatura del estado base.

t_j : temperatura en el estado j.

ω_i : Carga específica sobre el conductor en el estado base.

ω_j : Carga específica sobre el conductor en el estado j .

σ_i : Tensión en el estado base.

σ_j : Tensión en el estado j.

Tabla de conductores: valores de constantes A y B

Estado N°	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Sigma [kg/mm ²]
1	2,74	160,38	4,65
2	-5,26	160,38	7,86
3	-0,89	395,85	7,65
4	-3,08	533,77	9,28
5	-1,18	160,38	5,86

Tabla de cable de guardia: valores de constantes A y B

Estado N°	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Sigma [kg/mm ²]
1	-5,18	1046,18	12,20
2	-15,20	1046,18	18,32
3	-9,74	2872,09	18,30
4	-12,47	4265,76	21,60
5	-10,10	1046,18	14,85

Ecuación para el cálculo de la flecha:

$$f = \frac{w_j a^2}{8 \sigma_j}$$

Dónde:

f: Flecha conductor [m]

a: Vano medio [m]

w_j: Carga sobre el conductor en el estado a calcular [kg/m mm²]

σ_j: Tensión resultante del cambio de estado [kg/mm²]

Tensiones, tiros y flechas para el conductor:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flechas [m]		
			Vertical	Horiz.	Result.
1	4,66	1646,11	3,87	0,00	3,87
2	7,86	2778,58	2,29	0,00	2,29
3	7,65	2705,86	2,35	2,85	3,69
4	9,28	3280,39	3,48	0,63	3,54
5	5,86	2071,51	3,07	0,00	3,07

En esta tabla también se puede verificar que el estado 5 es el estado base, pues en el resto de los estados la tensión está por debajo de su valor máximo admisible.

Tensiones, tiros y flechas para el cable de guardia:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flechas [m]		
			Vertical	Horiz.	Result.
1	12,21	1257,35	2,81	0,00	2,81
2	18,32	1887,29	1,87	0,00	1,87
3	18,31	1885,84	1,88	2,48	3,11
4	21,61	2225,77	3,13	0,70	3,21
5	14,85	1529,55	2,31	0,00	2,31

Obs.: La flecha del hilo de guardia, en la mitad del vano, deberá ser por lo menos 10% menor que la de los conductores, para evitar la disminución del ángulo de protección contra descargas atmosféricas en el caso de oscilaciones provocadas por el viento.

$$f_{\max} = 0.9 \times f_{\text{Conductor}} \text{ [m]}$$

Dónde:

f_{\max} = Flecha máxima del cable de guardia [m]

$f_{\text{Conductor}}$ = Flecha del conductor [m]

Estado N°	Flechas del conductor [m]	Flecha al 90% [m]
1	3,87	3,48
2	2,29	2,06
3	2,35	2,12
4	3,48	3,13
5	3,07	2,76

Como se observa en la tabla, en ninguno de los casos, la flecha al 90% del conductor de 300 [mm²], no supera la flecha máxima del hilo de guardia, por lo tanto, el conductor se encuentra en los cinco estados distintos protegido contra descargas de origen atmosférico.

3. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS SUSPENSIÓN “S”

Las distancias entre conductores se calculan teniendo en cuenta lo establecido en el Anexo VI (GC – IE – T – N° 1) que está en la página 79 de la norma de Agua y Energía.

“Se busca que los conductores permanezcan a una distancia que impida acercamientos que den lugar a la ruptura dieléctrica del espacio disruptivo”

3.1. DISTANCIAS ELÉCTRICAS

a) Distancia entre fases:

$$D = K \times \sqrt{(f + l_a)} + \frac{U_n}{150} \text{ [m]}$$

Dónde:

K= factor determinado en función del material, sección del conductor y de su disposición geométrica, según tabla II (hoja87 de la norma)

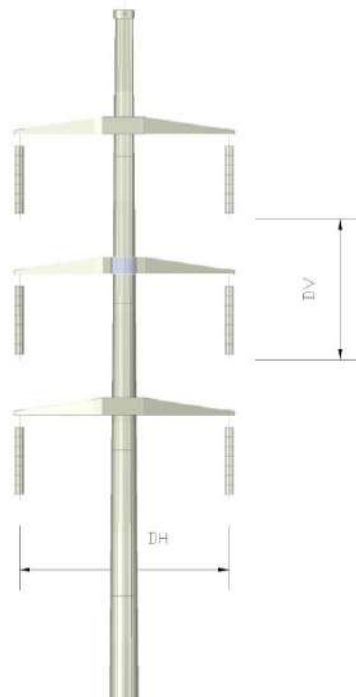
f=Flecha del conductor a temperatura máxima [m]

l_a =Longitud de la cadena de aisladores de suspensión incluidos los accesorios móviles en dirección normal a la línea [m]

U_n =Tensión nominal de la línea [kV]

D_v =Distancia mínima vertical entre conductores

D_h =Distancia mínima horizontal entre conductores



➤ Distancia mínima vertical entre conductores:

$$D_v = K_v \times \sqrt{(f + l_a)} + \frac{U_n}{150} \text{ [m]}$$

$K_v=0,75$ (tabla II, hoja 84, Norma)

$F_{max} (35^\circ C)=3,87$ [m]

$l_a=1,793$ [m] (aisl. de suspensión)

$U_n=132$ [kV]

$$D_v = 2,66 \text{ [m]}$$

➤ Distancia mínima horizontal entre conductores:

$$D_h = K_h \times \sqrt{(f + l_a)} + \frac{U_n}{150} \text{ [m]}$$

$K_h=0,62$ (tabla II, Hoja 84, Norma)

Este factor solo corresponde a conductores en disposición horizontal. Pero si nuestros conductores verifican esta distancia también se verificará la distancia en forma diagonal a la que están separados.

$F_{\max}(35 \text{ }^\circ\text{C})= 3,87\text{[m]}$

$La= 1,793 \text{ [m]}$ (aisl. de suspensión)

$Un= 132 \text{ [kV]}$

$D_h= 2,35 \text{ [m]}$

b) Distancia a masa:

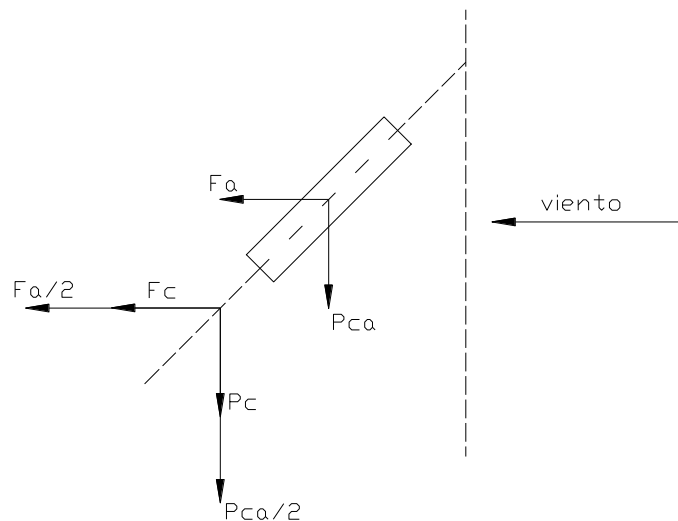
La cadena de aisladores y el conductor se declinan en el mismo plano.

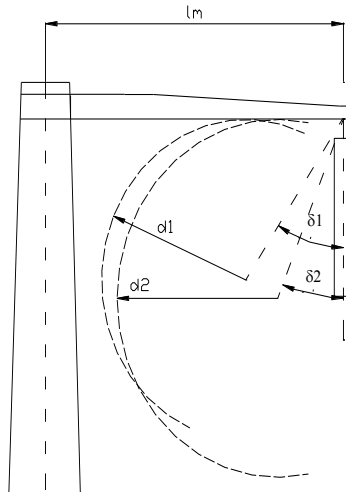
Para líneas de tensión nominal no mayor a 220 [kV] se calcula la declinación:(Pág. 82, Norma)

- Con viento de 72 [km/h] (tormenta eléctrica), la distancia será la que se obtiene mediante el gráfico 1(correspondiente a sobretensiones de origen atmosférico), página 87 de la Norma de AyEE anexo VI A, pero no menor a 0,15 [m].

- Con viento máximo de 130 [km/h] y una distancia mínima igual a $Un/150$ [m], pero no menor a 0,15 [m].

Como resultado, la distancia mínima a tierra y la inclinación de la cadena de aisladores, en ambas condiciones, se muestran a continuación:





d_2 =Distancia a masa con el conductor en reposo o declinado, por la acción del viento de 72 [km/h] o 20 [m/s] (tormenta eléctrica). Este valor se obtiene del gráfico N°1 (hoja 87 de la Norma), correspondiente a sobretensiones de origen atmosférico.
Se ingresa a dicho gráfico N°1 (Pág. 87, Norma) con el número de aisladores (9)

$$\rightarrow d_2 = 1,26 \text{ [m]}$$

d_1 =distancia mínima a masa con el conductor declinado por la acción del viento máximo.

$$d_1 = U_n / 150 \text{ [m]} \quad ; U_n = 132 \text{ [kV]}$$

$$\rightarrow d_1 = 0,88 \text{ [m]}$$

El ángulo δ de inclinación, de una cadena de aisladores de suspensión, se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\tan \delta = \frac{W_c + \frac{W_{ca}}{2}}{P_c + \frac{P_{ca}}{2}}$$

Dónde:

W_c = carga del viento sobre el conductor en ambos semivanos adyacentes de la estructura [kg]

W_{ca} = carga del viento sobre la cadena de aisladores, incluidos los elementos móviles de la morsetería [kg]

P_c = peso del conductor gravante, sobre la cadena de aisladores de los dos semivanos [kg]

P_{ca} = peso de la cadena de aisladores, incluidos elementos móviles de la morsetería [kg]

➤ Cálculo de δ_2 para sobretensión atmosférica con viento de 20 [m/s]:

$$W_c = a \times W_c = 203,7 \text{ [m]} \times 0,459 \text{ [kg/m]} \rightarrow W_c = 93,49 \text{ [kg]}$$

$$W_{ca} = 8,5 \text{ [kg]}$$

$$P_c = a \times g_c = 203,7 \text{ [m]} \times 1,208 \text{ [kg/m]} \rightarrow P_c = 246,06 \text{ [kg]}$$

$$P_{ca} = 72 \text{ [kg]}$$

Reemplazando en la ecuación anterior $\rightarrow \delta_2 = 19,11^\circ$

- Cálculo de δ_1 para frecuencia industrial con viento de 130 [km/h]

$$W_c = a \times W_c = 203,7 [m] \times 1,49 [kg/m] \rightarrow W_c = 303,51 [kg]$$

$$W_{ca} = 28 [kg]$$

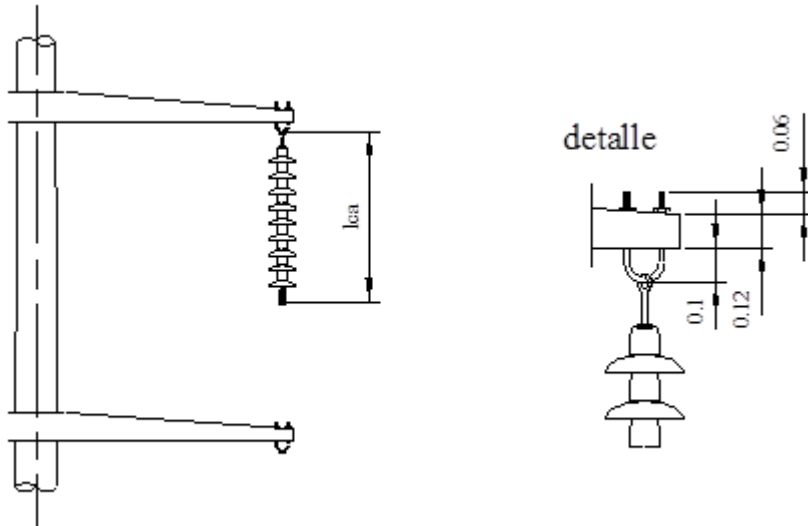
$$P_c = a \times g_c = 203,7 [m] \times 1,208 [kg/m] \rightarrow P_c = 246,06 [kg]$$

$$P_{ca} = 72 [kg]$$

Reemplazando en la ecuación anterior $\rightarrow \delta_1 = 48,38^\circ$

- Cálculo de la distancia mínima entre crucetas

La distancia mínima entre las crucetas se calcula como:



$$D_{crucetas} = \text{péndulo} + \text{cad. aisl.} + d_2 + \text{perno susp} + \text{ancho cruceta}$$

$$D_{crucetas} = 0,1 + 1,79 + 1,26 + 0,06 + 0,12 = 3,33 [m]$$

- Cálculo de la longitud de la mensula (l_m)

$$L_{m1} = \phi_c / 2 + d_1 + l_a \times \text{sen} \delta_1 \text{ (sobretensión atmosférica)}$$

$$L_{m2} = \phi_c / 2 + d_2 + l_a \times \text{sen} \delta_2 \text{ (frecuencia industrial)}$$

Donde:

ϕ_c = diámetro de la columna

l_a = longitud de la cadena de aisladores.

Para obtener el valor de la longitud de la mensula (l_m), se debe conocer el diámetro de la columna. Para realizar el cálculo anterior es necesario conocer el diámetro (D) de la columna a la altura de la mensula inferior. Para esto se elige un poste, se calcula y luego se

comprueba que el mismo verifique las hipótesis de carga así como las alturas mínimas. En caso de verificar se procede a un redimensionado. Para ello se considera que el tiro en la cima es aproximadamente 4500 [kg], luego con dicho valor se ingresa en la tabla correspondiente a los tiros en la cima de la columna de hormigón empresa MASTIL, obteniéndose un diámetro en la cima de $\phi_c=39,5$ [cm], para una altura de poste de 27 [m].

Considerando una conicidad del poste de 1,5 [cm/m].

Se debe ahora, calcular la distancia a la que desea conocer el diámetro de la columna.

Teniendo en cuenta que la altura del cable de guardia debe ser tal que el ángulo del conductor no debe ser menor a 30° y que la distancia mínima entre crucetas es de 3,33 [m] se procede a calcular la longitud desde la cima a la cruceta inferior.

Para una primera aproximación se considera que la longitud de la ménsula es de 2.6 [m], luego:

$$h = \frac{2,6}{\tan 30^\circ} - 0,1 - 0,1 - 1,79 + 3,33 + 3,33 + 1,2 = 10,37[m]$$

Con este valor de distancia entre la cima y el punto inferior se procede a calcular el diámetro en la base.

$$\phi_{base} = \phi_{cima} + 1,5 \times h_{base_cima} = 39,5 [cm] + 1,5 \times 10,37 [m] = 55,05 [cm]$$

Luego, se reemplaza este valor en la ecuación de la longitud de la ménsula y se calculan las longitudes para 20m/s y para 140km/hs.

$$L_{m1} = 0,5505/2 + 0,88 + 1,79 \cdot \text{sen}(48,38^\circ) = 2,49 [m]$$

$$L_{m2} = 0,5505/2 + 1,26 + 1,79 \cdot \text{sen}(19,11^\circ) = 2,12 [m]$$

De acuerdo a estos resultados se adopta una longitud de la ménsula de **2,5[m]**.

3.2. DISEÑO DEL CABEZAL

Cálculo de la altura de la columna:

La altura libre del conductor inferior a nivel del terreno, la obtenemos del anexo III, Distancias Admisibles (hoja 53 norma).

La altura que corresponde a una disposición de doble terna para 132 [kV] es:

$$h_{libre} = 7 [m]$$

Además de esta altura se debe considerar el valor de la flecha máxima del conductor:

$$f_{mx} = 3,87 [m]$$

La porción del poste a empotrar se considera como

$$h_0 = \frac{1}{10} \times L ; L = h_0 + h_4$$

Donde:

h_0 = longitud empotrada

L = longitud total del poste

h_4 = longitud sobre el nivel del terreno

$$\rightarrow L = 0,1L + h_4 \rightarrow h_4 = 0,9L$$

Se puede hallar h_4 como la suma de todas las distancias mínimas.

$$h_4 = h_{libre} + f + l_{ca.} + 0,1 + d_{crucetas} + d_{cycg}$$

Dónde:

h_4 = Altura expuesta

h_{libre} = Altura libre, del ANEXO III de la norma de A y EE, pag. 53 (distancias admisibles), se toma de altura libre 7 [m], para permitir el cultivo en zonas rurales, caminos de pastoreo y labrados, estancias, huertas, viñedos etc.

f = flecha máxima (tabla 10)

$l_{ca.}$ = Longitud cadena de aisladores (tabla 7)

$d_{crucetas}$ = Distancia eléctrica entre conductores.

d_{cycg} = Distancia eléctrica entre conductor y cable de guardia.

$$h_4 = 7 + 3,87 + 1,79 + 0,1 + 3,33 + 3,33 + \left(\frac{2,5}{\tan(30)} - 0,1 - 0,1 - 1,79 \right)$$

$$h_4 = 21,76 [m]$$

De acuerdo a esto se calcula la longitud del poste

$$L = \frac{h_4}{0,9} = 24,17 [m] \rightarrow \text{adoptamos } L=24,5 [m]$$

Por lo tanto se empotra el 10% de 24,5m y lo restante se deja por encima del suelo.

Valores característicos de la columna:

Longitud/tiro adm cima/coef. Seguridad/ ϕ base- ϕ cima

24,5/2000/3/39,5-75,5

Por lo tanto el nuevo valor $h_4 = 24,5 \times 0,9$, correspondiente al poste de H°A° de 24,5 [m] de altura.

$$h_4 = 22,05 [m]$$

Altura a la tercer cruceta:

$$h_3 = h_4 - \frac{d_{cruceta}}{\tan(30)} + l_{ca.} + 0,1 + 0,12$$

$$h_3 = 22,05 - \frac{2,5}{\tan(30)} + 1,79 + 0,1 + 0,12$$

$$h_3 = 19,7 [m]$$

Altura segunda cruceta:

$$h_2 = h_3 - Dist_{entre-crucetas}$$

$$h_2 = 19,7 - 3,33$$

$$h_2 = 16,37 [m]$$

Altura primer cruceta:

$$h_1 = h_2 - Dist_{entre-crucetas}$$

$$h_1 = 16,37 - 3,33$$

$$h_1 = 13,04[m]$$

Todas la estructuras se dimensiona con un coeiciente de seguridad 3 para hipótesis de cargas normales.

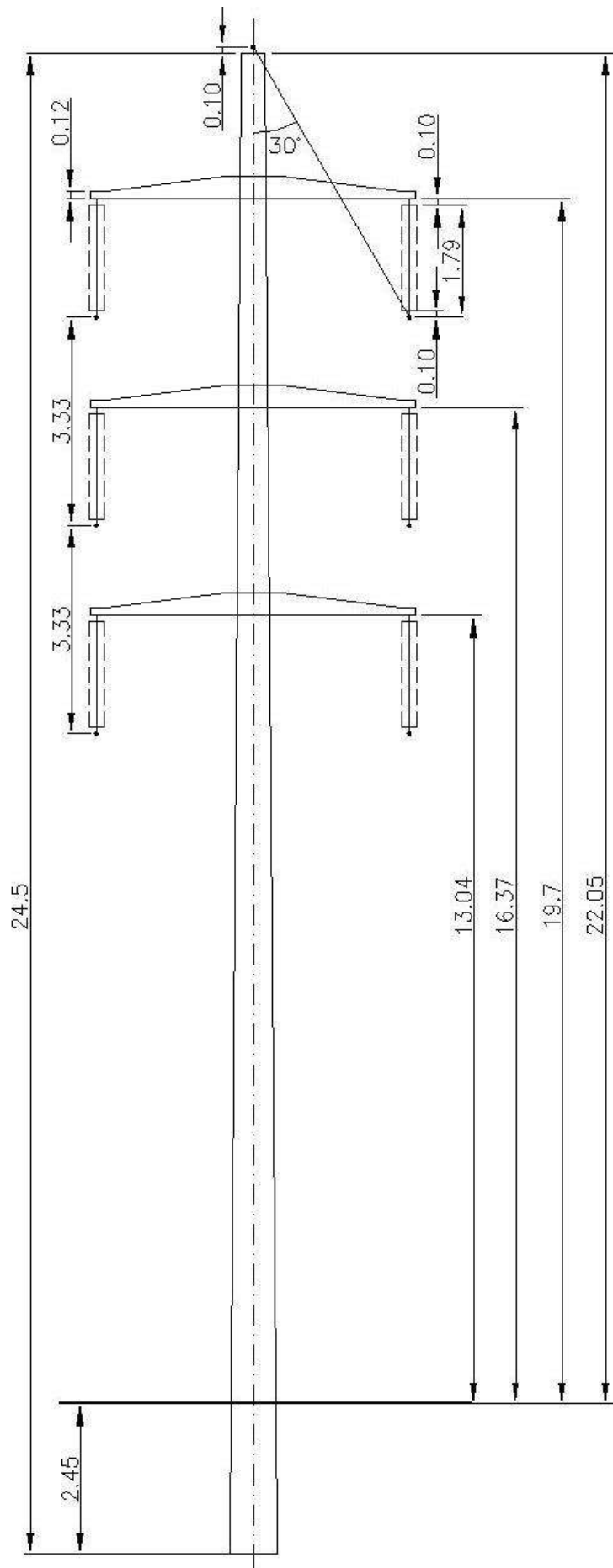
Para la columna seleccionada la ruptura se produce en:

$$3 \times 2000 [kg] = 6000 [kg]$$

Para las hipótesis de emergencia trabajamos con un coef de seguridad 2 con lo cual la ruptura se produce en:

$$2 \times 2000 [kg] = 4000 [kg]$$

Esquema de la columna con medidas:



3.3. CÁLCULO DE LAS ESTRUCTURAS

3.3.1. Estructura de suspensión simple

- Carga del viento sobre la estructura:

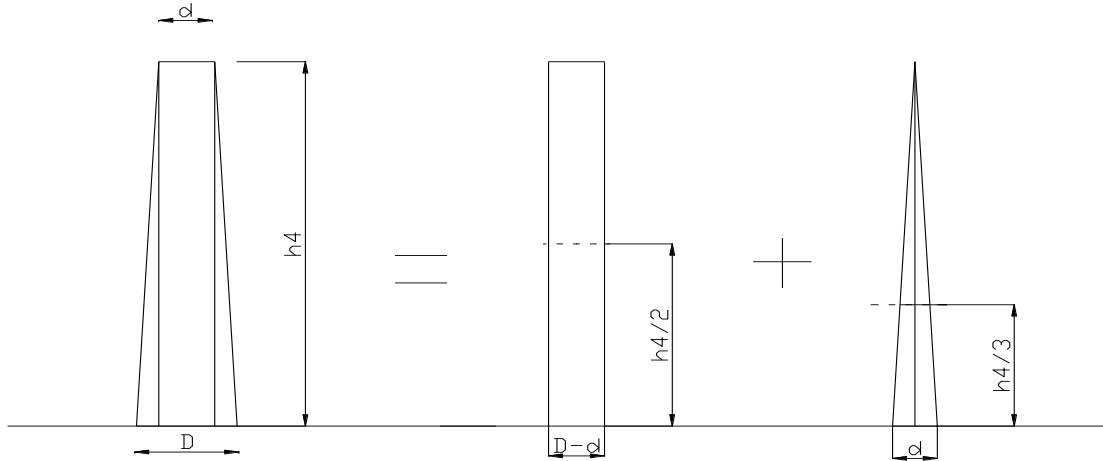


Figura 1

La superficie del poste expuesto al viento es =sup.del rectángulo + sup. del triángulo (fig.1).

$$F1 = pv \cdot (d \cdot h4) \text{ y } F2 = pv \cdot (D - d) \cdot \frac{h4}{2}$$

Dónde:

pv = presión del viento sobre una estructura cilíndrica [kg/mm²]

Momentos flectores:

$$M1 = F1 \cdot \frac{h4}{2} \text{ y } M2 = F2 \cdot \frac{h4}{3}$$

$$M1 + M2 = pv \cdot h^2 \left[\frac{d}{2} + \frac{D - d}{6} \right]$$

Por lo tanto la fuerza que ejerce el viento sobre la estructura trasladada a la cima es:

$$M1 + M2 = F \cdot h_4 \rightarrow F = \frac{M1 + M2}{h_4}$$

$$F = pv \cdot h_4 \cdot \left(\frac{d}{3} + \frac{D}{6} \right)$$

$$Tc = pv \cdot \frac{h_4(D + 2d)}{6}$$

Dónde:

pv = presión del viento sobre la estructura
h₄ = altura del poste sobre el nivel del terreno [m]
d = diámetro del poste en la cima [m]
D = diámetro del poste en la base [m]

VERIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS.

A. Carga Normal.

HIP 1A: Peso propio y cargas permanentes.

Carga del viento máximo, perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semi-longitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

- Peso propio y cargas permanentes:

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo perpendicular a la línea:

1. Fuerza ejercida sobre la Estructura.

Reemplazando los datos en la ecuación obtenida en el punto anterior:

$$Test = pv \cdot h_4 \cdot \frac{(D + 2d)}{6}$$

$pv=57,04[\text{kg}/\text{m}^2]$ (Elementos Cilíndricos de Estructura)

$d= 39,5 [\text{m}]$

$D= 39,5+1,5xh_4=39,5+1,5x22,05$

$D= 72,57 [\text{cm}]$

$$Test = \frac{57,04 \times 22,05 \times (0,7257 + 2 \times 0,395)}{6}$$

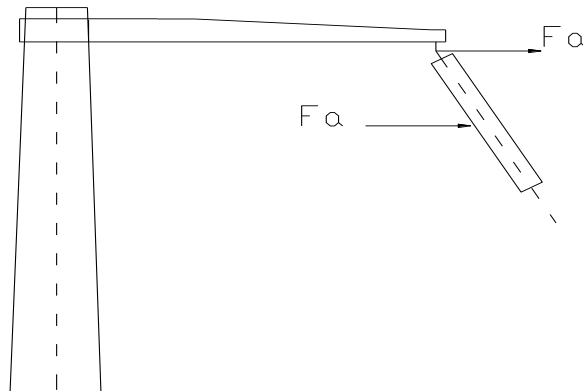
$$Test = 317,72 [\text{kg}]$$

Del punto 7 del anexo VI (pág. 83 Norma AyEE) se obtiene que la acción del viento sobre los elementos de cabecera (cruetas) se obtiene el incremento de multiplicar al tiro equivalente por un factor de 0,06 correspondiente a un poste simple. Por lo tanto el tiro total sin contar los aisladores es:

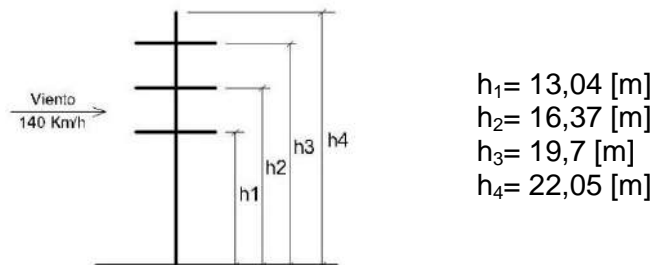
Estructura	Coefficiente "v"
1)Poste simple	0,06
2)Poste doble	
a)Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b)Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3)Poste triple	0,27

$$Test = 317,72 \times 1,06 = \mathbf{336,78 [\text{kg}]}$$

2. Fuerza ejercida sobre la cadena de aisladores:



Se considera que la fuerza esta aplicada sobre el perno en donde cuelga la cadena, que se encuentra a 10 [cm] por debajo de las crucetas.



Cargas sobre la cadena de aisladores

$$Wca = w_{ec} A_{aisl}$$

$$Wca = 57,04 \left[\frac{kg}{m^2} \right] (1,79 \text{ [m]} \times 0,273 \text{ [m]}) = 27,83 \text{ [kg]}$$

Siendo:

Q= carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

Wec= carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m²]

Aaisl= área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m²]

$$Tca = 2 \cdot Wca \frac{(h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times 0,1)}{h_4}$$

$$Tca = 123,2 \text{ [kg]}$$

3. Fuerza ejercida sobre los conductores:

$$Wc = 1,49 \text{ [kg/m]}; a = 203,7 \text{ [m]}$$

$$Tc = 2 Wc \cdot a \cdot \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 - 3 \cdot (0,1)}{h_4} \right)$$

$$Tc = 1343,71 \text{ [kg]}$$

4. Fuerza ejercida sobre el cable de guardia:

$$Wcg = 0,9 \text{ [kg/m]}; a = 203,7 \text{ [m]}$$

$$T_{cg} = W_{cg} \cdot a \cdot \frac{(h^4 + 0,1)}{h^4}$$

$$T_{cg} = 184,16 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima:

$$T_t = T_{est} + T_{ca} + T_c + T_{cg}$$

$$T_t = 1987,85 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

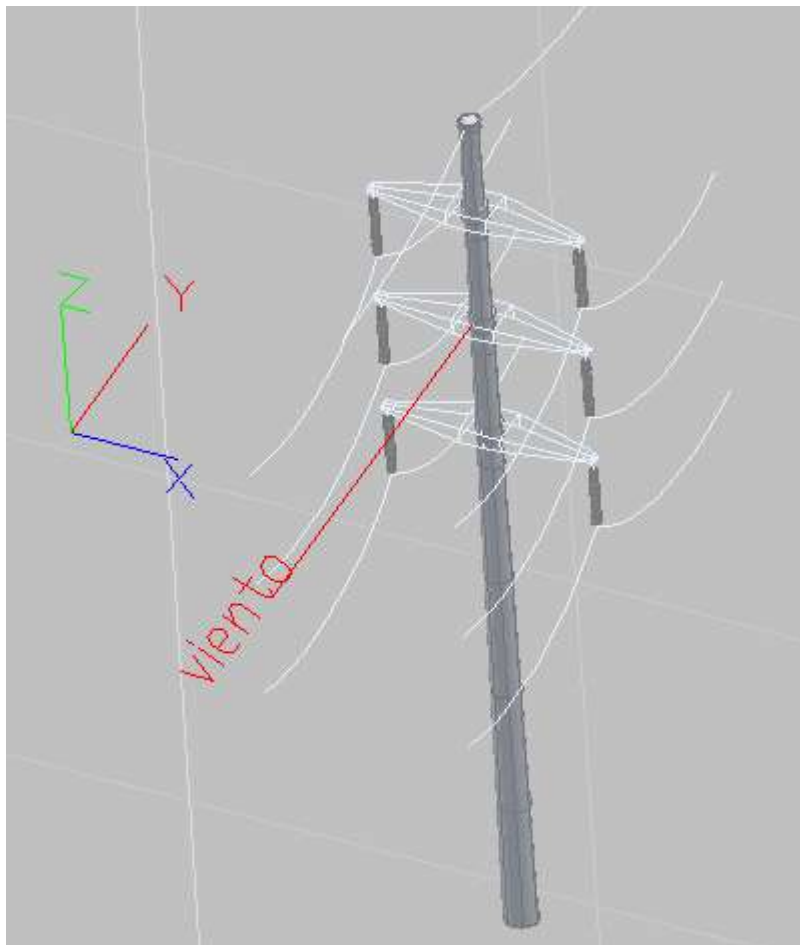
Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \times T_m}{T_t}$$

$$S = \frac{3 \times 2000}{1987,85 \text{ [kg]}} = 3,01 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP 1B: Peso propio y cargas permanentes.

Carga del viento máximo en la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.



Ejes de referencia y momentos flectores:

Según muestra en la figura se definen tres tipos de momentos flectores:

M_x = momento en el plano Y-Z (momento flector paralelo a la línea)

M_y = momento en el plano Y-Z (momento flector paralelo a la línea)

M_z = momento en el plano Y-Z (momento flector paralelo a la línea)

- Peso propio y cargas permanentes

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección de la línea

1. Sobre la columna.

$$T = p_v \cdot h_4 \cdot \frac{D + 2d}{6}$$

$p_v = 57,04 [\text{kg/m}^2]$ (del anexo VI)

$d = 39,5 [\text{cm}]$

$$h_4 = 22,05 [\text{m}]$$

$$D = 39,5 + 1,5 \times h_4 = 0,7257 [\text{m}]$$

$$T = \frac{57,04 \times 22,05 \times (0,7257 + 2 \times 0,395)}{6}$$

$$T = 317,72 [\text{kg}]$$

2. Sobre las crucetas.

Momento flector debido al viento en la dirección de la línea sobre las ménsulas de los conductores: el origen del cálculo radica en considerar a la ménsula en dos partes, un triángulo de altura 0,18 [m] y de base igual al largo de la ménsula del conductor, y un rectángulo de altura 0,12 [m], con lo que se obtiene:

$$M_{f_{mcc}} = 2 \times P_v \times l_{mcc} \times \left(0,12 \times (h_1 + h_2 + h_3 + 3 \times 0,06) + \frac{0,18 \times (h_1 + h_2 + h_3 + 3 \times 0,18)}{2} \right) [\text{kgm}]$$

$$T_{cr} = 2 \times \frac{P_v}{h_4} \times l_{mcc} \times \left(0,12 \times (h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times 0,06) + \frac{0,18 \times (h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times 0,18)}{2} \right) [\text{kg}]$$

Dónde:

$M_{f_{mcc}}$ = momento flector debido al viento en la dirección de la línea sobre las crucetas de los conductores.

l_{mcc} = largo de la ménsula de los conductores (2,5[m])

P_v = presión del viento máximo sobre estructuras planas con un ángulo de incidencia 90°, $P_v = 130,39 [\text{kg/m}^2]$

h_1 = altura a lá ménsula 1.

h_2 = altura a lá ménsula 2.

h_3 = altura a lá ménsula 3.
 h_4 = altura expuesta.

$$T_{cr} = 304,28 \text{ [kg]}$$

3. Sobre los aisladores.

$$W_{ca} = 27,83 \text{ [kg]}$$

$$T_{ca} = 2W_{ca} \cdot \frac{(h_1 + h_2 + h_3 - 3x_{0,1})}{h_4}$$

$$T_{ca} = 123,2 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima.

$$T_t = T + T_{cr} + T_{ca}$$

$$T_t = 745,2 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad “S”:

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3x T_m}{T_t}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{745,2 \text{ [kg]}} = 8,05 > 3 \rightarrow \text{“verifica”}$$

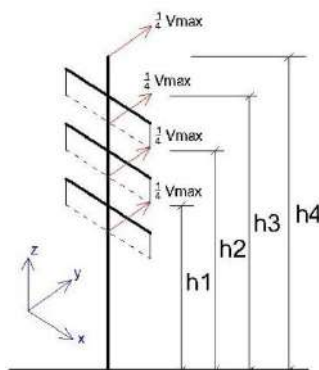
HIP 1C: Peso propio y cargas permanentes.

Fuerzas que se aplican en el eje de la estructura, al nivel y dirección de los conductores, de valor igual a la cuarta parte de la carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea actuando sobre los conductores de ambos vanos adyacentes.

- Peso propio y cargas permanentes

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección de la línea



1. Sobre los conductores

Para calcular esta fuerza equivalente en la cima utilizamos la siguiente expresión

$$T_c = \frac{w_c \times a \times (h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times (l_{ca} + 0.1))}{4 \times h_4} \text{ [kg]}$$

Dónde:

T_c = tiro equivalente en la cima a la acción del viento máximo sobre los conductores en la dirección de la línea, aplicadas sobre el eje de la estructura.

W_c = presión del viento sobre el conductor, $W_c = 1,49$ [kg/m]

a = vano

l_{ca} = largo de la cadena de aisladores.

h_1 = altura a lá ménsula 1.

h_2 = altura a lá ménsula 2.

h_3 = altura a lá ménsula 3.

h_4 = altura expuesta.

Al ser doble terna se multiplica por 2.

La cuarta parte de la carga del viento máximo, actúa sobre los conductores de ambos vanos adyacentes, es decir, $(2 \cdot a)$

$$T_c = 2 \times W_c \times \frac{2 \cdot a}{4} \times \frac{[h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times (1,79 + 0,1)]}{h_4}$$

$$W_c = 1,49 \left[\frac{kg}{m} \right] ; a = 203,7 [m]$$

$$T_c = \mathbf{597,94 [kg]}$$

2. Sobre el cable de guardia

$$T_{cg} = W_{cg} \times \frac{2 \cdot a}{4} \times \frac{[h_4 + 0,1]}{h_4}$$

$$W_{cg} = 0,9 \left[\frac{kg}{m} \right] ; a = 203,7 [m]$$

$$T_{cg} = \mathbf{92,08 [kg]}$$

Tiro total en la cima.

$$T_t = T_c + T_{cg}$$

$$T_t = 597,94 + 92,08$$

$$T_t = \mathbf{690,02 [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3

$$S = 3 \times \frac{T_m}{T_t}$$

$$S = 3x \frac{2000}{690,02 [kg]} = 8,69 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

Hip 1D: Peso propio y cargas permanentes

Carga del viento máximo según norma VDE 0210/5.69, párrafo 9, apartado a) 2.1.12, sobre la estructura, elementos de cabecera y conductores. (Esta hipótesis de carga se considera solamente para estructuras de altura superior a 60 [m])

HIP 1E: Peso propio y cargas permanentes.

Cargas adicionales.

Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semi-longitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

- Peso propio y cargas permanentes:

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento 50 km/h perpendicular a la línea:

1. Sobre la estructura:

$$Test = pv \times \frac{h4(D + 2d)}{6}$$

$pv=8,42 [kg/m^2]$ (del anexo VI)

$d= 39,5 [cm]$

$$h4 = 22,05 [m]$$

$$D = 39,5 + 1,5x h4 = 0,7257 [m]$$

$$Test = 8,42 \times 22,05 \times \left(\frac{0,7257 + 2 \times 0,395}{6} \right)$$

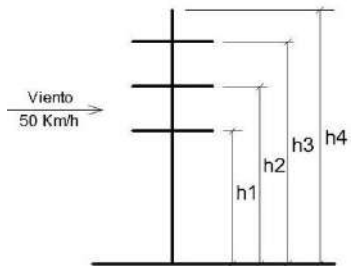
$$Test = 46,9 [kg]$$

Del punto 7 del anexo VI se obtiene que la acción del viento sobre los elementos de cabecera (cruceas), se obtiene de multiplicar al tiro equivalente por un factor de 0.06 correspondiente a un poste simple. Por lo tanto el tiro total sin contar los aisladores es:

$$Test = 46,9 \times 1.06 = 49,71 [kg]$$

2. Sobre la cadena de aisladores:

Se considera que la fuerza esta aplicada sobre el perno en donde cuelga la cadena, que se encuentra a 10 cm por debajo de las crucetas.



$$\begin{aligned}h_1 &= 13,04 \text{ [m]} \\h_2 &= 16,37 \text{ [m]} \\h_3 &= 19,7 \text{ [m]} \\h_4 &= 22,05 \text{ [m]}\end{aligned}$$

Cargas sobre la cadena de aisladores

$$W_{ac} = w_{ec} A_{aisl}$$
$$W_{ac} = 8,42 \left[\frac{kg}{m^2} \right] (1,79 \text{ [m]} \times 0,273 \text{ [m]}) = 4,11 \text{ [kg]}$$

Dónde:

Q= carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

W_{ec}= carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m²]

A_{aisl}= área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m²]

$$T_{ca} = 2 \cdot W_{ca} \frac{(h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times 0,1)}{h_4}$$

$$T_{ca} = \mathbf{18,19 \text{ [kg]}}$$

3. Sobre los conductores:

W_c=0,221 [kg/m] ; a= 203,7 [m]

$$T_c = 2 \cdot W_c \times a \frac{(h_1 + h_2 + h_3 - 3 \times 0,1)}{h_4}$$

$$T_c = \mathbf{199,3 \text{ [kg]}}$$

4. Sobre el cable de guardia:

W_{cg}=0,121 [kg/m]; a= 203,7 [m]

$$T_{cg} = W_{cg} \times a \times \left(\frac{h_4 + 0,1}{h_4} \right)$$

$$T_{cg} = \mathbf{24,75 \text{ [kg]}}$$

Tiro total en la cima.

$$T_t = T_{ca} + T_c + T_{cg}$$

$$T_t = \mathbf{291,95 \text{ [kg]}}$$

Verificación del coeficiente de seguridad “S”:

Debe ser mayor que 3:

$$S = 3 \times \frac{T_m}{T_t}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{291,95 \text{ [kg]}} = 20,55 > 3 \rightarrow \text{“verifica”}$$

B. Cargas Extraordinarias

HIP 2A: Peso propio y cargas permanentes.

Anulación de la tracción de un conductor, según Norma VDE 0210/5.69, parágrafo 9, apartado b) 2.1.2.

La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, excluida la hip. de hielo.

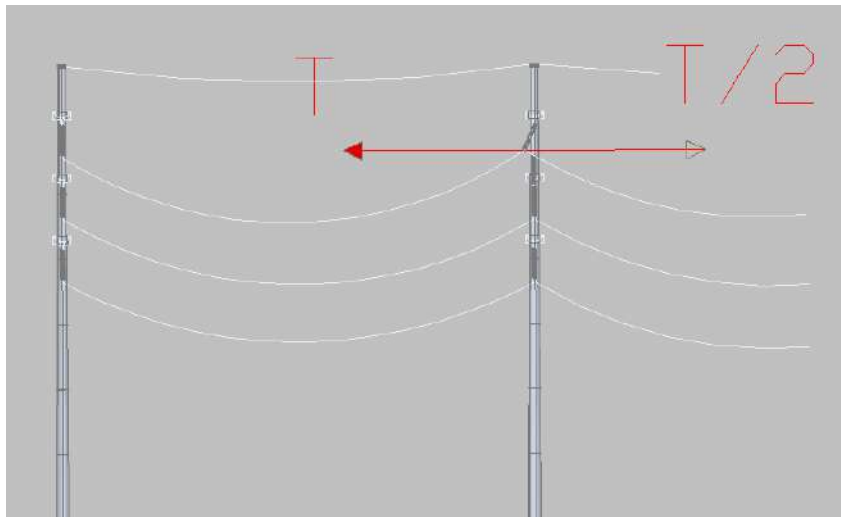
La Norma VDE 0210/5.69 aclara:

En estructuras portantes y portantes angulares se considera la posible disminución de la tracción de un conductor, suponiendo reducida unilateralmente la tracción del mismo a la mitad de su valor.

- Peso propio y cargas permanentes

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Reducción de la tracción de un conductor a la mitad



Los tiros máximos para estado 3, excluida la hip. de hielo son:

$$T_c \text{ max} = 2705,86 \text{ [kg]}$$

$$T_{cgmax} = 1885,84 \text{ [kg]}$$

Del conductor:

$$M_x = 0$$

$$M_y = \frac{T_c}{2} (h_3 - 0,1)$$

$$M_y = \frac{2705,86}{2} (19,7 - 0,1) = 26517,42 \text{ [kgm]}$$

$$M_t = \frac{T_c}{2} \times l_m$$

$$M_t = \frac{2705,86}{2} \times 2,5 = 3382 \text{ [kgm]}$$

Para calcular el tiro en la cima (T_c), se debe componer el momento flector con el momento torsor:

$$M_c = \frac{1}{2} [M_f + \sqrt{(M_f^2 + M_t^2)}]$$

$$M_f = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$$

$$M_c = \frac{1}{2} [26517,42 + \sqrt{(26517,42^2 + 3382^2)}]$$

$$M_c = 26624,81 \text{ [kgm]}$$

Tiro total en la cima.

$$T_c = \frac{M_c}{h_4}$$

$$T_c = 1207,47 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 2:

$$S = 3 \times \frac{T_m}{T_t}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{1207,47 \text{ [kg]}} = 4,96 > 2 \rightarrow \text{"verifica"}$$

Del cable de guardia:

$$M_x = 0$$

$$M_y = \frac{T_{cg}}{2} (h_4 + 0,1)$$

$$M_y = \frac{1885,84}{2} (22,05 + 0,1) = 20885,67 \text{ [kgm]}$$

$$M_t = \frac{T_{cg}}{2} \times l_m$$

$$M_t = \frac{1885,84}{2} \times 0 = 0 \text{ [kgm]}$$

Para calcular el tiro en la cima (T_c) se debe componer el momento flector con el momento torsor:

$$M_c = \frac{1}{2} [M_f + \sqrt{(M_f^2 + M_t^2)}]$$

$$M_f = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$$

$$M_c = \frac{1}{2} [20885,67 + \sqrt{(20885,67^2 + 0^2)}]$$

$$M_c = 20885,67 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima.

$$T_c = \frac{M_c}{h^4}$$

$$T_c = 947,19 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad “S”:

Debe ser mayor que 2:

$$S = 3 \times \frac{T_m}{T_t}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{947,19 \text{ [kg]}} = 6,33 > 2 \rightarrow \text{“verifica”}$$

HIP 2B: Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales

Anulación de la tracción de un conductor, según Norma VDE 0210/5.69, parágrafo 9, apartado b) 2.1.2.

La carga de tracción será calculada con el valor de tensión del conductor correspondiente a la hip. de hielo.

La Norma VDE 0210/5.69 aclara:

En estructuras portantes y portantes angulares se considera la posible disminución de la tracción de un conductor, suponiendo reducida unilateralmente la tracción del mismo a la mitad de su valor.

- Peso propio y cargas permanentes

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Reducción de la tracción de un conductor a la mitad

Los tiros máximos correspondientes la hip. de hielo, estado 4, son:

$$T_c \text{ max} = 3280,39 \text{ [kg]}$$

$$T_{cg\text{max}} = 2225,77 \text{ [kg]}$$

Del conductor:

$$M_x = 0$$

$$M_y = \frac{T_c}{2} (h_3 - 0,1)$$

$$M_y = \frac{3280,39}{2} (19,7 - 0,1) = 32147,82 \text{ [kgm]}$$

$$M_t = \frac{T_c}{2} \times l_m$$

$$M_t = \frac{3280,39}{2} \times 2,5 = 4100,48 \text{ [kgm]}$$

Para calcular el tiro en la cima (T_c) se debe componer el momento flector con el momento torsor:

$$M_c = \frac{1}{2} [M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2}]$$

$$M_f = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$M_c = \frac{1}{2} [32147,82 + \sqrt{32147,82^2 + 4100,48^2}]$$

$$M_c = 32278,04 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima.

$$T_c = \frac{M_c}{h_4}$$

$$T_c = 1463,85 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 2:

$$S = 3 \times \frac{T_m}{T_t}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{1463,85 \text{ [kg]}} = 4,09 > 2 \rightarrow \text{"verifica"}$$

Del cable de guardia:

$$M_x = 0$$

$$M_y = \frac{T_{cg}}{2} (h_4 + 0,1)$$

$$M_y = \frac{2225,77}{2} (22,05 + 0,1) = 24650,4 \text{ [kgm]}$$

$$Mt = \frac{Tcg}{2} \times lm$$

$$Mt = \frac{2225,77}{2} \times 0 = 0 \text{ [kgm]}$$

Para calcular el tiro en la cima (Tc) se debe componer el momento flector con el momento torsor:

$$Mc = \frac{1}{2} [Mf + \sqrt{(Mf^2 + Mt^2)}]$$

$$Mf = \sqrt{(Mx^2 + My^2)}$$

$$Mc = 24650,4 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima.

$$Tc = \frac{Mc}{h4}$$

$$Tc = 1117,93 \text{ [kg]}$$

Verificación del coeficiente de seguridad “S”:

Debe ser mayor que 2:

$$S = 3 \times \frac{Tm}{Tt}$$

$$S = 3 \times \frac{2000}{1117,93 \text{ [kg]}} = 5,36 > 2 \rightarrow \text{“verifica”}$$

Resumen de las características de la estructura de Suspensión Simple

HIP N°	1A	1B	1C	1D	1E	2A	2B
Tiro en la cima [kg]	1987,85	745,2	690,02	--	291,95	1207,47 (cond) 947,19 (hg)	1463,85 (cond) 1117,93 (hg)
Coeficiente de seguridad	Verifica	Verifica	Verifica	--	Verifica	Verifica	Verifica

Elegimos una estructura de las siguientes características:

$$\boxed{24,5 / 2000 / 3 / 39,5 - 76,25}$$

3.3.2. Estructura de Retención Angular 90° (RA 90) - Piquete N°14.

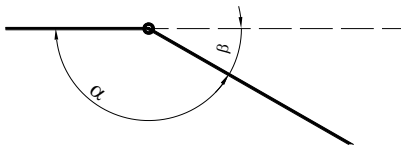
En las estructuras de retención, hay una discontinuidad mecánica del conductor. Estas estructuras están compuestas por tres postes y vínculos de hormigón armado.

Configuración:

Se coloca una estructura de retención angular cuando se produce un cambio en la dirección de la traza de la línea superior a los 4°. Esta estructura estará sometida a esfuerzos unilaterales de gran magnitud por lo que se suele usar una configuración de tres postes que le permite responder de mejor manera a los esfuerzos.

Cambio de dirección de la línea:

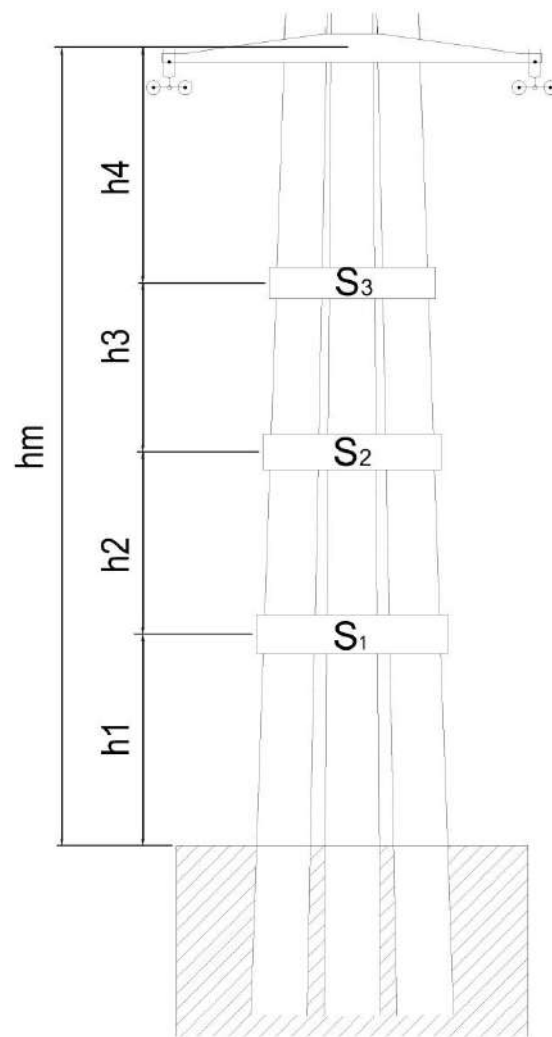
Se denomina ángulo de la línea, al ángulo menor de 180 grados determinado entre la traza de la línea en correspondencia con los vanos adyacentes de un soporte angular.



β : Ángulo de desvío

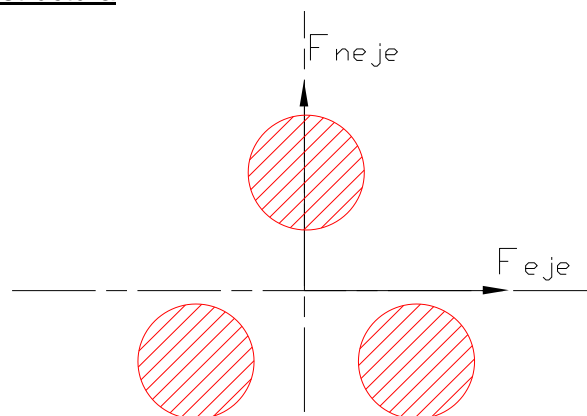
α : Ángulo de la línea

Disposición de los vínculos:



h_m (m)	Vínculos	h_1	h_2	h_3	h_4	h_5
$h_m \leq 10$	2	$0.365 \times h_m$	$0.335 \times h_m$	$0.3 \times h_m$	-	-
$10 < h_m \leq 12$	3	$0.28 \times h_m$	$0.26 \times h_m$	$0.24 \times h_m$	$0.22 \times h_m$	-
$12 < h_m \leq 15$	4	$0.23 \times h_m$	$0.215 \times h_m$	$0.2 \times h_m$	$0.185 \times h_m$	$0.17 \times h_m$

Fuerza que soporta la estructura:



$$T = \frac{\sqrt{F_{eje}^2 + F_{neje}^2}}{9} = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{9} \leq \text{Tiro total en la cima de la estructura de retencion}$$

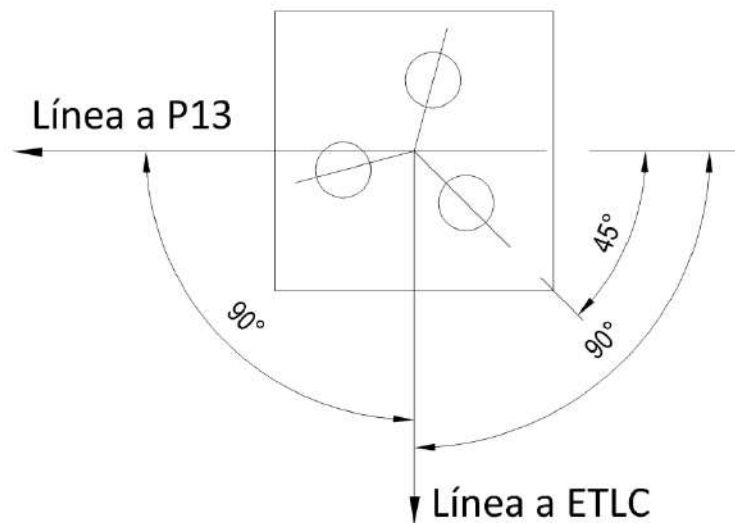
Dónde:

T=Tiro en cima que soporta cada poste

F_{eje}=F_x=Fuerza en dirección del eje que une los dos postes (plano principal)

F_{neje}=F_y= Fuerza en dirección del eje perpendicular a plano principal

Obs: en caso de la configuración de tres postes y teniendo en cuenta que el hormigón trabaja mejor a la compresión que a la tracción, se deberá ubicar la estructura de modo que dos de los postes queden cargados y el tercero traccionado.

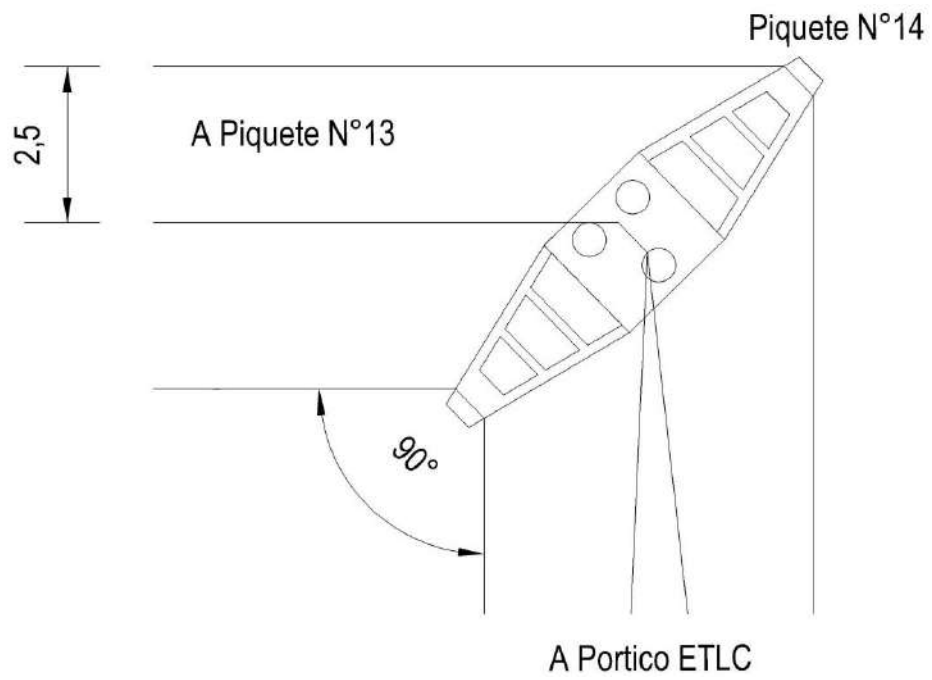


Diseño del Cabezal:

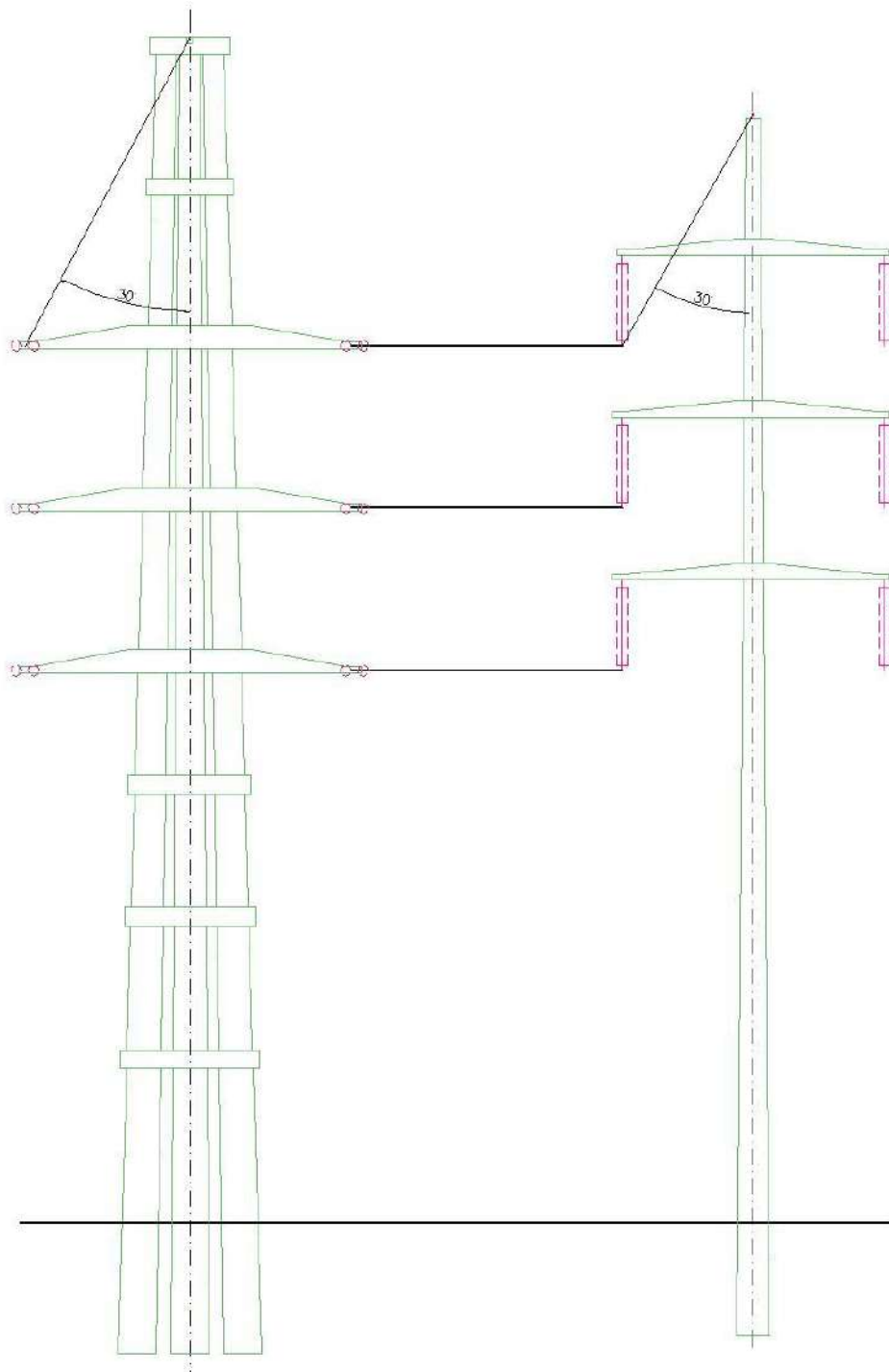
Para el diseño suponemos un tiro máximo en la cima $T_{\text{cima-max}} = 1966[\text{kg}]$.

Utilizamos tres postes de $\varnothing_{\text{cima}} = 39,5 [\text{cm}]$.

Para el cálculo de la longitud de las crucetas de esta estructura se debe tener en cuenta el ángulo de desvío.



$$L_{Mra} = \frac{L_m}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2,5 [m]}{\cos \frac{90^\circ}{2}} = 3,53 [m] \rightarrow L_{Crucetas} = 7,07 [m]$$

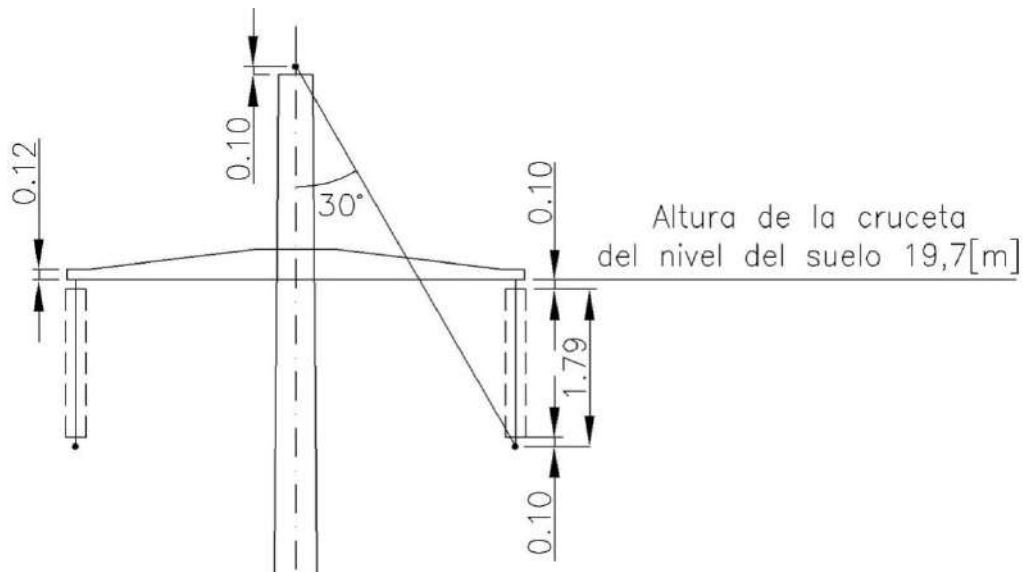


Obs: la cruceta de la estructura de retención angular, es mayor que la cruceta de la estructura de suspensión, por tal motivo, la altura del cable de guardia es mayor en la estructura de RA, se debe cumplir la conicidad de 30° , para protección de descargas de origen atmosférico.

Con esta nueva longitud de crucetas, debemos calcular la altura total de la estructura, de manera que los conductores queden protegidos por el cable de guardia, entonces:

$$\tan 30^\circ = \frac{3,53 [m]}{H} \rightarrow H = 6,11 [m]$$

De la altura de la cruceta más alta, en la estructura de suspensión simple, calculado anteriormente, se obtiene la altura del cable conductor:



$$h_{cond} = 19,7 \text{ [m]} - 0,1 \text{ [m]} - 1,79 \text{ [m]} = 17,81 \text{ [m]}$$

A partir de ahora, se dimensiona la estructura RA $H_{cg} = \text{altura del cable de guardia}$

$$H_{cg} = h_{cond} + H$$

$$H_{cg} = 17,81 \text{ [m]} + 6,11 \text{ [m]} = 23,82 \text{ [m]}$$

Se debe sumar los 12 [cm] que es la altura del estribo (Figura 1)

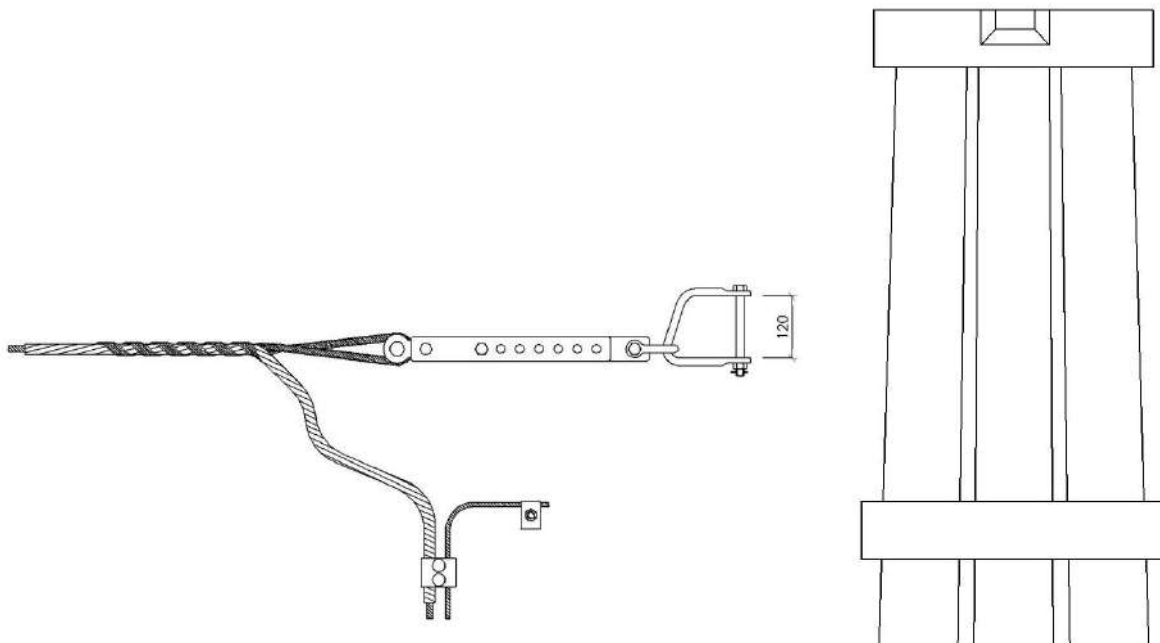
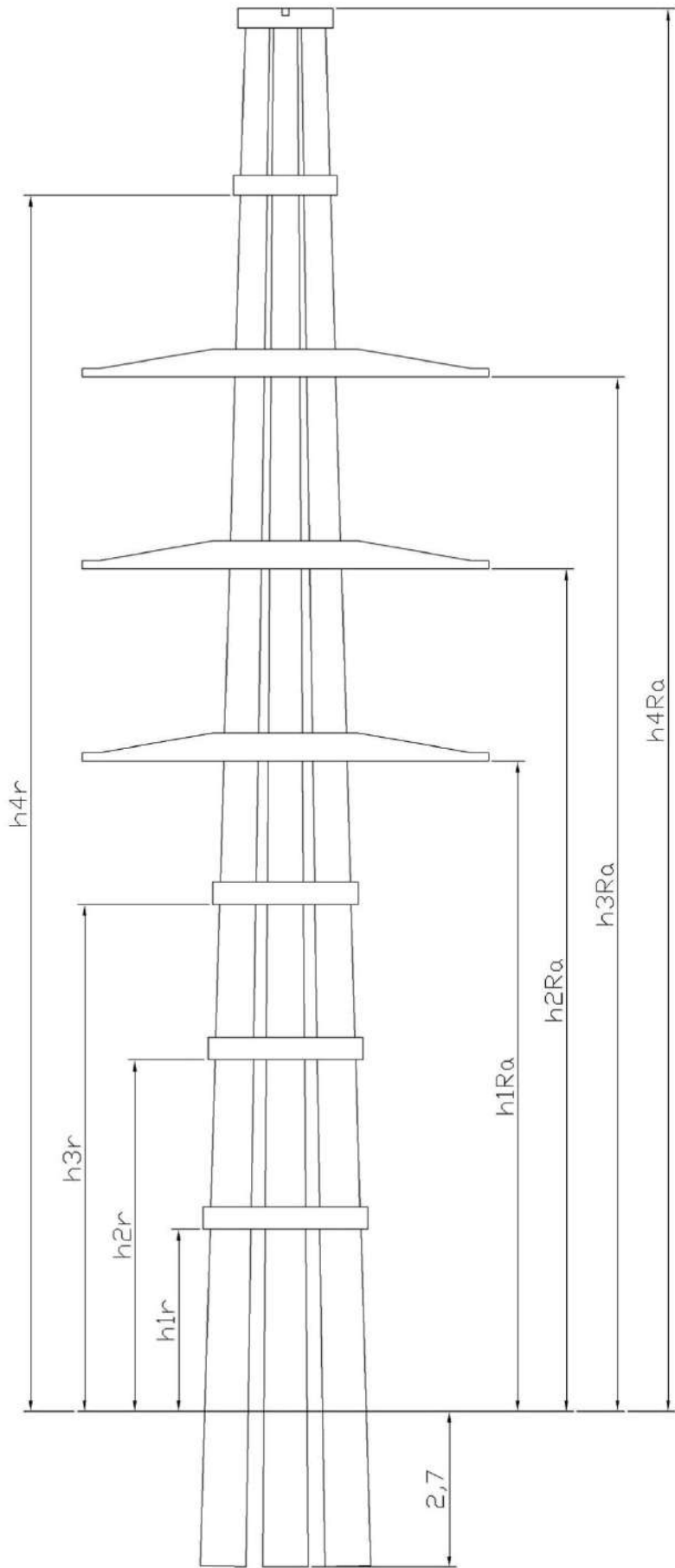


Figura 1. Conjunto de Retención cable OPGW.Vinculo en la cima de la Estructura RA.

$$H_{4Ra} = H_{cg} + 0,12 \text{ [m]} = 23,94 \text{ [m]}$$

Luego, se calcula la altura del poste; $h_{poste} = \frac{H_{4Ra}}{10} = 26,6 \text{ [m]}$; es decir, adoptamos un poste de 27 [m], en el cual la altura libre va a ser de 24,3 [m], empotrado en la fundación 2,7 [m]
Cálculo de la altura de vínculos y crucetas:



h_{1r}	3,19 [m]
h_{2r}	6,15 [m]
h_{3r}	8,88 [m]
h_{4r}	21,18 [m]
h_{1Ra}	11,41 [m]
h_{2Ra}	14,74 [m]
h_{3Ra}	18,07 [m]
h_{4Ra}	24,30 [m]

$$h4Ra = h_{poste} - \frac{h_{poste}}{10} = 27 - \frac{27}{10} = 24,3 [m]$$

$$h3Ra = h4Ra - (6,11 + 0,12) = 18,07 [m] \quad (0,12 [m] \text{ es la altura del estribo del OPGW})$$

$$h2Ra = h3Ra - 3,33[m] = 14,74 [m]$$

$$h1Ra = h2Ra - 3,33[m] = 11,41 [m]$$

$$h1r = h1Ra \times 0,28 = 3,19 [m]$$

$$h2r = (h1Ra \times 0,26) + h1r = 6,15 [m]$$

$$h3r = (h1Ra \times 0,24) + h2r = 8,88 [m]$$

$$h4r = (h4Ra - h3Ra) \times 0,5 + h3Ra = 21,18 [m]$$

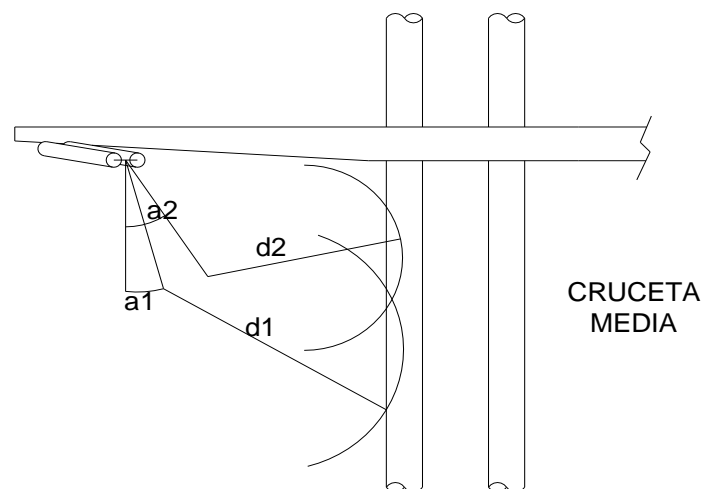
Cuello muerto:

Este tendrá una flecha mínima de 1,27 [m] (distancia mínima de un conductor a masa [h89 – normal])

Ángulo de declinación (h90 – Tabla IV – NORMA).

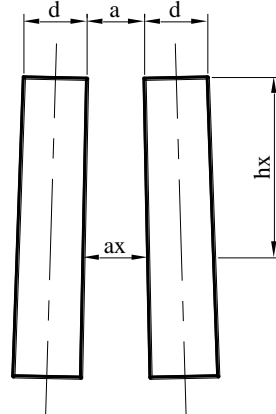
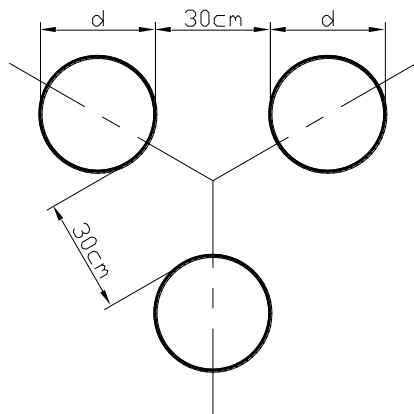
Viento de 70 [km/h] → $\alpha_1=10^\circ$; $d_1=1,27 [m]$

Viento de 130 [km/h] → $\alpha_2=32^\circ$; $d_1=0,88 [m]$



Conicidad entre postes:

Los postes se disponen de forma de respetar el siguiente gráfico



La distancia entre los ejes, de cada poste respeta la siguiente ecuación

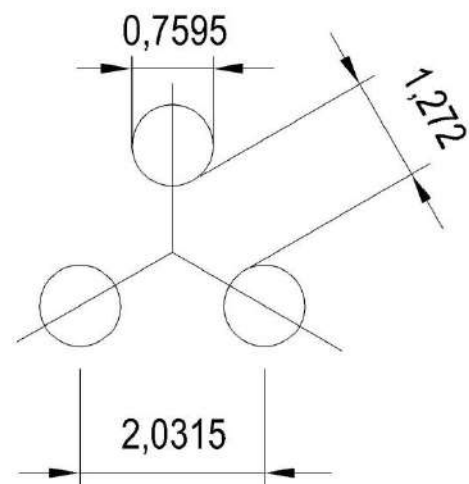
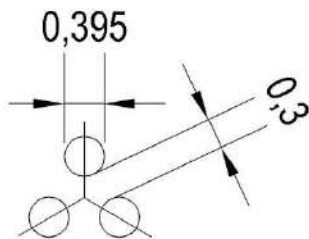
$$a = 30 [cm]$$

$$ax = 30 [cm] + 4 [cm] \times hx [m]$$

Altura del poste 27 [m]; altura libre= 24,3 [m]

DISTANCIAS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA FUNDACIÓN

CIMA DE ESTRUCTURA RA



VERIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS DE CARGAS

A. Carga Normal.

HIP 1A: Peso propio y cargas permanentes.

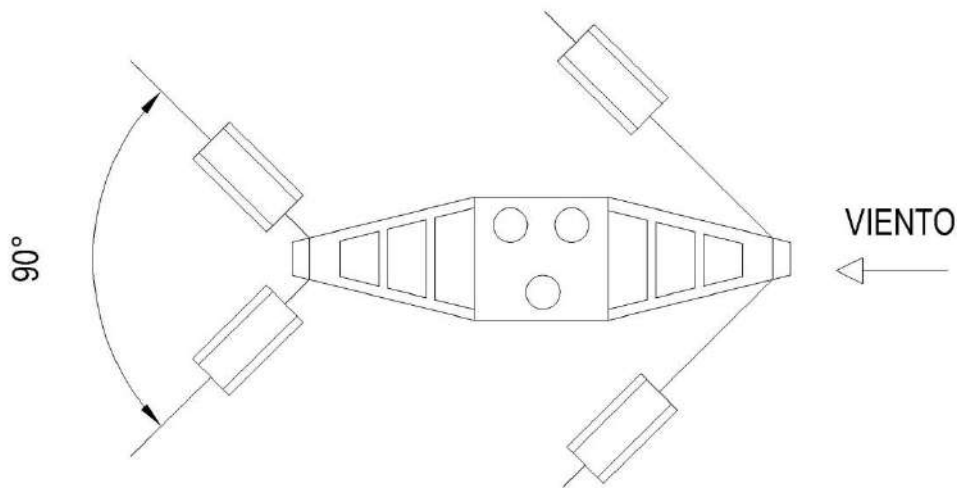
Carga del viento máximo sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes, en dirección de la resultante total de las tracciones de los conductores. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

- Peso propio y cargas permanentes.

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea (eje x).

1. Sobre la estructura:



Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_v * h_{4RA} * \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

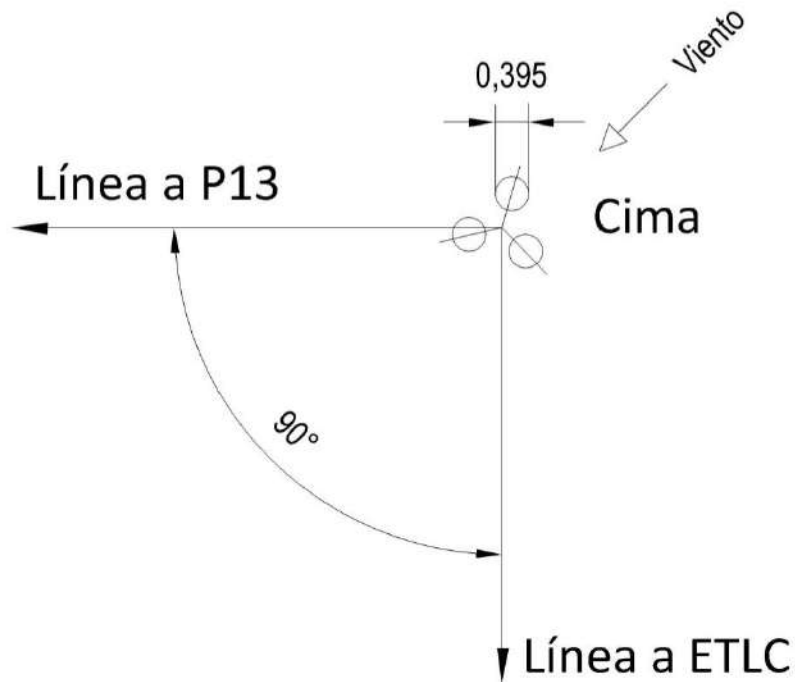
$D=39,5$ [cm]+ $(1.5$ [cm/m] x $24,3$ [m])= $75,95$ [cm] (diámetro en la base)

$d=39,5$ [cm] (diámetro en la cima)

$P_v =57,04$ [kg/m²] (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado de viento máximo)

$h_{4RA}= 24,3$ [m]

$T_C=357,95$ [kg]; tiro en la cima de la estructura



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección paralela a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 2 el resultado obtenido anteriormente.

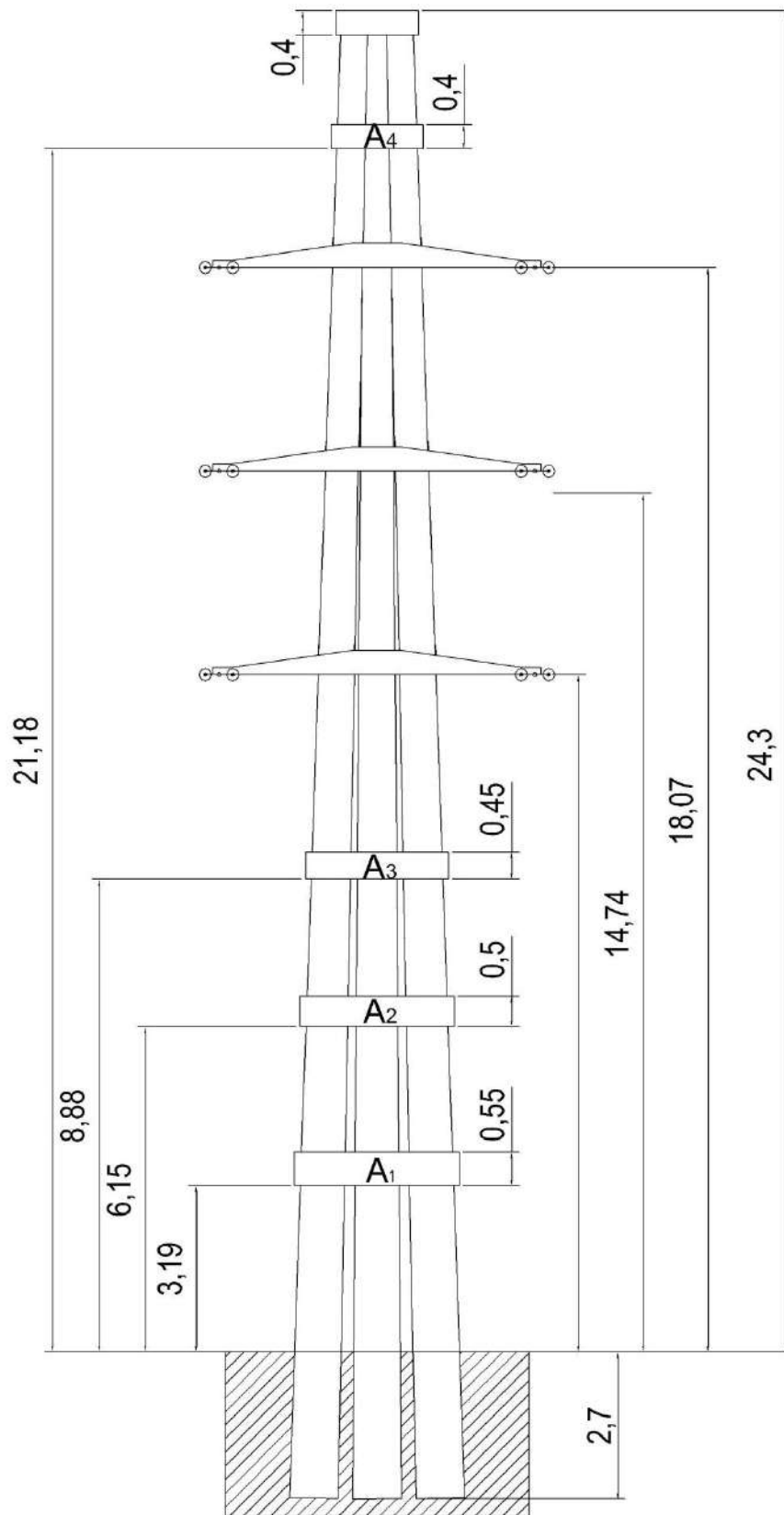
$$TC = 2 \times 357,95 \text{ [kg]} \rightarrow TC = 715,9 \text{ [kg]}$$

Del punto 7 del anexo VI (pág. 83 Norma AyEE) se obtiene que la acción del Viento sobre los elementos de cabecera (cruceas) se obtiene el incremento de multiplicar al tiro equivalente por un factor de 0,27 correspondiente a un poste triple (cruceas en dirección del viento). Por lo tanto, el tiro total sin contar los aisladores es:

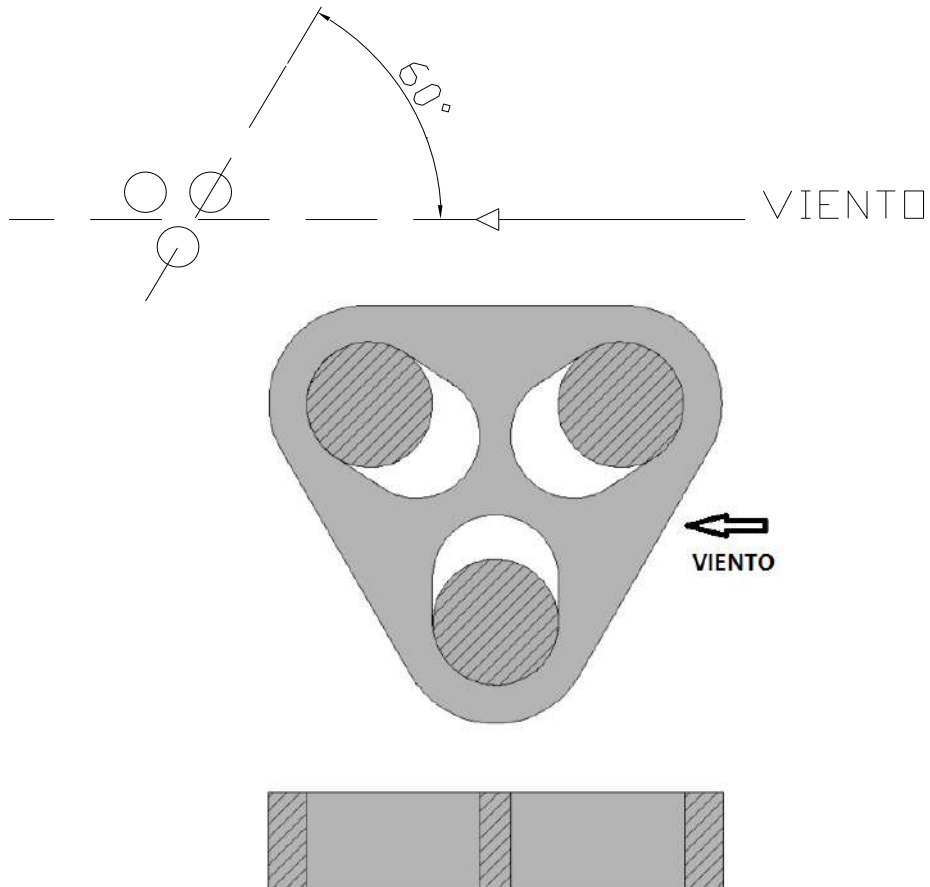
Estructura	Coficiente "v"
1)Poste simple	0,06
2)Poste doble	
a)Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b)Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3)Poste triple	0,27

$$TC = 715,9 \times 1,27 = 909,2 \text{ [kg]}$$

2. Sobre los vínculos:



Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3[m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

Una vez calculadas las superficies de los vínculos, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4}) .sen(60^\circ)$$

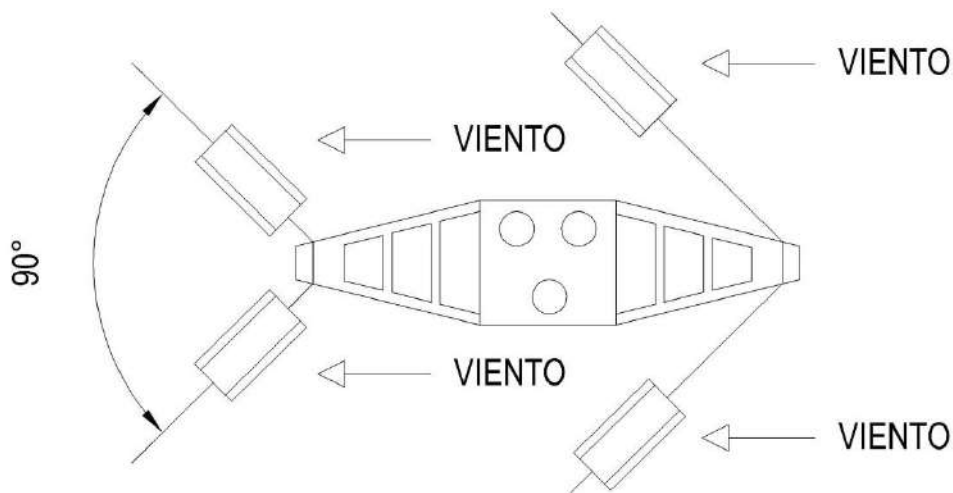
Dónde:

$$W_{VIN} = 130,39 \left[\frac{kg}{m^2} \right] \text{ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 3.}$$

$$T_{CVIN} = 145,83 [kg]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\cos \frac{\alpha}{2}$).



$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

2 = dos cadenas de aisladores a la misma altura correspondiente a la misma fase.

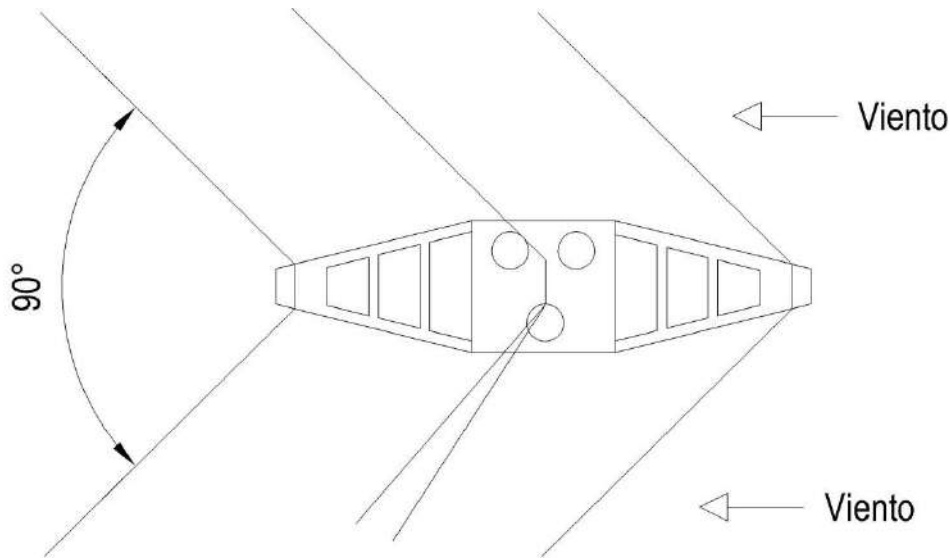
2 = doble terna

$W_{AIS} = 27,83 [kg]$; es la carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 3, calculado en la estructura de suspensión.

$\alpha = 90^\circ$

$$T_{CAIS} = 143,24 [kg]$$

4. Sobre los conductores y el cable de guardia:



De la estructura triple al Pórtico de la S.E.T. se realiza el tendido de dos cables de guardia, el OPGW y un cable de acero, para proteger ambas ternas por descarga de origen atmosférico. En las ecuaciones siguientes se traslada el tiro de todos los conductores a la cima de la estructura. En la ecuación para los conductores el 2 que aparece, se debe a la doble terna.

Conductor:

$$T_{COND} = \frac{2 * W_{COND} * a}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$$\alpha = 90^\circ$$

$W_{COND} = 1,49 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre los conductores en el estado 3.

$a = \left(\frac{163[m]}{2} + \frac{60[m]}{2} \right) = 111,5[m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14,

$a=163 [m]$; más el semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET.

$$T_{COND} = 427,55 [kg]$$

Cable de Guardia:

$$T_{CG} = \frac{W_{CG} * a}{h_{4RA}} (h_{4RA} - 0.12) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$$\alpha = 90^\circ$$

$W_{COND} = 0,9 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre el cable de guardia en el estado N°3.

$a = \left(\frac{163[m]}{2} + \frac{60[m]}{2} \times 2 \right) = 141,5[m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, más los dos semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET, OPGW y cable de acero.

$$T_{CG} = 89,6[kg]$$

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores y el cable de guardia.

Para realizar la carga resultante debo calcular el tiro del tendido de conductores y cable de guardia de la estructura triple al Pórtico, vano de 60 [m]

Cargas específicas, del Conductor del Piquete N°14 al Pórtico ETLC, $v_{14-ETLC} = 60[m]$

Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
35			1,2270		1,2270	0,00347
-20			1,2270		1,2270	0,00347
10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
8			1,2270		1,227	0,00347

Tensiones, tiro y flecha del Conductor del Piquete N°14 al Pórtico ETLC, $v_{14-ETLC} = 60[m]$

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flechas [m]		
			Vertical	Horiz.	Result.
1	1,83	650,0	0,85	0	0,85
2	6,10	2158,5	0,26	0	0,26
3	3,78	1337,1	0,41	0,5	0,65
4	5,23	1850,5	0,54	0,1	0,54
5	3,1	1095,9	0,50	0	0,50

Cargas específicas del cable guardia del Piquete N°14 al Pórtico ETLC $v_{14-ETLC} = 60[m]$

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,682	0,00662
2	-20			0,6820		0,682	0,00662
3	10	130		0,6820	0,901	1,13	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,682	0,00662

Tensiones, tiro y flecha del cable guardia del Piquete N°14 al Pórtico ETLC $v_{14-ETLC} = 60[m]$

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flechas[m]		
			Vertical	Horiz.	Result.
1	5,66	583,4	0,53	0	0,53
2	10,33	1064,2	0,29	0	0,29
3	9,92	1021,9	0,30	0,4	0,50
4	12,49	1286,8	0,47	0,11	0,48
5	8,9	916,7	0,33	0	0,33

Obs: No es necesario, que se cumpla que la flecha del cable hilo de guardia sea como máximo el 90% de la flecha del conductor en los cinco estados distintos, ya que, los conductores están protegidos por el antenado de la SET Loma Campana por descargas de origen atmosférico.

Con las tracciones máximas para el conductor y cable de guardia que se calcularon para el estado 3 se calcula la resultante total en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

$$T_{C1MAX} = 1337,1[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

$$T_{C2MAX} = 2705,86[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1021,9 \text{kg} = 2043,8[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

$$T_{C2gMAX} = 1885,84[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXC\text{ON}} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXC\text{ON}} = 10404,63[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCg} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCg} = 2764,95[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyCON} = \frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) - \left(T_{C1MAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyCON} = 3522,53 [kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyCg} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) - \left(T_{C1gMAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyCg} = -111,14 [kg]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \sum T_X = T_C + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{CCOND} + T_{CCG} + T_{RXCÓN} + T_{RXCg} = 14885 [kg]$$

$$T_{TY} = \sum T_Y = T_{RyCON} + T_{RyCg} = 3411,39 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 15270,91 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{R}$$

$$T_{MAX} = 1966,6 [kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{R} \geq 3 \Rightarrow S = 3,47 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP 1B: Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional.

Carga del viento sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes, en dirección de la resultante total de las tracciones de los conductores. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

- Peso propio y cargas permanentes.

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea (eje x).

1. Sobre la estructura:

Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V * h_{4RA} * \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

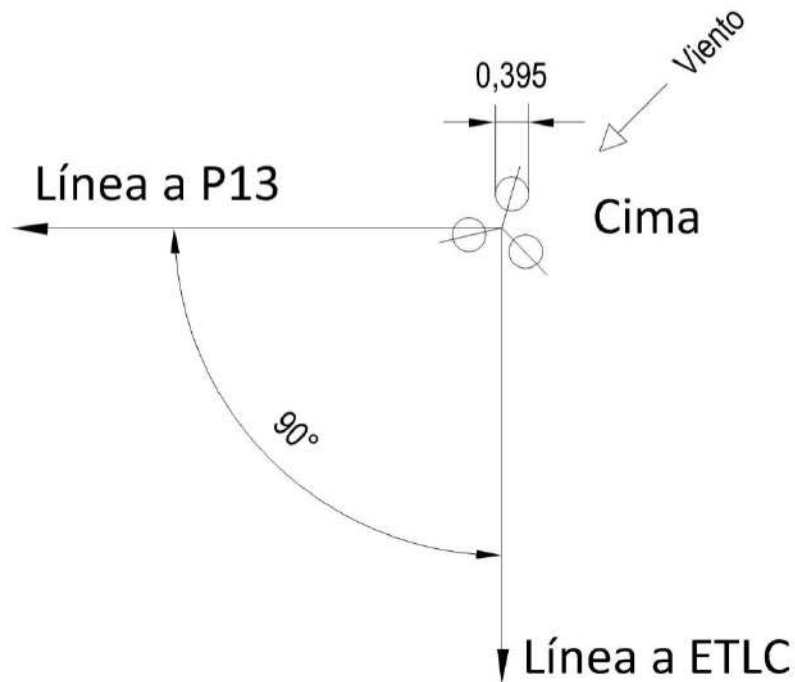
D=39,5 [cm] +1.5 [cm/m] x24,3 [m] =75,95 [cm] (diámetro en la base en parte superior en fundación)

d=39,5 [cm] (diámetro en la cima)

P_V= 8,42 kg/m² (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado 4, viento de 50 [km/h] con manguito de hielo)

h_{4RA}= 24,3 [m]

T_C= 52,83 [kg]; tiro en la cima de la estructura



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección paralela a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 2 el resultado obtenido anteriormente.

$$T_C = 2 \times 52,83 [kg] \rightarrow T_C = 105,67 [kg]$$

Para obtener el efecto total sobre la estructura incluyendo las mensuras se multiplica el resultado obtenido por 1,27 lo que significa un 27% más de fuerza sobre la estructura.

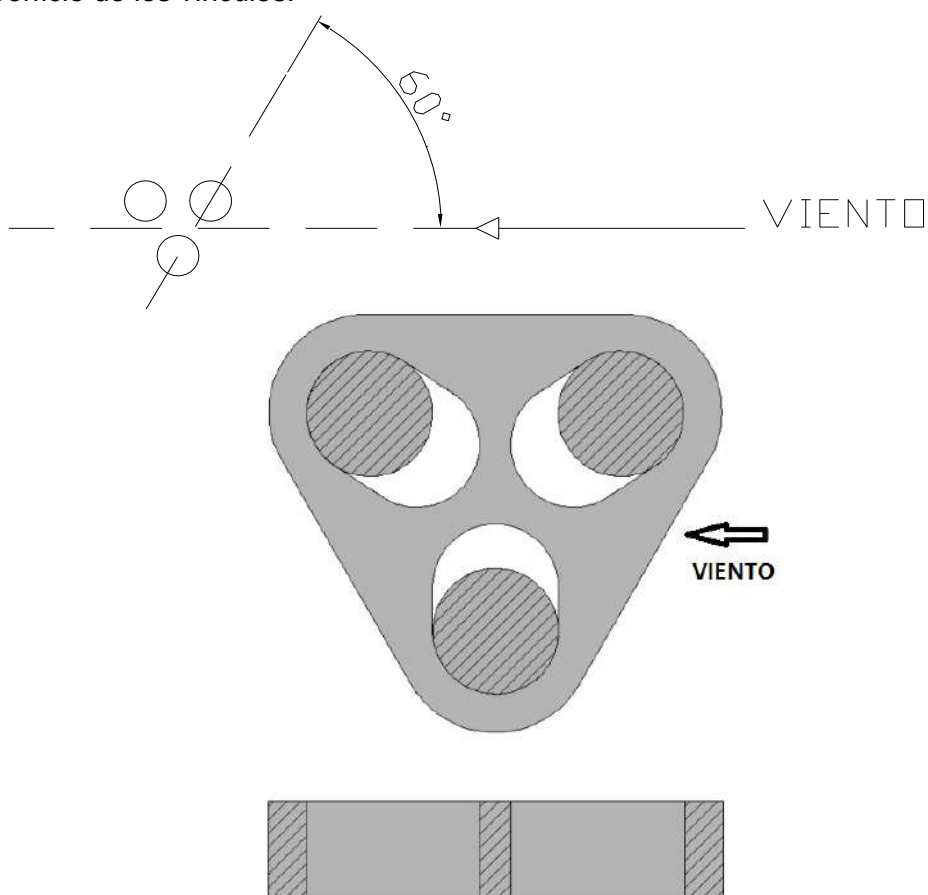
Estructura	Coefficiente "v"
1) Poste simple	0,06
2) Poste doble	
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b) Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3) Poste triple	0,27

$$T_C = 1,27 * 105,67 [kg]$$

$$T_C = 134,21 [kg]$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3 [m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

$$h_{V1} = 3,19[m], h_{V2} = 6,15[m], h_{V3} = 8,88[m], h_{V4} = 21,18[m]$$

$$h_{4RA} = 24,3[m]$$

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4}) * \text{sen}(60^\circ)$$

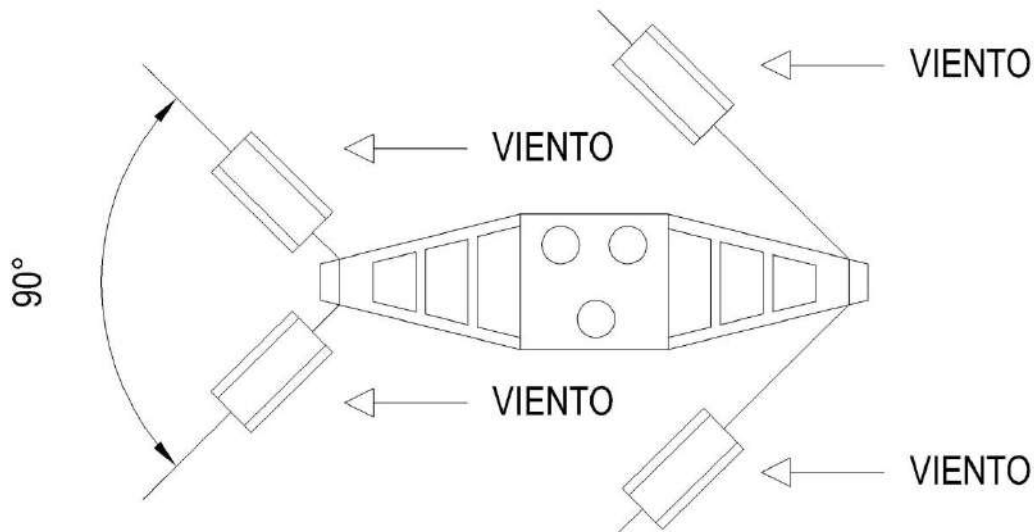
Dónde:

$W_{VIN} = 19,26 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$; es la carga del viento sobre las estructuras planas para el estado 4.

$$T_{CVIN} = 21,54[\text{kg}]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\cos \frac{\alpha}{2}$).



Cargas sobre la cadena de aisladores

$$W_{AIS} = w_{ec} A_{aisl}$$

$$W_{AIS} = 8,42 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] (1,99[m] \times 0,273[m]) = 4,62[\text{kg}]$$

Siendo:

1,99 [m]= Longitud de la cadera de aisladores (retención).

W_{AIS} : Carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

w_{ec} : Carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m^2]

A_{aisl} : Área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m^2]

$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

$W_{AIS} = 4,62[\text{kg}]$; es la carga del viento sobre la cadena doblada de aisladores en el estado 4.

$$T_{CAIS} = 23,77[\text{kg}]$$

4. Sobre los conductores y el cable de guardia:

En las ecuaciones siguientes se traslada el tiro de todos los conductores a la cima de la estructura. En la ecuación para los conductores el 2 que aparece se debe a la doble terna.

Conductor:

$$T_{COND} = \frac{2 * W_{COND} * a}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 0,221 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre los conductores en el estado 4.

$a = \left(\frac{163[\text{m}]}{2} + \frac{60[\text{m}]}{2} \right) = 111,5[\text{m}]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, $a=163[\text{m}]$; más el semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET.

$$T_{COND} = 63,41[\text{kg}]$$

Cable de Guardia:

$$T_{CG} = \frac{W_{CG} * a}{h_{4RA}} (h_{4RA} - 0.12) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 0,121 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre el cable de guardia en el estado 4.

$a = \left(\frac{163[\text{m}]}{2} + \frac{60[\text{m}]}{2} \right) * 2 = 141,5[\text{m}]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, más los dos semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET, OPGW y cable de acero.

$$T_{CG} = 12,04[\text{kg}]$$

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores y el cable de guardia.

Con las tracciones máximas para el conductor y cable de guardia que se calcularon para el estado 4 se calcula la resultante total en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

$$T_{C1MAX} = 1850,5[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

$$T_{C2MAX} = 3280,39[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1286,8 \text{kg} = 2573,6[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

$$T_{C2gMAX} = 2225,77[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RxCON} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RxCON} = 13204,44[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RxG} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RxG} = 3376,9[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyCON} = \frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(T_{C1MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyCON} = 3679,84[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyG} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(T_{C1gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyG} = -244,73[\text{kg}]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_C + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{CCOND} + T_{CCG} + T_{RxCON} + T_{RxG} = 16836,31[\text{kg}]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{RyCON} + T_{RyG} = 3435,11[\text{kg}]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 17183,16[\text{kg}]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{\text{MAX}} = 1966,6 \text{ [kg]}, \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{\text{MAX}}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,09 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP. 1C: Peso propio y cargas permanentes.

Carga del viento máximo en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

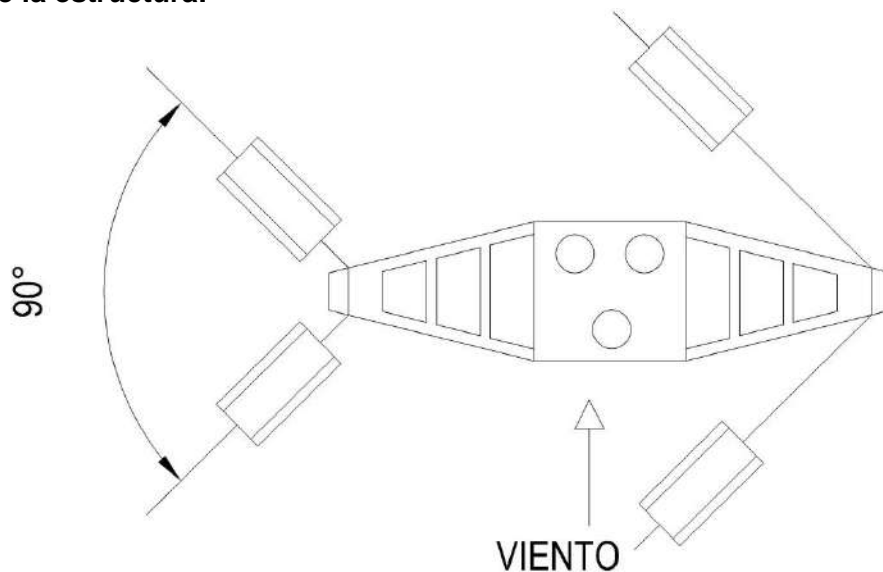
Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

- Peso propio y cargas permanentes.

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea.

1. Sobre la estructura:



Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V \cdot h_{4RA} \cdot \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

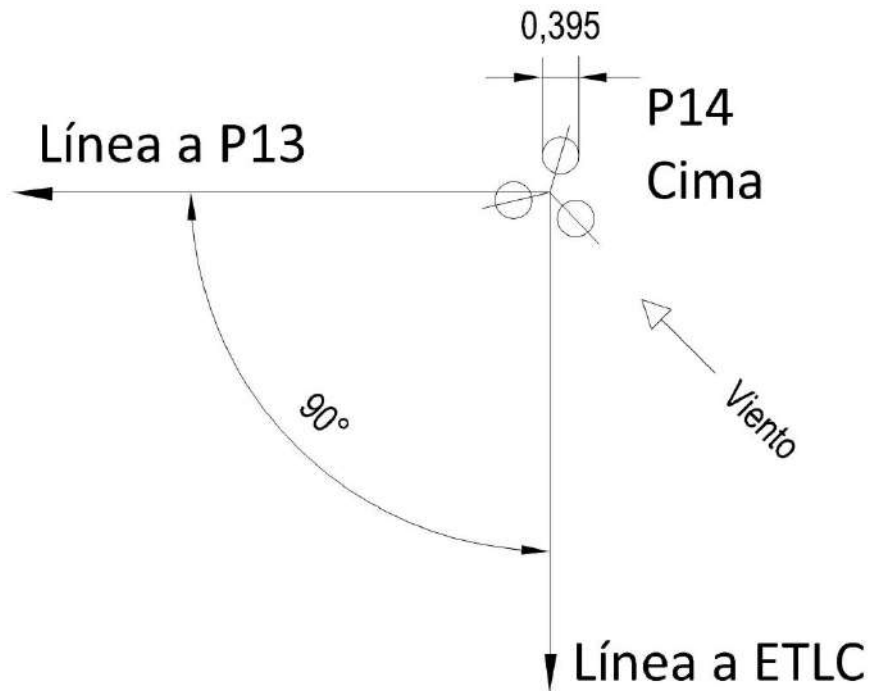
D= 39,5 [cm].+1.5 [cm/m]* 24,3 [m] =75,95 [cm] (diámetro en la base)

d= 39,5 [cm] (diámetro en la cima)

P_v =57,04 [kg/m²] (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado de viento máximo)

h_{4RA}= 24,3 [m]

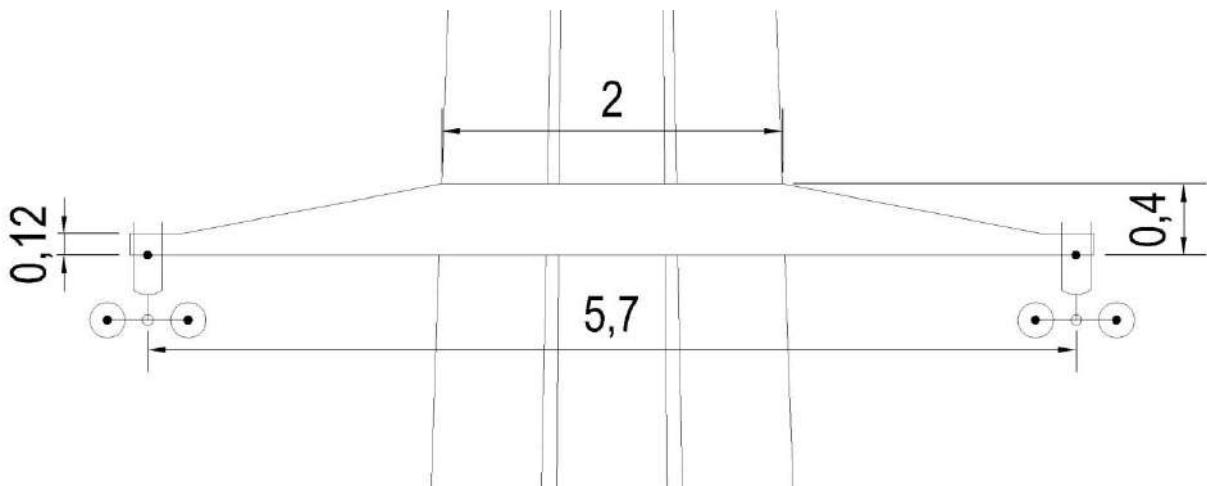
T_C=357,95 [kg] ; tiro en la cima de la estructura



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre los tres postes por igual por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 3 el resultado obtenido anteriormente.

$$TC = 3 \times 357,95 \text{ [kg]} \rightarrow TC = 1073,85 \text{ [kg]}$$

Ahora se calcula la superficie de las crucetas que tienen un largo de 5,7 [m].



$$A_{cruceta} = (0,12 * 1,87) * 2 + \left(\frac{1,87 * 0,3}{2} \right) * 2 + (2 * 0,4) = 1,8 \text{ [m}^2 \text{]}$$

Una vez calculadas las superficies de la cruceta, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{Ccruceta} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_{cruceta} * h_{1Ra} + A_{cruceta} * h_{2Ra} + A_{cruceta} * h_{3Ra})$$

Dónde:

$W_{VIN} = 130,39 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 3.

$$T_{Ccruceta} = 427,09 [kg]$$

$$T_{CE} = TC + T_{Ccruceta}$$

$$T_{CE} = 1500,94 [kg].$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3 [m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del

vínculo 1-2-3-4

$\left[0,3 + 0,04 (h_{4RA} - h_{V1}) \right]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0.55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0.5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0.45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0.4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

$$h_{V1} = 3,19 [m], h_{V2} = 6,15 [m], h_{V3} = 8,88 [m], h_{V4} = 21,18 [m]$$

$$h_{4RA} = 24,3 [m]$$

Una vez calculadas las superficies de los vínculos, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4})$$

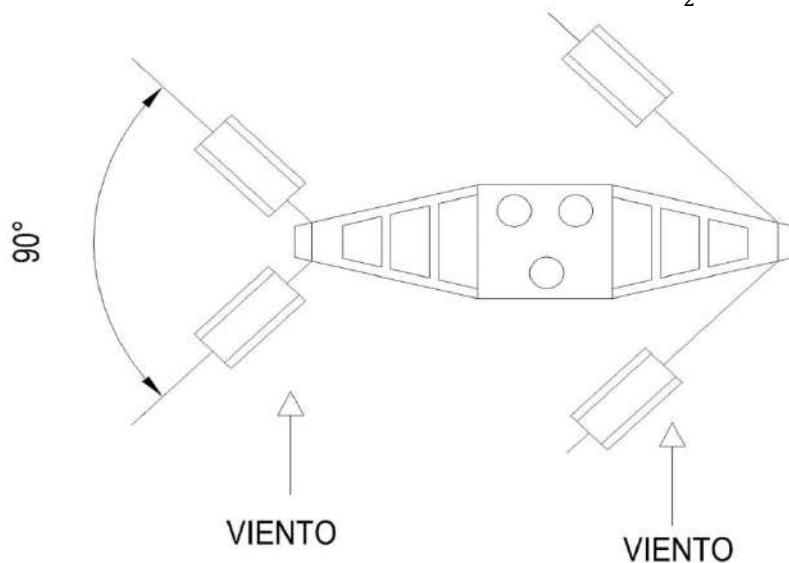
Dónde:

$$W_{VIN} = 130,39 \left[\frac{kg}{m^2} \right] \text{ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 3.}$$

$$T_{CVIN} = 168,39 [kg]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\text{sen} \frac{\alpha}{2}$).



$$T_{CAIS} = \frac{2*2*W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

2 = dos cadenas de aisladores a la misma altura correspondiente a la misma fase.

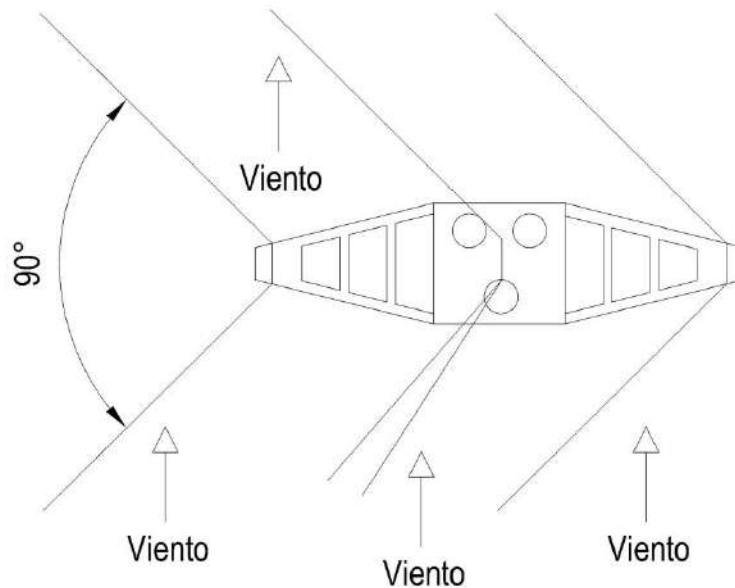
2 = doble terna

$W_{AIS} = 27,83 [kg]$ Es la carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 3, calculado en la estructura de suspensión.

$\alpha = 90^\circ$

$$T_{CAIS} = 143,24 [kg]$$

4. Sobre los conductores y el cable de guardia:



De la estructura triple al Pórtico de la S.E.T. se realiza el tendido de dos cables de guardia, el OPGW y un cable de acero, para proteger ambas ternas por descarga de origen atmosférico. En las ecuaciones siguientes se traslada el tiro de todos los conductores a la cima de la estructura. En la ecuación para los conductores el 2 que aparece, se debe a la doble terna.

Conductor:

$$T_{COND} = \frac{2*W_{COND} * a}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 1,49 \left[\frac{kg}{m} \right]$ Es la carga del viento sobre los conductores en el estado 3.

$a = \left(\frac{163 [m]}{2} + \frac{60 [m]}{2} \right) = 111,5 [m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14,

$a=163 [m]$; más el semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET.

$$T_{COND} = 427,55 [kg]$$

Cable de Guardia:

$$T_{CCG} = \frac{W_{CG} * a}{h_{4RA}} (h_{4RA} - 0,12) * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 0,9 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre el cable de guardia en el estado 3.

$a = \left(\frac{163[m]}{2} + \frac{60[m]}{2} \right) * 2 = 141,5[m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, más los dos semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET, OPGW y cable de acero.

$$T_{CCG} = 89,6[kg]$$

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores y el cable de guardia.

Con las tracciones máximas para el conductor y cable de guardia que se calcularon para el estado 3 se calcula la resultante total en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

$$T_{C1MAX} = 1337,1[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2MAX} = 2705,86[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 * 1021,9kg = 2043,8[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2gMAX} = 1885,84[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCON} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) + \left(T_{C2MAX} * \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCON} = 10404,63[kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCg} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCg} = 2764,95[kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyCON} = \frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) - \left(T_{C1MAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyCON} = 3522,53 [kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RyCG} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) - \left(T_{C1gMAX} * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RyCG} = -111,14 [kg]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto, la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_{RxCON} + T_{RxCG} = 13169,58 [kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{CE} + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{COND} + T_{CCG} + T_{RyCON} + T_{RyCG} = 5741,11 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 14366,56 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{R}$$

$$T_{MAX} = 1966,6 [kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{R} \geq 3 \Rightarrow S = 3,69 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP. 1D: Peso propio y cargas permanentes.

Carga Adicional. Carga del viento en la dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

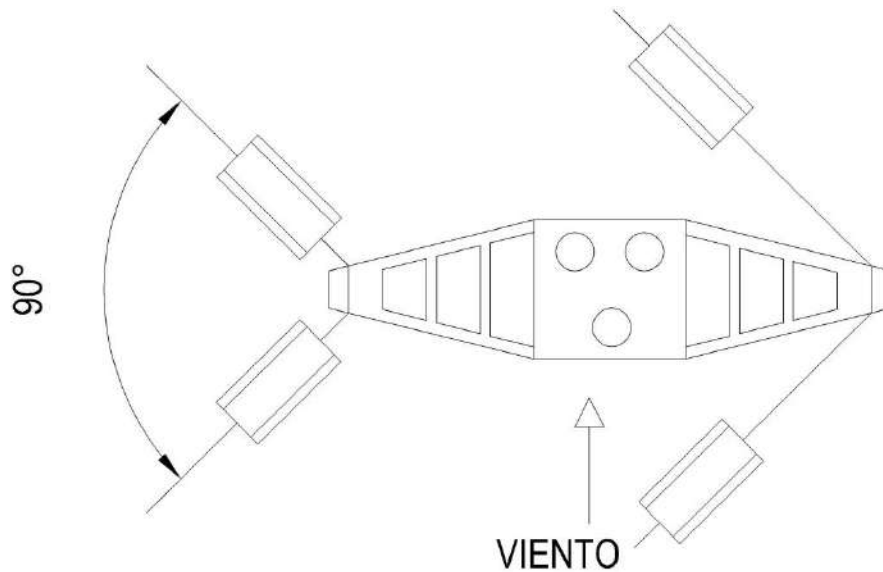
Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

- Peso propio y cargas permanentes:

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento de 50 Km/h en la dirección normal a la bisectriz de ángulo de la línea.

1. Sobre la estructura:



Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V * h_{4RA} * \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

D=39,5 [cm].+1,5 [cm/m]* 24,3 [m]= 75,95 [cm] (diámetro en la base en parte superior en fundación)

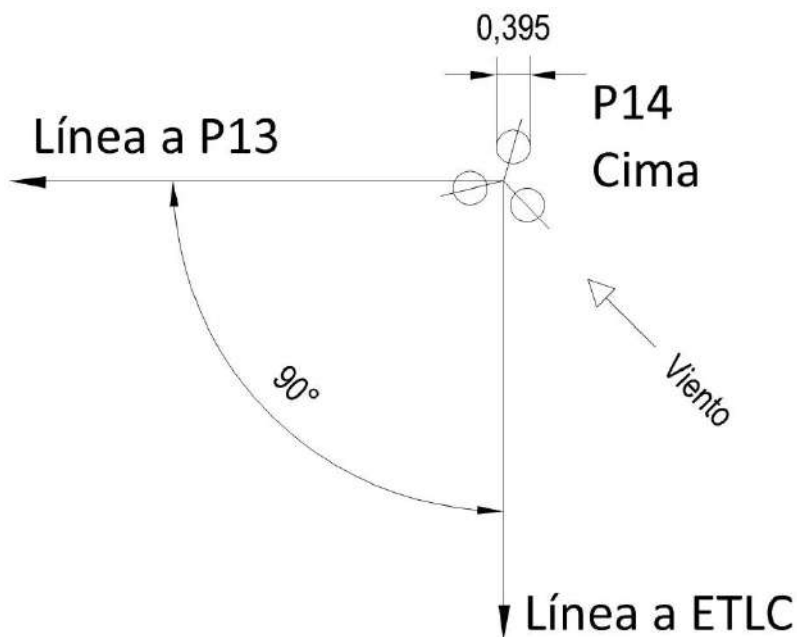
d=39,5 [cm] (diámetro en la cima)

P_v = 8,42 [kg/m²] (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado 4, viento de 50 [km/h] con manguito de hielo)

h_{4RA}= 24,3 [m]

Tiro en la cima de la estructura:

$$T_c = 52,83 [kg]$$

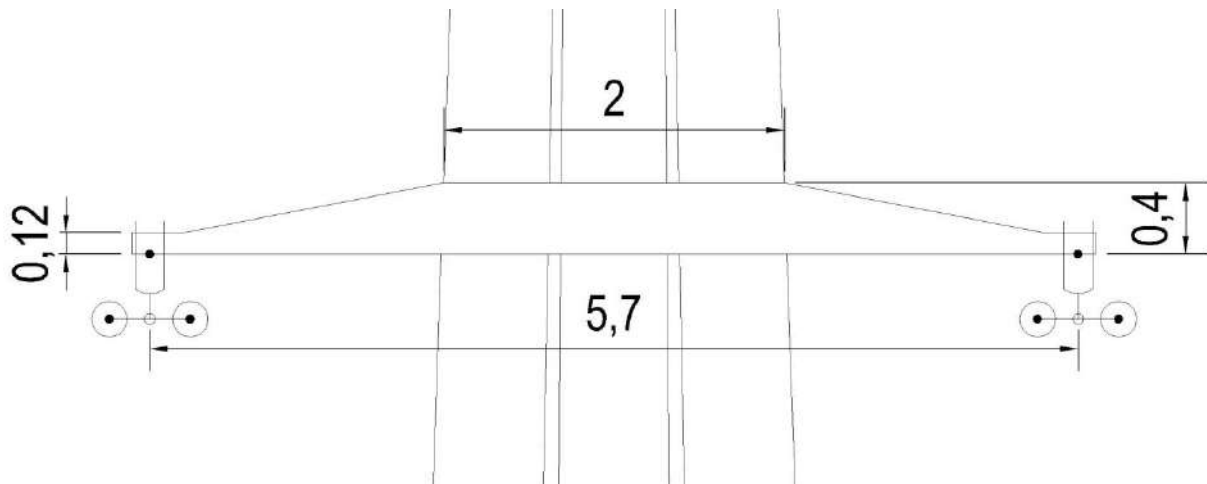


Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre

dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 3 el resultado obtenido anteriormente.

$$TC = 3 \times 52,83 [kg] \rightarrow TC = 158,51 [kg]$$

Ahora se calcula la superficie de las crucetas que tienen un largo de 5,7 [m].



$$A_{cruceta} = (0,12 * 1,87) * 2 + \left(\frac{1,87 * 0,3}{2} \right) * 2 + (2 * 0,4) = 1,8 [m^2]$$

Una vez calculadas las superficies de la cruceta, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{Cruceta} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_{cruceta} * h_{1Ra} + A_{cruceta} * h_{2Ra} + A_{cruceta} * h_{3Ra})$$

Dónde:

$W_{VIN} = 19,26 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 4.

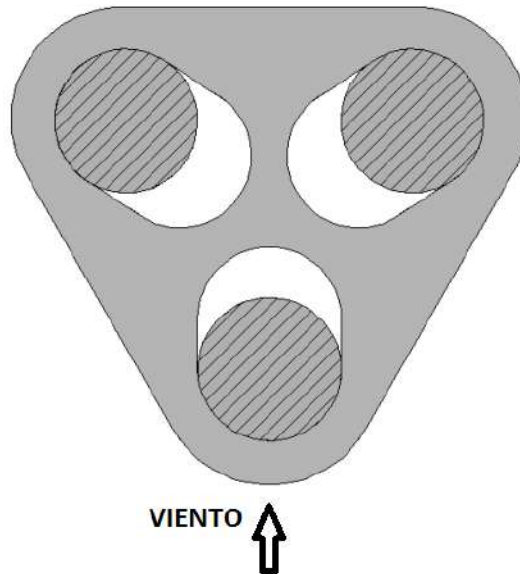
$$T_{Cruceta} = 55,16 [kg]$$

$$T_{CE} = TC + T_{Cruceta}$$

$$T_{CE} = 213,67 [kg].$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3[m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

$$h_{V1} = 3,19[m], h_{V2} = 6,15[m], h_{V3} = 8,88[m], h_{V4} = 21,18[m]$$

$$h_{4RA} = 24,3[m]$$

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4})$$

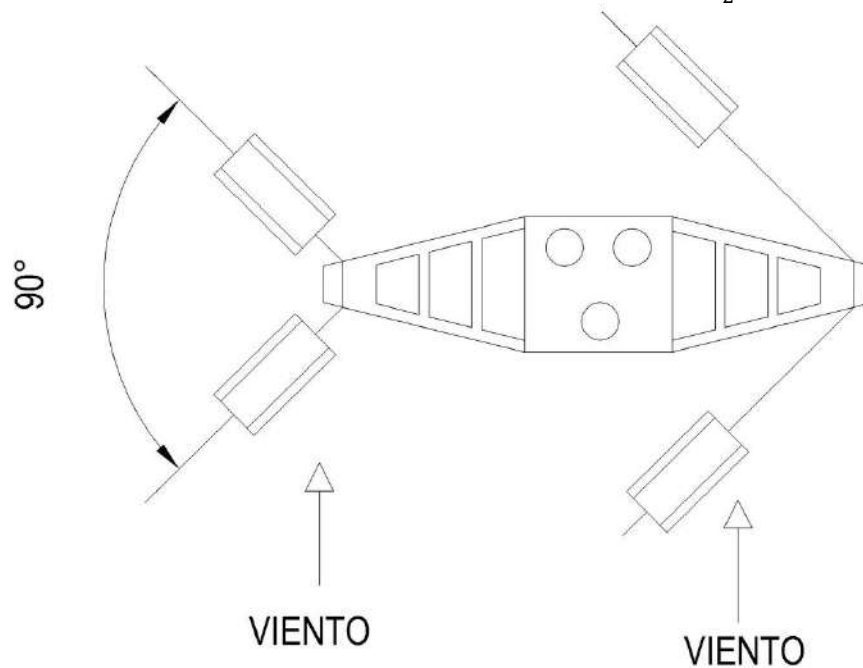
Dónde:

$W_{VIN} = 19,26 \left[\frac{kg}{m^2} \right]$ Es la carga del viento sobre las estructuras planas para el estado 4.

$$T_{CVIN} = 24,87 [kg]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\text{sen} \frac{\alpha}{2}$).



Cargas sobre la cadena de aisladores

$$W_{AIS} = w_{ec} A_{aisl}$$

$$W_{AIS} = 8,42 \frac{kg}{m^2} (1,99m \times 0,273m) = 4,62kg$$

Dónde:

1,99 [m]= Longitud de la cadena de aisladores (retención).

W_{AIS} : Carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

w_{ec} : Carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m²]

A_{aisl} : Área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m²]

$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Dónde:

$W_{AIS} = 4,62[\text{kg}]$ Es la carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 4.

$$T_{CAIS} = 29,12[\text{kg}]$$

4. Sobre los conductores y el cable de guardia:

En las ecuaciones siguientes se traslada el tiro de todos los conductores a la cima de la estructura. En la ecuación para los conductores el 2 que aparece se debe a la doble terna.

Conductor:

$$T_{CCOND} = \frac{2 * W_{COND} * a}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 0,221 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ Es la carga del viento sobre los conductores en el estado 4.

$a = \left(\frac{163[\text{m}]}{2} + \frac{60[\text{m}]}{2} \right) = 111,5[\text{m}]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, $a=163[\text{m}]$; más el semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET.

$$T_{CCOND} = 63,41[\text{kg}]$$

Cable de Guardia:

$$T_{CCG} = \frac{W_{CG} * a}{h_{4RA}} (h_{4RA} - 0,12) * \text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

Dónde:

$W_{COND} = 0,121 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$ Es la carga del viento sobre el cable de guardia en el estado 4.

$a = \left(\frac{163[\text{m}]}{2} + \frac{60[\text{m}]}{2} \right) * 2 = 141,5[\text{m}]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, más los dos semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET, OPGW y cable de acero.

$$T_{CCG} = 12,04[\text{kg}]$$

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores y el cable de guardia.

Con las tracciones máximas para el conductor y cable de guardia que se calcularon para el estado 4, se calcula la resultante total en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

$$T_{C1MAX} = 1850,5[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

$$T_{C2MAX} = 3280,39[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1286,8\text{kg} = 2573,6[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

$$T_{C2gMAX} = 2225,77[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXC\text{ON}} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXC\text{ON}} = 13204,44[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCg} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCg} = 3376,9[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYC\text{ON}} = \frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(T_{C1MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYC\text{ON}} = 3679,84[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYCg} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(T_{C1gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYCg} = -244,73[\text{kg}]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_{RXC\text{ON}} + T_{RXCg} = 16581,34[\text{kg}]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{CE} + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{C\text{COND}} + T_{CCG} + T_{RYC\text{ON}} + T_{RYCg} = 3778,22[\text{kg}]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 17006,34[\text{kg}]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{\text{MAX}} = 1966,6 [\text{kg}], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{\text{MAX}}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,12 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP. 1E: Peso propio y cargas permanentes.

Carga del viento máximo sobre la estructura y los elementos de cabecera, en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

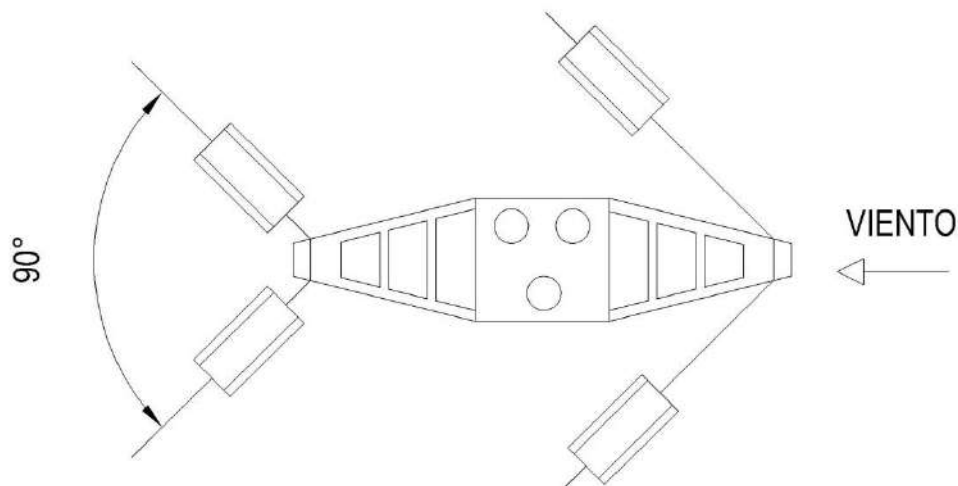
Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores, consideradas actuando en el eje de la estructura.

- Peso propio y cargas permanentes.

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento máximo en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea (eje x).

1. Sobre la estructura:



Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V \cdot h_{4RA} \cdot \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

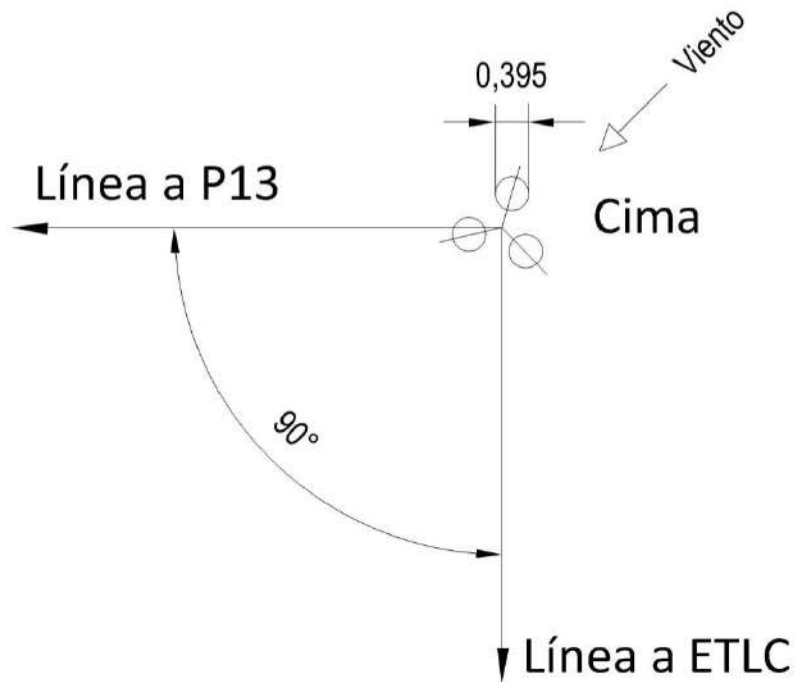
D= 39,5 [cm] + 1.5 [cm/m]* 24,3 [m]=75,95 [cm] (diámetro en la base)

d= 39,5 [cm] (diámetro en la cima)

P_v =57,04 [kg/m²] (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado de viento máximo)

h_{4RA}= 24,3 [m]

T_C= 357,95 [kg]; tiro en la cima de la estructura



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección paralela a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 2 el resultado obtenido anteriormente.

$$TC = 2 \times 357,95 \text{ [kg]} \rightarrow TC = 715,9 \text{ [kg]}$$

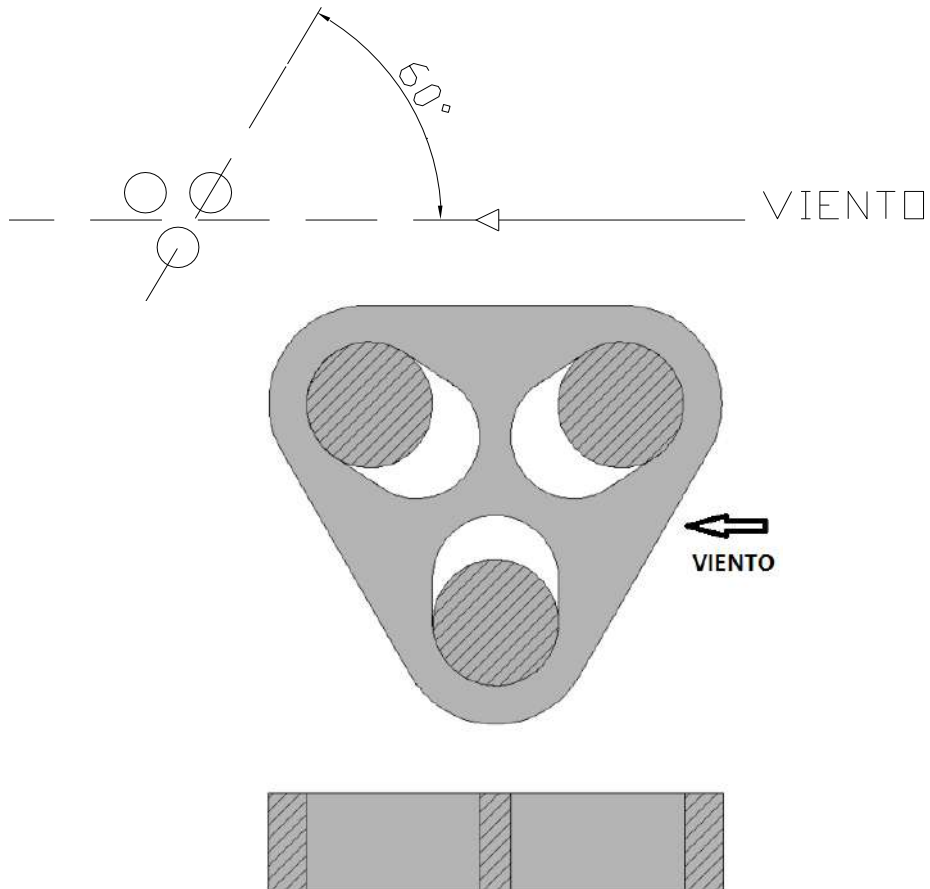
Del punto 7 del anexo VI (pág. 83 Norma AyEE) se obtiene que la acción del Viento sobre los elementos de cabecera (cruceas) se obtiene el incremento de multiplicar al tiro equivalente por un factor de 0,27 correspondiente a un poste triple (cruceas en dirección del viento). Por lo tanto, el tiro total sin contar los aisladores es:

Estructura	Coficiente "v"
1) Poste simple	0,06
2) Poste doble	
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b) Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3) Poste triple	0,27

$$TC = 715,9 \times 1,27 = 909,2 \text{ [kg]}$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3[m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de $H^\circ A^\circ$ a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

$$h_{V1} = 3,19[m], h_{V2} = 6,15[m], h_{V3} = 8,88[m], h_{V4} = 21,18[m]$$

$$h_{4RA} = 24,3[m]$$

Una vez calculadas las superficies de los vínculos, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4}) . \text{sen}(60^\circ)$$

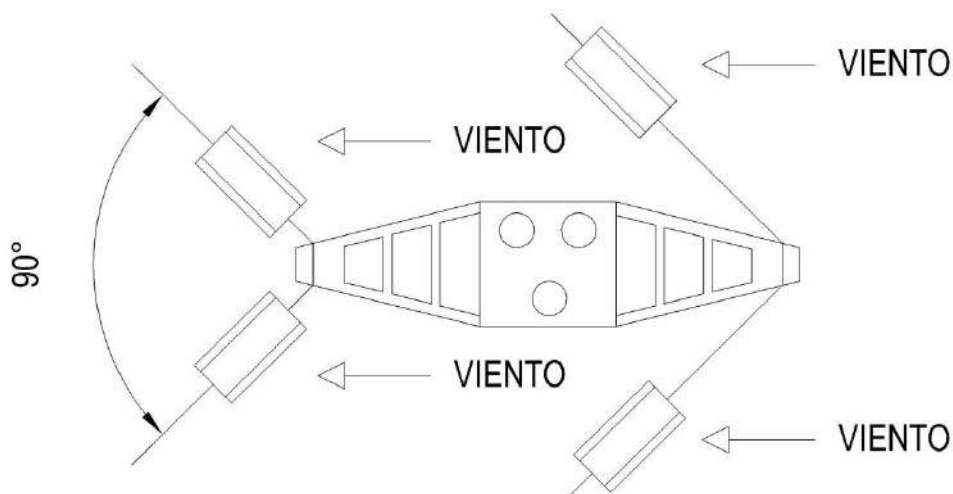
Dónde:

$$W_{VIN} = 130,39 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \text{ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 3.}$$

$$T_{CVIN} = 145,83[kg]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\cos \frac{\alpha}{2}$).



$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

2 = dos cadenas de aisladores a la misma altura correspondiente a la misma fase.

2 = doble terna

$W_{AIS} = 27,83[kg]$; carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 3.

$\alpha = 90^\circ$

$$T_{CAIS} = 143,24[kg]$$

4. Determinación de las tracciones unilaterales de los conductores y cable de guardia. (Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores, consideradas actuando en el eje de la estructura).

Tracción máxima del conductor para la hipótesis de estado atmosférico N° 3:

$$T_{C1MAX} = 1337,1[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

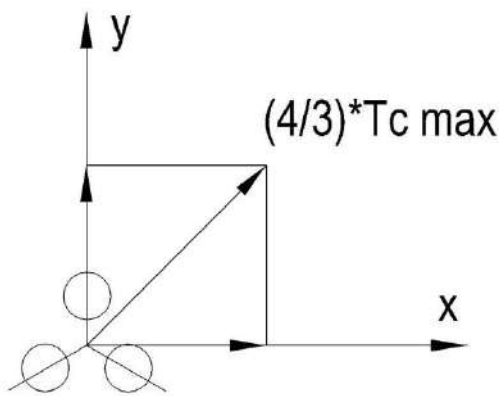
$$T_{C2MAX} = 2705,86[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1021,9 \text{ kg} = 2043,8[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

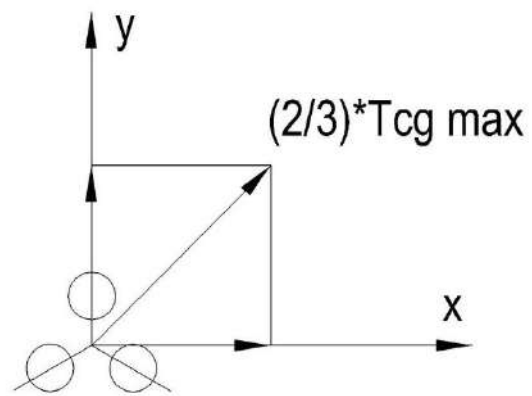
$$T_{C2gMAX} = 1885,84[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

Para el cálculo, se utilizarán los tiros máximos correspondiente al tendido de conductores del $v_{6-14} = 1500,8 \text{ metros}$, se debe, que tiene valores más elevados que el tendido del conductor del vano $v_{14-ETLC} = 60 \text{ metros}$.

$$T_{C2MAX} = 2705,86[\text{kg}] ; \quad T_{C2GMAX} = 1885,84[\text{kg}]$$



CONDUCTOR



HILO DE GUARDIA

Obs: la constante $\left(\frac{4}{3}\right)$, es por ser estructura doble terna.

Dónde:

$$h_{1ra} = 11,41[\text{m}]; h_{2ra} = 14,74[\text{m}]; h_{3ra} = 18,07[\text{m}]; h_{4ra} = 24,3[\text{m}]$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$T_{Rx} = \left[2 * \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2MAX} * (h_{1ra} + h_{2ra} + h_{3ra})}{h_{4ra}} + \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2GMAX} * (h_{4ra} - 0,12)}{h_{4ra}} \right] * \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_x = 5526,99[\text{kg}]$$

$$T_{Ry} = \left[2 * \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2MAX} * (h_{1ra} + h_{2ra} + h_{3ra})}{h_{4ra}} + \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2GMAX} * (h_{4ra} - 0,12)}{h_{4ra}} \right] * \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$F_y = 5526,99[\text{kg}]$$

Tiro total en la cima.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_C + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{Rx} = 6725,26 [kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{Rx} = 5526,99 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 8704,98 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{R}$$

$$T_{MAX} = 1966,6 [kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{R} \geq 3 \Rightarrow S = 6,09 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP. 1F: Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales.

Carga del viento sobre la estructura y los elementos de cabecera, en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores, consideradas actuando en el eje de la estructura.

- Peso propio y cargas permanentes.

Para esta disposición de doble terna no existen momentos debidos al peso propio ya que se ven compensados y se anulan entre sí por la simetría de la estructura.

- Viento de 50 km/h en la dirección de la bisectriz del ángulo de la línea.

1. Sobre la estructura:

Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V * h_{4RA} * \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

Dónde:

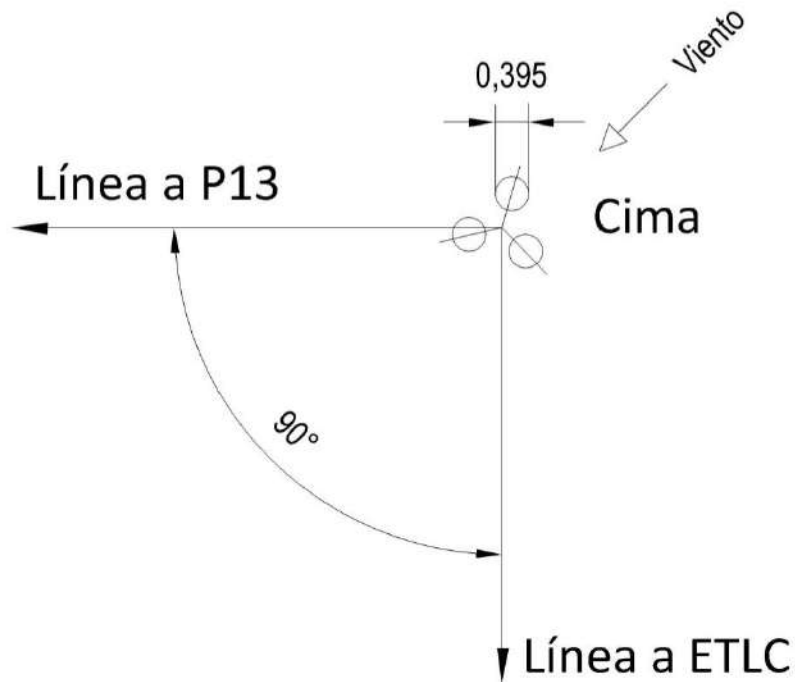
$D = 39,5 [cm] + 1.5 [cm/m] * 24,3 [m] = 75,95 [cm]$ (diámetro en la base en parte superior en fundación)

$d = 39,5 [cm]$ (diámetro en la cima)

$P_V = 8,42 [kg/m^2]$ (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado 4, viento de 50 [km/h] con manguito de hielo)

$h_{4RA} = 23,85 [m]$

$$T_C = 52,83 [kg]; \text{ tiro en la cima de la estructura}$$



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección paralela a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 2 el resultado obtenido anteriormente.

$$TC = 2 \times 52,83 [kg] \rightarrow TC = 105,67 [kg]$$

Para obtener el efecto total sobre la estructura incluyendo las mensuras se multiplica el resultado obtenido por 1,27 lo que significa un 27% más de fuerza sobre la estructura.

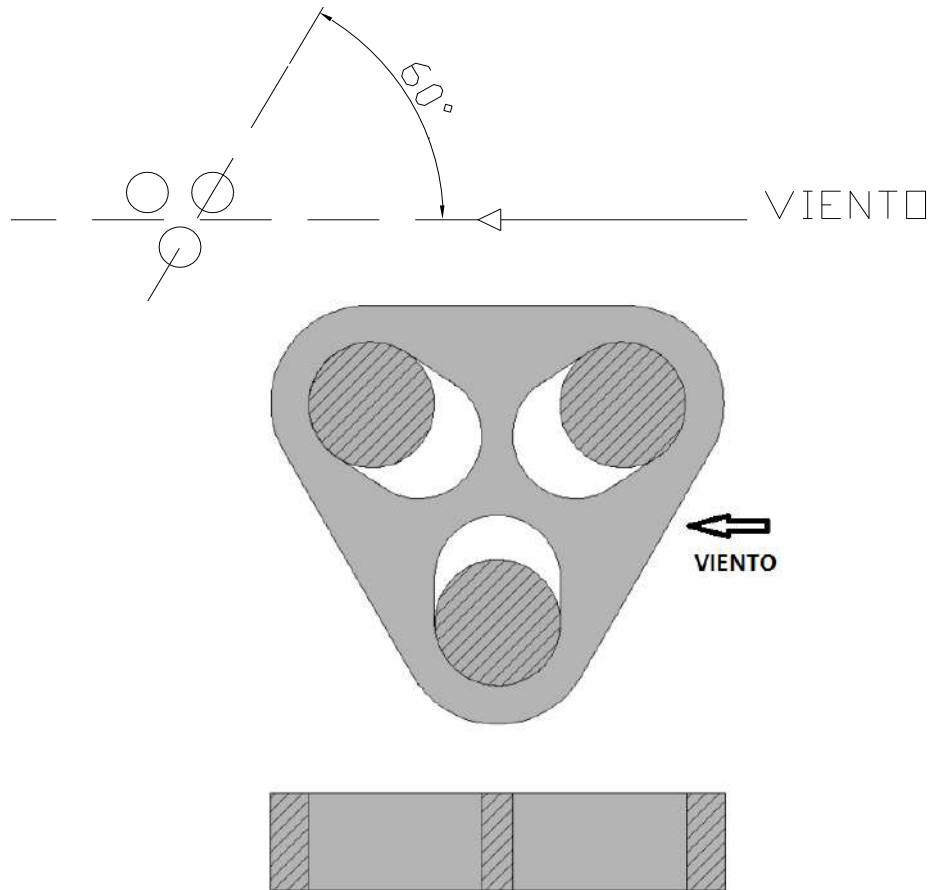
Estructura	Coficiente "v"
1) Poste simple	0,06
2) Poste doble	
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b) Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3) Poste triple	0,27

$$T_C = 1,27 * 105,67 [kg]$$

$$T_{CE} = 134,2 [kg]$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3[m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

$$h_{V1} = 3,19[m], h_{V2} = 6,15[m], h_{V3} = 8,88[m], h_{V4} = 21,18[m]$$

$$h_{4RA} = 24,3[m]$$

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{4RA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4}) . \text{sen}(60^\circ)$$

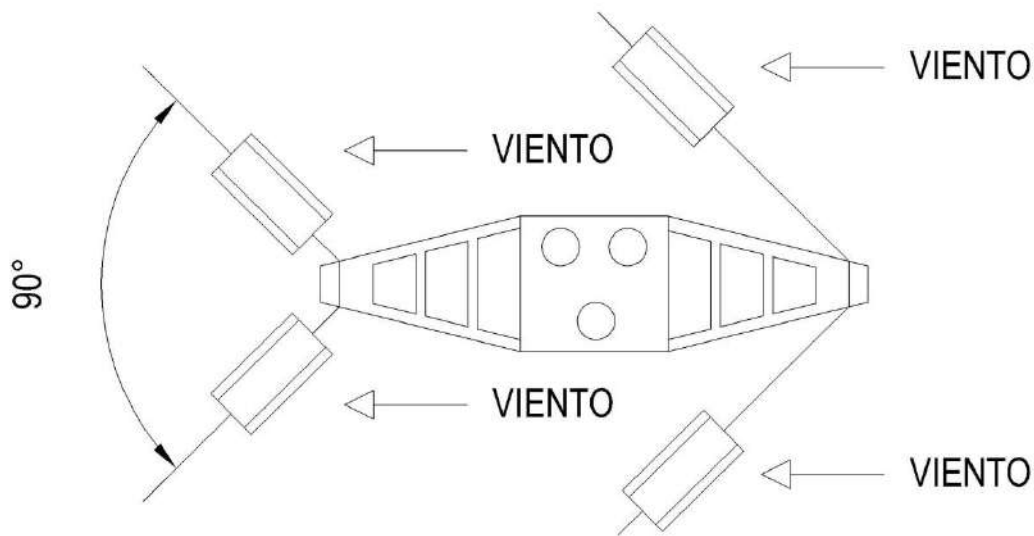
Dónde:

$W_{VIN} = 19,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ Es la carga del viento sobre las estructuras planas para el estado 4.

$$T_{CVIN} = 21,54 [\text{kg}]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\cos \frac{\alpha}{2}$).



Cargas sobre la cadena de aisladores

$$W_{AIS} = w_{ec} A_{aisl}$$

$$W_{AIS} = 8,42 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] (1,99[\text{m}] \times 0,273[\text{m}]) = 4,62[\text{kg}]$$

Dónde:

1,99 [m]= Longitud de la cadena de aisladores (retención).

W_{AIS} : Carga total del viento sobre la cadena de aisladores [kg]

w_{ec} : Carga del viento sobre estructuras cilíndricas [kg/m^2]

A_{aisl} : Área de la cadena de aisladores expuesta al viento [m^2]

$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

$W_{AIS} = 4,62 [\text{kg}]$ Es la carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 4.

$$T_{CAIS} = 23,77 [\text{kg}]$$

4. Determinación de las tracciones unilaterales de los conductores y cable de guardia. (Dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores, consideradas actuando en el eje de la estructura).

Tracción máxima del conductor para la hipótesis de estado atmosférico N° 4:

$$T_{C1MAX} = 1850,5[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

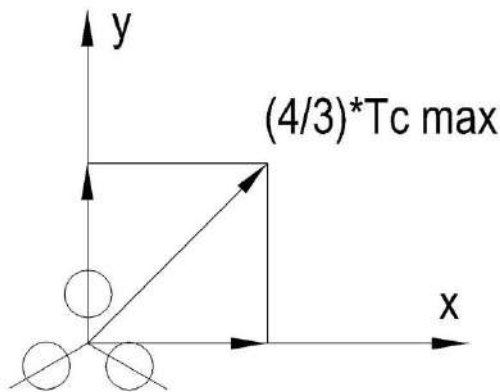
$$T_{C2MAX} = 3280,39[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1286,8\text{kg} = 2573,6[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[m]$$

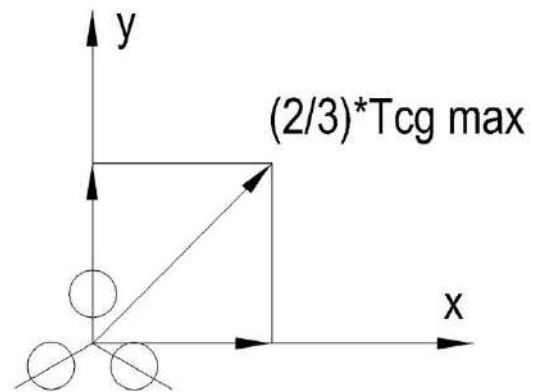
$$T_{C2gMAX} = 2225,77[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[m]$$

Para el cálculo, se utilizarán los tiros máximos correspondiente al tendido de conductores del $v_{6-14} = 1500,8\text{metros}$, se debe, que tiene valores más elevados que el tendido del conductor del vano $v_{14-ETLC} = 60\text{metros}$.

$$T_{C2MAX} = 3280,39 [\text{kg}] ; T_{C2GMAX} = 2225,77[\text{kg}]$$



CONDUCTOR



HILO DE GUARDIA

Obs: la constante $\left(\frac{4}{3}\right)$, es por ser estructura doble terna.

Dónde:

$$h_{1ra} = 11,41[m]; h_{2ra} = 14,74[m]; h_{3ra} = 18,07[m]; h_{4ra} = 24,3[m]$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$T_{Rx} = \left[2 * \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2MAX} * (h_{1ra} + h_{2ra} + h_{3ra})}{h_{4ra}} + \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2GMAX} * (h_{4ra} - 0,12)}{h_{4ra}} \right] * \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_x = 6672,15 [\text{kg}]$$

$$T_{Ry} = \left[2 * \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2MAX} * (h_{1ra} + h_{2ra} + h_{3ra})}{h_{4ra}} + \left(\frac{2}{3}\right) * \frac{T_{C2GMAX} * (h_{4ra} - 0,12)}{h_{4ra}} \right] * \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$F_y = 6672,15[\text{kg}]$$

Tiro total en la cima.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_{CE} + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{Rx} = 6851,66[kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{Rx} = 6672,15[kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 9563,62[kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{MAX} = 1966,6[kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 5,55 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

B. Carga Extraordinaria

HIP 2A: Peso propio y cargas permanentes.

Anulación de la tracción de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, párrafo 9, apartado b) 2.1.2

La carga de la tracción será calculada con el valor máximo de la tensión del conductor, excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

1. Anulación de la tracción de un conductor

Se calculará la fuerza resultante de las tracciones de los conductores.

La situación más desfavorable, es la anulación del conductor correspondiente al $v_{14-ETLC} = 60[kg]$; porque tiene menor tiro que del vano $v_{6-14} = 1500,8[kg]$, va a general mayor momento resultante.

Las tensiones máximas correspondiente a la hipótesis de estado atmosférico N° 2:

$$T_{C1MAX} = 2158,5[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2MAX} = 2778,58[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1064,2kg = 2128,4[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2gMAX} = 1887,29[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{R_{XCON}} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA}) * 2 \right) \right]}{h_{4RA}} +$$

$$\frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2 \right) + \left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{3RA}) \right) \right]}{h_{4RA}} =$$

$$T_{R_{XCON}} = 11570,68 [kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{R_{XCg}} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{R_{XCg}} = 2825,49 [kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{R_{YCON}} = \frac{\left[- \left(T_{C1MAX} * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA}) * 2 \right) \right]}{h_{4RA}} +$$

$$\frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2 \right) - \left(T_{C1MAX} * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{3RA}) \right) \right]}{h_{4RA}} =$$

$$T_{R_{YCON}} = 2730,76 [kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{R_{YCg}} = \frac{\left[- \left(T_{C1gMAX} * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{R_{YCg}} = -169,64 [kg]$$

Tiro total en la cima

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_{R_{XCON}} + T_{R_{XCg}} = 14396,17 [kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{R_{YCON}} + T_{R_{YCg}} = 2561,12 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 14622,21 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{MAX} = 1966,6 \text{ [kg]}, \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,63 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

2. Anulación de la tracción del cable de guardia

La situación más desfavorable, es la anulación de un cable de guardia correspondiente al $v_{14-ETLC} = 60 \text{ [kg]}$; porque tiene menor tiro que el cable de guardia del vano $v_{6-14} = 1500,8 \text{ [kg]}$ va a general mayor momento resultante.

Las tensiones máximas correspondiente a la hipótesis de estado atmosférico N° 2:

$$T_{C1MAX} = 2158,5 \text{ [kg]} \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60 \text{ [kg]}$$

$$T_{C2MAX} = 2778,58 \text{ [kg]} \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8 \text{ [kg]}$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1064,2 \text{ kg} = 2128,4 \text{ [kg]} \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60 \text{ [kg]}$$

$$T_{C2gMAX} = 1887,29 \text{ [kg]} \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8 \text{ [kg]}$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCON} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2MAX} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] \cdot (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) \cdot 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCON} = 12705,67 \text{ [kg]}$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXG} = \frac{\left[\frac{T_{C1gMAX}}{2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + T_{C2gMAX} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] \cdot (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXG} = 2076,71 \text{ [kg]}$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYCON} = \frac{\left[T_{C2MAX} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - T_{C1MAX} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] \cdot (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) \cdot 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYCON} = 1595,78 \text{ [kg]}$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYG} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(\frac{T_{C1gMAX}}{2} \cdot \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] \cdot (h_{4RA} - 0,12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYG} = 579,13 \text{ [kg]}$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_{R_{XCON}} + T_{R_{XCG}} = 14782,38 [kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{R_{YCON}} + T_{R_{YCG}} = 2174,91 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 14941,51 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

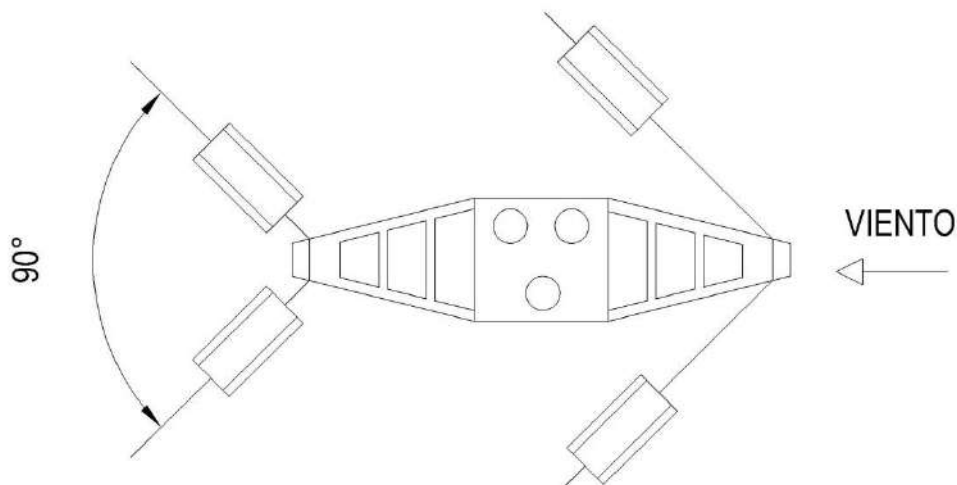
$$T_{MAX} = 1966,6 [kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,55 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

HIP 2B: Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional.

Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de vanos adyacentes.

Por la HIP 1A:

1. Sobre la estructura:



Fuerza ejercida sobre cada poste:

$$T_C = P_V \cdot h_{ARA} \cdot \left[\frac{D + 2d}{6} \right]$$

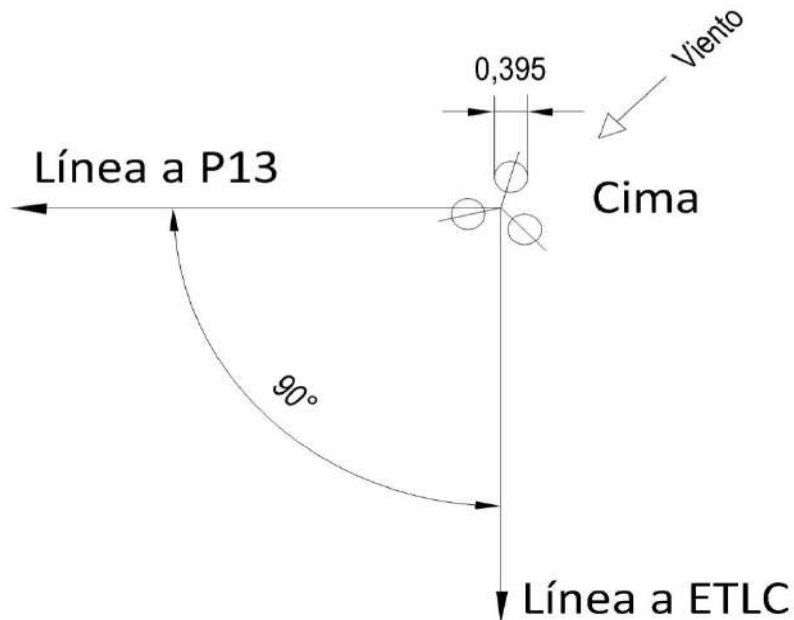
Dónde:

D= 39,5 [cm] + (1.5 [cm/m] x 24,3 [m])= 75,95 [cm] (diámetro en la base)

d= 39,5 [cm] (diámetro en la cima)

$P_v = 57,04 \text{ [kg/m}^2\text{]}$ (carga del viento sobre estructuras cilíndricas para el estado de viento máximo)
 $h_{4RA} = 24,3 \text{ [m]}$

$T_C = 357,95 \text{ [kg]}$; tiro en la cima de la estructura



Para postes triples de hormigón armado y viento perpendicular al plano de la estructura (dirección paralela a la bisectriz del ángulo de la línea) la fuerza del viento golpea sobre dos postes por igual, por lo que para obtener la fuerza total se deberá multiplicar por 2 el resultado obtenido anteriormente.

$$TC = 2 \times 357,95 \text{ [kg]} \rightarrow TC = 715,9 \text{ [kg]}$$

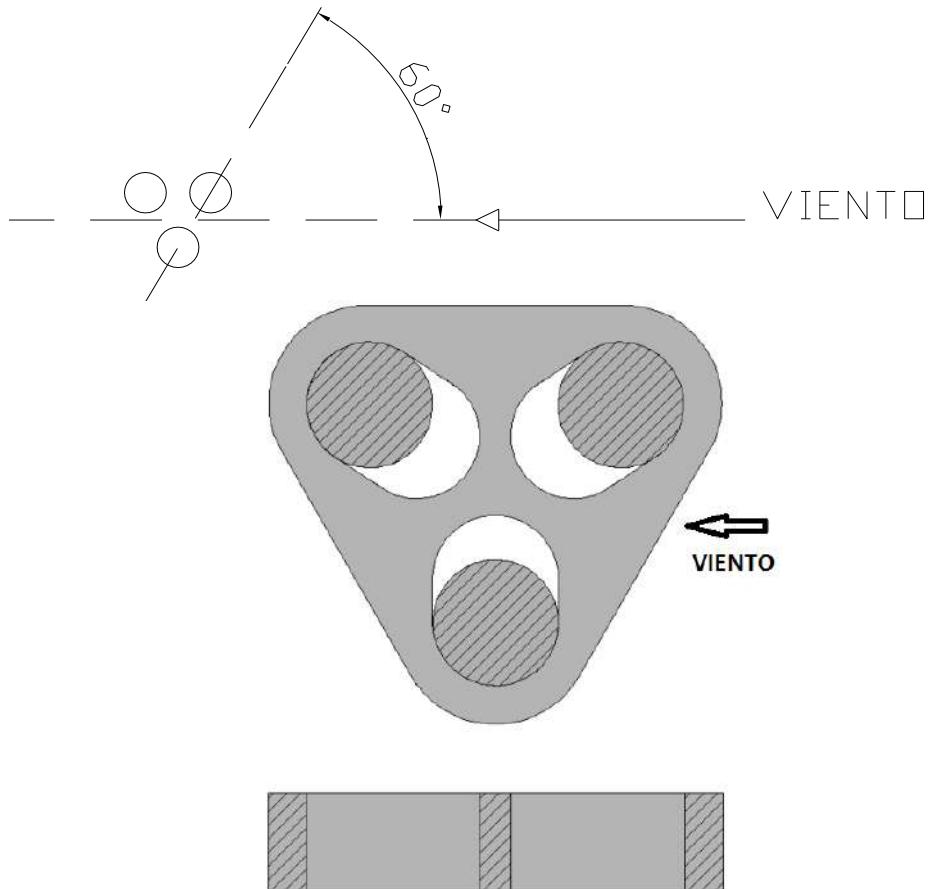
Del punto 7 del anexo VI (pág. 83 Norma AyEE) se obtiene que la acción del Viento sobre los elementos de cabecera (crucetas) se obtiene el incremento de multiplicar al tiro equivalente por un factor de 0,27 correspondiente a un poste triple (crucetas en dirección del viento). Por lo tanto, el tiro total sin contar los aisladores es:

Estructura	Coefficiente "v"
1) Poste simple	0,06
2) Poste doble	
a) Plano de la estructura perpendicular a la dirección del viento	0,34
b) Plano de la estructura paralelo a la dirección del viento	0,06
3) Poste triple	0,27

$$TC = 715,9 \times 1,27 = 909,2 \text{ [kg]}$$

2. Sobre los vínculos:

Superficie de los vínculos:



Dónde:

d = diámetro de la cima; $h_{4RA} = 24,3[m]$

$\left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right]$ = conicidad del poste de H°A° a distintas altura del vínculo 1-2-3-4

$[0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})]$ = distancia entre postes a la altura del vínculo 1-2-3-4

$$A_1 = 0,55 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V1}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V1})] \right] = 1,41 [m^2]$$

$$A_2 = 0,5 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V2}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V2})] \right] = 1,18 [m^2]$$

$$A_3 = 0,45 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V3}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V3})] \right] = 0,97 [m^2]$$

$$A_4 = 0,4 \left[(2) \cdot \left[\frac{1,5}{100} \cdot (h_{4RA} - h_{V4}) + d \right] + [0,3 + 0,04(h_{4RA} - h_{V4})] \right] = 0,52 [m^2]$$

Una vez calculadas las superficies de los vínculos, se realiza la sumatoria de fuerzas trasladándolas a la cima, mediante la siguiente expresión:

$$T_{CVIN} = \frac{W_{VIN}}{h_{ARA}} (A_1 * h_{V1} + A_2 * h_{V2} + A_3 * h_{V3} + A_4 * h_{V4}) . \text{sen}(60^\circ)$$

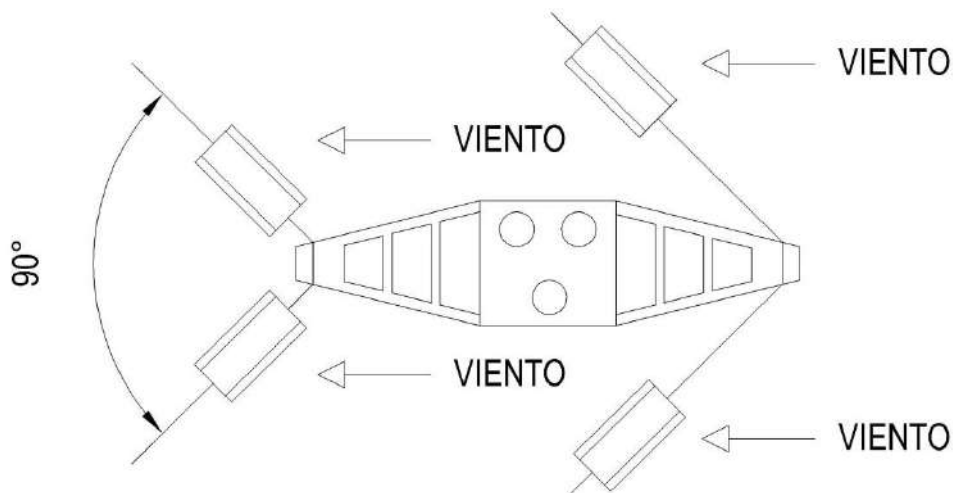
Dónde:

$$W_{VIN} = 130,39 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \text{ Es la carga del viento sobre estructuras planas para el estado 3.}$$

$$T_{CVIN} = 145,83[\text{kg}]$$

3. Sobre la cadena de aisladores:

Como en las estructuras de retención angular se utilizan cadenas de retención dobles, en la ecuación para trasladar el tiro a la cima se debe tener en cuenta esto, por lo cual existen 4 cadenas de aisladores por cruceta. Además se debe tener en cuenta la proyección de la fuerza del viento en la dirección de perpendicular a las cadenas ($\cos \frac{\alpha}{2}$).



$$T_{CAIS} = \frac{2 * 2 * W_{AIS}}{h_{ARA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos \frac{\alpha}{2}$$

Dónde:

2 = dos cadenas de aisladores a la misma altura correspondiente a la misma fase.

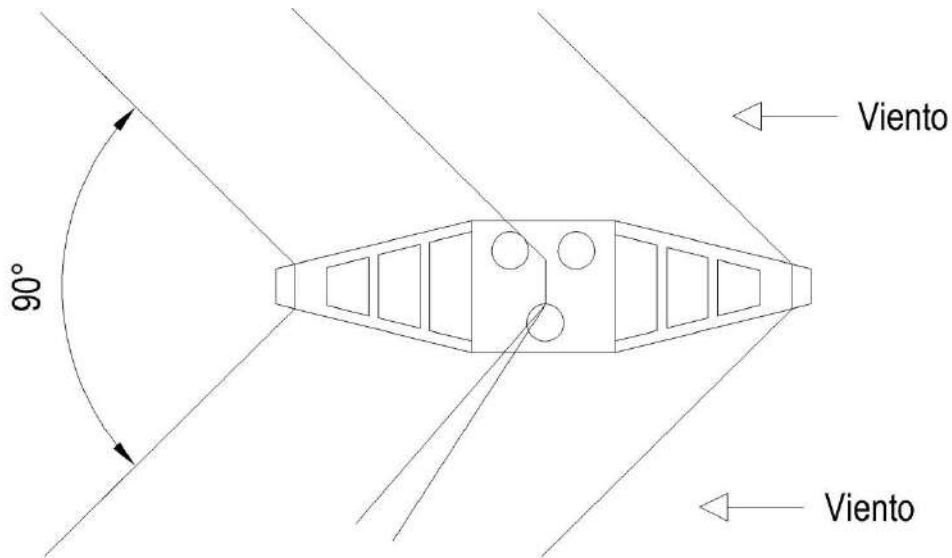
2 = doble terna

$W_{AIS} = 27,83[\text{kg}]$; es la carga del viento sobre la cadena doble de aisladores en el estado 3, calculado en la estructura de suspensión.

$\alpha = 90^\circ$

$$T_{CAIS} = 143,24[\text{kg}]$$

4. Sobre los conductores y el cable de guardia:



De la estructura triple al Pórtico de la S.E.T. se realiza el tendido de dos cables de guardia, el OPGW y un cable de acero, para proteger ambas ternas por descarga de origen atmosférico. En las ecuaciones siguientes se traslada el tiro de todos los conductores a la cima de la estructura. En la ecuación para los conductores el 2 que aparece, se debe a la doble terna.

Conductor:

$$T_{COND} = \frac{2 * W_{COND} * a}{h_{4RA}} (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$$\alpha = 90^\circ$$

$W_{COND} = 1,49 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre los conductores en el estado 3.

$a = \left(\frac{163[m]}{2} + \frac{60[m]}{2} \right) = 111,5[m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14,

$a=163 [m]$; más el semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET.

$$T_{COND} = 427,55 [kg]$$

Cable de Guardia:

$$T_{CG} = \frac{W_{CG} * a}{h_{4RA}} (h_{4RA} - 0.12) * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Dónde:

$$\alpha = 90^\circ$$

$W_{COND} = 0,9 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$ Es la carga del viento sobre el cable de guardia en el estado N°3.

$a = \left(\frac{163[m]}{2} + \frac{60[m]}{2} \times 2 \right) = 141,5[m]$; es el semivano del Piquete N°13 al Piquete N°14, más los dos semivano del Piquete N°14 al Pórtico de la SET, OPGW y cable de acero.

$$T_{CCG} = 89,6[kg]$$

5. Anulación de la tracción de un conductor

Se calculará la fuerza resultante de las tracciones de los conductores.

La situación más desfavorable, es la anulación del conductor correspondiente al $v_{14-ETLC} = 60[kg]$; porque tiene menor tiro que del vano $v_{6-14} = 1500,8[kg]$, va a general mayor momento resultante.

Las tensiones máximas correspondiente a la hipótesis de estado atmosférico N° 3:

$$T_{C1MAX} = 1337,1[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2MAX} = 2705,86[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1021,9kg = 2043,8[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[kg]$$

$$T_{C2gMAX} = 1885,84[kg] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCON} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA}) * 2 \right) \right]}{h_{4RA}} + \frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2 \right) + \left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{3RA}) \right) \right]}{h_{4RA}} =$$

$$T_{RXCON} = 9701,51[kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCG} = \frac{\left[\left(T_{C1gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCG} = 2764,95[kg]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{R_{XCON}} = \frac{\left[-\left(T_{C1MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA}) * 2 \right) \right]}{h_{4RA}} +$$

$$\frac{\left[\left(T_{C2MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2 \right) - \left(T_{C1MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) * (h_{3RA}) \right) \right]}{h_{4RA}} =$$

$$T_{R_{XCON}} = 4225,65 [kg]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{R_{XCg}} = \frac{\left[-\left(T_{C1gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{R_{XCg}} = -111,14 [kg]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_C + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{CCOND} + T_{CCG} + T_{R_{XCON}} + T_{R_{XCg}} = 14181,88 [kg]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{R_{YCON}} + T_{R_{YCG}} = 4114,51 [kg]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 14766,68 [kg]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{MAX} = 1966,6 [kg], \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{MAX}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,59 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

6. Anulación de la tracción del cable de guardia

La situación más desfavorable, es la anulación de un cable de guardia correspondiente al $v_{14-ETLC} = 60 [kg]$; porque tiene menor tiro que el cable de guardia del vano $v_{6-14} = 1500,8 [kg]$, va a general mayor momento resultante.

Las tensiones máximas correspondiente a la hipótesis de estado atmosférico N° 3:

$$T_{C1MAX} = 1337,1[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

$$T_{C2MAX} = 2705,86[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del conductor, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

$$T_{C1gMAX} = 2 \times 1021,9 \text{ kg} = 2043,8[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{14-ETLC} = 60[\text{kg}]$$

$$T_{C2gMAX} = 1885,84[\text{kg}] \Rightarrow \text{tensión máxima del cable de guardia, } v_{6-14} = 1500,8[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCÓN} = \frac{\left[\left(T_{C1MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) + \left(T_{C2MAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCÓN} = 10404,53[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje x)

$$T_{RXCg} = \frac{\left[\frac{T_{C1gMAX}}{2} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + T_{C2gMAX} * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RXCg} = 2045,92[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para los conductores trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYCÓN} = \frac{\left[T_{C2MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) - T_{C1MAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right] * (h_{1RA} + h_{2RA} + h_{3RA}) * 2}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYCÓN} = 3522,63[\text{kg}]$$

Fuerza resultante para el cable de guardia trasladado a la cima de la estructura. (Eje y)

$$T_{RYCg} = \frac{\left[\left(T_{C2gMAX} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) - \left(\frac{T_{C1gMAX}}{2} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \right) \right] * (h_{4RA} - 0.12)}{h_{4RA}}$$

$$T_{RYCg} = 607,88[\text{kg}]$$

Tiro total en la cima.

En esta hipótesis solo tenemos fuerzas en el eje x, por lo tanto la resultante de todas la fuerzas tendrán esta dirección.

$$T_{TX} = \Sigma T_X = T_C + T_{CVIN} + T_{CAIS} + T_{CCOND} + T_{CCG} + T_{RXCÓN} + T_{RXCg} = 14165,87[\text{kg}]$$

$$T_{TY} = \Sigma T_Y = T_{RYCÓN} + T_{RYCg} = 4130,51[\text{kg}]$$

$$\text{Para nuestro caso } \Rightarrow R = \sqrt{T_X^2 + T_Y^2}$$

$$R = 14755,77[\text{kg}]$$

Verificación del coeficiente de seguridad "S":

Debe ser mayor que 3:

$$S = \frac{3 \cdot T}{\frac{R}{9}}$$

$$T_{\text{MAX}} = 1966,6 \text{ [kg]}, \text{ luego } S = \frac{3 \cdot T_{\text{MAX}}}{\frac{R}{9}} \geq 3 \Rightarrow S = 3,59 > 3 \rightarrow \text{"verifica"}$$

Resumen de las características de la Estructura de Retención Simple.

Hip. N°	1A	1B	1C	1D	1E
F _x [kg]	14885	16836,31	13169,58	16581,34	6725,26
F _y [kg]	3411,39	3435,11	5741,11	3778,22	5526,99
Coefficiente de seguridad	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica

Hip. N°	1F	2Ac	2Acg	2Bc	2Bcg
F _x [kg]	6851,66	14396,17	14782,38	14181,88	14165,87
F _y [kg]	6672,15	2561,12	2174,91	4114,51	4130,51
Coefficiente de seguridad	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica	Verifica

Con las fórmulas a continuación, se verifican los coeficientes de seguridad para todas las hipótesis.

$$T_{\text{MAX}} = 1966,6 \text{ [kg]} ; \quad R = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} ; \quad S = \frac{3 \cdot T_{\text{MAX}}}{\frac{R}{9}} \geq 3$$

Elegimos una estructura de las siguientes características:

3 x 27 / 1966,6 / 3 / 39,5 – 80

3.4.1. Estructura de suspensión “S” (Método de SULZBERGER)

- Características del poste: **24,5 / 2000 / 3 / 39,5 – 76,25**
- Fuerzas máximas a las que se encuentra sometida la estructura

$$T_{x_{\max}} = 1987,85[kg] \text{ Hipótesis 1a)}$$

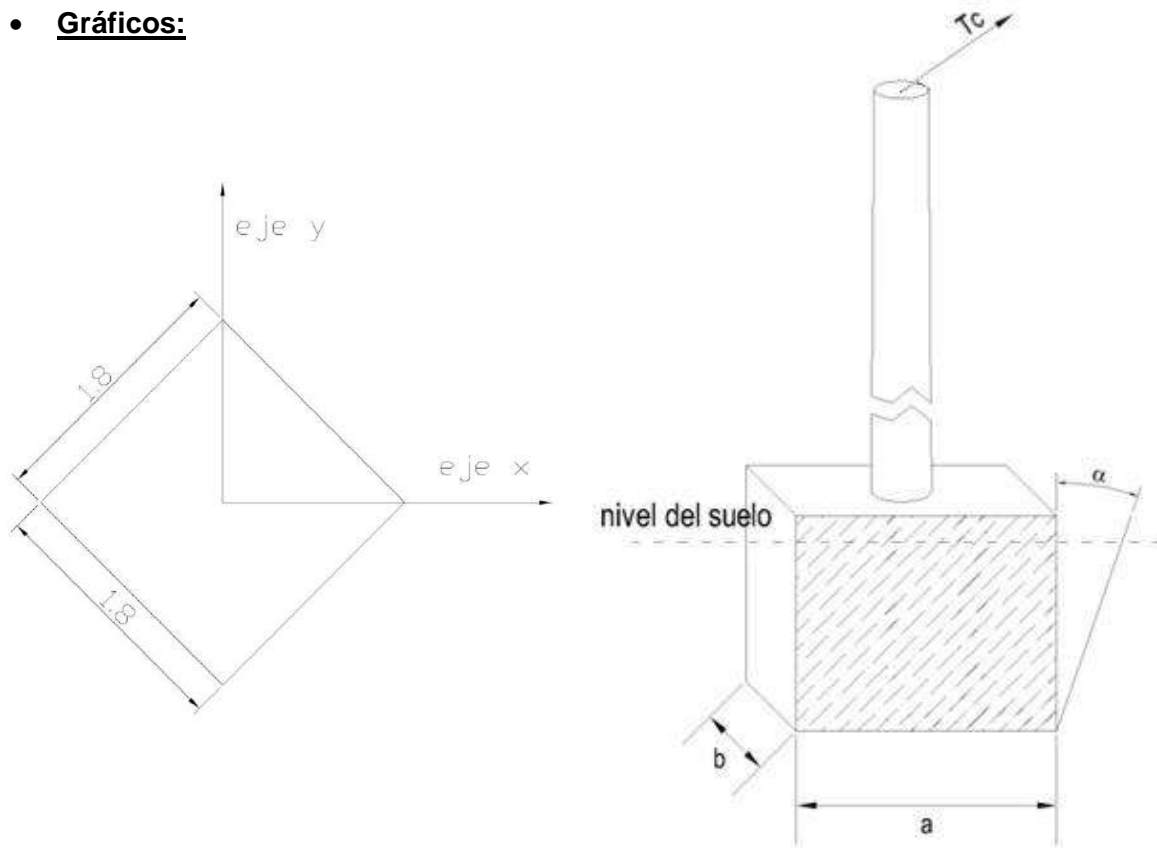
- Datos para el cálculo:

Parámetro	Denominación	Valor	Unidad
Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 [m]	C_2	4	[kg/cm ³]
Coeficiente de fricción del terreno	μ	0,4	
Cantidad de postes H°A°	n	1	
Altura libre de la columna	h_l	22,05	[m]
Altura empotrada de la columna	h_0	2,45	[m]
Diámetro columna en la base	D_{cb}	0,7625	[m]
Sobre elevación de la base		0,1	[m]
Angulo de la tierra gravante	β	9	[°]
Peso específico de la tierra gravante	γ_t	1700	[kg/m ³]
Peso específico hormigón	γ_h	2200	[kg/m ³]
Peso de cada columna de H°A°	G_p	10885	[kg]
Peso de las crucetas	G_{cruc}	3600	[kg]
Peso del conductor	G_{cond}	1500	[kg]
Peso del cable de guardia	G_{cg}	140	[kg]
Peso de una cadena de aisladores	G_{aisl}	72	[kg]
Tiro en la cima	T	1987,85	[kg]
Tangente alfa	tg α	0,01	

- **Dimensiones de la base**

Tipo de base	Cuadrada
Disposición	Diagonal
Arista a	1,8 [m]
Arista b	1,8 [m]
Profundidad t	2,7 [m]

- **Gráficos:**



- **Características de tipos de terrenos:**

Categoría	Naturaleza del terreno	Peso específico γ [kg/m ³]	Presión admisible ρ [kg/cm ²]	Índice de compresibilidad (1) C [kg/cm ³]	Ángulo de la tierra gravante (2) β		Ángulo de fricción interna δ	Coef. de fricción entre terreno y hormigón μ	
					No removido	removido		liso	escabroso
Terrenos blandos	A Laguna, aguazal, terreno pantanoso	650	Hasta 0,5	0,5.....1	5°	3°			
	B Terrenos muy blandos	1700	Hasta 0,8	1....2	5°	3°	20°	0,005	0,1
	Arena fina húmeda			2....4			30°	0,3	0,3
Arcilla blanda						25°	0,3	0,4	
Terrenos rígidos	C Arcilla medio dura seca	1700	Hasta 1,8	5....8	8°	6°	25°	0,4	0,5
	Arcilla fina seca			6....9			30°	0,6	0,7
	D Arcilla rígida	1700	Hasta 3	10	12°	10°	25°	0,4	0,5
	Arena gruesa y pedregullo			11....13			35°	0,4	0,5
	E Arcilla gruesa dura	1700	Hasta 4	13....16	15°	12°	37°	0,4	0,5
	F Rígido, pedregullo y canto rodado	1700	Hasta 5		20°	20°	40°	0,4	0,5

FORMULAS PARA EL CALCULO DE MACIZO DE FUNDACION POR EL METODO DE SULZBERGER

Nº	FORMA BASE (sin zapata)		Variación coeficiente compresibilidad paredes laterales de la fosa.	MOMENTO reacción empotramiento lateral			MOMENTO reacción fondo Mb		
	Desig. General	Vista Planta		tg α₁	Ms		tg α₂	Mb	
					tg α₁ > 0,01	tg α₁ ≤ 0,01		tg α₂ > 0,01	tg α₂ ≤ 0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	FRISMA			$\frac{6,4G}{bt^2 C_t}$	$\frac{bt^3}{12} C_t \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{bt^3}{36} C_t \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{2G}{c^2 b C_b}$	$\frac{ba^3}{12} C_b \operatorname{tg} \alpha$	$G \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b C_b \operatorname{tg} \alpha}} \right)$
2	FRISMA			$\frac{45,4G}{a^2 C_t}$	$\frac{1,414}{12} a t^3 C_t \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{1,414 a t^3}{36} C_t \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{1,414 G}{a^3 C_b}$	$\frac{a}{12} C_b \operatorname{tg} \alpha$	$G \left(0,707 a - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3G}{C_b \operatorname{tg} \alpha}} \right)$
3	FRISMA			$\frac{88,4G}{d^2 C_t}$	$\frac{d t^3 C_t}{17,5} \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{d t^3 C_t}{52,5} \operatorname{tg} \alpha$	$\frac{5,1 G}{d^3 C_b}$	$\frac{b d^2}{64} C_b \operatorname{tg} \alpha$	$G \left(0,2 \operatorname{tg} \alpha + 0,3 \frac{d}{e} = c,1 \frac{G}{C} \right)$
4	CLINDRO								

- Cálculo del peso de la fundación:

$$\phi_{e\text{-medio}} = \frac{\phi_{\text{base}} + \phi_{\text{sup.fundación}}}{2} = \frac{76,25 \text{ cm} + 72,575 \text{ cm}}{2}$$

$$\phi_{e\text{-medio}} = 74,412 \text{ cm}$$

$$G_f = \left[a \times b \times (t + 0,1) - \frac{\pi \phi_{e\text{-medio}}^2}{4} \times h_0 \right] \times \gamma_h = \left[1,8 \times 1,8 \times (2,7 + 0,1) - \frac{\pi (0,744)^2}{4} \times 2,45 \right] \times 2200$$

$$G_f = 17615,11 \text{ kg}$$

El bloque de tierra gravante tendrá forma piramidal de sección cuadrada, para calcular el peso de ésta usamos la siguiente ecuación:

$$G_{tg} = \left[\frac{X^2 h}{3} - \frac{a^2 l}{3} - a^2 t \right] \gamma_{\text{tierra}} = 7690,55 [\text{kg}]$$

Dónde:

$$\gamma_{\text{tierra}} = 1700 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

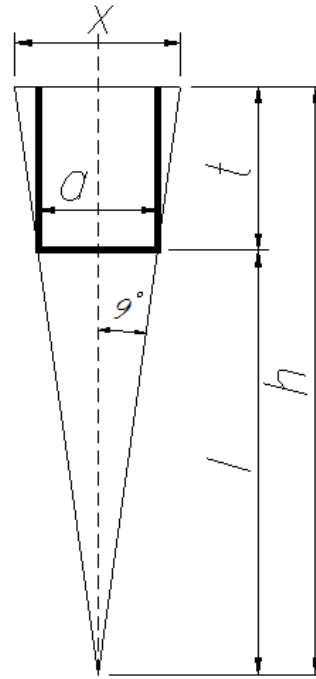
$$X = 2,64 \text{ [m] ;}$$

$$h = 8,33 \text{ [m]}$$

$$l = 5,63 \text{ [m]}$$

$$t = 2,7 \text{ [m]}$$

$$a = 1,8 \text{ [m]}$$



Esquema de Fundación y Tierra Gravante.

- Peso total de toda la estructura:

$$G_{\text{total}} = G_{\text{poste}} + G_{\text{cruc}} + G_{\text{cond}} + G_{\text{cg}} + G_{\text{aisl}} + G_{\text{f}} + G_{\text{tg}}$$

$$G_{\text{total}} = 10885 + 3600 + 1500 + 6 \times 72 + 17615,11 + 7690,55$$

$$G_{\text{total}} = 41722,66 \text{ kg}$$

- Coeficiente de compresibilidad a 2,7 [m]:

$$C_b = C_t = \frac{2,7 \text{ [m]} \times 4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]}{2\text{m}}$$

$$C_{t\ 2,7\text{m}} = 5,4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

- Verificación del desplazamiento del bloque:

$$Tg(\alpha_1) = \frac{4,5 \mu G}{at^2 C_t} = \frac{4,5 \times 0,4 \times 41722,66 \text{ [kg]}}{180[\text{cm}] \times 270^2[\text{cm}^2] \times 5,4} = 0,001059 < 0,01 \rightarrow \text{el bloque se desliza}$$

$$M_s = \frac{1,414 \times a \times t^3 \times C_t \times Tg \alpha}{36}$$

$$M_s = \frac{1,414 \times 180 \times 270^3 \times 5,4 \times 0,01}{36} = 7514575,74 \text{ [kgcm]}$$

$$Tg(\alpha_2) = \frac{1,414 \times G}{a^3 C_t} = \frac{1,414 \times 41722,66 \text{ [kg]}}{180^3 \times 5,4} = 0,00187 < 0,01 \rightarrow \text{el bloque se desliza}$$

$$M_b = G \left[0,7071 \times a - 0,5 \times \sqrt[3]{\frac{3 \times G}{C_b \times \text{tg } \alpha}} \right]$$

$$M_b = 41722,66 \times \left[0,7071 \times 180 - 0,5 \times \sqrt[3]{\frac{3 \times 41722,66}{5,4 \times 0,01}} \right]$$

$$M_b = \mathbf{2549533,01 \text{ [kgcm]}}$$

$$M_v = T \times \left(h + \frac{2}{3} \times t \right)$$

$$M_v = 1987,85 \times \left(2205 + \frac{2}{3} \times 270 \right)$$

$$M_v = \mathbf{4741022,25 \text{ [kgcm]}}$$

$$S = \frac{M_s + M_b}{M_v}$$

$$S = \frac{7514575,74 + 2549533,01}{4741022,25} = \mathbf{2,12}$$

Verificación del factor de seguridad:

$$\frac{M_s}{M_b} = \frac{7514575,74}{2549533,01} = 2,94$$

Ms/Mb	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
s	1,500	1,383	1,317	1,260	1,208	1,150	1,115	1,075	1,040	1,017	1,000

$$\frac{M_s}{M_b} > 1 \text{ se asigna: } S_{\text{tabla}} = 1$$

$$S > S_{\text{tabla}} \rightarrow \text{verifica}$$

- Verificación para la presión admisible del terreno $\sigma_{ADM} = 1,5 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

$$\sigma = \frac{G_{poste} + G_{cruc} + G_{cond} + G_{cg} + G_{aisl} + G_f}{a \times b}$$

$$\sigma = \frac{34032,11[kg]}{180[cm] \times 180[cm]} = 1,05 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma < \sigma_{adm} = 1,5 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]; \text{ la estructura no se hunde en el terreno}$$

3.4.2 Estructura de Retención Angular 90° “RA 90” Piquete N°14 (Método de SULZBERGER)

- Características del poste: **3 x 27 / 1966,6 / 3 / 39,5 – 80**
- Fuerzas máximas a las que se encuentra sometida la estructura

$$T_{x \max} = 16836,31[kg] \quad \text{Hipótesis 1B) máxima en eje x}$$

$$T_{y \max} = 3435,11[kg] \quad \text{Hipótesis 1B)}$$

$$T_{x \max} = 6851,66[kg] \quad \text{Hipótesis 1F)}$$

$$T_{y \max} = 6672,15[kg] \quad \text{Hipótesis 1F) máxima en eje y}$$

- Datos para el calculo

Parámetro	Denominación	Valor	Unidad
Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 [m]	C ₂	4	[kg/cm ³]
Coeficiente de fricción del terreno	μ	0,4	
Cantidad de postes H°A°	n	3	
Altura libre de la columna	h _l	24,3	[m]
Altura empotrada de la columna	h ₀	2,7	[m]
Diámetro columna en la base	D _{cb}	0,8	[m]
Sobre elevación de la base		0,1	[m]
Angulo de la tierra gravante	β	9	[°]
Peso específico de la tierra gravante	γ _t	1700	[kg/m ³]
Peso específico hormigón	γ _h	2200	[kg/m ³]
Peso de cada columna de H°A°	G _p	12924	[kg]
Peso de las crucetas	G _{cruc}	4750	[kg]
Peso de vínculos	G _{vinc}	4930	[kg]
Peso del conductor	G _{cond}	850	[kg]
Peso del cable de guardia	G _{cg}	90	[kg]
Peso de una cadena de aisladores	G _{aisl}	129	[kg]
Tiro en la cima	T	17183,16	[kg]
Tangente alfa	tg α	0,01	

- Dimensiones de la base

Tipo de base	Cuadrada
Disposición	Diagonal
Arista a	3,2 [m]
Arista b	3,2 [m]
Profundidad t	3,5 [m]

Cálculo del peso de la fundación:

$$\phi_{e\text{-medio}} = \frac{\phi_{\text{base}} + \phi_{\text{sup.fundación}}}{2} = \frac{80 \text{ cm} + 75,95 \text{ cm}}{2}$$

$$\phi_{e\text{-medio}} = 77,975 \text{ cm}$$

$$G_f = \left[a \times b \times (t + 0,1) - \frac{\pi \phi_{e\text{-medio}}^2}{4} \times h_0 \right] \times \gamma_h = \left[3,2 \times 3,2 \times (3,5 + 0,1) - \frac{\pi (0,7797)^2}{4} \times 2,7 \right] \times 2200$$

$$G_f = 78264,63 \text{ kg}$$

El bloque de tierra gravante tendrá forma piramidal de sección cuadrada, para calcular el peso de ésta usamos la siguiente ecuación:

$$G_{tg} = \left[\frac{X^2 h}{3} - \frac{a^2 l}{3} - a^2 t \right] \gamma_{\text{tierra}} = 21638,86 [kg]$$

Dónde:

$$\gamma_{\text{tierra}} = 1700 \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

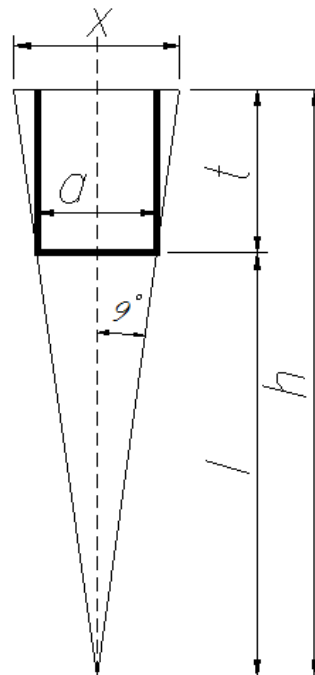
$$X = 4,28 [m] ;$$

$$h = 13,6 [m]$$

$$l = 10,1 [m]$$

$$t = 3,5 [m]$$

$$a = 3,2 [m]$$



Esquema de Fundación y Tierra Gravante.

- Peso total de toda la estructura:

$$G_{\text{total}} = G_{\text{poste}} + G_{\text{cruc}} + G_{\text{vinc}} + G_{\text{cond}} + G_{\text{cg}} + G_{\text{aisl}} + G_{\text{f}} + G_{\text{tg}}$$

$$G_{\text{total}} = 3 \times 12924 + 4750 + 4930 + 850 + 90 + 12 \times 129 + 78264,63 + 21638,86$$

$$G_{\text{total}} = 150843,49 \text{ kg}$$

- Coeficiente de compresibilidad a 3,5 [m]:

$$C_b = C_t = \frac{3,5 \text{ [m]} \times 4 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]}{2m}$$

$$C_{t \text{ 2,7m}} = 7 \left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$$

- Verificación del desplazamiento del bloque:

$$\text{Tg}(\alpha_1) = \frac{4,5 \mu G}{a t^2 C_t} = \frac{4,5 \times 0,4 \times 150843,49 \text{ [kg]}}{320[\text{cm}] \times 350^2[\text{cm}^2] \times 7} = 0,000989 < 0,01 \rightarrow \text{el bloque se desliza}$$

$$M_s = \frac{1,414 \times a \times t^3 \times C_t \times \text{Tg} \alpha}{36}$$

$$M_s = \frac{1,414 \times 320 \times 350^3 \times 7 \times 0,01}{36} = \mathbf{37722377,78 \text{ [kgcm]}}$$

$$\text{Tg}(\alpha_2) = \frac{1,414 \times G}{a^3 C_t} = \frac{1,414 \times 150843,49 \text{ [kg]}}{320^3 \times 7} = 0,000929 < 0,01 \rightarrow \text{el bloque se desliza}$$

$$M_b = G \left[0,7071 \times a - 0,5 \times \sqrt[3]{\frac{3 \times G}{C_b \times \text{tg} \alpha}} \right]$$

$$M_b = 150843,49 \times \left[0,7071 \times 320 - 0,5 \times \sqrt[3]{\frac{3 \times 150843,49}{7 \times 0,01}} \right]$$

$$M_b = \mathbf{20081544,48 \text{ [kgcm]}}$$

$$M_v = T \times \left(h + \frac{2}{3} \times t \right)$$

$$M_v = 17183,16 \times \left(2430 + \frac{2}{3} \times 350 \right)$$

$$M_v = \mathbf{45764482,8 \text{ [kgcm]}}$$

$$S = \frac{M_s + M_b}{M_v}$$

$$S = \frac{37722377,78 + 20081544,48}{45764482,8} = 1,26$$

Verificación del factor de seguridad:

$$\frac{M_s}{M_b} = \frac{37722377,78}{20081544,48} = 1,87 \rightarrow \text{como } \frac{M_s}{M_b} > 1 \text{ se asigna: } S_{\text{tabla}} = 1$$

$$S > S_{\text{tabla}} \rightarrow \text{verifica.}$$

- Verificación para la presión admisible del terreno $\sigma_{ADM} = 1,5 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

$$\sigma = \frac{G_{\text{poste}} + G_{\text{cruc}} + G_{\text{vinc}} + G_{\text{cond}} + G_{\text{cg}} + G_{\text{aisl}} + G_f}{a \times b}$$

$$\sigma = \frac{129204,63 [kg]}{320 [cm] \times 320 [cm]} = 1,26 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$\sigma < \sigma_{adm} = 1,5 \left[\frac{kg}{cm^2} \right]; \text{ la estructura no se hunde en el terreno}$$

4. Tablas de tiro y flechas del conductor del Piquete N°6 al Piquete N°14

Para el vano de 203,7 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,61	2336,06	2,72	-2,94	160,38
-3	6,54	2311,90	2,75	-2,79	160,38
-2	6,47	2288,13	2,78	-2,64	160,38
-1	6,41	2264,76	2,81	-2,50	160,38
0	6,34	2241,78	2,84	-2,35	160,38
1	6,28	2219,19	2,87	-2,21	160,38
2	6,21	2196,98	2,90	-2,06	160,38
3	6,15	2175,15	2,93	-1,92	160,38
4	6,09	2153,69	2,95	-1,77	160,38
5	6,03	2132,60	2,98	-1,63	160,38
6	5,97	2111,88	3,01	-1,48	160,38
7	5,92	2091,52	3,04	-1,33	160,38
8	5,86	2071,51	3,07	-1,18	160,38
9	5,80	2051,85	3,10	-1,04	160,38
10	5,75	2032,54	3,13	-0,90	160,38
11	5,70	2013,57	3,16	-0,75	160,38
12	5,64	1994,93	3,19	-0,61	160,38
13	5,59	1976,62	3,22	-0,46	160,38
14	5,54	1958,63	3,25	-0,32	160,38
15	5,49	1940,96	3,28	-0,17	160,38
16	5,44	1923,61	3,31	-0,03	160,38
17	5,39	1906,56	3,34	0,12	160,38
18	5,35	1889,81	3,37	0,27	160,38
19	5,30	1873,36	3,40	0,41	160,38
20	5,25	1857,20	3,43	0,56	160,38
21	5,21	1841,33	3,46	0,70	160,38
22	5,16	1825,73	3,49	0,85	160,38
23	5,12	1810,41	3,52	0,99	160,38
24	5,08	1795,36	3,54	1,14	160,38
25	5,04	1780,58	3,57	1,28	160,38
26	5,00	1766,05	3,60	1,43	160,38
27	4,96	1751,77	3,63	1,58	160,38
28	4,92	1737,75	3,66	1,72	160,38
29	4,88	1723,97	3,69	1,87	160,38
30	4,84	1710,42	3,72	2,01	160,38
31	4,80	1697,11	3,75	2,16	160,38
32	4,76	1684,03	3,78	2,30	160,38
33	4,73	1671,17	3,81	2,45	160,38
34	4,69	1658,54	3,84	2,59	160,38
35	4,66	1646,11	3,87	2,74	160,38

Para el vano de 163 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,61	2336,06	1,74	-2,94	160,38
-3	6,54	2311,90	1,76	-2,79	160,38
-2	6,47	2288,13	1,78	-2,64	160,38
-1	6,41	2264,76	1,80	-2,50	160,38
0	6,34	2241,78	1,82	-2,35	160,38
1	6,28	2219,19	1,84	-2,21	160,38
2	6,21	2196,98	1,85	-2,06	160,38
3	6,15	2175,15	1,87	-1,92	160,38
4	6,09	2153,69	1,89	-1,77	160,38
5	6,03	2132,60	1,91	-1,63	160,38
6	5,97	2111,88	1,93	-1,48	160,38
7	5,92	2091,52	1,95	-1,33	160,38
8	5,86	2071,51	1,97	-1,19	160,38
9	5,80	2051,85	1,99	-1,04	160,38
10	5,75	2032,54	2,00	-0,90	160,38
11	5,70	2013,57	2,02	-0,75	160,38
12	5,64	1994,93	2,04	-0,61	160,38
13	5,59	1976,62	2,06	-0,46	160,38
14	5,54	1958,63	2,08	-0,32	160,38
15	5,49	1940,96	2,10	-0,17	160,38
16	5,44	1923,61	2,12	-0,03	160,38
17	5,39	1906,56	2,14	0,12	160,38
18	5,35	1889,81	2,16	0,27	160,38
19	5,30	1873,36	2,18	0,41	160,38
20	5,25	1857,20	2,19	0,56	160,38
21	5,21	1841,33	2,21	0,70	160,38
22	5,16	1825,73	2,23	0,85	160,38
23	5,12	1810,41	2,25	0,99	160,38
24	5,08	1795,36	2,27	1,14	160,38
25	5,04	1780,58	2,29	1,28	160,38
26	5,00	1766,05	2,31	1,43	160,38
27	4,96	1751,77	2,33	1,58	160,38
28	4,92	1737,75	2,35	1,72	160,38
29	4,88	1723,97	2,36	1,87	160,38
30	4,84	1710,42	2,38	2,01	160,38
31	4,80	1697,11	2,40	2,16	160,38
32	4,76	1684,03	2,42	2,30	160,38
33	4,73	1671,17	2,44	2,45	160,38
34	4,69	1658,54	2,46	2,59	160,38
35	4,66	1646,11	2,48	2,74	160,38

Para el vano de 202,5 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,61	2336,06	2,69	-2,94	160,38
-3	6,54	2311,90	2,72	-2,79	160,38
-2	6,47	2288,13	2,75	-2,64	160,38
-1	6,41	2264,76	2,78	-2,50	160,38
0	6,34	2241,78	2,81	-2,35	160,38
1	6,28	2219,19	2,83	-2,21	160,38
2	6,21	2196,98	2,86	-2,06	160,38
3	6,15	2175,15	2,89	-1,92	160,38
4	6,09	2153,69	2,92	-1,77	160,38
5	6,03	2132,60	2,95	-1,63	160,38
6	5,97	2111,88	2,98	-1,48	160,38
7	5,92	2091,52	3,01	-1,33	160,38
8	5,86	2071,51	3,04	-1,19	160,38
9	5,80	2051,85	3,07	-1,04	160,38
10	5,75	2032,54	3,09	-0,90	160,38
11	5,70	2013,57	3,12	-0,75	160,38
12	5,64	1994,93	3,15	-0,61	160,38
13	5,59	1976,62	3,18	-0,46	160,38
14	5,54	1958,63	3,21	-0,32	160,38
15	5,49	1940,96	3,24	-0,17	160,38
16	5,44	1923,61	3,27	-0,03	160,38
17	5,39	1906,56	3,30	0,12	160,38
18	5,35	1889,81	3,33	0,27	160,38
19	5,30	1873,36	3,36	0,41	160,38
20	5,25	1857,20	3,39	0,56	160,38
21	5,21	1841,33	3,42	0,70	160,38
22	5,16	1825,73	3,44	0,85	160,38
23	5,12	1810,41	3,47	0,99	160,38
24	5,08	1795,36	3,50	1,14	160,38
25	5,04	1780,58	3,53	1,28	160,38
26	5,00	1766,05	3,56	1,43	160,38
27	4,96	1751,77	3,59	1,58	160,38
28	4,92	1737,75	3,62	1,72	160,38
29	4,88	1723,97	3,65	1,87	160,38
30	4,84	1710,42	3,68	2,01	160,38
31	4,80	1697,11	3,71	2,16	160,38
32	4,76	1684,03	3,73	2,30	160,38
33	4,73	1671,17	3,76	2,45	160,38
34	4,69	1658,54	3,79	2,59	160,38
35	4,66	1646,11	3,82	2,74	160,38

Para el vano de 160,6 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,61	2336,06	1,69	-2,94	160,38
-3	6,54	2311,90	1,71	-2,79	160,38
-2	6,47	2288,13	1,73	-2,64	160,38
-1	6,41	2264,76	1,75	-2,50	160,38
0	6,34	2241,78	1,76	-2,35	160,38
1	6,28	2219,19	1,78	-2,21	160,38
2	6,21	2196,98	1,80	-2,06	160,38
3	6,15	2175,15	1,82	-1,92	160,38
4	6,09	2153,69	1,84	-1,77	160,38
5	6,03	2132,60	1,85	-1,63	160,38
6	5,97	2111,88	1,87	-1,48	160,38
7	5,92	2091,52	1,89	-1,33	160,38
8	5,86	2071,51	1,91	-1,19	160,38
9	5,80	2051,85	1,93	-1,04	160,38
10	5,75	2032,54	1,95	-0,90	160,38
11	5,70	2013,57	1,96	-0,75	160,38
12	5,64	1994,93	1,98	-0,61	160,38
13	5,59	1976,62	2,00	-0,46	160,38
14	5,54	1958,63	2,02	-0,32	160,38
15	5,49	1940,96	2,04	-0,17	160,38
16	5,44	1923,61	2,06	-0,03	160,38
17	5,39	1906,56	2,07	0,12	160,38
18	5,35	1889,81	2,09	0,27	160,38
19	5,30	1873,36	2,11	0,41	160,38
20	5,25	1857,20	2,13	0,56	160,38
21	5,21	1841,33	2,15	0,70	160,38
22	5,16	1825,73	2,17	0,85	160,38
23	5,12	1810,41	2,19	0,99	160,38
24	5,08	1795,36	2,20	1,14	160,38
25	5,04	1780,58	2,22	1,28	160,38
26	5,00	1766,05	2,24	1,43	160,38
27	4,96	1751,77	2,26	1,58	160,38
28	4,92	1737,75	2,28	1,72	160,38
29	4,88	1723,97	2,29	1,87	160,38
30	4,84	1710,42	2,31	2,01	160,38
31	4,80	1697,11	2,33	2,16	160,38
32	4,76	1684,03	2,35	2,30	160,38
33	4,73	1671,17	2,37	2,45	160,38
34	4,69	1658,54	2,39	2,59	160,38
35	4,66	1646,11	2,40	2,74	160,38

Para el vano de 203 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,61	2336,06	2,71	-2,94	160,38
-3	6,54	2311,90	2,73	-2,79	160,38
-2	6,47	2288,13	2,76	-2,64	160,38
-1	6,41	2264,76	2,79	-2,50	160,38
0	6,34	2241,78	2,82	-2,35	160,38
1	6,28	2219,19	2,85	-2,21	160,38
2	6,21	2196,98	2,88	-2,06	160,38
3	6,15	2175,15	2,91	-1,92	160,38
4	6,09	2153,69	2,93	-1,77	160,38
5	6,03	2132,60	2,96	-1,63	160,38
6	5,97	2111,88	2,99	-1,48	160,38
7	5,92	2091,52	3,02	-1,33	160,38
8	5,86	2071,51	3,05	-1,19	160,38
9	5,80	2051,85	3,08	-1,04	160,38
10	5,75	2032,54	3,11	-0,90	160,38
11	5,70	2013,57	3,14	-0,75	160,38
12	5,64	1994,93	3,17	-0,61	160,38
13	5,59	1976,62	3,20	-0,46	160,38
14	5,54	1958,63	3,23	-0,32	160,38
15	5,49	1940,96	3,26	-0,17	160,38
16	5,44	1923,61	3,29	-0,03	160,38
17	5,39	1906,56	3,32	0,12	160,38
18	5,35	1889,81	3,34	0,27	160,38
19	5,30	1873,36	3,37	0,41	160,38
20	5,25	1857,20	3,40	0,56	160,38
21	5,21	1841,33	3,43	0,70	160,38
22	5,16	1825,73	3,46	0,85	160,38
23	5,12	1810,41	3,49	0,99	160,38
24	5,08	1795,36	3,52	1,14	160,38
25	5,04	1780,58	3,55	1,28	160,38
26	5,00	1766,05	3,58	1,43	160,38
27	4,96	1751,77	3,61	1,58	160,38
28	4,92	1737,75	3,64	1,72	160,38
29	4,88	1723,97	3,67	1,87	160,38
30	4,84	1710,42	3,70	2,01	160,38
31	4,80	1697,11	3,72	2,16	160,38
32	4,76	1684,03	3,75	2,30	160,38
33	4,73	1671,17	3,78	2,45	160,38
34	4,69	1658,54	3,81	2,59	160,38
35	4,66	1646,11	3,84	2,74	160,38

4.1. Tabla de tiro y flecha para el cable de guardia del Piquete N°6 al Piquete N°14.

Para el vano de 203,7 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	16,25	1674,03	2,11	-12,29	1046,18
-3	16,13	1661,46	2,13	-12,11	1046,18
-2	16,01	1648,98	2,15	-11,93	1046,18
-1	15,89	1636,60	2,16	-11,75	1046,18
0	15,77	1624,32	2,18	-11,56	1046,18
1	15,65	1612,13	2,19	-11,38	1046,18
2	15,53	1600,04	2,21	-11,20	1046,18
3	15,42	1588,04	2,23	-11,02	1046,18
4	15,30	1576,15	2,24	-10,83	1046,18
5	15,19	1564,35	2,26	-10,65	1046,18
6	15,07	1552,65	2,28	-10,47	1046,18
7	14,96	1541,05	2,30	-10,29	1046,18
8	14,85	1529,55	2,31	-10,10	1046,18
9	14,74	1518,15	2,33	-9,92	1046,18
10	14,63	1506,85	2,35	-9,74	1046,18
11	14,52	1495,65	2,37	-9,56	1046,18
12	14,41	1484,56	2,38	-9,38	1046,18
13	14,31	1473,56	2,40	-9,19	1046,18
14	14,20	1462,67	2,42	-9,01	1046,18
15	14,10	1451,88	2,44	-8,83	1046,18
16	13,99	1441,19	2,45	-8,65	1046,18
17	13,89	1430,60	2,47	-8,47	1046,18
18	13,79	1420,11	2,49	-8,28	1046,18
19	13,69	1409,73	2,51	-8,10	1046,18
20	13,59	1399,45	2,53	-7,92	1046,18
21	13,49	1389,27	2,55	-7,74	1046,18
22	13,39	1379,19	2,56	-7,56	1046,18
23	13,29	1369,21	2,58	-7,37	1046,18
24	13,20	1359,34	2,60	-7,19	1046,18
25	13,10	1349,57	2,62	-7,01	1046,18
26	13,01	1339,90	2,64	-6,83	1046,18
27	12,92	1330,33	2,66	-6,64	1046,18
28	12,82	1320,86	2,68	-6,46	1046,18
29	12,73	1311,49	2,70	-6,28	1046,18
30	12,64	1302,22	2,72	-6,10	1046,18
31	12,55	1293,05	2,74	-5,92	1046,18
32	12,47	1283,98	2,75	-5,73	1046,18
33	12,38	1275,00	2,77	-5,55	1046,18
34	12,29	1266,13	2,79	-5,37	1046,18
35	12,21	1257,35	2,81	-5,18	1046,18

Para el vano de 163 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	16,25	1674,03	1,35	-12,29	1046,18
-3	16,13	1661,46	1,36	-12,11	1046,18
-2	16,01	1648,98	1,37	-11,93	1046,18
-1	15,89	1636,60	1,38	-11,75	1046,18
0	15,77	1624,32	1,39	-11,56	1046,18
1	15,65	1612,13	1,40	-11,38	1046,18
2	15,53	1600,04	1,42	-11,20	1046,18
3	15,42	1588,04	1,43	-11,02	1046,18
4	15,30	1576,15	1,44	-10,83	1046,18
5	15,19	1564,35	1,45	-10,65	1046,18
6	15,07	1552,65	1,46	-10,47	1046,18
7	14,96	1541,05	1,47	-10,29	1046,18
8	14,85	1529,55	1,48	-10,11	1046,18
9	14,74	1518,15	1,49	-9,92	1046,18
10	14,63	1506,85	1,50	-9,74	1046,18
11	14,52	1495,65	1,51	-9,56	1046,18
12	14,41	1484,56	1,53	-9,38	1046,18
13	14,31	1473,56	1,54	-9,19	1046,18
14	14,20	1462,67	1,55	-9,01	1046,18
15	14,10	1451,88	1,56	-8,83	1046,18
16	13,99	1441,19	1,57	-8,65	1046,18
17	13,89	1430,60	1,58	-8,47	1046,18
18	13,79	1420,11	1,59	-8,28	1046,18
19	13,69	1409,73	1,61	-8,10	1046,18
20	13,59	1399,45	1,62	-7,92	1046,18
21	13,49	1389,27	1,63	-7,74	1046,18
22	13,39	1379,19	1,64	-7,56	1046,18
23	13,29	1369,21	1,65	-7,37	1046,18
24	13,20	1359,34	1,67	-7,19	1046,18
25	13,10	1349,57	1,68	-7,01	1046,18
26	13,01	1339,90	1,69	-6,83	1046,18
27	12,92	1330,33	1,70	-6,64	1046,18
28	12,82	1320,86	1,71	-6,46	1046,18
29	12,73	1311,49	1,73	-6,28	1046,18
30	12,64	1302,22	1,74	-6,10	1046,18
31	12,55	1293,05	1,75	-5,92	1046,18
32	12,47	1283,98	1,76	-5,73	1046,18
33	12,38	1275,00	1,78	-5,55	1046,18
34	12,29	1266,13	1,79	-5,37	1046,18
35	12,21	1257,35	1,80	-5,19	1046,18

Para el vano de 202,5 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	16,25	1674,03	2,09	-12,29	1046,18
-3	16,13	1661,46	2,10	-12,11	1046,18
-2	16,01	1648,98	2,12	-11,93	1046,18
-1	15,89	1636,60	2,14	-11,75	1046,18
0	15,77	1624,32	2,15	-11,56	1046,18
1	15,65	1612,13	2,17	-11,38	1046,18
2	15,53	1600,04	2,18	-11,20	1046,18
3	15,42	1588,04	2,20	-11,02	1046,18
4	15,30	1576,15	2,22	-10,83	1046,18
5	15,19	1564,35	2,23	-10,65	1046,18
6	15,07	1552,65	2,25	-10,47	1046,18
7	14,96	1541,05	2,27	-10,29	1046,18
8	14,85	1529,55	2,29	-10,11	1046,18
9	14,74	1518,15	2,30	-9,92	1046,18
10	14,63	1506,85	2,32	-9,74	1046,18
11	14,52	1495,65	2,34	-9,56	1046,18
12	14,41	1484,56	2,35	-9,38	1046,18
13	14,31	1473,56	2,37	-9,19	1046,18
14	14,20	1462,67	2,39	-9,01	1046,18
15	14,10	1451,88	2,41	-8,83	1046,18
16	13,99	1441,19	2,43	-8,65	1046,18
17	13,89	1430,60	2,44	-8,47	1046,18
18	13,79	1420,11	2,46	-8,28	1046,18
19	13,69	1409,73	2,48	-8,10	1046,18
20	13,59	1399,45	2,50	-7,92	1046,18
21	13,49	1389,27	2,52	-7,74	1046,18
22	13,39	1379,19	2,53	-7,56	1046,18
23	13,29	1369,21	2,55	-7,37	1046,18
24	13,20	1359,34	2,57	-7,19	1046,18
25	13,10	1349,57	2,59	-7,01	1046,18
26	13,01	1339,90	2,61	-6,83	1046,18
27	12,92	1330,33	2,63	-6,64	1046,18
28	12,82	1320,86	2,65	-6,46	1046,18
29	12,73	1311,49	2,67	-6,28	1046,18
30	12,64	1302,22	2,68	-6,10	1046,18
31	12,55	1293,05	2,70	-5,92	1046,18
32	12,47	1283,98	2,72	-5,73	1046,18
33	12,38	1275,00	2,74	-5,55	1046,18
34	12,29	1266,13	2,76	-5,37	1046,18
35	12,21	1257,35	2,78	-5,19	1046,18

Para el vano de 160,6 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	16,25	1674,03	1,31	-12,29	1046,18
-3	16,13	1661,46	1,32	-12,11	1046,18
-2	16,01	1648,98	1,33	-11,93	1046,18
-1	15,89	1636,60	1,34	-11,75	1046,18
0	15,77	1624,32	1,35	-11,56	1046,18
1	15,65	1612,13	1,36	-11,38	1046,18
2	15,53	1600,04	1,37	-11,20	1046,18
3	15,42	1588,04	1,38	-11,02	1046,18
4	15,30	1576,15	1,40	-10,83	1046,18
5	15,19	1564,35	1,41	-10,65	1046,18
6	15,07	1552,65	1,42	-10,47	1046,18
7	14,96	1541,05	1,43	-10,29	1046,18
8	14,85	1529,55	1,44	-10,11	1046,18
9	14,74	1518,15	1,45	-9,92	1046,18
10	14,63	1506,85	1,46	-9,74	1046,18
11	14,52	1495,65	1,47	-9,56	1046,18
12	14,41	1484,56	1,48	-9,38	1046,18
13	14,31	1473,56	1,49	-9,19	1046,18
14	14,20	1462,67	1,50	-9,01	1046,18
15	14,10	1451,88	1,51	-8,83	1046,18
16	13,99	1441,19	1,53	-8,65	1046,18
17	13,89	1430,60	1,54	-8,47	1046,18
18	13,79	1420,11	1,55	-8,28	1046,18
19	13,69	1409,73	1,56	-8,10	1046,18
20	13,59	1399,45	1,57	-7,92	1046,18
21	13,49	1389,27	1,58	-7,74	1046,18
22	13,39	1379,19	1,59	-7,56	1046,18
23	13,29	1369,21	1,61	-7,37	1046,18
24	13,20	1359,34	1,62	-7,19	1046,18
25	13,10	1349,57	1,63	-7,01	1046,18
26	13,01	1339,90	1,64	-6,83	1046,18
27	12,92	1330,33	1,65	-6,64	1046,18
28	12,82	1320,86	1,66	-6,46	1046,18
29	12,73	1311,49	1,68	-6,28	1046,18
30	12,64	1302,22	1,69	-6,10	1046,18
31	12,55	1293,05	1,70	-5,92	1046,18
32	12,47	1283,98	1,71	-5,73	1046,18
33	12,38	1275,00	1,72	-5,55	1046,18
34	12,29	1266,13	1,74	-5,37	1046,18
35	12,21	1257,35	1,75	-5,19	1046,18

Para el vano de 203 [m]:

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	16,25	1674,03	2,10	-12,29	1046,18
-3	16,13	1661,46	2,11	-12,11	1046,18
-2	16,01	1648,98	2,13	-11,93	1046,18
-1	15,89	1636,60	2,15	-11,75	1046,18
0	15,77	1624,32	2,16	-11,56	1046,18
1	15,65	1612,13	2,18	-11,38	1046,18
2	15,53	1600,04	2,20	-11,20	1046,18
3	15,42	1588,04	2,21	-11,02	1046,18
4	15,30	1576,15	2,23	-10,83	1046,18
5	15,19	1564,35	2,25	-10,65	1046,18
6	15,07	1552,65	2,26	-10,47	1046,18
7	14,96	1541,05	2,28	-10,29	1046,18
8	14,85	1529,55	2,30	-10,11	1046,18
9	14,74	1518,15	2,31	-9,92	1046,18
10	14,63	1506,85	2,33	-9,74	1046,18
11	14,52	1495,65	2,35	-9,56	1046,18
12	14,41	1484,56	2,37	-9,38	1046,18
13	14,31	1473,56	2,38	-9,19	1046,18
14	14,20	1462,67	2,40	-9,01	1046,18
15	14,10	1451,88	2,42	-8,83	1046,18
16	13,99	1441,19	2,44	-8,65	1046,18
17	13,89	1430,60	2,46	-8,47	1046,18
18	13,79	1420,11	2,47	-8,28	1046,18
19	13,69	1409,73	2,49	-8,10	1046,18
20	13,59	1399,45	2,51	-7,92	1046,18
21	13,49	1389,27	2,53	-7,74	1046,18
22	13,39	1379,19	2,55	-7,56	1046,18
23	13,29	1369,21	2,57	-7,37	1046,18
24	13,20	1359,34	2,58	-7,19	1046,18
25	13,10	1349,57	2,60	-7,01	1046,18
26	13,01	1339,90	2,62	-6,83	1046,18
27	12,92	1330,33	2,64	-6,64	1046,18
28	12,82	1320,86	2,66	-6,46	1046,18
29	12,73	1311,49	2,68	-6,28	1046,18
30	12,64	1302,22	2,70	-6,10	1046,18
31	12,55	1293,05	2,72	-5,92	1046,18
32	12,47	1283,98	2,74	-5,73	1046,18
33	12,38	1275,00	2,76	-5,55	1046,18
34	12,29	1266,13	2,77	-5,37	1046,18
35	12,21	1257,35	2,79	-5,19	1046,18

4.2.1. Cálculo mecánico de la CTLC al Piquete N°1 $\rightarrow v_{CTLC-1} = 40[m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
4	-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	1,21	428,05	3,01	6,18	0,57	0	0,57
2	7,79	2752,23	-5,00	6,18	0,09	0	0,09
3	2,72	960,45	-0,63	15,40	0,26	0,31	0,40
4	4,06	1435,94	-2,81	20,59	0,31	0,06	0,31
5	2,20	777,70	-0,92	6,18	0,32	0	0,32

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	3,56	366,22	-0,36	40,34	0,37	0	0,37
2	11,65	1200,46	-10,38	40,34	0,11	0	0,11
3	7,11	732,33	-4,92	110,75	0,19	0,25	0,31
4	9,48	976,61	-7,65	164,49	0,28	0,06	0,28
5	6,30	648,90	-5,28	40,34	0,21	0	0,21

La flecha del cable de guardia, en ninguno de los cinco estados, es mayor que el 90% de la flecha del conductor.

Flecha del cable guardia [m]	Flecha al 90% del conductor [m]
0,37	0,52
0,11	0,08
0,19	0,23
0,28	0,28
0,21	0,28

4.2.2. Cálculo mecánico del Piquete N°1 al Piquete N°2 $\rightarrow v_{1-2} = 158,12[m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
4	-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	4,37	1544,86	0,69	96,64	2,48	0	2,48
2	8,62	3045,76	-7,31	96,64	1,26	0	1,26
3	7,37	2606,57	-2,95	240,60	1,47	1,80	2,32
4	9,06	3201,07	-5,13	321,77	2,15	0,39	2,19
5	5,96	2106,86	-3,24	96,64	1,82	0	1,82

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	12,27	1264,28	-8,09	630,37	1,69	0	1,69
2	19,73	2032,22	-18,11	630,37	1,05	0	1,05
3	17,99	1853,13	-12,65	1730,57	1,15	1,52	1,91
4	21,13	2176,73	-15,38	2570,33	1,93	0,43	1,98
5	15,60	1606,80	-13,01	630,37	1,33	0	1,33

La flecha del cable de guardia, en ninguno de los cinco estados, es mayor que el 90% de la flecha del conductor.

Flecha del cable guardia [m]	Flecha al 90% del conductor [m]
1,69	2,23
1,05	1,13
1,15	1,32
1,93	1,94
1,33	1,64

4.2.3. Cálculo mecánico del Piquete N°2 al Piquete N°3 $\rightarrow v_{2-3} = 221,33[m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4398	1,8917	0,00535
4	-5	50	10	2,2025	0,3869	2,2362	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	4,74	1674,68	3,70	189,35	4,49	0	4,49
2	7,59	2683,36	-4,30	189,35	2,80	0	2,80
3	7,64	2701,90	0,06	450,10	2,78	3,26	4,29
4	9,34	3300,47	-2,12	628,92	4,09	0,72	4,15
5	5,82	2057,37	-0,23	189,35	3,65	0	3,65

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	12,23	1259,85	-3,98	1235,11	3,31	0	3,31
2	17,87	1840,19	-14,00	1235,11	2,27	0	2,27
3	18,47	1902,42	-8,53	3390,76	2,20	2,90	3,64
4	21,83	2248,57	-11,26	5036,11	3,66	0,82	3,75
5	14,65	1508,95	-8,90	1235,11	2,77	0	2,77

La flecha del cable de guardia, en ninguno de los cinco estados, es mayor que el 90% de la flecha del conductor.

Flecha del cable guardia [m]	Flecha al 90% del conductor [m]
3,31	4,04
2,27	2,52
2,20	2,50
3,66	3,68
2,77	3,29

4.2.4. Cálculo mecánico del Piquete N°3 al Piquete N°4 $\rightarrow v_{3-4} = 49[m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
4	-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	1,52	537,01	2,50	9,28	0,69	0	0,69
2	7,59	2683,53	-5,50	9,28	0,14	0	0,14
3	3,28	1160,03	-1,14	23,11	0,32	0,39	0,50
4	4,71	1665,37	-3,32	30,90	0,40	0,07	0,40
5	2,70	954,45	-1,43	9,28	0,39	0	0,39

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	4,61	474,76	-1,76	60,54	0,43	0	0,43
2	3,82	393,58	-11,78	60,54	0,52	0	0,52
3	8,57	883,21	-6,31	166,19	0,23	0,31	0,38
4	11,06	1139,58	-9,05	246,84	0,35	0,08	0,36
5	7,70	793,10	-6,68	60,54	0,26	0	0,26

La flecha del cable de guardia, en ninguno de los cinco estados, es mayor que el 90% de la flecha del conductor.

Flecha del cable guardia [m]	Flecha al 90% del conductor [m]
0,43	0,62
0,52	0,12
0,23	0,29
0,35	0,36
0,26	0,35

4.2.5. Cálculo mecánico del Piquete N°4 al Piquete N°5 $\rightarrow v_{4-5} = 48[m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
4	-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	0,75	263,71	15,26	8,91	1,34	0	1,34
2	1,04	366,25	7,25	8,91	0,96	0	0,96
3	1,31	462,94	11,62	22,17	0,76	0,93	1,20
4	1,64	578,50	9,44	29,65	1,10	0,20	1,11
5	0,85	302,24	11,33	8,91	1,17	0	1,17

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	1,42	146,66	27,23	58,09	1,34	0	1,34
2	1,75	180,13	17,21	58,09	1,09	0	1,09
3	2,52	259,16	22,67	159,48	0,76	1,00	1,26
4	3,20	329,53	19,94	236,86	1,17	0,26	1,20
5	1,56	160,59	22,31	58,09	1,22	0	1,22

La flecha del cable de guardia OPGW máxima en el estado N°1, es igual a la flecha máxima al estado N°1 de conductor, se debe, al cruce de LAT 2x132kV Loma la Lata – El Trapial, el cruce se realiza a través de pórtico, se supone que la protección de sobretensiones de origen atmosférico es por el cable de guardia de la línea existente Loma la Lata – El Trapial

4.2.6. Cálculo mecánico del Piquete N°5 al Piquete N°6 $\rightarrow v_{5-6} = 165 [m]$

Tablas de conductores:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			1,2270		1,2270	0,00347
2	-20			1,2270		1,2270	0,00347
3	10	130		1,2270	1,4976	1,9360	0,00548
4	-5	50	10	2,2025	0,4024	2,2389	0,00633
5	8			1,2270		1,2270	0,00347

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	4,42	1561,93	0,97	105,23	2,67	0	2,67
2	8,49	3001,81	-7,03	105,23	1,39	0	1,39
3	7,42	2623,77	-2,67	262,00	1,59	1,94	2,51
4	9,09	3213,29	-4,85	350,38	2,33	0,43	2,37
5	5,94	2099,79	-2,96	105,23	1,99	0	1,99

Tablas de cable de guardia:

Carga específica:

Estado N°	Temp. [°C]	Viento [km/h]	Hielo [mm]	gv [kg/m]	gh [kg/m]	g [kg/m]	w [kg/m mm ²]
1	35			0,6820		0,6820	0,00662
2	-20			0,6820		0,6820	0,00662
3	10	130		0,6820	0,9010	1,1300	0,01097
4	-5	50	10	1,3436	0,3020	1,3771	0,01337
5	8			0,6820		0,6820	0,00662

Tensión, tiro, valores de A y B, flecha:

Estado N°	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	A [kg/mm ²]	B [kg ³ /mm ⁶]	Flechas [m]		
					Vertical	Horiz.	Result.
1	12,20	1256,51	-7,59	686,42	1,85	0	1,85
2	19,43	2000,86	-17,61	686,42	1,16	0	1,16
3	17,97	1851,34	-12,14	1884,45	1,25	1,66	2,08
4	21,14	2177,22	-14,87	2798,87	2,10	0,47	2,15
5	15,40	1586,20	-12,51	686,42	1,46	0	1,46

La flecha del cable de guardia, en ninguno de los cinco estados, es mayor que el 90% de la flecha del conductor.

Flecha del cable guardia [m]	Flecha al 90% del conductor [m]
1,85	2,41
1,16	1,25
1,25	1,43
2,10	2,10
1,46	1,79

5. Tablas de tendido de la CTLC al Piquete N°1

Conductor principal – CTLC al Piquete N°1 $\rightarrow v_{CTLC-1} = 40[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	3,25	1149,93	0,21	-2,67	6,18
-3	3,15	1112,59	0,22	-2,52	6,18
-2	3,04	1076,29	0,23	-2,38	6,18
-1	2,95	1041,07	0,24	-2,23	6,18
0	2,85	1006,98	0,24	-2,09	6,18
1	2,76	974,06	0,25	-1,94	6,18
2	2,67	942,33	0,26	-1,80	6,18
3	2,58	911,82	0,27	-1,65	6,18
4	2,50	882,54	0,28	-1,50	6,18
5	2,42	854,49	0,29	-1,36	6,18
6	2,34	827,68	0,30	-1,21	6,18
7	2,27	802,09	0,31	-1,07	6,18
8	2,20	777,70	0,32	-0,92	6,18
9	2,13	754,48	0,33	-0,78	6,18
10	2,07	732,41	0,34	-0,63	6,18
11	2,01	711,43	0,34	-0,49	6,18
12	1,96	691,52	0,35	-0,34	6,18
13	1,90	672,63	0,36	-0,19	6,18
14	1,85	654,70	0,37	-0,05	6,18
15	1,80	637,70	0,38	0,10	6,18
16	1,76	621,57	0,39	0,24	6,18
17	1,72	606,27	0,40	0,39	6,18
18	1,67	591,75	0,41	0,53	6,18
19	1,63	577,96	0,42	0,68	6,18
20	1,60	564,87	0,43	0,82	6,18
21	1,56	552,43	0,44	0,97	6,18
22	1,53	540,60	0,45	1,12	6,18
23	1,50	529,34	0,46	1,26	6,18
24	1,47	518,62	0,47	1,41	6,18
25	1,44	508,40	0,48	1,55	6,18
26	1,41	498,66	0,49	1,70	6,18
27	1,38	489,36	0,50	1,84	6,18
28	1,36	480,48	0,51	1,99	6,18
29	1,34	471,99	0,52	2,13	6,18
30	1,31	463,87	0,53	2,28	6,18
31	1,29	456,09	0,54	2,42	6,18
32	1,27	448,64	0,55	2,57	6,18
33	1,25	441,49	0,56	2,72	6,18
34	1,23	434,63	0,56	2,86	6,18
35	1,21	428,05	0,57	3,01	6,18

Cable de guardia - CTLC al Piquete N°1 $\rightarrow v_{CTLC-1} = 40[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	8,09	832,93	0,16	-7,47	40,34
-3	7,93	816,72	0,17	-7,29	40,34
-2	7,77	800,63	0,17	-7,11	40,34
-1	7,62	784,69	0,17	-6,92	40,34
0	7,47	768,90	0,18	-6,74	40,34
1	7,31	753,26	0,18	-6,56	40,34
2	7,16	737,79	0,18	-6,38	40,34
3	7,01	722,49	0,19	-6,19	40,34
4	6,87	707,37	0,19	-6,01	40,34
5	6,72	692,44	0,20	-5,83	40,34
6	6,58	677,72	0,20	-5,65	40,34
7	6,44	663,20	0,21	-5,47	40,34
8	6,30	648,90	0,21	-5,28	40,34
9	6,16	634,83	0,21	-5,10	40,34
10	6,03	620,99	0,22	-4,92	40,34
11	5,90	607,40	0,22	-4,74	40,34
12	5,77	594,06	0,23	-4,55	40,34
13	5,64	580,98	0,23	-4,37	40,34
14	5,52	568,17	0,24	-4,19	40,34
15	5,39	555,64	0,25	-4,01	40,34
16	5,28	543,38	0,25	-3,83	40,34
17	5,16	531,42	0,26	-3,64	40,34
18	5,05	519,74	0,26	-3,46	40,34
19	4,94	508,36	0,27	-3,28	40,34
20	4,83	497,29	0,27	-3,10	40,34
21	4,72	486,51	0,28	-2,92	40,34
22	4,62	476,03	0,29	-2,73	40,34
23	4,52	465,85	0,29	-2,55	40,34
24	4,43	455,98	0,30	-2,37	40,34
25	4,33	446,41	0,31	-2,19	40,34
26	4,24	437,13	0,31	-2,00	40,34
27	4,16	428,15	0,32	-1,82	40,34
28	4,07	419,45	0,33	-1,64	40,34
29	3,99	411,04	0,33	-1,46	40,34
30	3,91	402,91	0,34	-1,28	40,34
31	3,84	395,06	0,35	-1,09	40,34
32	3,76	387,47	0,35	-0,91	40,34
33	3,69	380,14	0,36	-0,73	40,34
34	3,62	373,06	0,37	-0,55	40,34
35	3,56	366,22	0,37	-0,36	40,34

Conductor principal - Piquete N°1 al Piquete N°2 → $v_{1-2} = 158,12[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,97	2465,02	1,56	-4,99	96,64
-3	6,88	2432,49	1,58	-4,84	96,64
-2	6,79	2400,44	1,60	-4,69	96,64
-1	6,70	2368,88	1,62	-4,55	96,64
0	6,61	2337,79	1,64	-4,40	96,64
1	6,53	2307,20	1,66	-4,26	96,64
2	6,44	2277,10	1,68	-4,11	96,64
3	6,36	2247,49	1,71	-3,97	96,64
4	6,28	2218,38	1,73	-3,82	96,64
5	6,19	2189,76	1,75	-3,68	96,64
6	6,11	2161,63	1,77	-3,53	96,64
7	6,04	2134,00	1,80	-3,38	96,64
8	5,96	2106,86	1,82	-3,24	96,64
9	5,88	2080,21	1,84	-3,09	96,64
10	5,81	2054,05	1,87	-2,95	96,64
11	5,74	2028,38	1,89	-2,80	96,64
12	5,67	2003,20	1,91	-2,66	96,64
13	5,60	1978,49	1,94	-2,51	96,64
14	5,53	1954,26	1,96	-2,37	96,64
15	5,46	1930,50	1,99	-2,22	96,64
16	5,40	1907,20	2,01	-2,08	96,64
17	5,33	1884,37	2,03	-1,93	96,64
18	5,27	1862,00	2,06	-1,78	96,64
19	5,21	1840,07	2,08	-1,64	96,64
20	5,14	1818,59	2,11	-1,49	96,64
21	5,08	1797,54	2,13	-1,35	96,64
22	5,03	1776,93	2,16	-1,20	96,64
23	4,97	1756,74	2,18	-1,06	96,64
24	4,91	1736,97	2,21	-0,91	96,64
25	4,86	1717,61	2,23	-0,77	96,64
26	4,81	1698,65	2,26	-0,62	96,64
27	4,75	1680,08	2,28	-0,47	96,64
28	4,70	1661,90	2,31	-0,33	96,64
29	4,65	1644,10	2,33	-0,18	96,64
30	4,60	1626,68	2,36	-0,04	96,64
31	4,55	1609,62	2,38	0,11	96,64
32	4,51	1592,91	2,41	0,25	96,64
33	4,46	1576,56	2,43	0,40	96,64
34	4,41	1560,54	2,46	0,54	96,64
35	4,37	1544,86	2,48	0,69	96,64

Cable de guardia - Piquete N°1 al Piquete N°2 → $v_{1-2} = 158,12[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	17,30	1782,08	1,20	-15,20	630,37
-3	17,16	1767,03	1,21	-15,01	630,37
-2	17,01	1752,05	1,22	-14,83	630,37
-1	16,87	1737,15	1,23	-14,65	630,37
0	16,72	1722,33	1,24	-14,47	630,37
1	16,58	1707,59	1,25	-14,29	630,37
2	16,44	1692,93	1,26	-14,10	630,37
3	16,29	1678,36	1,27	-13,92	630,37
4	16,15	1663,87	1,28	-13,74	630,37
5	16,01	1649,47	1,29	-13,56	630,37
6	15,88	1635,16	1,30	-13,37	630,37
7	15,74	1620,93	1,31	-13,19	630,37
8	15,60	1606,80	1,33	-13,01	630,37
9	15,46	1592,76	1,34	-12,83	630,37
10	15,33	1578,81	1,35	-12,65	630,37
11	15,19	1564,96	1,36	-12,46	630,37
12	15,06	1551,21	1,37	-12,28	630,37
13	14,93	1537,55	1,39	-12,10	630,37
14	14,80	1523,99	1,40	-11,92	630,37
15	14,67	1510,53	1,41	-11,73	630,37
16	14,54	1497,18	1,42	-11,55	630,37
17	14,41	1483,93	1,44	-11,37	630,37
18	14,28	1470,78	1,45	-11,19	630,37
19	14,15	1457,74	1,46	-11,01	630,37
20	14,03	1444,80	1,48	-10,82	630,37
21	13,90	1431,97	1,49	-10,64	630,37
22	13,78	1419,26	1,50	-10,46	630,37
23	13,66	1406,65	1,52	-10,28	630,37
24	13,54	1394,15	1,53	-10,09	630,37
25	13,42	1381,77	1,54	-9,91	630,37
26	13,30	1369,50	1,56	-9,73	630,37
27	13,18	1357,34	1,57	-9,55	630,37
28	13,06	1345,30	1,58	-9,37	630,37
29	12,95	1333,37	1,60	-9,18	630,37
30	12,83	1321,56	1,61	-9,00	630,37
31	12,72	1309,87	1,63	-8,82	630,37
32	12,60	1298,30	1,64	-8,64	630,37
33	12,49	1286,84	1,66	-8,46	630,37
34	12,38	1275,50	1,67	-8,27	630,37
35	12,27	1264,28	1,69	-8,09	630,37

Conductor principal - Piquete N°2 al Piquete N°3 $\rightarrow v_{2-3} = 221,33[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,48	2291,51	3,28	-1,98	189,35
-3	6,42	2270,16	3,31	-1,83	189,35
-2	6,36	2249,17	3,34	-1,69	189,35
-1	6,30	2228,51	3,37	-1,54	189,35
0	6,25	2208,20	3,40	-1,39	189,35
1	6,19	2188,22	3,43	-1,25	189,35
2	6,13	2168,57	3,46	-1,10	189,35
3	6,08	2149,25	3,50	-0,96	189,35
4	6,03	2130,25	3,53	-0,81	189,35
5	5,97	2111,57	3,56	-0,67	189,35
6	5,92	2093,20	3,59	-0,52	189,35
7	5,87	2075,13	3,62	-0,38	189,35
8	5,82	2057,37	3,65	-0,23	189,35
9	5,77	2039,91	3,68	-0,08	189,35
10	5,72	2022,73	3,71	0,06	189,35
11	5,67	2005,85	3,75	0,21	189,35
12	5,63	1989,25	3,78	0,35	189,35
13	5,58	1972,93	3,81	0,50	189,35
14	5,54	1956,88	3,84	0,64	189,35
15	5,49	1941,09	3,87	0,79	189,35
16	5,45	1925,58	3,90	0,93	189,35
17	5,40	1910,32	3,93	1,08	189,35
18	5,36	1895,31	3,96	1,23	189,35
19	5,32	1880,55	4,00	1,37	189,35
20	5,28	1866,04	4,03	1,52	189,35
21	5,24	1851,77	4,06	1,66	189,35
22	5,20	1837,73	4,09	1,81	189,35
23	5,16	1823,92	4,12	1,95	189,35
24	5,12	1810,34	4,15	2,10	189,35
25	5,08	1796,98	4,18	2,24	189,35
26	5,05	1783,84	4,21	2,39	189,35
27	5,01	1770,92	4,24	2,54	189,35
28	4,97	1758,20	4,27	2,68	189,35
29	4,94	1745,68	4,30	2,83	189,35
30	4,90	1733,37	4,33	2,97	189,35
31	4,87	1721,26	4,37	3,12	189,35
32	4,84	1709,33	4,40	3,26	189,35
33	4,80	1697,60	4,43	3,41	189,35
34	4,77	1686,05	4,46	3,55	189,35
35	4,74	1674,68	4,49	3,70	189,35

Cable de guardia - Piquete N°2 al Piquete N°3 → $v_{2-3} = 221,33[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	15,94	1641,98	2,54	-11,08	1235,11
-3	15,83	1630,37	2,56	-10,90	1235,11
-2	15,72	1618,85	2,58	-10,72	1235,11
-1	15,61	1607,43	2,60	-10,53	1235,11
0	15,50	1596,11	2,62	-10,35	1235,11
1	15,39	1584,87	2,63	-10,17	1235,11
2	15,28	1573,74	2,65	-9,99	1235,11
3	15,17	1562,70	2,67	-9,81	1235,11
4	15,07	1551,76	2,69	-9,62	1235,11
5	14,96	1540,91	2,71	-9,44	1235,11
6	14,86	1530,16	2,73	-9,26	1235,11
7	14,75	1519,51	2,75	-9,08	1235,11
8	14,65	1508,95	2,77	-8,90	1235,11
9	14,55	1498,49	2,79	-8,71	1235,11
10	14,45	1488,13	2,81	-8,53	1235,11
11	14,35	1477,86	2,83	-8,35	1235,11
12	14,25	1467,69	2,85	-8,17	1235,11
13	14,15	1457,61	2,87	-7,98	1235,11
14	14,05	1447,63	2,88	-7,80	1235,11
15	13,96	1437,75	2,90	-7,62	1235,11
16	13,86	1427,97	2,92	-7,44	1235,11
17	13,77	1418,28	2,94	-7,26	1235,11
18	13,68	1408,68	2,96	-7,07	1235,11
19	13,58	1399,18	2,98	-6,89	1235,11
20	13,49	1389,78	3,00	-6,71	1235,11
21	13,40	1380,47	3,03	-6,53	1235,11
22	13,31	1371,26	3,05	-6,34	1235,11
23	13,22	1362,13	3,07	-6,16	1235,11
24	13,14	1353,11	3,09	-5,98	1235,11
25	13,05	1344,17	3,11	-5,80	1235,11
26	12,96	1335,33	3,13	-5,62	1235,11
27	12,88	1326,58	3,15	-5,43	1235,11
28	12,80	1317,93	3,17	-5,25	1235,11
29	12,71	1309,36	3,19	-5,07	1235,11
30	12,63	1300,89	3,21	-4,89	1235,11
31	12,55	1292,50	3,23	-4,70	1235,11
32	12,47	1284,21	3,25	-4,52	1235,11
33	12,39	1276,00	3,27	-4,34	1235,11
34	12,31	1267,88	3,29	-4,16	1235,11
35	12,23	1259,85	3,31	-3,98	1235,11

Conductor principal - Piquete N°3 al Piquete N°4 $\rightarrow v_{3-4} = 49[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	3,81	1347,53	0,27	-3,17	9,28
-3	3,70	1309,42	0,28	-3,03	9,28
-2	3,60	1272,18	0,29	-2,88	9,28
-1	3,50	1235,85	0,30	-2,74	9,28
0	3,40	1200,46	0,31	-2,59	9,28
1	3,30	1166,05	0,32	-2,45	9,28
2	3,20	1132,65	0,33	-2,30	9,28
3	3,11	1100,28	0,33	-2,15	9,28
4	3,02	1068,97	0,34	-2,01	9,28
5	2,94	1038,72	0,35	-1,86	9,28
6	2,86	1009,55	0,36	-1,72	9,28
7	2,78	981,46	0,38	-1,57	9,28
8	2,70	954,45	0,39	-1,43	9,28
9	2,63	928,51	0,40	-1,28	9,28
10	2,56	903,62	0,41	-1,14	9,28
11	2,49	879,77	0,42	-0,99	9,28
12	2,42	856,93	0,43	-0,84	9,28
13	2,36	835,08	0,44	-0,70	9,28
14	2,30	814,19	0,45	-0,55	9,28
15	2,25	794,23	0,46	-0,41	9,28
16	2,19	775,16	0,48	-0,26	9,28
17	2,14	756,94	0,49	-0,12	9,28
18	2,09	739,55	0,50	0,03	9,28
19	2,05	722,94	0,51	0,17	9,28
20	2,00	707,08	0,52	0,32	9,28
21	1,96	691,93	0,53	0,46	9,28
22	1,92	677,46	0,54	0,61	9,28
23	1,88	663,63	0,55	0,76	9,28
24	1,84	650,41	0,57	0,90	9,28
25	1,80	637,77	0,58	1,05	9,28
26	1,77	625,67	0,59	1,19	9,28
27	1,74	614,09	0,60	1,34	9,28
28	1,71	603,00	0,61	1,48	9,28
29	1,68	592,38	0,62	1,63	9,28
30	1,65	582,19	0,63	1,77	9,28
31	1,62	572,41	0,64	1,92	9,28
32	1,59	563,03	0,65	2,07	9,28
33	1,57	554,01	0,66	2,21	9,28
34	1,54	545,35	0,68	2,36	9,28
35	1,52	537,01	0,69	2,50	9,28

Cable de guardia - Piquete N°3 al Piquete N°4 $\rightarrow v_{3-4} = 49[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	9,53	981,75	0,21	-8,87	60,54
-3	9,37	965,34	0,21	-8,68	60,54
-2	9,21	949,03	0,22	-8,50	60,54
-1	9,06	932,84	0,22	-8,32	60,54
0	8,90	916,76	0,22	-8,14	60,54
1	8,75	900,81	0,23	-7,95	60,54
2	8,59	884,99	0,23	-7,77	60,54
3	8,44	869,30	0,24	-7,59	60,54
4	8,29	853,75	0,24	-7,41	60,54
5	8,14	838,35	0,24	-7,23	60,54
6	7,99	823,10	0,25	-7,04	60,54
7	7,84	808,02	0,25	-6,86	60,54
8	7,70	793,10	0,26	-6,68	60,54
9	7,56	778,36	0,26	-6,50	60,54
10	7,42	763,79	0,27	-6,31	60,54
11	7,28	749,42	0,27	-6,13	60,54
12	7,14	735,24	0,28	-5,95	60,54
13	7,00	721,27	0,28	-5,77	60,54
14	6,87	707,50	0,29	-5,59	60,54
15	6,74	693,94	0,29	-5,40	60,54
16	6,61	680,61	0,30	-5,22	60,54
17	6,48	667,51	0,31	-5,04	60,54
18	6,36	654,64	0,31	-4,86	60,54
19	6,23	642,01	0,32	-4,67	60,54
20	6,11	629,62	0,33	-4,49	60,54
21	5,99	617,48	0,33	-4,31	60,54
22	5,88	605,59	0,34	-4,13	60,54
23	5,77	593,96	0,34	-3,95	60,54
24	5,66	582,59	0,35	-3,76	60,54
25	5,55	571,48	0,36	-3,58	60,54
26	5,44	560,63	0,37	-3,40	60,54
27	5,34	550,04	0,37	-3,22	60,54
28	5,24	539,72	0,38	-3,04	60,54
29	5,14	529,66	0,39	-2,85	60,54
30	5,05	519,86	0,39	-2,67	60,54
31	4,95	510,33	0,40	-2,49	60,54
32	4,86	501,06	0,41	-2,31	60,54
33	4,78	492,04	0,42	-2,12	60,54
34	4,69	483,27	0,42	-1,94	60,54
35	4,61	474,76	0,43	-1,76	60,54

Conductor principal - Piquete N°4 al Piquete N°5 → $v_{4-5} = 48[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	0,90	319,34	1,11	9,58	8,91
-3	0,90	317,91	1,11	9,73	8,91
-2	0,90	316,49	1,12	9,87	8,91
-1	0,89	315,06	1,12	10,02	8,91
0	0,89	313,64	1,13	10,16	8,91
1	0,88	312,21	1,13	10,31	8,91
2	0,88	310,79	1,14	10,45	8,91
3	0,88	309,37	1,14	10,60	8,91
4	0,87	307,94	1,15	10,75	8,91
5	0,87	306,52	1,15	10,89	8,91
6	0,86	305,09	1,16	11,04	8,91
7	0,86	303,67	1,16	11,18	8,91
8	0,85	302,24	1,17	11,33	8,91
9	0,85	300,82	1,17	11,47	8,91
10	0,85	299,39	1,18	11,62	8,91
11	0,84	297,97	1,19	11,76	8,91
12	0,84	296,54	1,19	11,91	8,91
13	0,83	295,12	1,20	12,06	8,91
14	0,83	293,69	1,20	12,20	8,91
15	0,83	292,27	1,21	12,35	8,91
16	0,82	290,85	1,21	12,49	8,91
17	0,82	289,42	1,22	12,64	8,91
18	0,81	288,00	1,23	12,78	8,91
19	0,81	286,57	1,23	12,93	8,91
20	0,81	285,15	1,24	13,07	8,91
21	0,80	283,72	1,25	13,22	8,91
22	0,80	282,30	1,25	13,37	8,91
23	0,79	280,87	1,26	13,51	8,91
24	0,79	279,45	1,26	13,66	8,91
25	0,79	278,02	1,27	13,80	8,91
26	0,78	276,60	1,28	13,95	8,91
27	0,78	275,17	1,28	14,09	8,91
28	0,77	273,75	1,29	14,24	8,91
29	0,77	272,33	1,30	14,38	8,91
30	0,77	270,90	1,30	14,53	8,91
31	0,76	269,48	1,31	14,67	8,91
32	0,76	268,05	1,32	14,82	8,91
33	0,75	266,63	1,33	14,97	8,91
34	0,75	265,20	1,33	15,11	8,91
35	0,75	263,71	1,34	15,26	8,91

Cable de guardia - Piquete N°4 al Piquete N°5 → $v_{4-5} = 48[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	1,62	166,98	1,18	20,15	58,09
-3	1,62	166,46	1,18	20,34	58,09
-2	1,61	165,93	1,18	20,52	58,09
-1	1,61	165,41	1,19	20,70	58,09
0	1,60	164,88	1,19	20,88	58,09
1	1,60	164,36	1,20	21,06	58,09
2	1,59	163,83	1,20	21,25	58,09
3	1,59	163,31	1,20	21,43	58,09
4	1,58	162,78	1,21	21,61	58,09
5	1,58	162,26	1,21	21,79	58,09
6	1,57	161,73	1,21	21,98	58,09
7	1,57	161,21	1,22	22,16	58,09
8	1,56	160,68	1,22	22,34	58,09
9	1,55	160,15	1,23	22,52	58,09
10	1,55	159,63	1,23	22,70	58,09
11	1,54	159,10	1,23	22,89	58,09
12	1,54	158,58	1,24	23,07	58,09
13	1,53	158,05	1,24	23,25	58,09
14	1,53	157,53	1,25	23,43	58,09
15	1,52	157,00	1,25	23,61	58,09
16	1,52	156,48	1,26	23,80	58,09
17	1,51	155,95	1,26	23,98	58,09
18	1,51	155,43	1,26	24,16	58,09
19	1,50	154,90	1,27	24,34	58,09
20	1,50	154,38	1,27	24,53	58,09
21	1,49	153,85	1,28	24,71	58,09
22	1,49	153,33	1,28	24,89	58,09
23	1,48	152,80	1,29	25,07	58,09
24	1,48	152,28	1,29	25,25	58,09
25	1,47	151,75	1,29	25,44	58,09
26	1,47	151,22	1,30	25,62	58,09
27	1,46	150,70	1,30	25,80	58,09
28	1,46	150,17	1,31	25,98	58,09
29	1,45	149,65	1,31	26,17	58,09
30	1,45	149,12	1,32	26,35	58,09
31	1,44	148,60	1,32	26,53	58,09
32	1,44	148,07	1,33	26,71	58,09
33	1,43	147,55	1,33	26,89	58,09
34	1,43	147,02	1,34	27,08	58,09
35	1,42	146,26	1,34	27,23	58,09

Conductor principal - Piquete N°5 al Piquete N°6 → $v_{5-6} = 165[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	6,91	2442,21	1,71	-4,70	105,23
-3	6,82	2411,04	1,73	-4,56	105,23
-2	6,73	2380,35	1,75	-4,41	105,23
-1	6,65	2350,14	1,78	-4,27	105,23
0	6,56	2320,40	1,80	-4,12	105,23
1	6,48	2291,15	1,82	-3,98	105,23
2	6,40	2262,37	1,85	-3,83	105,23
3	6,32	2234,08	1,87	-3,69	105,23
4	6,24	2206,26	1,89	-3,54	105,23
5	6,16	2178,93	1,92	-3,39	105,23
6	6,09	2152,07	1,94	-3,25	105,23
7	6,01	2125,69	1,96	-3,10	105,23
8	5,94	2099,79	1,99	-2,96	105,23
9	5,87	2074,36	2,01	-2,81	105,23
10	5,80	2049,39	2,04	-2,67	105,23
11	5,73	2024,89	2,06	-2,52	105,23
12	5,66	2000,85	2,09	-2,38	105,23
13	5,59	1977,27	2,11	-2,23	105,23
14	5,53	1954,14	2,14	-2,08	105,23
15	5,46	1931,46	2,16	-1,94	105,23
16	5,40	1909,22	2,19	-1,79	105,23
17	5,34	1887,41	2,21	-1,65	105,23
18	5,28	1866,03	2,24	-1,50	105,23
19	5,22	1845,08	2,26	-1,36	105,23
20	5,16	1824,55	2,29	-1,21	105,23
21	5,10	1804,42	2,31	-1,07	105,23
22	5,05	1784,70	2,34	-0,92	105,23
23	4,99	1765,38	2,37	-0,77	105,23
24	4,94	1746,45	2,39	-0,63	105,23
25	4,89	1727,90	2,42	-0,48	105,23
26	4,84	1709,73	2,44	-0,34	105,23
27	4,79	1691,93	2,47	-0,19	105,23
28	4,74	1674,49	2,49	-0,05	105,23
29	4,69	1657,40	2,52	0,10	105,23
30	4,64	1640,66	2,55	0,24	105,23
31	4,59	1624,26	2,57	0,39	105,23
32	4,55	1608,20	2,60	0,54	105,23
33	4,50	1592,46	2,62	0,68	105,23
34	4,46	1577,04	2,65	0,83	105,23
35	4,42	1561,93	2,67	0,97	105,23

Cable de guardia - Piquete N°5 al Piquete N°6 → $v_{5-6} = 165[m]$

Temperatura [°C]	Tensión [kg/mm ²]	Tiro [kg]	Flecha [m]	A	B
-4	17,05	1756,40	1,32	-14,69	686,42
-3	16,91	1741,75	1,33	-14,51	686,42
-2	16,77	1727,17	1,34	-14,33	686,42
-1	16,63	1712,68	1,36	-14,15	686,42
0	16,49	1698,27	1,37	-13,96	686,42
1	16,35	1683,95	1,38	-13,78	686,42
2	16,21	1669,71	1,39	-13,60	686,42
3	16,07	1655,57	1,40	-13,42	686,42
4	15,94	1641,51	1,41	-13,23	686,42
5	15,80	1627,54	1,43	-13,05	686,42
6	15,67	1613,67	1,44	-12,87	686,42
7	15,53	1599,89	1,45	-12,69	686,42
8	15,40	1586,20	1,46	-12,51	686,42
9	15,27	1572,61	1,48	-12,32	686,42
10	15,14	1559,12	1,49	-12,14	686,42
11	15,01	1545,72	1,50	-11,96	686,42
12	14,88	1532,43	1,51	-11,78	686,42
13	14,75	1519,23	1,53	-11,59	686,42
14	14,62	1506,14	1,54	-11,41	686,42
15	14,50	1493,16	1,55	-11,23	686,42
16	14,37	1480,27	1,57	-11,05	686,42
17	14,25	1467,49	1,58	-10,87	686,42
18	14,12	1454,82	1,60	-10,68	686,42
19	14,00	1442,26	1,61	-10,50	686,42
20	13,88	1429,80	1,62	-10,32	686,42
21	13,76	1417,46	1,64	-10,14	686,42
22	13,64	1405,22	1,65	-9,96	686,42
23	13,53	1393,10	1,67	-9,77	686,42
24	13,41	1381,08	1,68	-9,59	686,42
25	13,29	1369,18	1,70	-9,41	686,42
26	13,18	1357,40	1,71	-9,23	686,42
27	13,07	1345,73	1,72	-9,04	686,42
28	12,95	1334,17	1,74	-8,86	686,42
29	12,84	1322,72	1,75	-8,68	686,42
30	12,73	1311,40	1,77	-8,50	686,42
31	12,62	1300,19	1,79	-8,32	686,42
32	12,52	1289,09	1,80	-8,13	686,42
33	12,41	1278,11	1,82	-7,95	686,42
34	12,30	1267,25	1,83	-7,77	686,42
35	12,20	1256,51	1,85	-7,59	686,42