

3. MEMORIA DE CÁLCULO

3.1 Calculo de las distancias de aislamiento (Ver 2.11.2 – Memoria Descriptiva).

3.1.1 Distancias entre conductores de Fase:

$$L_f := k \cdot \sqrt{f_{\max} + L_k} + \frac{U}{150}$$

$$k := 0.75 \quad \text{Para} \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ] \quad \text{Depende del angulo de declinaci} \\ \text{m} \text{ \AA} \text{xima del conductor.}$$

$$L_k := 0 \quad \text{En Suspenciones con Aisladores Tipo line Post y en Retenciones.}$$

$$f_{III} = 1.614 \quad [m] \quad f_{\max} := f_{III}$$

$$L_f := k \cdot \sqrt{f_{\max} + L_k} + \frac{U}{150} \quad L_f = 1.173 \quad [m]$$

3.1.2 Distancias entre conductores de Fases e Hilo de Guardia:

$$L_{fcg} := k \cdot \sqrt{f_{\max} + L_k} + \frac{U}{150} \cdot \frac{\sqrt{3}}{1}$$

$$k := 0.75 \quad \text{Para} \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ] \quad \text{Depende del angulo de declinaci} \\ \text{m} \text{ \AA} \text{xima del conductor.}$$

$$L_k := 0 \quad \text{En Suspenciones con Aisladores Tipo line Post y en Retenciones.}$$

$$f_{III} = 1.614 \quad [m] \quad f_{\max} := f_{III}$$

$$L_{fcg} := k \cdot \sqrt{f_{\max} + L_k} + \frac{U}{150} \cdot \frac{\sqrt{3}}{1} \quad L_{fcg} = 1.08 \quad [m]$$

3.1.3 Distancia Fase – Tierra:

$$s := 0.075 + 0.005(U_{\max} - 8.7) \quad s = 0.213 \quad [m]$$

Esta distancia corresponde a la minima distancia entre partes a pleno potencial y presentes en el cabezal de la línea.

3.1.4 Distancia Verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruce de línea:

Cruce de Líneas de 132kV y 33kV: en el desarrollo de la traza se presentan dos cruces de líneas, uno a la salida de la SET, correspondiente al vano comprendido entre los piquetes 001 y 002 y el otro correspondiente al vano comprendido entre los piquetes 035 y 036.

Para 132kV:

$$U_{\max_{132}} := 1.1 \cdot 132 \quad U_{\max_{132}} = 145.2$$

$$0.01 \cdot \left(\frac{U_{\max_{132}}}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.618$$

$$a_2 := 1.2 \quad \text{De tabla 7.4-a AEA.}$$

$$D2 := a_2 + 0.01 \cdot \left(\frac{U_{\max_{132}}}{\sqrt{3}} - 22 \right) \quad \text{m}$$

$$D2 = 1.818 \quad \text{m} \quad \text{Distancia mínima a respetar en el cruce de Linea}$$

3.2 Corriente máxima permanente (Ver 2.12.1 Memoria Descriptiva)

$$S := 16 \quad [\text{MVA}] \quad U_n := 33 \quad [\text{kV}] \quad \text{fdp} := 0.8$$

$$P := S \cdot \text{fdp} \quad P = 12.8 \quad [\text{MW}]$$

$$I := \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad I = 279.927 \quad [\text{A}]$$

3.3 Cálculo Mecánico de Conductores (Ver 2.13 Memoria Descriptiva)

CALCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR DE FASE

DATOS DEL CONDUCTOR DE FASE

Sección Nominal:	$S_n := 95$	[mm ²]	Aluminio / Acero
Sección Total:	$S := 109.7$	[mm ²]	
Diámetro Exterior:	$d := 13.6$	[mm]	
Masa específica:	$Mec := 380.5$	[kg / km]	
Módulo de elasticidad:	$E := 7700$	[kg / mm ²]	
Coefficiente de dilatación:	$\alpha := 18.9 \cdot 10^{-6}$	[1 / °C]	

DATOS DE LA LÍNEA

Vano de calculo:	$a := 90$	[m]	
Tensión de Servicio:	$U := 33$	[kV]	
Tensión Máxima:	$U_{max} := 1.1 \cdot U$	$U_{max} = 36.3$	[kV]
Carga de Rotura del cable:	$\sigma_R := 30$	[kg / mm ²]	

ESTADOS ATMOSFÉRICOS - ZONA A

ESTADO	TEMPERATURA	VIENTO	$\sigma_{ADMISIBLE}$		OBSERVACIONES
I	$t_I := 50$		$\sigma_{admI} := \sigma_R \cdot 0.7$	$\sigma_{admI} = 21$	Max. Temperatura
II	$t_{II} := -5$		$\sigma_{admII} := \sigma_R \cdot 0.7$	$\sigma_{admII} = 21$	Min. Temperatura
III	$t_{III} := 10$	$V := 34$	$\sigma_{admIII} := \sigma_R \cdot 0.7$	$\sigma_{admIII} = 21$	Max. Viento m/s
IV	$t_{IV} := 20$		$\sigma_{admIV} := \sigma_R \cdot 0.2$	$\sigma_{admIV} = 6$	Temp Media Anual
V	$t_V := 20$		$\sigma_{admV} := \sigma_R \cdot 0.2$	$\sigma_{admV} = 6$	Temp. Media Anual

CARGAS ESPECÍFICAS

CARGA ESPECIFICA POR EL PROPIO PESO:

$$g_c := \frac{Mec}{S} \cdot 10^{-3} \quad g_c = 3.469 \times 10^{-3} \quad [\text{kg} / \text{m} \cdot \text{mm}^2]$$

Fuerza del viento sobre conductores:

$$\text{Densidad del Aire:} \quad Q := 0.0613$$

$$\text{Factor de terreno por altura y exposición:} \quad Z_p := 1 \quad \text{Exposición C - Zona Rural - Altura: 10r}$$

$$\text{Coeficiente de forma:} \quad C_f := 0.9$$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$G_v := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot (d \cdot 10^{-3}) \quad G_v = 0.867 \quad [\text{kg} / \text{m}]$$

CARGA ESPECÍFICA POR ACCIÓN DEL VIENTO:

$$g_v := \frac{G_v}{S} \quad g_v = 7.907 \times 10^{-3} \quad [\text{kg} / \text{m} \cdot \text{mm}^2]$$

Para cada estado se tiene:

$$g_I := g_c \quad g_I = 3.469 \times 10^{-3}$$

$$g_{II} := g_c \quad g_{II} = 3.469 \times 10^{-3}$$

$$g_{III} := \sqrt{g_c^2 + g_v^2} \quad g_{III} = 8.634 \times 10^{-3}$$

$$g_{IV} := g_c \quad g_{IV} = 3.469 \times 10^{-3}$$

$$g_V := g_c \quad g_V = 3.469 \times 10^{-3}$$

VANOS CRITICOS:

Se define el vano crítico entre dos condiciones climáticas, dejando de lado la de máxima temperatura, pues nunca será un estado básico (el estado que produce máxima tensión mecánica), ya que la tensión mecánica es mínima y la flecha es máxima.

$$\text{acrII_III} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admII}} - \sigma_{\text{admIII}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{II}} - t_{\text{III}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{II}}^2}{\sigma_{\text{admII}}^2} - \frac{g_{\text{III}}^2}{\sigma_{\text{admIII}}^2} \right)}} \quad \text{acrII_III} = 219.083$$

$$\text{acrII_IV} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admII}} - \sigma_{\text{admIV}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{II}} - t_{\text{IV}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{II}}^2}{\sigma_{\text{admII}}^2} - \frac{g_{\text{IV}}^2}{\sigma_{\text{admIV}}^2} \right)}} \quad \text{acrII_IV} = 339.686i$$

$$\text{acrII_V} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admII}} - \sigma_{\text{admV}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{II}} - t_{\text{V}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{II}}^2}{\sigma_{\text{admII}}^2} - \frac{g_{\text{V}}^2}{\sigma_{\text{admV}}^2} \right)}} \quad \text{acrII_V} = 339.686i$$

$$\text{acrIII_IV} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admIII}} - \sigma_{\text{admIV}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{III}} - t_{\text{IV}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{III}}^2}{\sigma_{\text{admIII}}^2} - \frac{g_{\text{IV}}^2}{\sigma_{\text{admIV}}^2} \right)}} \quad \text{acrIII_IV} = 505.596i$$

$$\text{acrIII_V} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admIII}} - \sigma_{\text{admV}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{III}} - t_{\text{V}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{III}}^2}{\sigma_{\text{admIII}}^2} - \frac{g_{\text{V}}^2}{\sigma_{\text{admV}}^2} \right)}} \quad \text{acrIII_V} = 505.596i$$

$$\text{acrIV_V} := \sqrt{\left[\frac{\sigma_{\text{admIV}} - \sigma_{\text{admV}}}{E} + \alpha \cdot (t_{\text{IV}} - t_{\text{V}}) \right] \cdot \frac{24}{\left(\frac{g_{\text{IV}}^2}{\sigma_{\text{admIV}}^2} - \frac{g_{\text{V}}^2}{\sigma_{\text{admV}}^2} \right)}} \quad \text{acrIV_V} = \blacksquare$$

COMPARACIÓN g b:

$$\frac{g_{\text{II}}}{\sigma_{\text{admII}}} = 1.652 \times 10^{-4}$$

$$\frac{g_{\text{III}}}{\sigma_{\text{admIII}}} = 4.111 \times 10^{-4}$$

$$\frac{g_{\text{IV}}}{\sigma_{\text{admIV}}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

$$\frac{g_{\text{V}}}{\sigma_{\text{admV}}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

Análisis de los Vanos Críticos:

$$\text{acrII}_{IV} = 339.686i$$

$$\frac{g_{II}}{\sigma_{admII}} = 1.652 \times 10^{-4} \quad \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

$$g_{II} / \sigma_{admII} < g_{IV} / \sigma_{admIV}$$

Por ser el vano crítico imaginario, el estado básico corresponde al "Estado IV" para todos los vanos.

Para cualquier vano a, se toma como estado base el "Estado IV"

$$\text{acrII}_{V} = 339.686i$$

$$\frac{g_{II}}{\sigma_{admII}} = 1.652 \times 10^{-4} \quad \frac{g_{V}}{\sigma_{admV}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

$$g_{II} / \sigma_{admII} < g_{V} / \sigma_{admV}$$

Por ser el vano crítico imaginario, el estado básico corresponde al "Estado V" para todos los vanos.

Para cualquier vano a, se toma como estado base el "Estado V"

$$\text{acrIII}_{IV} = 505.596i$$

$$\frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} = 4.111 \times 10^{-4} \quad \frac{g_{IV}}{\sigma_{admIV}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

$$g_{III} / \sigma_{admIII} < g_{IV} / \sigma_{admIV}$$

Por ser el vano crítico imaginario, el estado básico corresponde al "Estado IV" para todos los vanos.

Para cualquier vano a, se toma como estado base el "Estado IV"

$$\text{acrIII}_{V} = 505.596i$$

$$\frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} = 4.111 \times 10^{-4} \quad \frac{g_{V}}{\sigma_{admV}} = 5.781 \times 10^{-4}$$

$$g_{III} / \sigma_{admIII} < g_V / \sigma_{admV}$$

Por ser el vano crítico imaginario, el estado básico corresponde al "Estado V" para todos los vanos.

Para cualquier vano a , se toma como estado base el "Estado V"

$$acr_{IV_V} = \infty \quad \text{Infinito}$$

$$\alpha \cdot E \cdot (t_{IV} - t_V) + \sigma_{admIV} - \sigma_{admV} = 0$$

Por ser el vano crítico infinito y la condición detallada arriba igual a cero, el estado básico corresponde al "Estado IV" o al "Estado V" para todos los vanos.

Para cualquier vano a , se puede tomar ambos estados como básicos "Estado IV o Estado V"

$$acr_{II_III} = 219.083$$

$$\frac{g_{II}}{\sigma_{admII}} = 1.652 \times 10^{-4} \quad \frac{g_{III}}{\sigma_{admIII}} = 4.111 \times 10^{-4}$$

$$g_{II} / \sigma_{admII} < g_{III} / \sigma_{admIII}$$

Para vanos mayores al vano crítico, el estado base a considerar corresponde al "Estado III".

Para vanos menores al vano crítico, el estado base a considerar corresponde al "Estado II".

Si $a < acr_{II_III}$ el estado base corresponde al "Estado II".

Si $a > acr_{II_III}$ el estado base corresponde al "Estado III".

CONCLUSIÓN:

El estado IV y V corresponde a la condición de mayor g / σ

Como los vanos críticos en los que interienen los estados IV y V son todos imaginarios dichos estados serán críticos para cualquier vano considerado.

TENSIONES EN LOS DISTINTOS ESTADOS Y DISTINTOS VANOS

$$a := 90 \quad [m]$$

Estado básico = "Estado V"

Estado I - Máxima Temperatura:

$$f1(\sigma I) := \sigma I - \frac{a^2 \cdot E \cdot g I^2}{24 \sigma I^2} \quad f2(\sigma I) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E$$

$$\sigma I := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) = 3.427 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma I := \text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) \quad \sigma I = 3.427 < \quad \sigma_{adm I} = 21$$

Estado II - Mínima Temperatura:

$$f1(\sigma II) := \sigma II - \frac{a^2 \cdot E \cdot g II^2}{24 \sigma II^2} \quad f2(\sigma II) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E$$

$$\sigma II := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) = 9.144$$

$$\sigma II := \text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) \quad \sigma II = 9.144 < \quad \sigma_{adm II} = 21$$

Estado III - Máximo Viento:

$$f1(\sigma III) := \sigma III - \frac{a^2 \cdot E \cdot g III^2}{24 \sigma III^2} \quad f2(\sigma III) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E$$

$$\sigma III := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) = 8.986$$

$$\sigma III := \text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) \quad \sigma III = 8.986 < \quad \sigma_{adm III} = 21$$

Estado IV - Temperatura Media Anual:

$$f1(\sigma IV) := \sigma IV - \frac{a^2 \cdot E \cdot g IV^2}{24 \sigma IV^2} \quad f2(\sigma IV) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIV) \cdot E$$

$$\sigma IV := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma IV) - f2(\sigma IV), \sigma IV) = 6$$

$$\sigma IV := \text{root}(f1(\sigma IV) - f2(\sigma IV), \sigma IV) \quad \sigma IV = 6$$

CONCLUSIÓN:

Cuando se elije correctamente el estado básico, la tensión en cualquier otro estado se mantiene menor que la admisible.

FLECHAS:

Estado I:

$$f_I := \frac{a^2 \cdot g_I}{8 \cdot \sigma_I} \quad f_I = 1.025 \quad [\text{m}]$$

Estado II:

$$f_{II} := \frac{a^2 \cdot g_{II}}{8 \cdot \sigma_{II}} \quad f_{II} = 0.384 \quad [\text{m}]$$

Estado III:

$$f_{III} := \frac{a^2 \cdot g_{III}}{8 \cdot \sigma_{III}} \quad f_{III} = 0.973 \quad [\text{m}] \quad \text{Máxima Flecha}$$

Estado IV:

$$f_{IV} := \frac{a^2 \cdot g_{IV}}{8 \cdot \sigma_{IV}} \quad f_{IV} = 0.585 \quad [\text{m}]$$

Estado V:

$$f_V := \frac{a^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_V} \quad f_V = 0.585 \quad [\text{m}]$$

VIENTO EN CONDUCTOR POR METRO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad V_c := g_v \cdot S \quad V_c = 0.867 \quad [\text{kg / m}]$$

VIENTO EN CONDUCTORES EN EL VANO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad V_c := g_v \cdot S \cdot a \quad V_c = 78.062 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL VANO:

$$G_{c90} := g_c \cdot S \cdot a \quad G_{c90} = 34.245 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CONDUCTOR EN EL SEMIVANO:

$$G_{c45} := \frac{G_{c90}}{2} \quad G_{c45} = 17.122 \quad [\text{kg}]$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL CONDUCTOR:

$$\beta := \operatorname{atan}\left(\frac{gV}{gC}\right) \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ]$$

TIRO DE CONDUCTORES:

Estado I:

$$T_I := \sigma_I \cdot S \quad T_I = 375.965 \quad [\text{kg}]$$

Estado II:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S \quad T_{II} = 1.003 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Estado III:

$$T_{III} := \sigma_{III} \cdot S \quad T_{III} = 985.76 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

Estado IV:

$$T_{IV} := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_{IV} = 658.198 \quad [\text{kg}]$$

Estado V:

$$T_V := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_V = 658.198 \quad [\text{kg}]$$

LONGITUD DEL CABLE TENDIDO ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO

La longitud del conductor tendido entre apoyos practicamente no difiere c considerado para el vano.

$$L := a + \frac{8 \cdot \pi^2}{3 \cdot a} \quad L = 90.028 \quad [\text{m}]$$

CALCULO MECÁNICO DEL CABLE DE GUARDIA

DATOS DEL CABLE DE GUARDIA

Sección Nominal: $S_{ncg} := 35 \quad [\text{mm}^2]$ Acero Galvanizac

Sección Real: $S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2]$

Diámetro Exterior:	$d_{cg} := 7.5$	[mm]
Masa específica:	$M_{cg} := 269$	[kg / km]
Módulo de elasticidad:	$E_{cg} := 20000$	[kg / mm ²]
Coefficiente de dilatación:	$\alpha_{cg} := 11 \cdot 10^{-6}$	[1 / °C]
Carga de Rotura del cable:	$\sigma_{Rcg} := 112$	[kg / mm ²]

$\sigma_{ADMISIBLE}$ para cada estado:

$\sigma_{adm_{cgI}} := \sigma_{Rcg} \cdot 0.7$	$\sigma_{adm_{cgI}} = 78.4$
$\sigma_{adm_{cgII}} := \sigma_{Rcg} \cdot 0.7$	$\sigma_{adm_{cgII}} = 78.4$
$\sigma_{adm_{cgIII}} := \sigma_{Rcg} \cdot 0.7$	$\sigma_{adm_{cgIII}} = 78.4$
$\sigma_{adm_{cgIV}} := \sigma_{Rcg} \cdot 0.2$	$\sigma_{adm_{cgIV}} = 22.4$
$\sigma_{adm_{cgV}} := \sigma_{Rcg} \cdot 0.2$	$\sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$

CARGAS ESPECÍFICAS

CARGA ESPECIFICA POR EL PROPIO PESO:

$$g_{cg} := \frac{M_{cg}}{S_{cg}} \cdot 10^{-3} \quad g_{cg} = 7.999 \times 10^{-3} \quad [\text{kg} / \text{m} \cdot \text{mm}^2]$$

Fuerza del viento sobre conductores:

Densidad del Aire:	$Q := 0.0613$
Factor de terreno por altura y exposición:	$Z_p := 1$
Coefficiente de forma:	$C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$G_v := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot (d_{cg} \cdot 10^{-3}) \quad G_v = 0.531 \quad [\text{kg} / \text{m}]$$

CARGA ESPECÍFICA POR ACCIÓN DEL VIENTO:

$$g_{vcg} := \frac{G_v}{S_{cg}} \quad g_{vcg} = 0.016 \quad [\text{kg} / \text{m} \cdot \text{mm}^2]$$

Para cada estado se tiene:

$$g_{cgI} := g_{cg} \quad g_{cgI} = 7.999 \times 10^{-3}$$

$$g_{cgII} := g_{cg} \quad g_{cgII} = 7.999 \times 10^{-3}$$

$$g_{cgIII} := \sqrt{g_{cg}^2 + g_{vcg}^2} \quad g_{cgIII} = 0.018$$

$$g_{cgIV} := g_{cg} \quad g_{cgIV} = 7.999 \times 10^{-3}$$

$$g_{cgV} := g_{cg} \quad g_{cgV} = 7.999 \times 10^{-3}$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$G_{cg} := g_{cg} \cdot a \cdot S_{cg} \quad G_{cg} = 24.21 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL SEMIVANO:

$$\frac{G_{cg}}{2} = 12.105 \quad [\text{kg}]$$

FLECHA DEL CABLE DE GUARDIA (PARA LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL - EST)

$$f_v = 0.585 \quad [\text{m}]$$

$$f_{cgV} := 0.9 f_v \quad f_{cgV} = 0.527 \quad [\text{m}] \quad \text{Para garantizar el apantallamiento en el centro del vano.}$$

TENSIONES EN LOS DISTINTOS ESTADOS Y PARA DISTINTOS VANOS:

$$a = 90 \quad [\text{m}]$$

ESTADO V - TEMPERATURA MEDIA ANUAL:

$$\sigma_{cgV} := \frac{a^2 \cdot g_{cgV}}{8 \cdot f_{cgV}} \quad \sigma_{cgV} = 15.374 < \sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$$

ESTADO I - MÁXIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgI}) := \sigma_{cgI} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \sigma_{cgI}^2} \quad f2(\sigma_{cgI}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cg} V^2}{24 \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E_{cg}$$

$\sigma_{cgI} := 3$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$root(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) = 13.205$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma_{cgI} := root(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) \quad \sigma_{cgI} = 13.205 < \quad \sigma_{adm_{cg}I} = 78.4$$

ESTADO II - MÍNIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgII}) := \sigma_{cgII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \sigma_{cgII}^2} \quad f2(\sigma_{cgII}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cg} V^2}{24 \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E_{cg}$$

$\sigma_{cgII} := 3$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$root(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) = 31.942$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma_{cgII} := root(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) \quad \sigma_{cgII} = 31.942 < \quad \sigma_{adm_{cg}II} = 78.4$$

ESTADO III - MÁXIMO VIENTO:

$$f1(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{cgIII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \sigma_{cgIII}^2} \quad f2(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cg} V^2}{24 \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E_{cg}$$

$\sigma_{cgIII} := 3$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$root(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) = 28.462$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma_{cgIII} := root(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) \quad \sigma_{cgIII} = 28.462 < \quad \sigma_{adm_{cg}III} = 78.4$$

TIROS DEL CABLE DE GUARDIA:

ESTADO I:

$$T_{cgI} := \sigma_{cgI} \cdot Scg \quad T_{cgI} = 444.069 \quad [kg]$$

ESTADO II:

$$T_{cgII} := \sigma_{cgII} \cdot Scg \quad T_{cgII} = 1.074 \times 10^3 \quad [kg] \quad \text{Tiro Máxim}$$

ESTADO III:

$$T_{cgIII} := \sigma_{cgIII} \cdot Scg \quad T_{cgIII} = 957.193 \quad [kg]$$

ESTADO IV:

$$T_{cgIV} := \sigma_{cgV} \cdot Scg \quad T_{cgIV} = 517.025 \quad [kg]$$

ESTADO V:

$$T_{cgV} := \sigma_{cgV} \cdot Scg \quad T_{cgV} = 517.025 \quad [kg]$$

VIENTO EN EL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$V_{cg} := g_{vcg} \cdot Scg \cdot a \quad V_{cg} = 47.832 \quad [kg]$$

TENSIONES EN LOS DISTINTOS ESTADOS Y DISTINTOS VANOS

CONDUCTORES DE FASE:

$$a := 120 \quad [m]$$

Estado basico = "Estado V"

Estado I - Máxima Temperatura:

$$f1(\sigma I) := \sigma I - \frac{a^2 \cdot E \cdot g I^2}{24 \sigma I^2} \quad f2(\sigma I) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E$$

$$\sigma I := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) = 3.847$$

(Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma I := \text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) \quad \sigma I = 3.847 < \quad \sigma_{adm I} = 21$$

Estado II - Mínima Temperatura:

$$f1(\sigma II) := \sigma II - \frac{a^2 \cdot E \cdot g II^2}{24 \sigma II^2} \quad f2(\sigma II) := \sigma_{adm V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm V}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E$$

$$\sigma II := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) = 8.81$$

$$\sigma II := \text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) \quad \sigma II = 8.81 < \quad \sigma_{adm II} = 21$$

Estado III - Máximo Viento:

$$f1(\sigma III) := \sigma III - \frac{a^2 \cdot E \cdot g III^2}{24 \sigma III^2} \quad f2(\sigma III) := \sigma_{adm V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm V}^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E$$

$$\sigma III := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) = 9.627$$

$$\sigma III := \text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) \quad \sigma III = 9.627 < \quad \sigma_{adm III} = 21$$

Estado IV - Temperatura Media Anual:

$$f1(\sigma IV) := \sigma IV - \frac{a^2 \cdot E \cdot g IV^2}{24 \sigma IV^2} \quad f2(\sigma IV) := \sigma_{adm V} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm V}^2} + \alpha \cdot (tV - tIV) \cdot E$$

$$\sigma IV := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) = 6$$

$$\sigma_{IV} := \text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) \quad \sigma_{IV} = 6$$

CONCLUSIÓN:

Cuando se elije correctamente el estado básico, la tensión en cualquier otro estado mantiene menor que la admisible.

FLECHAS:

Estado I:

$$fI := \frac{a^2 \cdot gI}{8 \cdot \sigma I} \quad fI = 1.623 \quad [m]$$

Estado II:

$$fII := \frac{a^2 \cdot gII}{8 \cdot \sigma II} \quad fII = 0.709 \quad [m]$$

Estado III:

$$fIII := \frac{a^2 \cdot gIII}{8 \cdot \sigma III} \quad fIII = 1.614 \quad [m] \quad \text{Máxima Flecha}$$

Estado IV:

$$fIV := \frac{a^2 \cdot gIV}{8 \cdot \sigma IV} \quad fIV = 1.041 \quad [m]$$

Estado V:

$$fV := \frac{a^2 \cdot gV}{8 \cdot \sigma IV} \quad fV = 1.041 \quad [m]$$

VIENTO EN CONDUCTOR POR METRO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad Vc := gv \cdot S \quad Vc = 0.867 \quad [kg / m]$$

VIENTO EN CONDUCTORES EN EL VANO:

$$\text{Viento Máximo: } V_c := g_v \cdot S \cdot a \quad V_c = 104.083 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL VANO:

$$G_{c120} := g_c \cdot S \cdot a \quad G_{c120} = 45.66 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CONDUCTOR EN EL SEMIVANO:

$$G_{c60} := \frac{G_{c120}}{2} \quad G_{c60} = 22.83 \quad [\text{kg}]$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL CONDUCTOR:

$$\beta := \text{atan} \left(\frac{g_v}{g_c} \right) \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ]$$

TIRO DE CONDUCTORES:

Estado I:

$$T_I := \sigma_I \cdot S \quad T_I = 421.973 \quad [\text{kg}]$$

Estado II:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S \quad T_{II} = 966.445 \quad [\text{kg}]$$

Estado III:

$$T_{III} := \sigma_{III} \cdot S \quad T_{III} = 1.056 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máxim}$$

Estado IV:

$$T_{IV} := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_{IV} = 658.149 \quad [\text{kg}]$$

Estado V:

$$T_V := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_V = 658.149 \quad [\text{kg}]$$

LONGITUD DEL CABLE TENDIDO ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO

La longitud del conductor tendido entre apoyos practicamente no difiere del considerado para el vano.

$$L := a + \frac{8 \cdot f_{III}^2}{3 \cdot a} \quad L = 120.058 \quad [m]$$

CABLE DE GUARDIA:

$$a = 120 \quad [m]$$

ESTADO V - TEMPERATURA MEDIA ANUAL:

$$\sigma_{cgV} := \frac{a^2 \cdot g_{cgV}}{8 \cdot f_{cgV}} \quad \sigma_{cgV} = 15.373 < \quad \sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$$

ESTADO I - MÁXIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgI}) := \sigma_{cgI} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \cdot \sigma_{cgI}^2} \quad f2(\sigma_{cgI}) := \sigma_{adm_{cgV}} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgV}^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cgV}}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgI} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) = 14.251 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgI} := \text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) \quad \sigma_{cgI} = 14.251 < \quad \sigma_{adm_{cgI}} = 78.4$$

ESTADO II - MÍNIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgII}) := \sigma_{cgII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \cdot \sigma_{cgII}^2} \quad f2(\sigma_{cgII}) := \sigma_{adm_{cgV}} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgV}^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cgV}}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$\text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) = 32.01$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma_{cgII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) \quad \sigma_{cgII} = 32.01 < \sigma_{adm\,cgII} = 78.4$$

ESTADO III - MÁXIMO VIENTO:

$$f1(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{cgIII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \sigma_{cgIII}^2} \quad f2(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{adm\,cgIII} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cg} V^2}{24 \sigma_{adm\,cgIII} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E_{cg}$$

$\sigma_{cgIII} := 3$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$\text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) = 29.824$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma_{cgIII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) \quad \sigma_{cgIII} = 29.824 < \sigma_{adm\,cgIII} = 78.4$$

TIROS DEL CABLE DE GUARDIA:

ESTADO I:

$$T_{cgI} := \sigma_{cgI} \cdot S_{cg} \quad T_{cgI} = 479.264 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO II:

$$T_{cgII} := \sigma_{cgII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgII} = 1.077 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

ESTADO III:

$$T_{cgIII} := \sigma_{cgIII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIII} = 1.003 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO IV:

$$T_{cgIV} := \sigma_{cgIV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIV} = 516.987 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO V:

$$T_{cgV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgV} = 516.987 \quad [\text{kg}]$$

VIENTO EN EL CABLE DE GUARDIA EN EL VAN

$$V_{cg} := g_{vcg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad V_{cg} = 63.777 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$G_{cg120} := g_{cg} \cdot a \cdot S_{cg} \quad G_{cg120} = 32.28 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL SEMIVAN

$$G_{cg60} := g_{cg} \cdot \frac{a}{2} \cdot S_{cg} \quad G_{cg60} = 16.14 \quad [\text{kg}]$$

CONDUCTORES DE FASE:

$$a := 110 \quad [\text{m}]$$

Estado basico = "Estado V"

Estado I - Máxima Temperatura:

$$f1(\sigma I) := \sigma I - \frac{a^2 \cdot E \cdot g I^2}{24 \sigma I^2} \quad f2(\sigma I) := \sigma_{admV} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{admV}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E$$

$$\sigma I := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) = 3.717 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma I := \text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) \quad \sigma I = 3.717 < \sigma_{admI} = 21$$

Estado II - Mínima Temperatura:

$$f1(\sigma II) := \sigma II - \frac{a^2 \cdot E \cdot g II^2}{24 \sigma II^2} \quad f2(\sigma II) := \sigma_{admV} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{admV}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E$$

$\sigma_{II} := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$\text{root}(f1(\sigma_{II}) - f2(\sigma_{II}), \sigma_{II}) = 8.927$$

$$\sigma_{II} := \text{root}(f1(\sigma_{II}) - f2(\sigma_{II}), \sigma_{II}) \quad \sigma_{II} = 8.927 < \quad \sigma_{admII} = 21$$

Estado III - Máximo Viento:

$$f1(\sigma_{III}) := \sigma_{III} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{III}^2}{24 \sigma_{III}^2} \quad f2(\sigma_{III}) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - t_{III}) \cdot E$$

$\sigma_{III} := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$\text{root}(f1(\sigma_{III}) - f2(\sigma_{III}), \sigma_{III}) = 9.419$$

$$\sigma_{III} := \text{root}(f1(\sigma_{III}) - f2(\sigma_{III}), \sigma_{III}) \quad \sigma_{III} = 9.419 < \quad \sigma_{admIII} = 21$$

Estado IV - Temperatura Media Anual:

$$f1(\sigma_{IV}) := \sigma_{IV} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IV}^2}{24 \sigma_{IV}^2} \quad f2(\sigma_{IV}) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - t_{IV}) \cdot E$$

$\sigma_{IV} := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$\text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) = 6$$

$$\sigma_{IV} := \text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) \quad \sigma_{IV} = 6$$

CONCLUSIÓN:

Cuando se elige correctamente el estado básico, la tensión en cualquier otro estado mantiene menor que la admisible.

FLECHAS:

Estado I:

$$f1 := \frac{a^2 \cdot g I}{8 \cdot \sigma I} \quad f1 = 1.411 \quad [m]$$

Estado II:

$$f_{II} := \frac{a^2 \cdot g_{II}}{8 \cdot \sigma_{II}} \quad f_{II} = 0.588 \quad [m]$$

Estado III:

$$f_{III} := \frac{a^2 \cdot g_{III}}{8 \cdot \sigma_{III}} \quad f_{III} = 1.386 \quad [m] \quad \text{Máxima Flecha}$$

Estado IV:

$$f_{IV} := \frac{a^2 \cdot g_{IV}}{8 \cdot \sigma_{IV}} \quad f_{IV} = 0.874 \quad [m]$$

Estado V:

$$f_{V} := \frac{a^2 \cdot g_{V}}{8 \cdot \sigma_{IV}} \quad f_{V} = 0.874 \quad [m]$$

VIENTO EN CONDUCTOR POR METRO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad V_c := g_v \cdot S \quad V_c = 0.867 \quad [kg / m]$$

VIENTO EN CONDUCTORES EN EL VANO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad V_c := g_v \cdot S \cdot a \quad V_c = 95.41 \quad [kg]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL VANO:

$$G_{c110} := g_c \cdot S \cdot a \quad G_{c110} = 41.855 \quad [kg]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL SEMIVANO:

$$G_{c55} := \frac{G_{c110}}{2} \quad G_{c55} = 20.927 \quad [kg]$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL CONDUCTOR:

$$\beta := \text{atan}\left(\frac{g_v}{g_c}\right) \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ]$$

TIRO DE CONDUCTORES:

Estado I:

$$T_I := \sigma_I \cdot S \quad T_I = 407.763 \quad [\text{kg}]$$

Estado II:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S \quad T_{II} = 979.275 \quad [\text{kg}]$$

Estado III:

$$T_{III} := \sigma_{III} \cdot S \quad T_{III} = 1.033 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

Estado IV:

$$T_{IV} := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_{IV} = 658.179 \quad [\text{kg}]$$

Estado V:

$$T_V := \sigma_V \cdot S \quad T_V = 658.179 \quad [\text{kg}]$$

LONGITUD DEL CABLE TENDIDO ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO

La longitud del conductor tendido entre apoyos practicamente no difiere del valor considerado para el vano.

$$L := a + \frac{8 \cdot f_{III}^2}{3 \cdot a} \quad L = 110.047 \quad [\text{m}]$$

CABLE DE GUARDIA:

$$a = 110 \quad [\text{m}]$$

ESTADO V - TEMPERATURA MEDIA ANUAL:

$$\sigma_{cgV} := \frac{a^2 \cdot g_{cgV}}{8 \cdot f_{cgV}} \quad \sigma_{cgV} = 15.373 < \quad \sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$$

ESTADO I - MÁXIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgI}) := \sigma_{cgI} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \cdot \sigma_{cgI}^2} \quad f2(\sigma_{cgI}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cg} V^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgI} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) = 13.903 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgI} := \text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) \quad \sigma_{cgI} = 13.903 < \quad \sigma_{adm_{cg}I} = 78.4$$

ESTADO II - MÍNIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgII}) := \sigma_{cgII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \cdot \sigma_{cgII}^2} \quad f2(\sigma_{cgII}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cg} V^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) = 31.985 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) \quad \sigma_{cgII} = 31.985 < \quad \sigma_{adm_{cg}II} = 78.4$$

ESTADO III - MÁXIMO VIENTO:

$$f1(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{cgIII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \cdot \sigma_{cgIII}^2} \quad f2(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{adm_{cg}V} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cg} V^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cg}V}^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgIII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) = 29.356 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgIII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) \quad \sigma_{cgIII} = 29.356 < \quad \sigma_{adm_{cg}III} = 78.4$$

TIROS DEL CABLE DE GUARDIA:

ESTADO I:

$$T_{cgI} := \sigma_{cgI} \cdot S_{cg} \quad T_{cgI} = 467.548 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO II:

$$T_{cgII} := \sigma_{cgII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgII} = 1.076 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máxim}$$

ESTADO III:

$$T_{cgIII} := \sigma_{cgIII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIII} = 987.238 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO IV:

$$T_{cgIV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIV} = 517.01 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO V:

$$T_{cgV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgV} = 517.01 \quad [\text{kg}]$$

VIENTO EN EL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$V_{cg} := g_{vcg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad V_{cg} = 58.462 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$G_{cg110} := g_{cg} \cdot a \cdot S_{cg} \quad G_{cg110} = 29.59 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL SEMIVANO:

$$G_{cg55} := g_{cg} \cdot \frac{a}{2} \cdot S_{cg} \quad G_{cg55} = 14.795 \quad \text{kg}$$

CONDUCTORES DE FASE

$$a := 115 \quad [\text{m}]$$

Estado basico = "Estado V"

Estado I - Máxima Temperatura:

$$f1(\sigma I) := \sigma I - \frac{a^2 \cdot E \cdot g I^2}{24 \sigma I^2} \quad f2(\sigma I) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E$$

$\sigma I := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$root(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) = 3.783$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$$\sigma I := root(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) \quad \sigma I = 3.783 < \quad \sigma_{adm I} = 21$$

Estado II - Mínima Temperatura:

$$f1(\sigma II) := \sigma II - \frac{a^2 \cdot E \cdot g II^2}{24 \sigma II^2} \quad f2(\sigma II) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E$$

$\sigma II := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$root(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) = 8.869$$

$$\sigma II := root(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) \quad \sigma II = 8.869 < \quad \sigma_{adm II} = 21$$

Estado III - Máximo Viento:

$$f1(\sigma III) := \sigma III - \frac{a^2 \cdot E \cdot g III^2}{24 \sigma III^2} \quad f2(\sigma III) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E$$

$\sigma III := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$root(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) = 9.524$$

$$\sigma III := root(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) \quad \sigma III = 9.524 < \quad \sigma_{adm III} = 21$$

Estado IV - Temperatura Media Anual:

$$f1(\sigma IV) := \sigma IV - \frac{a^2 \cdot E \cdot g IV^2}{24 \sigma IV^2} \quad f2(\sigma IV) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIV) \cdot E$$

$\sigma_{IV} := 2$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$$\text{root}(f_1(\sigma_{IV}) - f_2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) = 6$$

$$\sigma_{IV} := \text{root}(f_1(\sigma_{IV}) - f_2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) \quad \sigma_{IV} = 6$$

CONCLUSIÓN:

Cuando se elije correctamente el estado básico, la tensión en cualquier otro estado mantiene menor que la admisible.

FLECHAS:

Estado I:

$$f_I := \frac{a^2 \cdot g_I}{8 \cdot \sigma_I} \quad f_I = 1.516 \quad [\text{m}]$$

Estado II:

$$f_{II} := \frac{a^2 \cdot g_{II}}{8 \cdot \sigma_{II}} \quad f_{II} = 0.647 \quad [\text{m}]$$

Estado III:

$$f_{III} := \frac{a^2 \cdot g_{III}}{8 \cdot \sigma_{III}} \quad f_{III} = 1.499 \quad [\text{m}] \quad \text{Máxima Flecha}$$

Estado IV:

$$f_{IV} := \frac{a^2 \cdot g_{IV}}{8 \cdot \sigma_{IV}} \quad f_{IV} = 0.956 \quad [\text{m}]$$

Estado V:

$$f_V := \frac{a^2 \cdot g_V}{8 \cdot \sigma_V} \quad f_V = 0.956 \quad [\text{m}]$$

VIENTO EN CONDUCTOR POR METRO:

$$\text{Viento Máximo:} \quad V_c := g_v \cdot S \quad V_c = 0.867 \quad [\text{kg} / \text{m}]$$

VIENTO EN CONDUCTORES EN EL VANO:

$$\text{Viento Máximo: } V_c := g_v \cdot S \cdot a \quad V_c = 99.746 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL VANO:

$$G_{c115} := g_c \cdot S \cdot a \quad G_{c115} = 43.757 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL SEMIVANO:

$$G_{c57.5} := \frac{G_{c115}}{2} \quad G_{c57.5} = 21.879 \quad [\text{kg}]$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL CONDUCTOR:

$$\beta := \text{atan}\left(\frac{g_v}{g_c}\right) \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ]$$

TIRO DE CONDUCTORES:

Estado I:

$$T_I := \sigma_I \cdot S \quad T_I = 414.998 \quad [\text{kg}]$$

Estado II:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S \quad T_{II} = 972.925 \quad [\text{kg}]$$

Estado III:

$$T_{III} := \sigma_{III} \cdot S \quad T_{III} = 1.045 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

Estado IV:

$$T_{IV} := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_{IV} = 658.166 \quad [\text{kg}]$$

Estado V:

$$T_V := \sigma_V \cdot S \quad T_V = 658.166 \quad [\text{kg}]$$

LONGITUD DEL CABLE TENDIDO ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO

La longitud del conductor tendido entre apoyos practicamente no difiere c considerado para el vano.

$$L := a + \frac{8 \cdot f_{III}^2}{3 \cdot a} \quad L = 115.052 \quad [\text{m}]$$

CABLE DE GUARDIA

$$a = 115 \quad [\text{m}]$$

ESTADO V - TEMPERATURA MEDIA ANUAL:

$$\sigma_{cgV} := \frac{a^2 \cdot g_{cgV}}{8 \cdot f_{cgV}} \quad \sigma_{cgV} = 15.373 < \quad \sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$$

ESTADO I - MÁXIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgI}) := \sigma_{cgI} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \sigma_{cgI}^2} \quad f2(\sigma_{cgI}) := \sigma_{adm_{cgV}} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cgV}^2}{24 \sigma_{adm_{cgV}}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgI} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) = 14.077 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante la función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgI} := \text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) \quad \sigma_{cgI} = 14.077 < \quad \sigma_{adm_{cgI}} = 78.4$$

ESTADO II - MÍNIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgII}) := \sigma_{cgII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \sigma_{cgII}^2} \quad f2(\sigma_{cgII}) := \sigma_{adm_{cgV}} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cgV}^2}{24 \sigma_{adm_{cgV}}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) = 31.997 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) \quad \sigma_{cgII} = 31.997 < \quad \sigma_{adm_{cgII}} = 78.4$$

ESTADO III - MÁXIMO VIENTO:

$$f1(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{cgIII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \sigma_{cgIII}^2} \quad f2(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{adm_{cgV}} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{cgV}^2}{24 \sigma_{adm_{cgV}}^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E_{cg}$$

$\sigma_{cgIII} := 3$ (Valor supuesto para comenzar el cálculo)

$\text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) = 29.588$ (Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado

$\sigma_{cgIII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) \quad \sigma_{cgIII} = 29.588 < \quad \sigma_{adm\,cgIII} = 78.4$

TIROS DEL CABLE DE GUARDIA:

ESTADO I:

$T_{cgI} := \sigma_{cgI} \cdot S_{cg} \quad T_{cgI} = 473.414 \quad [\text{kg}]$

ESTADO II:

$T_{cgII} := \sigma_{cgII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgII} = 1.076 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$

ESTADO III:

$T_{cgIII} := \sigma_{cgIII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIII} = 995.056 \quad [\text{kg}]$

ESTADO IV:

$T_{cgIV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIV} = 517 \quad [\text{kg}]$

ESTADO V:

$T_{cgV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgV} = 517 \quad [\text{kg}]$

VIENTO EN EL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$V_{cg} := g_{vcg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad V_{cg} = 61.119 \quad [\text{kg}]$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$G_{cg115} := g_{cg} \cdot a \cdot S_{cg} \quad G_{cg115} = 30.935 \quad [\text{kg}]$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL SEMIVANO:

$G_{cg57.5} := g_{cg} \cdot \frac{a}{2} \cdot S_{cg} \quad G_{cg57.5} = 15.467 \quad [\text{kg}]$

CONDUCTORES DE FASE

$$a := 104 \quad [\text{m}]$$

Estado basico = "Estado V"

Estado I - Máxima Temperatura:

$$f1(\sigma I) := \sigma I - \frac{a^2 \cdot E \cdot g I^2}{24 \sigma I^2} \quad f2(\sigma I) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E$$

$$\sigma I := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) = 3.635 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma I := \text{root}(f1(\sigma I) - f2(\sigma I), \sigma I) \quad \sigma I = 3.635 < \quad \sigma_{adm I} = 21$$

Estado II - Mínima Temperatura:

$$f1(\sigma II) := \sigma II - \frac{a^2 \cdot E \cdot g II^2}{24 \sigma II^2} \quad f2(\sigma II) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E$$

$$\sigma II := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) = 8.995$$

$$\sigma II := \text{root}(f1(\sigma II) - f2(\sigma II), \sigma II) \quad \sigma II = 8.995 < \quad \sigma_{adm II} = 21$$

Estado III - Máximo Viento:

$$f1(\sigma III) := \sigma III - \frac{a^2 \cdot E \cdot g III^2}{24 \sigma III^2} \quad f2(\sigma III) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E$$

$$\sigma III := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) = 9.292$$

$$\sigma III := \text{root}(f1(\sigma III) - f2(\sigma III), \sigma III) \quad \sigma III = 9.292 < \quad \sigma_{adm III} = 21$$

Estado IV - Temperatura Media Anual:

$$f1(\sigma_{IV}) := \sigma_{IV} - \frac{a^2 \cdot E \cdot g_{IV}^2}{24 \sigma_{IV}^2} \quad f2(\sigma_{IV}) := \sigma_{adm} V - \frac{a^2 \cdot E \cdot g V^2}{24 \sigma_{adm} V^2} + \alpha \cdot (tV - t_{IV}) \cdot E$$

$$\sigma_{IV} := 2 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) = 6$$

$$\sigma_{IV} := \text{root}(f1(\sigma_{IV}) - f2(\sigma_{IV}), \sigma_{IV}) \quad \sigma_{IV} = 6$$

CONCLUSIÓN:

Cuando se elije correctamente el estado básico, la tensión en cualquier otro estado mantiene menor que la admisible.

FLECHAS:

Estado I:

$$fI := \frac{a^2 \cdot gI}{8 \cdot \sigma I} \quad fI = 1.29 \quad [m]$$

Estado II:

$$fII := \frac{a^2 \cdot gII}{8 \cdot \sigma II} \quad fII = 0.521 \quad [m]$$

Estado III:

$$fIII := \frac{a^2 \cdot gIII}{8 \cdot \sigma III} \quad fIII = 1.256 \quad [m] \quad \text{Máxima Flecha}$$

Estado IV:

$$fIV := \frac{a^2 \cdot gIV}{8 \cdot \sigma IV} \quad fIV = 0.782 \quad [m]$$

Estado V:

$$fV := \frac{a^2 \cdot gV}{8 \cdot \sigma V} \quad fV = 0.782 \quad [m]$$

VIENTO EN CONDUCTOR POR METRO:

$$\text{Viento Máximo: } V_c := g_v \cdot S \quad V_c = 0.867 \quad [\text{kg / m}]$$

VIENTO EN CONDUCTORES EN EL VANO:

$$\text{Viento Máximo: } V_c := g_v \cdot S \cdot a \quad V_c = 90.206 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL VANO:

$$G_{c104} := g_c \cdot S \cdot a \quad G_{c104} = 39.572 \quad [\text{kg}]$$

PESO DE CONDUCTORES EN EL SEMIVANO:

$$G_{c52} := \frac{G_{c104}}{2} \quad G_{c52} = 19.786 \quad [\text{kg}]$$

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DEL CONDUCTOR:

$$\beta := \text{atan}\left(\frac{g_v}{g_c}\right) \quad \beta \cdot \frac{180}{\pi} = 66.314 \quad [^\circ]$$

TIRO DE CONDUCTORES:

Estado I:

$$T_I := \sigma_I \cdot S \quad T_I = 398.72 \quad [\text{kg}]$$

Estado II:

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S \quad T_{II} = 986.702 \quad [\text{kg}]$$

Estado III:

$$T_{III} := \sigma_{III} \cdot S \quad T_{III} = 1.019 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

Estado IV:

$$T_{IV} := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_{IV} = 658.189 \quad [\text{kg}]$$

Estado V:

$$T_V := \sigma_{IV} \cdot S \quad T_V = 658.189 \quad [\text{kg}]$$

LONGITUD DEL CABLE TENDIDO ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO

La longitud del conductor tendido entre apoyos practicamente no difiere c considerado para el vano.

$$L := a + \frac{8 \cdot f_{II}^2}{3 \cdot a} \quad L = 104.04 \quad [\text{m}]$$

CABLE DE GUARDIA

$$a = 104 \quad [\text{m}]$$

ESTADO V - TEMPERATURA MEDIA ANUAL:

$$\sigma_{cgV} := \frac{a^2 \cdot g_{cgV}}{8 \cdot f_{cgV}} \quad \sigma_{cgV} = 15.374 < \quad \sigma_{adm_{cgV}} = 22.4$$

ESTADO I - MÁXIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgI}) := \sigma_{cgI} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \cdot \sigma_{cgI}^2} \quad f2(\sigma_{cgI}) := \sigma_{adm_{cgI}} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgI}^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cgI}}^2} + \alpha \cdot (tV - tI) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgI} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) = 13.693 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgI} := \text{root}(f1(\sigma_{cgI}) - f2(\sigma_{cgI}), \sigma_{cgI}) \quad \sigma_{cgI} = 13.693 < \quad \sigma_{adm_{cgI}} = 78.4$$

ESTADO II - MÍNIMA TEMPERATURA:

$$f1(\sigma_{cgII}) := \sigma_{cgII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \cdot \sigma_{cgII}^2} \quad f2(\sigma_{cgII}) := \sigma_{adm_{cgII}} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgII}^2}{24 \cdot \sigma_{adm_{cgII}}^2} + \alpha \cdot (tV - tII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) = 31.972 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre f1 y f2 corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgII}) - f2(\sigma_{cgII}), \sigma_{cgII}) \quad \sigma_{cgII} = 31.972 < \quad \sigma_{adm_{cgII}} = 78.4$$

ESTADO III - MÁXIMO VIENTO:

$$f1(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{cgIII} - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \sigma_{cgIII}^2} \quad f2(\sigma_{cgIII}) := \sigma_{adm_{cgIII}} V - \frac{a^2 \cdot E_{cg} \cdot g_{cgIII}^2}{24 \sigma_{adm_{cgIII}} V^2} + \alpha \cdot (tV - tIII) \cdot E_{cg}$$

$$\sigma_{cgIII} := 3 \quad (\text{Valor supuesto para comenzar el cálculo})$$

$$\text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) = 29.081 \quad (\text{Resolución de la Ec. de tercer grado mediante función root). La igualdad entre } f1 \text{ y } f2 \text{ corresponde a la ecuación de estado}$$

$$\sigma_{cgIII} := \text{root}(f1(\sigma_{cgIII}) - f2(\sigma_{cgIII}), \sigma_{cgIII}) \quad \sigma_{cgIII} = 29.081 < \quad \sigma_{adm_{cgIII}} = 78.4$$

TIROS DEL CABLE DE GUARDIA:

ESTADO I:

$$T_{cgI} := \sigma_{cgI} \cdot S_{cg} \quad T_{cgI} = 460.499 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO II:

$$T_{cgII} := \sigma_{cgII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgII} = 1.075 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Tiro Máximo}$$

ESTADO III:

$$T_{cgIII} := \sigma_{cgIII} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIII} = 977.999 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO IV:

$$T_{cgIV} := \sigma_{cgIV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgIV} = 517.018 \quad [\text{kg}]$$

ESTADO V:

$$T_{cgV} := \sigma_{cgV} \cdot S_{cg} \quad T_{cgV} = 517.018 \quad [\text{kg}]$$

VIENTO EN EL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$V_{cg} := g_{vcg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad V_{cg} = 55.273 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL VANO:

$$G_{cg104} := g_{cg} \cdot a \cdot S_{cg} \quad G_{cg104} = 27.976 \quad [\text{kg}]$$

PESO DEL CABLE DE GUARDIA EN EL SEMIVANO

$$G_{cg52} := g_{cg} \cdot \frac{a}{2} \cdot S_{cg} \quad G_{cg52} = 13.988 \quad [\text{kg}]$$

3.4 Cálculo Mecánico Aisladores de Suspensión (Ver 2.14.3 Memoria Descriptiva)

Para semivanos adyacentes de 45 y 60 metros:

$$G_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$G_t := G_{c45} + G_{c60} + G_a \quad G_t = 42.653 \quad [\text{kg}]$$

Si la resistencia al Voladizo del aislador es: 10kN = 1000 daN, entonces coeficiente de seguridad es:

$$K_1 := \frac{1000}{G_t} \quad K_1 = 23.445 > 3$$

3.5 Calculo Mecánico Aisladores de Retención (Ver 2.14.5 Memoria Descriptiva)

Para el aislador de retención seleccionado, la carga mecánica nominal es de 7 = 7000 [daN], por lo que se tiene un coeficiente de seguridad de:

$$K_2 := \frac{7000}{T_{III}} \quad K_2 = 6.628 > 3$$

3.6 Calculo Mecánico de las estructuras (Ver 2.14.6 Memoria Descriptiva)

3.6.1 Estructura de Suspensión Simple "S" (Ver 2.14.6.3 Memoria Descriptiva)

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" - PIQUETE N° 2, 13, 15 y 76:

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple: →



$h_p := 11.25$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtimetr

$d := 0.18$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por me

$D = 0.349$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{FT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{FL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.329$ [m²] Área Proyectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi)^2) \cdot (A \cdot C_{FL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{FT} \cdot \sin(\psi)^2)$

$F_{V_p} = 176.789$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 45$ [m]

$a_2 := 60$ [m]

$a := a_1 + a_2$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$d_c := 0.0136$ [m] Diámetro del conductor de fase

$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2)$ $A_c = 1.428$ [m²] Área Proyectada

$$F_{v_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{v_c} = 111.564 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 60 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.788 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 61.524 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 9.95 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.25 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_a} := 6 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla IV-4 Martinez Fayó}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{vc} + F_{va}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.422$$

$$F_{cya} := (F_{vc} + F_{va}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 284.767 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad g_{cg} := 7.99910^{-3} \quad S := 109.7 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2] \quad P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad P_c = 39.958 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad P_{cg} = 28.246 \quad [\text{kg}] \quad P_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$P_s := 4.3 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 0.585 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.194 \quad [\text{m}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{va} = 6.877 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{ca} := F_{cya} + F_{vcg} + F_{vp} + D_{va} \quad T_{ca} = 529.957 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_a) \cdot L_1 + 2.53P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 17.193 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{cb} := D_{vb} + F_{adM} \quad T_{cb} = 67.193 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1074 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la mitad de la tracción de un conductor de fase:

$$M_{fl} := \frac{1}{2} \cdot T_{max} \cdot h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{fl} = 5.254 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_{f2} := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 77.367 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor es:

$$M_t := \frac{1}{2} \cdot T_{max} \cdot L_1$$

$$M_t = 308.88 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{fl} + M_{f2}$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{cc} := \frac{M}{h_{cg}} \quad T_{cc} = 474.261 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA/
define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ensa

Factor de Carga $K_C := 1$ Para estructuras de Suspensión

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.9$ Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{ca}$ Solicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

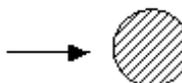
Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 588.841 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta un poste 12,5/750/18-35

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" - PIQUETES N° : 3 al 12 - 16 al 33 - 40 al
42 - 44 al 58 - 60 al 67 - 69 al 71 - 73 al 76:

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple 

$h_p := 11.25$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

$d := 0.18$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.349$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot hp$ $A = 1.329$ [m²] Área Proyectad

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{v_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi))^2 \cdot (A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{v_p} = 176.789$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 45$ [m]

$a_2 := 45$ [m]

$a := a_1 + a_2$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clas "C" o mayores.

$d_c := 0.0136$ [m] Diámetro del conductor de fase

$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2)$ $A_c = 1.224$ [m²] Área Proyectada

$$F_{v_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2$$

$F_{v_c} = 95.627$ [kg]

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 45$ [m]

$a_2 := 45$ [m]

$a := a_1 + a_2$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$d_{cg} := 0.0075$ [m] Diámetro del conductor de fase

$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2)$ $A_{cg} = 0.675$ [m²] Área Proyectada

$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\psi)^2$

$F_{v_{cg}} = 52.735$ [kg]

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$h_{c1} := 8.65$ [m]

$h_{c2} := 8.65$ [m]

$h_{c3} := 9.95$ [m]

$h_{cg} := 11.25$ [m]

$F_{v_a} := 6$ [kg] Considerada por tabla IV-4 Martinez Fayó

$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$

$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c3}$

$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$

$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$ Coeficiente de reducción a la Cima.

$C_c = 2.422$

$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot C_c$ $F_{cya} = 246.162$ [kg] Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.

Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad g_{cg} := 7.99910^{-3} \quad S := 109.7 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2] \quad P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad P_c = 34.249 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad P_{cg} = 24.211 \quad [\text{kg}] \quad P_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$P_s := 4.3 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 0.585 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.194 \quad [\text{m}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 5.987 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{ca} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va} \quad T_{ca} = 481.673 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_a) \cdot L_1 + 2.53P_s \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 14.966 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{ad_M} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{cb} := D_{vb} + F_{ad_M} \quad T_{cb} = 64.966 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{\max} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{\max cg} := 1074 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la mitad de la tracción de un conductor de fase:

$$M_{fl} := \frac{1}{2} \cdot T_{\max} \cdot h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{fl} = 5.254 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_{f2} := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 67.349 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor es:

$$M_t := \frac{1}{2} \cdot T_{\max} \cdot L_1$$

$$M_t = 308.88 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{fl} + M_{f2}$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{cc} := \frac{M}{h_{cg}} \quad T_{cc} = 473.371 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AE define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ens

Factor de Carga $K_C := 1$ Para estructuras de Suspensión

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.9$ Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{ca}$ Sollicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 535.192 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta un poste 12,5/750/18-35

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" - PIQUETES N° : 34:

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple: →



$h_p := 11.25$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Plana)

$d := 0.18$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm)

$D = 0.349$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.329$ [m²] Área Proyectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot \left(1 + 0.2 \sin(2\psi)^2\right) \cdot \left(A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2\right)$$

$$F_{V_p} = 176.789 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 55 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coefficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.36 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{V_c} = 106.252 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 55 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coefficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.75 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{V_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{V_{cg}} = 58.595 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 9.95 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.25 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_a} := 6 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla IV-4 Martinez Fayó}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.422$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 271.899 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad g_{cg} := 7.99910^{-3} \quad S := 109.7 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2] \quad P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad P_c = 38.055 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad P_{cg} = 26.901 \quad [\text{kg}] \quad P_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$P_s := 4.3 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 0.585 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.194 \quad [\text{m}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{va} = 6.58 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{ca} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va} \quad T_{ca} = 513.862 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_a) \cdot L_1 + 2.53P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 16.451 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{ad_M} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{cb} := D_{vb} + F_{ad_M} \quad T_{cb} = 66.451 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1074 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la mitad de la tracción de un conductor de fase:

$$M_{fl} := \frac{1}{2} \cdot T_{max} \cdot h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{fl} = 5.254 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_{f2} := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 74.028 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor es:

$$M_t := \frac{1}{2} \cdot T_{\max} L_1$$

$$M_t = 308.88 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{f1} + M_{f2}$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{cc} := \frac{M}{h_{cg}} \quad T_{cc} = 473.965 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AE define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante en

Factor de Carga $K_C := 1$ Para estructuras de Suspensión

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.9$ Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{ca}$ Solicitación última

Condición:

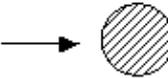
$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 570.958 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta un poste 12,5/750/18-35

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" - PIQUETES N° : 37 y 39:1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple: 

$h_p := 11.25$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtir

$d := 0.18$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.349$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{ff} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fl} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.329$ [m²] Área Projectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi))^2 \cdot (A \cdot C_{fl} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{ff} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{V_p} = 176.789$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 45$ [m]

$a_2 := 57.5$ [m]

$a := a_1 + a_2$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.394 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{v_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{v_c} = 108.908 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 57.5 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coefficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.769 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 60.06 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 9.95 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.25 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_a} := 6 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla IV-4 Martinez Fayó}$$

$$M_{cva} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.422$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 278.333 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad g_{cg} := 7.99910^{-3} \quad S := 109.7 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2] \quad P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad P_c = 39.006 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad P_{cg} = 27.573 \quad [\text{kg}] \quad P_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$P_s := 4.3 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 0.585 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.194 \quad [\text{m}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{va} = 6.729 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{ca} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va} \quad T_{ca} = 521.91 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_a) \cdot L_1 + 2.53P_s \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momen flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 16.822 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{cb} := D_{vb} + F_{adM} \quad T_{cb} = 66.822 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1074 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la mitad de la tracción de un conductor de fase:

$$M_{fl} := \frac{1}{2} \cdot T_{max} h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{fl} = 5.254 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_{f2} := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 75.697 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor es:

$$M_t := \frac{1}{2} \cdot T_{max} L_1$$

$$M_t = 308.88 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{fl} + M_{f2}$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right) \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{cc} := \frac{M}{h_{cg}} \quad T_{cc} = 474.113 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ens

Factor de Carga $K_C := 1$ Para estructuras de Suspensión

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.9$ Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{ca}$ Solicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

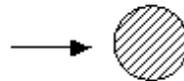
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 579.9 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta un poste 12,5/750/18-35

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" - PIQUETES N° 38:

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple



$h_p := 11.25$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

$d := 0.18$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.349$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{FT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{FL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot hp$ $A = 1.329$ $[m^2]$ Área Proyectada

$\psi := 0$ $[^\circ]$ Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi))^2 \cdot (A \cdot C_{FL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{FT} \cdot \sin(\psi)^2)$

$F_{V_p} = 176.789$ $[kg]$

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 57.5$ $[m]$

$a_2 := 57.5$ $[m]$

$a := a_1 + a_2$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clas "C" o mayores.

$d_c := 0.0136$ $[m]$ Diámetro del conductor de fase

$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2)$ $A_c = 1.564$ $[m^2]$ Área Proyectada

$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2$

$F_{V_c} = 122.189$ $[kg]$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 57.5$ $[m]$

$a_2 := 57.5$ $[m]$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.863 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\psi)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 67.384 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 8.65 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 9.95 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.25 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_a} := 6 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla IV-4 Martinez Fayó}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_a}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.422$$

$$F_{cya} := (F_{vc} + F_{va}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 310.503 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad g_{cg} := 7.99910^{-3} \quad S := 109.7 \quad [\text{mm}^2]$$

$$S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2] \quad P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad P_c = 43.763 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \quad P_{cg} = 30.936 \quad [\text{kg}] \quad P_a := 2.7 \quad [\text{kg}]$$

$$P_s := 4.3 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 0.585 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.194 \quad [\text{m}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{va} = 7.471 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{ca} := F_{cya} + F_{vcg} + F_{vp} + D_{va} \quad T_{ca} = 562.147 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_a) \cdot L_1 + 2.53P_s \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 18.677 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$T_{cb} := D_{vb} + F_{adM} \quad T_{cb} = 68.677 \quad [\text{kg}]$$

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.9$ Tabla 12.6.4 - AE

$S := T_{ca}$ Donde S es la sollicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

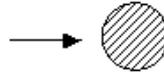
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 624.607 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta un poste 12,5/750/18-35

3.6.2 Estructura de Retención Angular "RA" (Ver 2.14.6.3 Memoria Descriptiva)

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN ANGULAR "RA 90° - PIQUETE N° 14":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:



Presión del viento en la cima de un poste simple:

$h_p := 12.2$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

$d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.423$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.836$ [m²] Área Projectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{v_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi))^2 \cdot (A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{v_p} = 244.263$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección longitudinal de la estructura:

$$F_{v_{p1}} := 1.5 F_{v_p}$$



$F_{v_{p1}} = 366.394$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$a_1 := 60$ [m]

$a_2 := 60$ [m]

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.632 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{90}{2} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$Fv_c := Q \cdot (Zp \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$Fv_c = 63.751 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 60 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 60 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.9 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{90}{2}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la}$$

$$Fv_{cg} := Q \cdot (Zp \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 35.157 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9.40 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 10.15 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.90 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 12.20 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

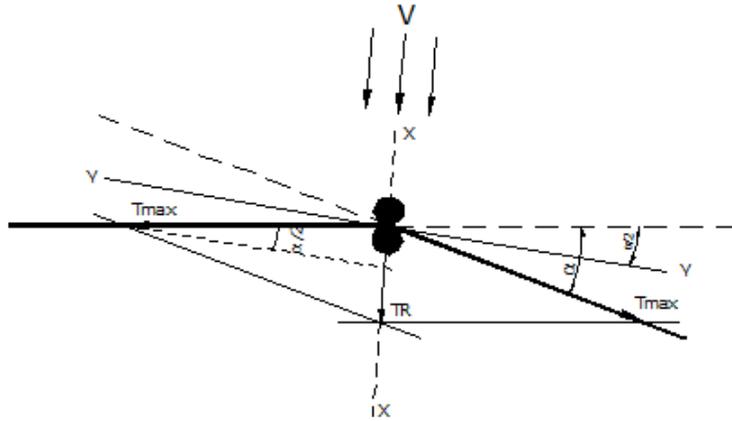
$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.496$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 179.083 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima en la direcc del eje longitudinal.}$$

Si se considera el poste doble orientado según se muestra en la figura:



Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$\begin{aligned}
 g_c &:= 3.46910^{-3} & P_m &:= 140 \quad [\text{kg}] & g_{cg} &:= 7.99910^{-3} \\
 S &:= 109.7 \quad [\text{mm}^2] & P_{aR} &:= 1.55 \quad [\text{kg}] & S_{cg} &:= 33.63 \quad [\text{mm}^2] \\
 P_c &:= g_c \cdot S \cdot a \quad [\text{kg}] & P_c &= 45.666 \quad [\text{kg}] & P_{cg} &:= g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \\
 L_1 &:= 1.1 \quad [\text{m}] & L_2 &:= 0.55 \quad [\text{m}] & P_{cg} &= 32.281 \quad [\text{kg}]
 \end{aligned}$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 31.706 \quad [\text{kg}]$$

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} = 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} = 1077 \quad [\text{kg}]$$

$$TR_{c_{xx}} := 2 \cdot T_{max} \sin(\theta)$$

Tiro resultante de los conductores de fase en la dirección del eje longitudinal.

$$TR_{c_{xx}} = 1.493 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{c_{xx}} := TR_{c_{xx}} (C_c)$$

Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{c_{xx}} = 3.727 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{cg_{xx}} := 2 \cdot T_{maxcg} \sin(\theta)$$

Tiro resultante del hilo de guardia en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{cg_{xx}} = 1.523 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El tiro total en la cima producidas por las cargas orientadas sobre el eje longitudinal de la estructura viene dada por:

$$F_{a_{\text{long}}} := F_{\text{cya}} + F_{v_{\text{cg}}} \cdot \cos(\Theta) + F_{v_{\text{p1}}} + D_{va} + \text{FRc}_{xx} + \text{FRcg}_{xx}$$

$$F_{a_{\text{long}}} = 5.853 \times 10^3$$

$$F_{\text{eq}_a} := \frac{F_{a_{\text{long}}}}{8} \quad F_{\text{eq}_a} = 731.569 \quad [\text{kg}] \quad \text{Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.}$$

HIPOTESIS b.1:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 79.265 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{ad_M} := 50 \quad [\text{kg}]$$

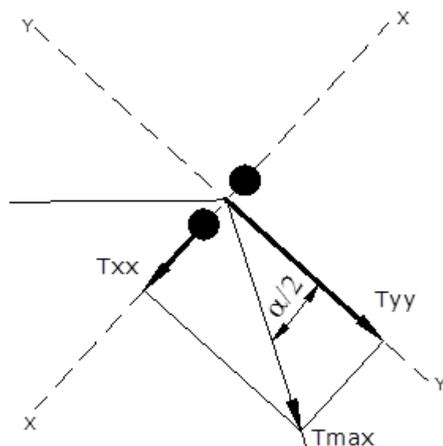
Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{\text{long}}} := D_{vb} + \text{FRc}_{xx} + \text{FRcg}_{xx} + F_{ad_M}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{\text{long}}}}{8} \quad T_{cb} = 672.472 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Para el conductor de fase superior, se considera la rotura del mismo, por lo cual se tiene dos direcciones, la x-x, que es la dirección de la bisectriz del ángulo y la y-y, normal a esa bisectriz. Se calculan ambas componentes y como en este caso tenemos esfuerzos actuando simultáneamente en dos direcciones más los esfuerzos del viento, estos esfuerzos se componen como sigue:



$$T_{xx} = T_{\max} \sin(\Theta) \quad T_{xx} = 746.705 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy} := T_{\max} \cos(\Theta) \quad T_{yy} = 746.705 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{xx_c} := T_{xx} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c2}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c1}}{h_{c2}} + F_{cya} + D_{va} \quad T_{xx_c} = 3.503 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy_c} := T_{yy} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} \quad T_{yy_c} = 667.138 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{cc} := \frac{T_{xx_c}}{8} + \frac{T_{yy_c}}{2}$$

$T_{cc} = 771.501 \quad [\text{kg}]$ Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AE define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante en

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de retención angular.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{cc}$ Sollicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

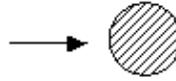
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.234 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13,5/1350/24-44

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN ANGULAR "RA 25° - PIQUETE N° 43":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple:



$h_p := 12.2$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geométrico - Planialtim

$d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.423$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.836$ [m²] Área Proyectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{v_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi)^2) \cdot (A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{v_p} = 244.263$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección longitudinal de la estructura:

$$F_{v_{p1}} := 1.5 F_{v_p}$$



$$F_{v_{p1}} = 366.394$$
 [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 52 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.319 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{25}{2} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{V_c} = 98.236 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 52 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.727 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{25}{2}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 54.174 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

Número de Vínculos

$$h_{c1} := 9.40 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 10.15 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.90 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 12.20 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

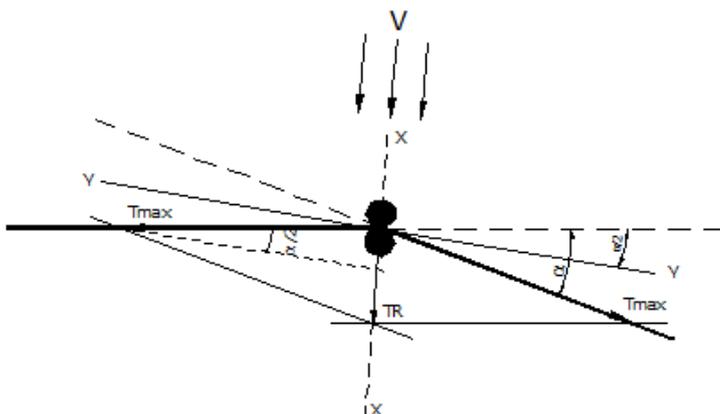
$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.496$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 265.155 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima en la dirección del eje longitudinal.}$$

Si se considera el poste doble orientado según se muestra en la figura:



Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$\begin{aligned}
 g_c &:= 3.46910^{-3} & P_m &:= 140 & [\text{kg}] & g_{cg} &:= 7.99910^{-3} \\
 S &:= 109.7 & [\text{mm}^2] & P_{aR} &:= 1.55 & [\text{kg}] & S_{cg} &:= 33.63 & [\text{mm}^2] \\
 P_c &:= g_c \cdot S \cdot a & [\text{kg}] & P_c &= 36.913 & [\text{kg}] & P_{cg} &:= g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \\
 L_1 &:= 1.1 & [\text{m}] & L_2 &:= 0.55 & [\text{m}] & P_{cg} &= 26.094 & [\text{kg}]
 \end{aligned}$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 29.338 \quad [\text{kg}]$$

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1019 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1075 \quad [\text{kg}]$$

$$TR_{c_{xx}} := 2 \cdot T_{max} \sin(\Theta)$$

Tiro resultante de los conductores de fase en la dirección del eje longitudinal.

$$TR_{c_{xx}} = 441.104 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{c_{xx}} := TR_{c_{xx}} (C_c)$$

Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{c_{xx}} = 1.101 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{cg_{xx}} := 2 \cdot T_{maxcg} \sin(\Theta)$$

Tiro resultante del hilo de guardia en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{cg_{xx}} = 465.345 \quad [\text{kg}]$$

El tiro total en la cima producidas por las cargas orientadas sobre el eje longitudinal de la estructura viene dada por:

$$F_{a_{long}} := F_{cya} + F_{v_{cg}} \cdot \cos(\Theta) + F_{v_{p1}} + D_{va} + FR_{c_{xx}} + FR_{cg_{xx}}$$

$$F_{a_{long}} = 2.28 \times 10^3$$

$$F_{eq_a} := \frac{F_{a_{long}}}{8}$$

$$F_{eq_a} = 285.009 \quad [\text{kg}]$$

Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.

HIPOTESIS b.1:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 73.346 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

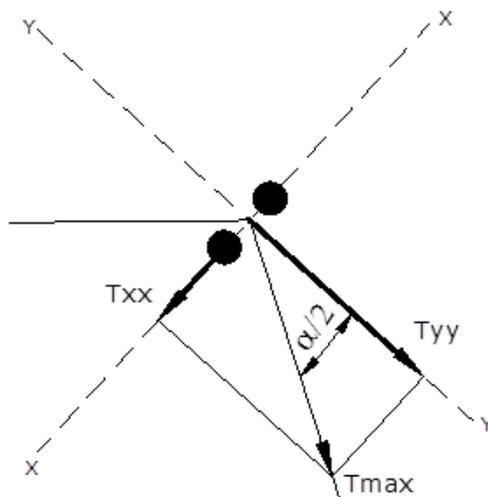
Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{long}} := D_{vb} + FRC_{xx} + FRC_{g_{xx}} + F_{adM}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{long}}}{8} \quad T_{cb} = 211.205 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Para el conductor de fase superior, se considera la rotura del mismo, por lo cual se tiene dos direcciones, la x-x, que es la dirección de la bisectriz del ángulo y la y-y, normal a esa bisectriz. Se calculan ambas componentes y como en este caso tenemos esfuerzos actuando simultáneamente en dos direcciones más los esfuerzos del viento, estos esfuerzos se componen como sigue:



$$T_{xx} = T_{max} \sin(\theta) \quad T_{xx} = 220.552 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy} := T_{max} \cos(\theta) \quad T_{yy} = 994.846 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{xxc} := T_{xx} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c2}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c1}}{h_{c2}} + F_{cya} + D_{va} \quad T_{xxc} = 1.267 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy_c} := T_{yy} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} \quad T_{yy_c} = 888.837 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{cc} := \frac{T_{xxc}}{8} + \frac{T_{yy_c}}{2}$$

$T_{cc} = 602.798 \quad [\text{kg}]$ Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA, se define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ensayos

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de retención angular.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{cc}$ Solicitación última

Condición:

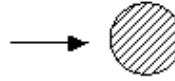
$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 964.478 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13,5/1050/24-44

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN ANGULAR "RA 63° - PIQUETE N° 59":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple:

 $h_p := 12.2$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

 $d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

 $D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

 $D = 0.423$ [m]

 $V := 34$ [m/s]

 $Q := 0.0613$ Densidad del Aire

 $Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

 $G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

 $C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

 $C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

 $A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.836$ [m²] Área Proyectada

 $\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot \left(1 + 0.2 \sin(2\psi)^2\right) \cdot \left(A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2\right)$$

 $F_{V_p} = 244.263$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección longitudinal de la estructura:

$$F_{V_{p1}} := 1.5 F_{V_p}$$



$$F_{V_{p1}} = 366.394$$
 [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 52 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.319 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{63}{2} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea.}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{V_c} = 74.927 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 52 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.727 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{63}{2}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea.}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 41.32 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9.40 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 10.15 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.90 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 12.20 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

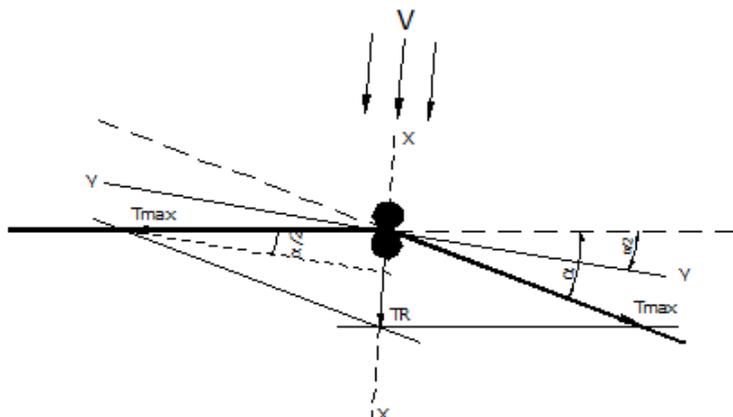
$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.496$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 206.978 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Si se considera el poste doble orientado según se muestra en la figura:



Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$\begin{aligned}
 g_c &:= 3.46910^{-3} & P_m &:= 140 \quad [\text{kg}] & g_{cg} &:= 7.99910^{-3} \\
 S &:= 109.7 \quad [\text{mm}^2] & P_{aR} &:= 1.55 \quad [\text{kg}] & S_{cg} &:= 33.63 \quad [\text{mm}^2] \\
 P_c &:= g_c \cdot S \cdot a \quad [\text{kg}] & P_c &= 36.913 \quad [\text{kg}] & P_{cg} &:= g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \\
 L_1 &:= 1.1 \quad [\text{m}] & L_2 &:= 0.55 \quad [\text{m}] & P_{cg} &= 26.094 \quad [\text{kg}]
 \end{aligned}$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 29.338 \quad [\text{kg}]$$

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1019 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1075 \quad [\text{kg}]$$

$$TR_{c_{xx}} := 2 \cdot T_{max} \sin(\Theta)$$

Tiro resultante de los conductores de fase en la dirección del eje longitudinal.

$$TR_{c_{xx}} = 1.065 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{c_{xx}} := TR_{c_{xx}}(C_c)$$

Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{c_{xx}} = 2.658 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{cg_{xx}} := 2 \cdot T_{maxcg} \sin(\Theta)$$

Tiro resultante del hilo de guardia en la dirección del eje longitudinal.

$$FR_{cg_{xx}} = 1.123 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El tiro total en la cima producidas por las cargas orientadas sobre el eje longitudinal de la estructura viene dada por:

$$F_{a_{long}} := F_{cya} + F_{v_{cg}} \cdot \cos(\Theta) + F_{v_{p1}} + D_{va} + FR_{c_{xx}} + FR_{cg_{xx}}$$

$$F_{a_{long}} = 4.288 \times 10^3$$

$$F_{eq_a} := \frac{F_{a_{long}}}{8} \quad F_{eq_a} = 278.735 \quad [\text{kg}] \quad \text{Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.}$$

HIPOTESIS b.1:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 69.366 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{ad_M} := 50 \quad [\text{kg}]$$

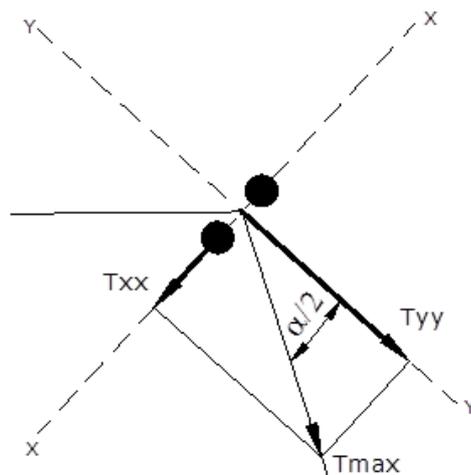
Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{long}} := D_{vb} + FR_{c_{xx}} + FR_{e_{xx}} + F_{ad_M}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{long}}}{8} \quad T_{cb} = 469.536 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Para el conductor de fase superior, se considera la rotura del mismo, por lo cual se tiene dos direcciones, la x-x, que es la dirección de la bisectriz del ángulo y la y-y, normal a esa bisectriz. Se calculan ambas componentes y como en este caso tenemos esfuerzos actuando simultáneamente en dos direcciones más los esfuerzos del viento, estos esfuerzos se componen como sigue:



$$T_{xx} = T_{max} \sin(\theta) \quad T_{xx} = 532.426 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy} := T_{max} \cos(\theta) \quad T_{yy} = 868.84 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{xx_c} := T_{xx} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c2}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c1}}{h_{c2}} + F_{cya} + D_{va} \quad T_{xx_c} = 2.584 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy_c} := T_{yy} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} \quad T_{yy_c} = 776.259 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{cc} := \frac{T_{xx_c}}{8} + \frac{T_{yy_c}}{2}$$

$T_{cc} = 711.142 \quad [\text{kg}]$ Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AE define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ens

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de retención angular.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{cc}$ Solicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.138 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13,5/1200/24-44

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN ANGULAR "RA 90° - PIQUETE N° 68 Y 72"

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple: 

$h_p := 12.2$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

$d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.423$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{fT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{fL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.836$ [m²] Área Proyectada

$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{v_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi))^2 \cdot (A \cdot C_{fL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{fT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{v_p} = 244.263$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección longitudinal de la estructura:

$$F_{v_{p1}} := 1.5 F_{v_p}$$



$F_{v_{p1}} = 366.394$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coefficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a_1 + a_2) \quad A_c = 1.224 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{90}{2} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{v_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_c} = 47.813 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Semivanos Adyacentes:

$$a_1 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a_2 := 45 \quad [\text{m}]$$

$$a := a_1 + a_2$$

Coefficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a_1 + a_2) \quad A_{cg} = 0.675 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := \frac{90}{2}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea.}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 26.368 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9.40 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 10.15 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.90 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 12.20 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

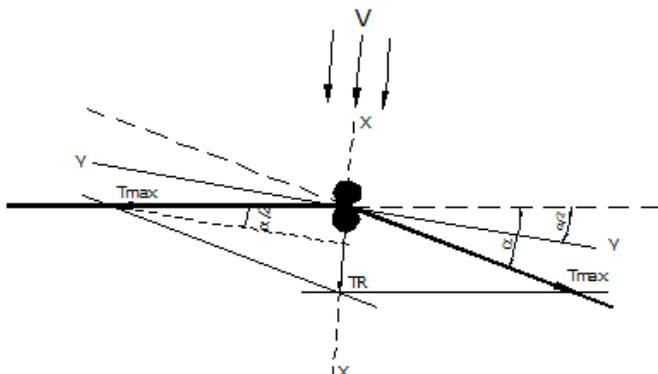
$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.496$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 139.304 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Si se considera el poste doble orientado según se muestra en la figura:



Además se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$\begin{aligned}
 g_c &:= 3.46910^{-3} & P_m &:= 140 & [\text{kg}] & g_{cg} &:= 7.99910^{-3} \\
 S &:= 109.7 & [\text{mm}^2] & P_{aR} &:= 1.55 & [\text{kg}] & S_{cg} &:= 33.63 & [\text{mm}^2] \\
 P_c &:= g_c \cdot S \cdot a & [\text{kg}] & P_c &= 34.249 & [\text{kg}] & P_{cg} &:= g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \\
 L_1 &:= 1.1 & [\text{m}] & L_2 &:= 0.55 & [\text{m}] & P_{cg} &= 24.211 & [\text{kg}]
 \end{aligned}$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 28.618 \quad [\text{kg}]$$

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 985.76 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$TR_{c_{xx}} := 2 \cdot T_{max} \sin(\Theta) \quad \text{Tiro resultante de los conductores de fase en la dirección del eje longitudinal.}$$

$$TR_{c_{xx}} = 1.394 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{c_{xx}} := TR_{c_{xx}}(C_c) \quad \text{Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima en la dirección del eje longitudinal.}$$

$$FR_{c_{xx}} = 3.479 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$FR_{cg_{xx}} := 2 \cdot T_{maxcg} \sin(\Theta) \quad \text{Tiro resultante del hilo de guardia en la dirección del eje longitudinal.}$$

$$FR_{cg_{xx}} = 1.493 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El tiro total en la cima producidas por las cargas orientadas sobre el eje longitudinal de la estructura viene dada por:

$$F_{a_{long}} := F_{cya} + F_{v_{cg}} \cdot \cos(\Theta) + F_{v_{p1}} + D_{va} + FR_{c_{xx}} + FR_{cg_{xx}}$$

$$F_{a_{long}} = 5.526 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{eq_a} := \frac{F_{a_{long}}}{8} \quad F_{eq_a} = 638.914 \quad [\text{kg}] \quad \text{Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.}$$

HIPOTESIS b.1:

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 71.545 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

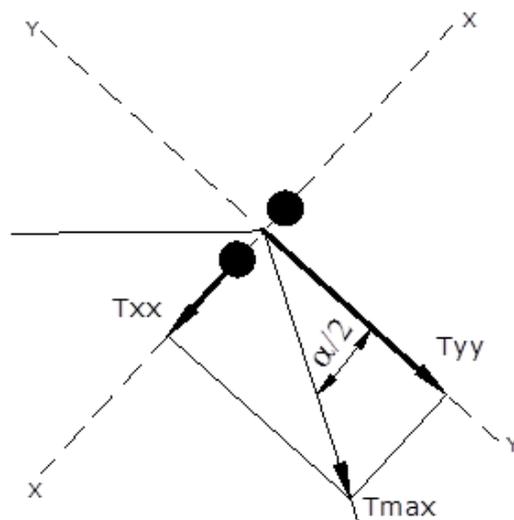
Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{long}} := D_{vb} + FRC_{xx} + FRC_{yy} + F_{adM}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{long}}}{8} \quad T_{cb} = 636.804 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Para el conductor de fase superior, se considera la rotura del mismo, por lo cual se tiene dos direcciones, la x-x, que es la dirección de la bisectriz del ángulo y la y-y, normal a esa bisectriz. Se calculan ambas componentes y como en este caso tenemos esfuerzos actuando simultáneamente en dos direcciones más los esfuerzos del viento, estos esfuerzos se componen como sigue:



$$T_{xx} = T_{max} \sin(\theta) \quad T_{xx} = 697.038 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{yy} = T_{max} \cos(\theta) \quad T_{yy} = 697.038 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$T_{xx_c} := T_{xx} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c2}}{h_{cg}} + TR_{c_{xx}} \frac{h_{c1}}{h_{c2}} + F_{cya} + D_{va} \quad T_{xx_c} = 3.242 \times 10^3$$

$$T_{yy_c} := T_{yy} \frac{h_{c3}}{h_{cg}} \quad T_{yy_c} = 622.763 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{cc} := \frac{T_{xx_c}}{8} + \frac{T_{yy_c}}{2}$$

$T_{cc} = 716.578 \quad [\text{kg}]$ Corresponde al tiro que debe soportar cada poste en la cima.

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ensay

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de retención angular.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := T_{cc}$ Solicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

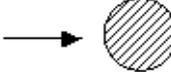
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.147 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13,5/1200/24-44

3.6.3 Estructura de Retención Terminal "T" (Ver 2.14.6.3 Memoria Descriptiva)

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN TERMINAL "T - PIQUETE N° 1 y 77":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple: 

$h_p := 11.6$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

$d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

$D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

$D = 0.414$ [m]

$V := 34$ [m/s]

$Q := 0.0613$ Densidad del Aire

$Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

$G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

$C_{FT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

$C_{FL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

$A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.728$ [m²] Área Proyectada

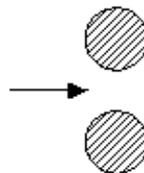
$\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{v_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi)^2) \cdot (A \cdot C_{FL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{FT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

$F_{v_p} = 229.935$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección transversal de la estructura:

$F_{v_{p2}} := 2 \cdot F_{v_p}$



$F_{v_{p2}} = 459.87$ [kg]

Presión del viento sobre conductores de fase:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 120 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a) \quad A_c = 0.816 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0 \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la lír}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{v_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_c} = 63.751 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 120 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

G_w = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a) \quad A_{cg} = 0.45 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea.}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 35.157 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.30 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.60 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

Fuerzas en dirección normal a la línea:

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.44$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 175.048 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura. donde:

$$\begin{aligned}
 g_c &:= 3.46910^{-3} & P_m &:= 140 & [\text{kg}] & & g_{cg} &:= 7.99910^{-3} \\
 S &:= 109.7 & [\text{mm}^2] & & P_{aR} &:= 1.55 & [\text{kg}] & & S_{cg} &:= 33.63 & [\text{mm}^2] \\
 P_c &:= g_c \cdot S \cdot a & [\text{kg}] & & P_c &= 22.833 & [\text{kg}] & & P_{cg} &:= g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a \\
 L_1 &:= 1.225 & [\text{m}] & & L_2 &:= 0.6125 & [\text{m}] & & P_{cg} &= 16.14 & [\text{kg}]
 \end{aligned}$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 29.901 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{trans} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va}$$

$$F_{trans} = 470.041 \quad [\text{kg}]$$

Fuerzas sobre el eje longitudinal de la estructura, coincide con el eje de la línea:

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1056 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1077 \quad [\text{kg}]$$

$T_{muc} := T_{max}$ Tiro máximo unilateral del conductor de fase.

$TR_c := T_{muc}(C_c)$ Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.

$$TR_c = 2.576 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Y el tiro resultante producido por el hilo de guardia es:

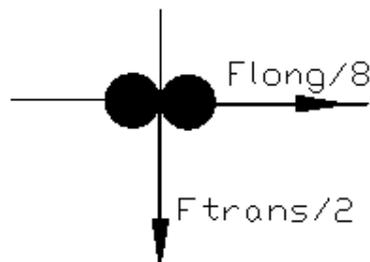
$T_{mucg} := T_{maxcg}$ Tiro máximo unilateral del hilo de guardia.

$TR_{cg} := T_{mucg}$ Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.

$$F_{long} := TR_c + TR_{cg}$$

$$F_{long} = 3.653 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo reducido a cada poste:



$$FR := \frac{F_{long}}{8} + \frac{F_{trans}}{2} \quad FR = 691.68 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b.1

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$P_c := 34.245 \quad [\text{kg}]$$

$$P_{aR} := 1.55 \quad [\text{kg}]$$

$$P_m := 140 \quad [\text{kg}]$$

$$L_1 := 1.1 \quad [\text{m}]$$

$$L_2 := 0.55 \quad [\text{m}]$$

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 75.242 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{xx}} := D_{vb} + 1.5T_{max} + 1.5T_{maxcg} + F_{adM}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{xx}}}{8} \quad T_{cb} = 415.593 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} = 1.056 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} = 1.077 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la tracción de los conductores de fase es:

$$M_{f1} := T_{max} h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f1} = 1.088 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} := T_{max} h_{c2} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 9.504 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_{F3} := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{F3} = 352.919 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor en cada punto considerado es (Ver 4.7.8 - Martinez Fayó):

$$M_{t1} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t1} = 1.162 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{t2} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t2} = 1.162 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{f1} + M_{f2} + M_{F3}$$

$$M_t := M_{t1} + M_{t2}$$

$$M_t = 2.323 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right)$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$F_{c_{xx}} := \frac{M}{h_{cg}} + T_{\max} c_g$$

$$T_{cc} := \frac{F_{c_{xx}}}{8} \quad T_{cc} = 358.748 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AE define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ens

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de terminales.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := FR$ Solicitud última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

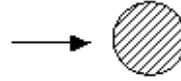
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.107 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13/1200/24-44

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN TERMINAL "T - PIQUETE N° 35":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple:


 $h_p := 11.6$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtim

 $d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

 $D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por

 $D = 0.414$ [m]

 $V := 34$ [m/s]

 $Q := 0.0613$ Densidad del Aire

 $Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

 $G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

 $C_{FT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

 $C_{FL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

 $A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.728$ [m²] Área Projectada

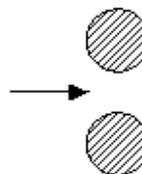
 $\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot (1 + 0.2 \sin(2\psi)^2) \cdot (A \cdot C_{FL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{FT} \cdot \sin(\psi)^2)$$

 $F_{V_p} = 229.935$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección transversal de la estructura:

$$F_{V_{p2}} := 2 \cdot F_{V_p}$$

 $F_{V_{p2}} = 459.87$ [kg]


Presión del viento sobre conductores de fase:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 110 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a) \quad A_c = 0.748 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0 \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{V_c} = 58.438 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 110 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a) \quad A_{cg} = 0.413 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180} \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 32.227 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.30 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.60 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

Fuerzas en dirección normal a la línea:

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.44$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 162.087 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad P_m := 140 \quad [\text{kg}] \quad g_{cg} := 7.99910^{-3}$$

$$S := 109.7 \quad [\text{mm}^2] \quad P_{aR} := 1.55 \quad [\text{kg}] \quad S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2]$$

$$P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad [\text{kg}] \quad P_c = 20.93 \quad [\text{kg}] \quad P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a$$

$$L_1 := 1.225 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.6125 \quad [\text{m}] \quad P_{cg} = 14.795 \quad [\text{kg}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momen flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 29.299 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{trans} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va}$$

$$F_{trans} = 453.547 \quad [\text{kg}]$$

Fuerzas sobre el eje longitudinal de la estructura, coincide con el eje de la línea:

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 1033 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1076 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{muc} := T_{max}$$

Tiro máximo unilateral del conductor de fase.

$$TR_c := T_{muc}(C_c)$$

Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.

$$TR_c = 2.52 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Y el tiro resultante producido por el hilo de guardia es:

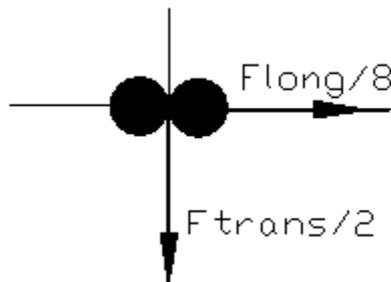
$$T_{mucg} := T_{maxcg} \quad \text{Tiro máximo unilateral del hilo de guardia.}$$

$$TR_{cg} := T_{mucg} \quad \text{Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.}$$

$$F_{long} := TR_c + TR_{cg}$$

$$F_{long} = 3.596 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo reducido a cada poste:



$$FR := \frac{F_{long}}{8} + \frac{F_{trans}}{2} \quad FR = 676.294 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b.1

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$P_c := 34.245 \quad [\text{kg}] \quad P_m := 140 \quad [\text{kg}] \quad L_2 := 0.55 \quad [\text{m}]$$

$$P_{aR} := 1.55 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 1.1 \quad [\text{m}]$$

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{vb} = 75.242 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{xx}} := D_{vb} + 1.5T_{max} + 1.5T_{maxcg} + F_{adM}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{xx}}}{8} \quad T_{cb} = 411.093 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} = 1.033 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} = 1.076 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la tracción de los conductores de fase es:

$$M_{f1} := T_{max} h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f1} = 1.064 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} := T_{max} h_{c2} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 9.297 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_B := [3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_B = 352.919 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor en cada punto considerado es (Ver 4.7.8 - Martinez Fayó):

$$M_{t1} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t1} = 1.136 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{t2} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t2} = 1.136 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{f1} + M_{f2} + M_B$$

$$M_t := M_{t1} + M_{t2}$$

$$M_t = 2.273 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right)$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$F_{c_{xx}} := \frac{M}{h_{cg}} + T_{\max} c_g$$

$$T_{cc} := \frac{F_{c_{xx}}}{8} \quad T_{cc} = 353.824 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA, se define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ensayos

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de terminales.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := FR$ Solicitación última

Condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \phi \cdot R_c \quad R_c \geq \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi}$$

Donde:

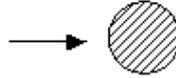
$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.082 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13/1200/24-44

ESTRUCTURA DE RETENCIÓN TERMINAL "T - PIQUETE N° 36":

1) - Fuerza del Viento sobre la estructura:

Presión del viento en la cima de un poste simple:


 $h_p := 11.60$ [m] Altura libre sobre el suelo (Por dimensionamiento Geometrico - Planialtimetr

 $d := 0.24$ [m] Diámetro en la cima del poste (De tabla IV - 2 Martinez Fayó)

 $D := d + 0.015h_p$ Diámetro en el empotramiento (Se considera una conicidad de 1,5cm por me

 $D = 0.414$ [m]

 $V := 34$ [m/s]

 $Q := 0.0613$ Densidad del Aire

 $Z_p := 1.05$ Factor de Terreno por altura y exposición.
Exposición C - Zona Rural - Altura: 10m

 $G_T := 1.892$ Factor de Rafaga. Sale de Cálculo.

 $C_{FT} := 0.9$ Coeficiente de forma Transversal

 $C_{FL} := 0.9$ Coeficiente de forma Longitudinal

 $A := \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot d + D) \cdot h_p$ $A = 1.728$ [m²] Área Proyectada

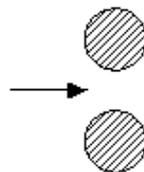
 $\psi := 0$ [°] Ángulo del viento con el eje perpendicular.

$$F_{V_p} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_T \cdot \left(1 + 0.2 \sin(2\psi)^2\right) \cdot \left(A \cdot C_{FL} \cdot \cos(\psi)^2 + A \cdot C_{FT} \cdot \sin(\psi)^2\right)$$

 $F_{V_p} = 229.935$ [kg]

Presión del viento en la cima de Poste doble en dirección transversal de la estructura:

$$F_{V_{p2}} := 2 \cdot F_{V_p}$$

 $F_{V_{p2}} = 459.87$ [kg]


Presión del viento sobre conductores de fase:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 90 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_c := 0.0136 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_c := d_c \cdot (a) \quad A_c = 0.612 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0 \quad \text{Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

$$F_{V_c} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_c \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{V_c} = 47.813 \quad [\text{kg}]$$

Presión del viento sobre cable de guardia:

- Vano Adyacente:

$$a_1 := 90 \quad [\text{m}] \quad \text{Vano adyacente}$$

$$a := \frac{a_1}{2} \quad [\text{m}] \quad \text{Longitud del semivano adyacente}$$

Coeficiente de forma: $C_f := 1$

Gw = Factor de Rafaga, se aplica solamente a líneas aéreas de clase "C" o mayores.

$$d_{cg} := 0.0075 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro del conductor de fase}$$

$$A_{cg} := d_{cg} \cdot (a) \quad A_{cg} = 0.337 \quad [\text{m}^2] \quad \text{Área Proyectada}$$

$$\alpha := 0$$

$$\Theta := \frac{(\alpha) \cdot \pi}{180}$$

Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea

$$F_{v_{cg}} := Q \cdot (Z_p \cdot V)^2 \cdot C_f \cdot A_{cg} \cdot \cos(\Theta)^2$$

$$F_{v_{cg}} = 26.368 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS a.1

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$h_{c1} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c2} := 9 \quad [\text{m}]$$

$$h_{c3} := 10.30 \quad [\text{m}]$$

$$h_{cg} := 11.60 \quad [\text{m}]$$

$$F_{v_{aR}} := 8 \quad [\text{kg}] \quad \text{Considerada por tabla}$$

Fuerzas en dirección normal a la línea:

$$M_{cya} := F \cdot h_{cg}$$

$$M_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c1} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c2} + (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot h_{c3}$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}}$$

$$C_c := \frac{(h_{c1} + h_{c2} + h_{c3})}{h_{cg}} \quad \text{Coeficiente de reducción a la Cima.}$$

$$C_c = 2.44$$

$$F_{cya} := (F_{v_c} + F_{v_{aR}}) \cdot C_c \quad F_{cya} = 136.165 \quad [\text{kg}] \quad \text{Fuerza del viento sobre conductores y aisladores reducido a la Cima.}$$

Ademas se debe considerar el desequilibrio vertical, provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, donde:

$$g_c := 3.46910^{-3} \quad P_m := 140 \quad [\text{kg}] \quad g_{cg} := 7.99910^{-3}$$

$$S := 109.7 \quad [\text{mm}^2] \quad P_{aR} := 1.55 \quad [\text{kg}] \quad S_{cg} := 33.63 \quad [\text{mm}^2]$$

$$P_c := g_c \cdot S \cdot a \quad [\text{kg}] \quad P_c = 17.125 \quad [\text{kg}] \quad P_{cg} := g_{cg} \cdot S_{cg} \cdot a$$

$$L_1 := 1.225 \quad [\text{m}] \quad L_2 := 0.6125 \quad [\text{m}] \quad P_{cg} = 12.105 \quad [\text{kg}]$$

$$D_{va} := \frac{3 \cdot (P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2}{h_{cg}}$$

Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un momento flexor igual que la carga desequilibrada.

$$D_{va} = 28.093 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{trans} := F_{cya} + F_{v_{cg}} + F_{v_p} + D_{va}$$

$$F_{trans} = 420.561 \quad [\text{kg}]$$

Fuerzas sobre el eje longitudinal de la estructura, coincide con el eje de la línea:

Fuerza resultante de los conductores reducido a la Cima:

$$T_{max} := 985.76 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} := 1074 \quad [\text{kg}]$$

$T_{muc} := T_{max}$ Tiro máximo unilateral del conductor de fase.

$TR_c := T_{muc}(C_c)$ Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.

$$TR_c = 2.405 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Y el tiro resultante producido por el hilo de guardia es

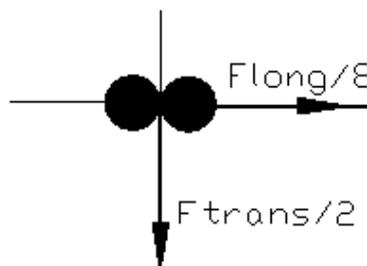
$T_{mucg} := T_{maxcg}$ Tiro máximo unilateral del hilo de guardia.

$TR_{cg} := T_{mucg}$ Tiro resultante de los conductores reducido a la Cima.

$$F_{long} := TR_c + TR_{cg}$$

$$F_{long} = 3.479 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Esfuerzo reducido a cada poste:



$$FR := \frac{F_{long}}{8} + \frac{F_{trans}}{2} \quad FR = 645.145 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS b.1

Se considera el desequilibrio vertical provocado por las cargas verticales desiguales a ambos lados de la estructura, la fuerza resultante de la tracción de los conductores. No se considera viento:

$$P_c := 34.245 \quad [\text{kg}] \quad P_m := 140 \quad [\text{kg}] \quad L_2 := 0.55 \quad [\text{m}]$$

$$P_{aR} := 1.55 \quad [\text{kg}] \quad L_1 := 1.1 \quad [\text{m}]$$

$$D_{vb} := \frac{2.53(P_c + P_{aR}) \cdot L_1 + 2.53P_m \cdot L_2}{h_{cg}} \quad \text{Fuerza en la cima del poste, que accionando horizontalmente, provoque en la base un mome flexor igual que la carga desequilibrada.}$$

$$D_{vb} = 75.242 \quad [\text{kg}]$$

$$F_{adM} := 50 \quad [\text{kg}]$$

Luego, el tiro total en la cima será:

$$F_{b_{xx}} := D_{vb} + 1.5T_{max} + 1.5T_{maxcg} + F_{adM}$$

$$T_{cb} := \frac{F_{b_{xx}}}{8} \quad T_{cb} = 401.86 \quad [\text{kg}]$$

HIPOTESIS c.1:

Cálculo de los momentos y Tiro reducido a la Cima:

$$T_{max} = 985.76 \quad [\text{kg}]$$

$$T_{maxcg} = 1.074 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

El momento flector debido a la tracción de los conductores de fase es:

$$M_{f1} := T_{max} h_{c3} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f1} = 1.015 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} := T_{max} h_{c2} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{f2} = 8.872 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento flector debido al desequilibrio vertical:

$$M_B := \left[3 \cdot (P_c + P_a) \cdot L_1 + 3 \cdot P_m \cdot L_2 \right] \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_B = 352.919 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

El momento torsor en cada punto considerado es (Ver 4.7.8 - Martinez Fayó):

$$M_{t1} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t1} = 1.084 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_{t2} := T_{\max} L_1$$

$$M_{t2} = 1.084 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M_F := M_{f1} + M_{f2} + M_B$$

$$M_t := M_{t1} + M_{t2}$$

$$M_t = 2.169 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

$$M := \frac{1}{2} \cdot \left(M_F + \sqrt{M_F^2 + M_t^2} \right)$$

Esfuerzo total reducido a la cima:

$$F_{c_{xx}} := \frac{M}{h_{cg}} + T_{\max} c_g$$

$$T_{cc} := \frac{F_{c_{xx}}}{8} \quad T_{cc} = 343.717 \quad [\text{kg}]$$

Aplicando el "Método de Factorización de Cargas y de Resistencia" que define la AEA, define:

Factor de Carga $K_E := 1$ La Resistencia nominal se comprueba mediante ensay

Factor de Carga $K_C := 1.2$ Para estructuras de terminales.

Factor Global de Resistencia $\phi := 0.75$ Poste Doble Tabla 12.6.4 - AEA

$S := FR$ Solicitación última

Condición:

$$K_E K_C S \leq \phi R_c \quad R_c \geq \frac{K_E K_C S}{\phi}$$

Donde:

$$R_c := \frac{K_E \cdot K_C \cdot S}{\phi} \quad R_c = 1.032 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

Se adopta poste de 2x13/1200/24-44

3.7 Separación entre vínculos en estructuras dobles (Ver 2.14.6.4 Memoria Descriptiva)

Según Tabla IV-5 Martinez Fayó, para $h < 10\text{m}$, se tiene:

1 - Número de Vínculos = 2

2 - Distancia entre ménsula inferior y primer vínculo h_3 :

$$h_3 := 0.3h_{c1} \quad h_3 = 2.82 \quad [\text{m}]$$

3 - Distancia entre primer vínculo y segundo vínculo h_2 :

$$h_2 := 0.335h_{c1} \quad h_2 = 3.149 \quad [\text{m}]$$

4 - Distancia entre segundo vínculo y sección empotramient

$$h_1 := 0.365h_{c1} \quad h_1 = 3.431 \quad [\text{m}]$$

3.8 Cálculo de Fundaciones – Método de Sulzberger (Ver 2.14.7.6 / 7 / 8 / 10 Memoria Descriptiva)

ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN "S" PIQUETE N° 2 a 13 - 15 a 23 - 28 a 34 - 41
42 - 44 a 58 - 60 a 67 - 69 a 71 - 73 a:76

Datos: Poste: 12,5/750/18-35

Terreno: Arena arcillosa

$T_c := 562$ [kg] Tiro Total reducido a la cima.
Dimensionamiento Geometrico.

$h := 11.25$ [m] Altura libre del poste

$t := 1.25$ [m] Profundidad de empotramiento

$T := t + 0.20$ [m] Profundidad del macizo de la fundación

Momento Volcador:

$$M_v := T_c \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot T \right) \quad M_v = 6.866 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Dimensiones de la fundación:

$E_h := 0.20$	[m]		Espesor mínimo de hormigón.
$\emptyset_{\text{agujero}} = \emptyset_{\text{poste}} + 0,15$	[m]		Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holgura necesaria para facilitar su colocación.
$D := 0.60$	[m]		
$a := D + 2 \cdot E_h$	$a = 1$	[m]	Ancho de la fundación
$b := D + 2 \cdot E_h$	$b = 1$	[m]	Largo de la fundación
$V_t := a \cdot b \cdot T$	$V_t = 1.45$	[m ³]	Volumen total del macizo
$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t$	$V_e = 0.353$	[m ³]	Volumen de agujero de empotramiento
$V_h := V_t - V_e$	$V_h = 1.097$	[m ³]	Volumen de la fundación
$\delta_H := 2200$	[kg/m ³]		Densidad del hormigón simple
$C_t := 7$	[kg/cm ³]		Coefficiente de compresibilidad para las paredes, definido a 2m de profundidad. Tabla V - 1 - Martínez Fayó.
$C_{t_T} := C_t \cdot \frac{T}{2}$	$C_{t_T} = 5.075$	[kg/cm ³]	Coefficiente de compresibilidad para las paredes, a la profundidad T.
$C_b := 1.1 \cdot C_{t_T}$	$C_b = 5.583$	[kg/cm ³]	Coefficiente de compresibilidad para el fondo.
$\mu := 0.4$			Coefficiente de fricción terreno - fundación. Tabla V - 1 - Martínez Fayó.
$P_p := 1240$	[kg]		Peso de la estructura
$P_s := 3 \cdot 4.3$	$P_s = 12.9$	[kg]	Peso de los soportes
$G_c := 3 \cdot 39.958$	$G_c = 119.874$	[kg]	Peso de los conductores de fase
$G_{cg} := 28.246$	[kg]		Peso del cable de guardia
$P_a := 3 \cdot 2.7$	$P_a = 8.1$	[kg]	Peso de aisladores
$G_h := V_h \cdot \delta_H$	$G_h = 2.412 \times 10^3$	[kg]	Peso de la fundación
$G := P_p + P_s + G_c + G_{cg} + P_a + G_h$	$G = 3.822 \times 10^3$	[kg]	Peso total

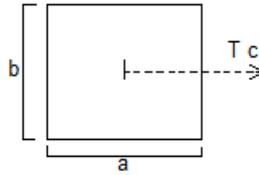
1) Base Rectangular I:

a) Momento de encastramiento:

$$a := a \cdot 100 \quad a = 100 \quad [\text{cm}]$$

$$b := b \cdot 100 \quad b = 100 \quad [\text{cm}]$$

$$T := T \cdot 100 \quad T = 145 \quad [\text{cm}]$$



$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0.01 \quad Ms := \frac{b \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0.01 \quad Ms := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} = 6.232 \times 10^{-4} < 0.01$$

Entonces:

$$Ms := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0.01 \quad Ms = 5.928 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

b) Momento de Fondo

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0.01 \quad Mb := \frac{b \cdot a^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0.01 \quad Mb := G \cdot \left(\frac{a}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} = 1.369 \times 10^{-3} < 0.01$$

Entonces:

$$Mb := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{a}{2} - 0.47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot 0.01}} \right) \quad Mb = 1.441 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Coeficiente de seguridad:

A partir de la relación Ms/Mb , se define el coeficiente de seguridad en base a la tabla V - 5 - Martinez Fayó.

$$\frac{Ms}{Mb} = 4.114 > 1 \quad s_{\min} := 1$$

Luego:

$$s := \frac{Ms + Mb}{Mv} \quad s = 1.073 > 1 \quad (\text{VERIFICA})$$

POSTE DOBLE - RETENSIÓN ANGULAR 90°. Piquetes N° 14 - 68 - 72:

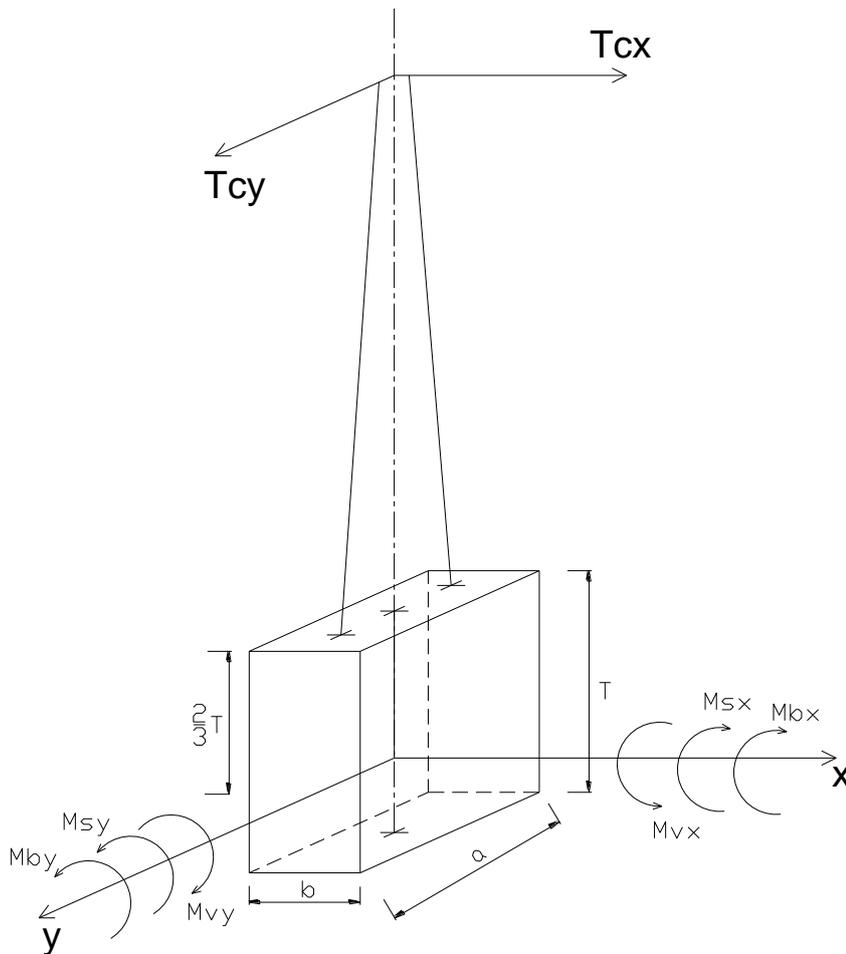
Datos: Poste: 2 x 13,5/1350/24-44

Terreno: Arena arcillosa

$T_{c_x} := 5853$ [kg] Tiro Total reducido a la cima por la acción de los conductores y del viento.
 $T_{c_y} := 667$ [kg] Dimensionamiento Geométrico

Dimensiones del poste doble en la cima y en la base:

$H := 13.50$ [m] Altura total del poste.



$h := 12.2$	[m]	Altura libre del poste
$t := 1.30$	[m]	Profundidad de empotramiento
$D := 0.70$	[m]	Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holgura necesaria para facilitar su colocación.
$e_{ci} := 0.30$	[m]	Separación entre caras inferiores de los postes en la cima.
$e_{bi} := e_{ci} + 0.040H$	$e_{bi} = 0.84$	[m] Separación entre las caras interiores de los postes en la base.
$e_{be} := e_{bi} + 2 \cdot D$	$e_{be} = 2.24$	[m] Separación entre las caras exteriores de los postes en la base, teniendo en cuenta la holgura necesaria para su colocación.
$a := e_{be} + 2 \cdot 0.20$	$a = 2.64$	[m] Largo mínimo de la fundación
$b := D + 2 \cdot 0.20$	$b = 1.1$	[m] Ancho mínimo de la fundación
Se adopta:	$b := 1.8$	[m]
$T := t + 0.20$	$T = 1.5$	[m] Profundidad mínima.
Se adopta:	$T := 2.5$	[m]
$V_t := a \cdot b \cdot T$	$V_t = 11.88$	[m ³] Volumen total del macizo
$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t$	$V_e = 0.5$	[m ³] Volumen de agujero de empotramiento
$V_h := V_t - V_e$	$V_h = 11.38$	[m ³] Volumen de la fundación
$C_t := 7$	$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$	Coefficiente de compresibilidad para las paredes, definido a 2 profundidades.
$C_{tT} := C_t \cdot \frac{T}{2}$	$C_{tT} = 8.75$	[kg / cm ³] Coeficiente de compresibilidad para las paredes, a la profundidad T.
$C_b := 1.1 \cdot C_{tT}$	$C_b = 9.625$	[kg / cm ³] Coeficiente de compresibilidad para el fondo.
$\mu := 0.4$		Coefficiente de fricción del terreno - fundación

Cargas Verticales:

$P_p := 2 \cdot 1930$	$P_p = 3.86 \times 10^3$	[kg]	Peso de la estructura
$P_{mv} := 950$		[kg]	Peso de mensulas + vínculos
$G_c := 6 \cdot 46$	$G_c = 276$	[kg]	Peso de los conductores de fase
$G_{cg} := 33$	$G_{cg} = 33$	[kg]	Peso del cable de guardia
$P_a := 6 \cdot 10$	$P_a = 60$	[kg]	Peso de aisladores
$\delta_H := 2200$		[kg / m ³]	Densidad del hormigón simple
$G_h := V_h \cdot \delta_H$	$G_h = 2.504 \times 10^4$	[kg]	Peso de la fundación
$G := P_p + P_{mv} + G_c + G_{cg} + P_a + G_h$	$G = 3.021 \times 10^4$	[kg]	

Momento estabilizantes

Debido a que hay fuerzas en las dirección de los dos ejes, se calculan los momentos según ambos ejes.

A partir de los valores del ángulo de inclinación a partir del cual se produce el despegue de la fundación con respecto al terreno, se determina cual formula aplicar para el momento, según tabla V - 4 - Martinez Fayó.

1) Base Rectangular:

a) Momento de encastramiento:

$a := a \cdot 100$	$a = 264$	[cm]
$b := b \cdot 100$	$b = 180$	[cm]
$T := T \cdot 100$	$T = 250$	[cm]

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje transversal "y":

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

a) Momento de encastramiento:

$$a := a \cdot 100 \quad a = 264 \quad [\text{cm}]$$

$$b := b \cdot 100 \quad b = 180 \quad [\text{cm}]$$

$$T := T \cdot 100 \quad T = 250 \quad [\text{cm}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje transversal "y":

$$\text{Dado} \quad \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} = 6,278 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sx} = 8,021 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje longitudinal "x":

$$\text{Dado} \quad \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} = 9,208 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sy} = 5,469 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

b) Momento de Fondo

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$\text{Dado} \quad \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{bx} := \frac{a \cdot b^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{bx} := G \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 7,34 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{bx} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{bx} = 2,23 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{by} := \frac{b \cdot a^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{by} := G \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 7,34 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{by} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{by} = 3,395 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Momento Volcador:

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$M_{vx} := T_{cy} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vx} = 9,249 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$M_{vy} := T_{cx} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vy} = 8,116 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Coefficiente de seguridad:

A partir de la relación M_s/M_b , en ambos ejes, se define el coeficiente de seguridad en base a la tabla V - 5 - Martínez Fayó.

a) Para las fuerzas actuantes sobre el eje y (T transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sx}}{M_{bx}} = 3,597 \quad s_{\text{minx}} := 1$$

$$s_x := \frac{M_{sx} + M_{bx}}{M_{vx}} \quad s_x = 11,083 > 1$$

b) Para las fuerzas actuantes sobre el eje x (T transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sy}}{M_{by}} = 1,611 \quad s_{\text{miny}} := 1$$

$$s_y := \frac{M_{sy} + M_{by}}{M_{vy}} \quad s_y = 1,092 > 1$$

En general, la fundación de los postes dobles de planta rectangular, trabaja con una seguridad mucho mayor para esfuerzos de dirección perpendicular al lado mayor de la base de la fundación. los momentos volcadores son menores y el momento de encastramiento mayor, coompensando ampliamente la disminución en la reacción de fondo.

POSTE DOBLE - RETENSIÓN ANGULAR 25°. Piquete N° 43

Datos: Poste: 2 x 13,5/1050/24-44

Terreno: Arena arcillosa

$T_{c_x} := 2280$ [kg] Tiro Total reducido a la cima por la acción de los conductores y del viento.
 $T_{c_y} := 888$ [kg] Dimensionamiento Geometrico

Dimensiones del poste doble en la cima y en la base:

$H := 13.5$ [m] Altura total del poste.

$h := 12.2$ [m] Altura libre del poste

$t := 1.30$ [m] Profundidad de empotramiento

$D := 0.70$ [m] Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holgu necesaria para facilitar su colocación.

$e_{ci} := 0.30$ [m] Separación entre caras inferiores de los postes en la cima.

$e_{bi} := e_{ci} + 0.040H$ $e_{bi} = 0.84$ [m] Separación entre las caras interiores de los postes en la base.

$e_{be} := e_{bi} + 2 \cdot D$ $e_{be} = 2.24$ [m] Separación entre las caras exteriores de los postes en la base, teniendo en cuenta la holgura necesaria para su colocación.

$a := e_{be} + 2 \cdot 0.20$ $a = 2.64$ [m] Largo mínimo de la fundación

$b := D + 2 \cdot 0.20$ $b = 1.1$ [m] Ancho mínimo de la fundación

Se adopta: $b := 1.2$ [m]

$T := t + 0.20$ $T = 1.5$ [m] Profundidad mínima.

Se adopta: $T := 1.8$ [m]

$V_t := a \cdot b \cdot T$	$V_t = 5.702$	$[m^3]$	Volumen total del macizo
$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t$	$V_e = 0.5$	$[m^3]$	Volumen de agujero de empotramiento
$V_h := V_t - V_e$	$V_h = 5.202$	$[m^3]$	Volumen de la fundación
$C_t := 7$	$[kg / cm^3]$		Coficiente de compresibilidad para las paredes, definido a 2m de profundidad.
$C_{tT} := C_t \cdot \frac{T}{2}$	$C_{tT} = 6.3$	$[kg / cm^3]$	Coficiente de compresibilidad para las paredes, a la profundidad T.
$C_b := 1.1 \cdot C_{tT}$	$C_b = 6.93$	$[kg / cm^3]$	Coficiente de compresibilidad para el fondo.
$\mu := 0.4$			Coficiente de fricción terreno - fundación

Cargas Verticales:

$P_p := 2 \cdot 1740$	$P_p = 3.48 \times 10^3$	$[kg]$	Peso de la estructura
$P_{mv} := 950$	kg		Peso de mensulas + vínculos
$G_c := 6 \cdot 37$	$G_c = 222$	$[kg]$	Peso de los conductores de fase
$G_{cg} := 26$	$G_{cg} = 26$	$[kg]$	Peso del cable de guardia
$P_a := 6 \cdot 10$	$P_a = 60$	$[kg]$	Peso de aisladores
$\delta_H := 2200$		$[kg / m^3]$	Densidad del hormigón simple
$G_h := V_h \cdot \delta_H$	$G_h = 1.144 \times 10^4$	$[kg]$	Peso de la fundación
$G := P_p + P_{mv} + G_c + G_{cg} + P_a + G_h$	$G = 1.618 \times 10^4$	$[kg]$	

Momento estabilizantes

Debido a que hay fuerzas en las dirección de los dos ejes, se calculan los momentos según ambos ejes.

A partir de los valores del ángulo de inclinación a partir del cual se produce el despegue de la fundación con respecto al terreno, se determina cual fórmula aplicar para el momento, según tabla V - 4 - Martínez Fayó.

1) Base Rectangular:

a) Momento de encastramiento:

$a := a \cdot 100$	$a = 264$	$[cm]$
$b := b \cdot 100$	$b = 120$	$[cm]$
$T := T \cdot 100$	$T = 180$	$[cm]$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje transversal "y":

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} = 6,487 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sx} = 2,994 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje longitudinal "x":

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} = 1,427 \times 10^{-3} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sy} = 1,361 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

b) Momento de Fondo

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{bx} := \frac{a \cdot b^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{bx} := G \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 1,229 \times 10^{-3} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{bx} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{bx} = 7,448 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{by} := \frac{b \cdot a^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{by} := G \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 1,229 \times 10^{-3} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{by} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{by} = 1,801 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Momento Volcador:

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$M_{vx} := T_{cy} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vx} = 1,19 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$M_{vy} := T_{cx} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vy} = 3,055 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Coefficiente de seguridad:

A partir de la relación M_s/M_b , en ambos ejes, se define el coeficiente de seguridad en base a la tabla V - 5 - Martínez Fayó.

a) Para las fuerzas actuantes sobre el eje y (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sx}}{M_{bx}} = 4,02 \quad s_{\min x} := 1$$

$$s_x := \frac{M_{sx} + M_{bx}}{M_{vx}} \quad s_x = 3,142 > 1$$

b) Para las fuerzas actuantes sobre el eje x (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sy}}{M_{by}} = 0,756 \quad s_{\min y} := 1$$

$$s_y := \frac{M_{sy} + M_{by}}{M_{vy}} \quad s_y = 1,035 > 1$$

En general, la fundación de los postes dobles de planta rectangular, trabaja con una seguridad mucho mayor para esfuerzos de dirección perpendicular al lado mayor de la base de la fundación. los momentos volcadores son menores y el momento de encastramiento mayor, coompensando ampliamente la disminución en la reacción de fondo.

POSTE DOBLE - RETENSIÓN ANGULAR 63°. Piquete Nº 59

Datos: Poste: 2 x 13,5/1200/24-44

Terreno: Arena arcillosa

$T_{c_x} := 4420$ [kg] Tiro Total reducido a la cima por la acción de los conductores y del viento.
 $T_{c_y} := 769$ [kg] Dimensionamiento Geometrico

Dimensiones del poste doble en la cima y en la base:

$H := 13.5$ [m] Altura total del poste.
 $h := 12.2$ [m] Altura libre del poste
 $t := 1.30$ [m] Profundidad de empotramiento
 $D := 0.65$ [m] Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holg necesaria para facilitar su colocación.
 $e_{ci} := 0.30$ [m] Separación entre caras inferiores de los postes en la cima.
 $e_{bi} := e_{ci} + 0.040H$ $e_{bi} = 0.84$ [m] Separación entre las caras interiores de los postes en la base.
 $e_{be} := e_{bi} + 2 \cdot D$ $e_{be} = 2.14$ [m] Separación entre las caras exteriores de los postes en la base, teniendo en cuenta la holgura necesaria para su colocación.
 $a := e_{be} + 2 \cdot 0.20$ $a = 2.54$ [m] Largo mínimo de la fundación
 $b := D + 2 \cdot 0.20$ $b = 1.05$ [m] Ancho mínimo de la fundación
 Se adopta: $b := 1.8$ [m]
 $T := t + 0.20$ $T = 1.5$ [m] Profundidad mínima.
 Se adopta: $T := 2.5$ [m]

$V_t := a \cdot b \cdot T$	$V_t = 11.43$	$[m^3]$	Volumen total del macizo
$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t$	$V_e = 0.431$	$[m^3]$	Volumen de agujero de empotramiento
$V_h := V_t - V_e$	$V_h = 10.999$	$[m^3]$	Volumen de la fundación
$C_t := 7$	$\frac{kg}{cm^3}$		Coficiente de compresibilidad para las paredes, definido a 2m de profundidad.
$C_{tT} := C_t \cdot \frac{T}{2}$	$C_{tT} = 8.75$	$[kg / cm^3]$	Coficiente de compresibilidad para las paredes, a la profundidad
$C_b := 1.1 \cdot C_{tT}$	$C_b = 9.625$	$[kg / cm^3]$	Coficiente de compresibilidad para el fondo.
$\mu := 0.4$			Coficiente de fricción terreno - fundación

Cargas Verticales:

$P_p := 2 \cdot 1880$	$P_p = 3.76 \times 10^3$	$[kg]$	Peso de la estructura
$P_{mv} := 950$	kg		Peso de mensulas + vínculos
$G_c := 6 \cdot 37$	$G_c = 222$	$[kg]$	Peso de los conductores de fase
$G_{cg} := 26$	$G_{cg} = 26$	$[kg]$	Peso del cable de guardia
$P_a := 6 \cdot 10$	$P_a = 60$	$[kg]$	Peso de aisladores
$\delta_H := 2200$		$[kg / m^3]$	Densidad del hormigón simple
$G_h := V_h \cdot \delta_H$	$G_h = 2.42 \times 10^4$	$[kg]$	Peso de la fundación
$G := P_p + P_{mv} + G_c + G_{cg} + P_a + G_h$	$G = 2.921 \times 10^4$	$[kg]$	

Momento estabilizantes

Debido a que hay fuerzas en las dirección de los dosejes, se calculan los momentos según ambos ejes.

A partir de los valores del angulo de inclinación a partir del cual se produce el despegue de la fundación con respecto al terreno, se determina cual formula aplicar para el momento, según tabla V - 4 - Martinez Fayó.

1) Base Rectangular:

a) Momento de encastramiento:

$a := a \cdot 100$	$a = 254$	$[cm]$
$b := b \cdot 100$	$b = 180$	$[cm]$
$T := T \cdot 100$	$T = 250$	$[cm]$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje transversal "y":

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} = 6,31 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sx} = 7,717 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje longitudinal "x":

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} = 8,904 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sy} = 5,469 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

b) Momento de Fondo

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{bx} := \frac{a \cdot b^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{bx} := G \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 7,377 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{bx} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{bx} = 2,155 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{by} := \frac{b \cdot a^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{by} := G \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 7,377 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{by} := \frac{G}{100} \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{by} = 3,146 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Momento Volcador:

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$M_{vx} := T_{cy} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vx} = 1,066 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$M_{vy} := T_{cx} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vy} = 6,129 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Coefficiente de seguridad:

A partir de la relación M_s/M_b , en ambos ejes, se define el coeficiente de seguridad en base a la tabla V - 5 - Martínez Fayó.

a) Para las fuerzas actuantes sobre el eje y (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sx}}{M_{bx}} = 3,582 \quad s_{\min x} := 1$$

$$s_x := \frac{M_{sx} + M_{bx}}{M_{vx}} \quad s_x = 9,257 > 1$$

b) Para las fuerzas actuantes sobre el eje x (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sy}}{M_{by}} = 1,738 \quad s_{\min y} := 1$$

$$s_y := \frac{M_{sy} + M_{by}}{M_{vy}} \quad s_y = 1,406 > 1$$

POSTE DOBLE - ESTRUCTURA TERMINAL "T". Piquetes N° 1, 35, 36 y 77:

Datos: Poste: 2 x 13/1200/24-44

Terreno: Arena arcillosa

$T_{c_x} := 3653$ [kg] Tiro Total reducido a la cima por la acción de los conductores y del viento.
 $T_{c_y} := 470$ [kg] Dimensionamiento Geométrico

Dimensiones del poste doble en la cima y en la base:

$H := 13$ [m] Altura total del poste.
 $h := 11.60$ [m] Altura libre del poste
 $t := 1.40$ [m] Profundidad de empotramiento
 $D := 0.65$ [m] Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holgura necesaria para facilitar su colocación.
 $e_{ci} := 0.30$ [m] Separación entre caras inferiores de los postes en la cima.
 $e_{bi} := e_{ci} + 0.040H$ $e_{bi} = 0.82$ [m] Separación entre las caras interiores de los postes en la base.
 $e_{be} := e_{bi} + 2 \cdot D$ $e_{be} = 2.12$ [m] Separación entre las caras exteriores de los postes en la base, teniendo en cuenta la holgura necesaria para su colocación.
 $a := e_{be} + 2 \cdot 0.20$ $a = 2.52$ [m] Largo mínimo de la fundación

$b := D + 2 \cdot 0.20$	$b = 1.05$	[m]	Ancho mínimo de la fundación
Se adopta: $b := 1.6$ [m]			
$T := t + 0.20$	$T = 1.6$	[m]	Profundidad mínima.
Se adopta: $T := 2$ [m]			
$V_t := a \cdot b \cdot T$	$V_t = 8.064$	[m ³]	Volumen total del macizo
$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t$	$V_e = 0.465$	[m ³]	Volumen de agujero de empotramiento
$V_h := V_t - V_e$	$V_h = 7.599$	[m ³]	Volumen de la fundación
$C_t := 7$	$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$		Coefficiente de compresibilidad para las paredes, definido a 2m d profundidad.
$C_{tT} := C_t \cdot \frac{T}{2}$	$C_{tT} = 7$	[kg / cm ³]	Coefficiente de compresibilidad para las paredes, a la profundidad T.
$C_b := 1.1 \cdot C_{tT}$	$C_b = 7.7$	[kg / cm ³]	Coefficiente de compresibilidad para el fondo.
$\mu := 0.4$			Coefficiente de fricción terreno - fundación
Cargas Verticales:			
$P_p := 2 \cdot 1770$	$P_p = 3.54 \times 10^3$	[kg]	Peso de la estructura
$P_{mv} := 950$	[kg]		Peso de mensulas + vínculos
$G_c := 3 \cdot 22.84$	$G_c = 68.52$	[kg]	Peso de los conductores de fase
$G_{cg} := 16.14$	$G_{cg} = 16.14$	[kg]	Peso del cable de guardia
$P_a := 3 \cdot 10$	$P_a = 30$	[kg]	Peso de aisladores
$\delta_H := 2200$		[kg / m ³]	Densidad del hormigón simple
$G_h := V_h \cdot \delta_H$	$G_h = 1.672 \times 10^4$	[kg]	Peso de la fundación
$G := P_p + P_{mv} + G_c + G_{cg} + P_a + G_h$	$G = 2.132 \times 10^4$	[kg]	

Momento estabilizantes

Debido a que hay fuerzas en las dirección de los dos ejes, se calculan los momentos según ambos ejes.

A partir de los valores del ángulo de inclinación a partir del cual se produce el despegue de la fundación con respecto al terreno, se determina cual fórmula aplicar para el momento, según tabla V - 4 - Martínez Fayó.

1) Base Rectangular:

a) Momento de encastramiento:

$$a := a \cdot 100 \quad a = 252 \quad [\text{cm}]$$

$$b := b \cdot 100 \quad b = 160 \quad [\text{cm}]$$

$$T := T \cdot 100 \quad T = 200 \quad [\text{cm}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje transversal "y":

$$\text{Dado} \quad \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{a \cdot T^2 \cdot Ct} = 7,253 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sx} := \frac{a \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sx} = 3,92 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje longitudinal "x":

$$\text{Dado} \quad \tan(\alpha) := \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} \quad \text{si} \quad \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{12} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot Ct \cdot \tan(\alpha)$$

$$\frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot T^2 \cdot Ct} = 1,142 \times 10^{-3} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{sy} := \frac{b \cdot T^3}{36} \cdot \frac{Ct}{100} \cdot 0,01 \quad M_{sy} = 2,489 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

b) Momento de Fondo

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{bx} := \frac{a \cdot b^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{bx} := G \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{b^2 \cdot a \cdot Cb} = 8,585 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{bx} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{b}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{a \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{bx} = 1,374 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Debido a las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$\text{Dado } \tan(\alpha) := \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} \quad \text{si } \tan(\alpha) > 0,01 \quad M_{by} := \frac{b \cdot a^3}{12} \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)$$

$$\tan(\alpha) < 0,01 \quad M_{by} := G \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot \tan(\alpha)}} \right)$$

$$\frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot Cb} = 8,585 \times 10^{-4} < 0,01$$

Entonces:

$$M_{by} := \frac{G}{100} \cdot \left(\frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b \cdot Cb \cdot 0,01}} \right) \quad M_{by} = 2,27 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}]$$

Momento Volcador:

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje y:

$$M_{vx} := T_{cy} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vx} = 6,079 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Producido por las fuerzas que actúan en la dirección del eje x:

$$M_{vy} := T_{cx} \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot \frac{T}{100} \right) \quad M_{vy} = 4,725 \times 10^4 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Momento Volcador}$$

Coefficiente de seguridad:

A partir de la relación M_s/M_b , en ambos ejes, se define el coeficiente de seguridad en base a la tabla V - 5 - Martinez Fayó.

a) Para las fuerzas actuantes sobre el eje y (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sx}}{M_{bx}} = 2.854 \quad s_{\min x} := 1$$

$$s_x := \frac{M_{sx} + M_{bx}}{M_{Vx}} \quad s_x = 8.709 > 1$$

b) Para las fuerzas actuantes sobre el eje y (Transversal a la estructura):

$$\frac{M_{sy}}{M_{by}} = 1.097 \quad s_{\min y} := 1$$

$$s_y := \frac{M_{sy} + M_{by}}{M_{Vy}} \quad s_y = 1.007 > 1$$

En general, la fundación de los postes dobles de planta rectangular, trabaja con una seguridad mucho mayor para esfuerzos de dirección perpendicular al lado mayor base de la fundación. los momentos volcadores son menores y el momento de encastramiento mayor, compensando ampliamente la disminución en la reacción de fondo.

3.9 Cálculo de Fundaciones – Método de Pöhl (Ver 2.14.17.11 Memoria Descriptiva)

POSTE SIMPLE - PIQUETES 24 a 27 Y 37 a 40

Datos del Terreno: Terreno Pantanozo, Laguna

$$C_b := 0.7 \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

$$C_t := 0.7 \quad [\text{kg} / \text{m}^3]$$

$$\sigma_{adm} := 0.5 \quad [\text{kg} / \text{m}^2]$$

Cargas horizontales: Tiro en la cima

$$T_{cx} := 562 \quad [\text{kg}]$$

Datos estructura: 12,50/1200/24 - 44

$$h := 11.25 \quad [\text{m}] \quad \text{Altura Libre}$$

$$t := 1.25 \quad [\text{m}] \quad \text{Empotramiento}$$

Cargas Verticales:

$$P_p := 1685 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso del poste}$$

$$P_c := 3 \cdot 43.76 \quad P_c = 131.28 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso de los conductores de fase}$$

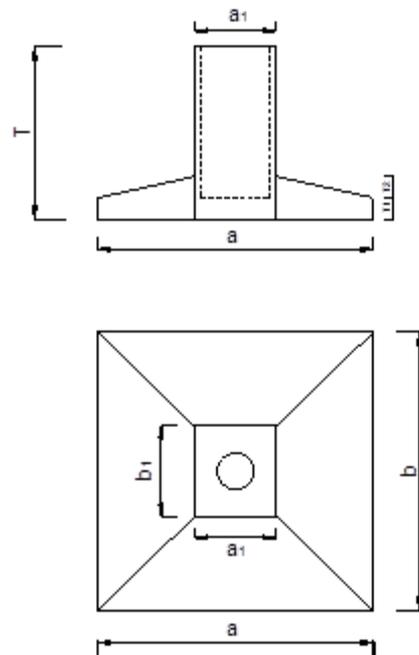
$$P_a := 3 \cdot 2.7 \quad P_a = 8.1 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso de aisladores}$$

$$P_{cg} := 31 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso cable de guardia}$$

$$P_S := 3 \cdot 4.3 \quad P_S = 12.9 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso de los Soportes}$$

$$G_v := P_p + P_c + P_a + P_{cg} + P_S \quad G_v = 1.868 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Total Cargas Verticales}$$

Se debe adoptar las medidas de la base, para su posterior verificación. Se opta por el diseño de una base con zapata inferior, cuyas dimensiones son:



$$a := 2.75 \quad [\text{m}]$$

$$a_1 := 1 \quad [\text{m}]$$

$$b := 2.5 \quad [\text{m}]$$

$$b_1 := 1 \quad [\text{m}]$$

$$T := t + 0.20 \quad T = 1.45 \quad [\text{m}] \quad \text{Profundidad mínima.}$$

$$T_1 := 0.15 \quad [\text{m}]$$

$$T_2 := 0.15 \quad [\text{m}]$$

$$D := 0.6 \quad [\text{m}] \quad \text{Diámetro en la base del poste, teniendo en cuenta la holgur necesaria para facilitar su colocación.}$$

$$V_e := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t \quad V_e = 0.353 \quad [\text{m}^3] \quad \text{Volumen del agujero del empotramiento}$$

$$V_{f1} := a_1 \cdot b_1 \cdot T \quad V_{f1} = 1.45 \quad [\text{m}^3]$$

$$V_{f2} := a \cdot b \cdot T_1 \quad V_{f2} = 1.031 \quad [\text{m}^3] \quad \text{Volumen fundación con zapata.}$$

$$V_B := 2 \cdot \left(\frac{a}{2} - \frac{a_1}{2} \right) \cdot \frac{T_1}{2} \quad V_B = 0.131 \quad [\text{m}^3]$$

$$V_h := V_{f1} + V_{f2} + V_B - V_e \quad V_h = 2.259 \quad [\text{m}^3] \quad \text{Volumen de Hormigón}$$

$$\delta_H := 2300 \quad [\text{kg} / \text{m}^3] \quad \text{Peso específico del hormigón con armadura liviana}$$

$$G_h := V_h \cdot \delta_H \quad G_h = 5.196 \times 10^3 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso de la fundación}$$

Al ser una fundación con zapata inferior se debe tener en cuenta el peso de la tierra gravante, o sea del volumen de tierra que se levantaria al arrancar el bloque.:

$$\beta := 5 \quad [^\circ] \quad \text{Ángulo de Tierra gravante (Tabla V-I - Martinez Fayó)}$$

$$\gamma := \frac{\beta \cdot \pi}{180} \quad \gamma = 0.087 \quad [\text{rad}]$$

$$S := (b + 2 \cdot T \cdot \tan(\gamma))^2 \quad S = 6.266$$

$$V_{TG} := \left[(b^2 + b \cdot \sqrt{S} + S) - T \cdot b^2 \right] \cdot \frac{T}{3} \quad V_{TG} = 4.694 \quad [\text{m}^3]$$

$$\delta_{TG} := 650 \quad [\text{kg} / \text{m}^3] \quad \text{Densidad de la tierra gravante}$$

$$G_{TG} := V_{TG} \delta_{TG} \quad G_{TG} = 3.051 \times 10^3 \quad [\text{kg}]$$

$$G := G_v + G_h + G_{TG} \quad G = 1.012 \times 10^4 \quad [\text{kg}] \quad \text{Peso Total}$$

Momento Volcador

$$M_{vy} := Tcx(h + T) \quad M_{vy} = 7.137 \times 10^3 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Producido por las fuerzas actuantes en el eje x-x}$$

$$M_{vx} := 0 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}] \quad \text{Producido por las fuerzas actuantes en el eje y-y}$$

Excentricidad:

$$ex := \frac{M_{vy}}{G} \quad ex = 0.706 \quad [\text{m}]$$

$$\frac{ex}{a} = 0.257$$

$$ey := 0 \quad \text{No hay momento volcador, por carecer de esfuerzos sobre el eje y-y.}$$

De la tabla de Pohl, para la excentricidad hallada, se tiene:

$$\frac{ex}{a} = 0.257 \quad \dots \quad \mu := 2.778$$

La tensión máxima que ejercerá la fundación sobre el terreno será:

$$S_F := a \cdot b \cdot (100^2) \quad S_F = 6.875 \times 10^4 \quad [\text{cm}^2]$$

$$\sigma_{\text{máx}} := \mu \cdot \frac{G}{S_F} \quad \sigma_{\text{máx}} = 0.409 \quad [\text{kg} / \text{cm}^2]$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 0.5 \quad [\text{kg} / \text{cm}^2]$$

LA CONDICIÓN DE ESTABILIDAD SE DEFINE POR:

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \sigma_{\text{adm}} \quad \text{Para terrenos cohesivos.}$$

$$\sigma_{\text{máx}} \leq 1.3 \sigma_{\text{adm}} \quad \text{Para terrenos no cohesivos}$$

3.10 Diseño de puesta a tierra (Ver 2.15 Memoria Descriptiva)

Dimensionamiento de Puesta a Tierra en Estructuras:

Para las estructuras de líneas aéreas en MT, se define:

$$R_{PAT} \leq 5 \quad [\Omega]$$

Datos:

$$\rho_s := 30 \quad [\Omega \cdot m]$$

$$L := 3.5 \quad [m]$$

$$d := 0.0162 \quad [m]$$

El valor de resistencia de PAT, se define como:

$$R := \frac{\rho_s}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \left(\frac{8 \cdot L}{d} \right) - 1 \right) \quad R = 8.806 \quad [\Omega]$$

Como:

$$R > R_{PAT}$$

Entonces se opta por conectar dos jabalina en paralelo.

$$D := 2 \cdot L \quad D = 7 \quad [m] \quad \text{Distancia de separación entre jabalin}$$

$K := 0.57$ Depende del número de jabalinas en paralelo y de la distancia de separación entre ellas.

$$R_T := K \cdot R \quad R_T = 5.019 \quad [\Omega] \quad < \quad R_{PAT}$$

Verificación de las Tensiones de Paso y de Contacto:

$t := 0.1$ [s] Supuesta duración de la falla

$k_1 := 72$ y $n_1 := 1$ $0.9 \geq t > 0.1$
 $k_2 := 78.5$ y $n_2 := 0.18$ $3 \geq t > 0.9$
 Constantes en función del tiempo.

Las máximas tensiones de paso y de contacto aplicables al cuerpo humano son las siguientes:

$$V_c := \frac{k_1}{n_1} \cdot \left(1 + \frac{1.5 \rho_s}{1000} \right) \quad V_c = 752.4 \quad [V] \quad \text{Máxima tensión de paso admisible.}$$

$$V_p := \frac{10 k_1}{n_1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad V_p = 8.496 \times 10^3 \quad [V] \quad \text{Máxima tensión de contacto admisible}$$

Tensión de paso y de contacto aplicadas al cuerpo humano:

$$V_{ca} := \frac{k_1}{n_1} \quad V_{ca} = 720 \quad [V] \quad < \quad V_c \quad (\text{VERIFICA})$$

$$V_{pa} := \frac{10 k_1}{n_1} \quad V_{pa} = 7.2 \times 10^3 \quad [V] \quad < \quad V_p \quad (\text{VERIFICA})$$

Dimensionamiento conductor de protección:

Se opta por la colocación de conductores de protección de acero-cobre de 50

Verificación a la corriente de cortocircuito máxima:

$$S_p := 50 \quad [\text{mm}^2]$$

Luego:

$I_f := 8$ [kA] Corriente máxima de cortocircuito (Depende del sistema cual está conectada la línea y del estudio de cortocircuito)

$$K := 0.109$$

Coeficiente que tiene en cuenta el material del conc
(Tabla 15.12.c - AEA).

$$S := \frac{I_f \sqrt{t}}{K} \quad S = 23.209 \quad [\text{mm}^2]$$

Luego:

$$S_p > S \quad \text{VERIFICA}$$

3.11 Parámetros Eléctricos de la Línea (Software: "Paralat") (Ver 2.18 Memoria Descriptiva)

LINEA DE MEDIA TENSIÓN 33Kv – "Alimentación Parque Industrial Monte Caseros"

SISTEMA DE UNIDADES: METRICO

DATOS DE LOS CONDUCTORES REALES DE LA LINEA

N°	RESISTENCIA A LA C.A. (Ω/km)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	RMG (mm)	POSICION		FLECHA (m)	CANTIDAD POR FASE	DISTANCIA E/SUBCOND (m)
				HORIZ. (m)	VERTICAL (m)			
1	.306	13.60	5.290	0.695	9.950	.000	1	0.00
	.306	13.600	5.290	0.695	8.650	.000	1	0.00
	.306	13.600	5.290	0.695	8.650	.000	1	0.00
	1.860	7.500	2.920	0.000	11.250	.520	1	0.00

DATOS DE LA LINEA

TENSION (kV)	LONGITUD TOTAL (km)	-FACTORES DE TRANSPOSICION-			FRECUENCIA (HZ)
		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	
33.000	7.000	0.333	0.333	0.333	50.00

RESISTIVIDAD DEL TERRENO (Ω.m)
100.0

RESULTADOS DEL CÁLCULO

MATRIZ DE IMPEDANCIA DE LOS CONDUCTORES REALES, PARA EL TRAMO 1, EN (Ω/km)

	Ú								¿	
	³	.3553+j	.7589	.0493+j	.4131	.0493+j	.3891	.0493+j	.4052	³
	³									³
	³	.0493+j	.4131	.3553+j	.7589	.0493+j	.4089	.0493+j	.3673	³
	³									³
[Z]abcvw =	³	.0493+j	.3891	.0493+j	.4089	.3553+j	.7589	.0493+j	.3673	³
	³									³
	³	.0493+j	.4052	.0493+j	.3673	.0493+j	.3673	1.9093+j	.7962	³
	À									Û

MATRIZ DE IMPEDANCIA REDUCIDA DE LOS CONDUCTORES DE FASE, EN (Ω) :

	Ú							¿
	³	2.883+j	5.010	.739+j	2.524	.739+j	2.524	³
	³							³
[Z]abc =	³	.739+j	2.524	2.883+j	5.010	.739+j	2.524	³
	³							³
	³	.739+j	2.524	.739+j	2.524	2.883+j	5.010	³
	À							Û

MATRIZ DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIA, EN (Ω) :

	Ú							¿
	³	4.361+j	10.058	.000-j	.000	.000-j	.000	³
	³							³
[Z]012 =	³	-.000-j	.001	2.144+j	2.486	.000+j	.000	³
	³							³
	³	-.000-j	.001	.000+j	.000	2.144+j	2.486	³

IMPEDANCIAS DE SECUENCIA POR UNIDAD (BASES= 100 MVA Y 33.00 kV) :

$$\begin{matrix}
 \dot{U} & & & & & \dot{I} \\
 \begin{matrix} \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \end{matrix} & \begin{matrix} .40049+j \\ -.00003-j \\ -.00003-j \end{matrix} & \begin{matrix} .92357 \\ .00006 \\ .00006 \end{matrix} & \begin{matrix} .00000-j \\ .19684+j \\ .00000+j \end{matrix} & \begin{matrix} .00000 \\ .22829 \\ .00000 \end{matrix} & \begin{matrix} .00000-j \\ .00000 \\ .19684+j \end{matrix} & \begin{matrix} .00000 \\ .00000 \\ .22829 \end{matrix} \\
 [Z]_{012} = & & & & & & \\
 \dot{A} & & & & & & \dot{U}
 \end{matrix}$$

MATRIZ DE LOS COEFICIENTES DE MAXWELL DE LOS CONDUCTORES REALES, EN EL TRAMO1, EN (km/nF) :

$$\begin{matrix}
 \dot{U} & & & & & \dot{I} \\
 \begin{matrix} \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \end{matrix} & \begin{matrix} 102.3756 \\ 25.4635 \\ 14.4648 \\ 17.8293 \\ 29.5471 \end{matrix} & \begin{matrix} 25.4635 \\ 102.3756 \\ 25.4635 \\ 26.3901 \\ 26.3901 \end{matrix} & \begin{matrix} 14.4648 \\ 25.4635 \\ 102.3756 \\ 29.5471 \\ 169.1457 \end{matrix} & \begin{matrix} 17.8293 \\ 26.3901 \\ 29.5471 \\ 169.1457 \\ 26.0584 \end{matrix} & \begin{matrix} 29.5471 \\ 26.3901 \\ 17.8293 \\ 26.0584 \\ 169.1457 \end{matrix} \\
 [P]_{abcvw} = & & & & & \\
 \dot{A} & & & & & \dot{U}
 \end{matrix}$$

MATRIZ DE LAS CAPACITANCIAS DE LOS CONDUCTORES REALES, EN EL TRAMO1, EN (nF/km) :

$$\begin{matrix}
 \dot{U} & & & & \dot{I} \\
 \begin{matrix} \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \end{matrix} & \begin{matrix} 8.6660 \\ -2.0132 \\ -1.3965 \\ -1.8718 \end{matrix} & \begin{matrix} -2.0132 \\ 8.6444 \\ -1.9623 \\ -.9201 \end{matrix} & \begin{matrix} -1.3965 \\ -1.9623 \\ 8.4017 \\ -1.0533 \end{matrix} & \begin{matrix} -1.8718 \\ -.9201 \\ -1.0533 \\ 7.4227 \end{matrix} \\
 [C]_{abcvw} = & & & & \\
 \dot{A} & & & & \dot{U}
 \end{matrix}$$

MATRIZ DE CAPACITANCIA REDUCIDA DE LOS CONDUCTORES DE FASE, EN (nF/km) :

$$\begin{matrix}
 \dot{U} & & & \dot{I} \\
 \begin{matrix} \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \end{matrix} & \begin{matrix} 8.6660 \\ -2.0132 \\ -1.3965 \end{matrix} & \begin{matrix} -2.0132 \\ 8.6444 \\ -1.9623 \end{matrix} & \begin{matrix} -1.3965 \\ -1.9623 \\ 8.4017 \end{matrix} \\
 [C]_{abc} = & & & \\
 \dot{A} & & & \dot{U}
 \end{matrix}$$

MATRIZ DE CAPACITANCIA TOTAL, EN (nF) :

$$\begin{matrix}
 \dot{U} & & & \dot{I} \\
 \begin{matrix} \text{3} \\ \text{3} \\ \text{3} \end{matrix} & \begin{matrix} .0600 \\ -.0125 \\ -.0125 \end{matrix} & \begin{matrix} -.0125 \\ .0600 \\ -.0125 \end{matrix} & \begin{matrix} -.0125 \\ -.0125 \\ .0600 \end{matrix} \\
 [C]_{abc} = & & & \\
 \dot{A} & & & \dot{U}
 \end{matrix}$$

MATRIZ DE CAPACITANCIAS DE SECUENCIA, EN (nF) :

	Ú			ÿ
	³	.0349	.0000	.0000
	³			
[C]012 =	³	.0000	.0725	.0000
	³			
	³	.0000	.0000	.0725
	À			Û

MATRIZ DE SUCEPTANCIAS, EN (æS) :

	Ú			ÿ
	³	18.8477	-3.9378	-3.9378
	³			
[B]abc =	³	-3.9378	18.8477	-3.9378
	³			
	³	-3.9378	-3.9378	18.8477
	À			Û

MATRIZ DE SUCEPTANCIAS DE SECUENCIA, EN (æS) :

	Ú			ÿ
	³	10.9719	.0000	.0000
	³			
[B]012 =	³	-.0008	22.7869	.0000
	³			
	³	-.0008	.0000	22.7869
	À			Û

SUCEPTANCIAS DE SECUENCIA POR UNIDAD (BASES= 100 MVA Y 33.00 kV) :

	Ú			ÿ
	³	.0001	.0000	.0000
	³			
[B]012 =	³	.0000	.0002	.0000
	³			
	³	.0000	.0000	.0002
	À			Û

CONSTANTES DE PROPAGACION DE SECUENCIA: âL= à*L + já*L

âL(0) = .01097 ³ 78.28∅ = .00223 Neper +j .01074 rad.
 ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

âL(1) = .00865 ³ 69.62∅ = .00301 Neper +j .00811 rad.
 ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

âL(2) = .00865 ³ 69.62∅ = .00301 Neper +j .00811 rad.
 ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

IMPEDANCIAS CARACTERISTICAS DE SECUENCIA:

Zc(0) = 999.575 ³ -11.72∅ = 978.730 -j 203.070 ê
 ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

Zc(1) = 379.550 ³ -20.38∅ = 355.782 -j 132.204 ê

ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

$$Z_C(2) = 379.550 \text{ }^3 - 20.38\emptyset = 355.782 - j 132.204 \text{ } \hat{e}$$

ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

CONSTANTES GENERALIZADAS PARA LA SECUENCIA DIRECTA:

$$A = .99997 \text{ }^3 .0014\emptyset = .99997 + j .00002$$

ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

$$B = 3.28261 \text{ }^3 49.2317\emptyset = 2.14355 + j 2.48611 \text{ } \hat{e}$$

ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

$$C = .00002 \text{ }^3 90.0005\emptyset = .00000 + j .00002 \text{ } S$$

ÀÀÀÀÀÀÀÀÀÀ

TIEMPOS DE TRANSITO, EN (æS):

$$\zeta(0) = 33.438$$

$$\zeta(1) = 23.958$$

$$\zeta(2) = 23.958$$

3.12. Cálculo de Cortocircuito (Ver 2.19 Memoria Descriptiva)

DATOS:

Transformador:

$$Un_T = 132 / 33 / 13,2 \text{ [kV]}$$

$$S_T = 40 / 20 / 20 \text{ [MVA]}$$

$$X_{I_II} := 12 \text{ [%]}$$

$$X_{I_III} := 20 \text{ [%]}$$

$$X_{II_III} := 8 \text{ [%]}$$

Los valores estimados de reactancias de cortocircuito se obtienen del libro "Corriente de Cortocircuito en Redes Trifásicas-Roeper - Tabla 8.6".

Aportes:

$$S_{ap3} := \infty \text{ [MVA]}$$

Se considera una potencia de aporte infinita lado de alta del transformador.

$$S_{ap1} := \infty \text{ [MVA]}$$

Modelado en por unidad:

$$S_b := 40 \text{ [MVA]}$$

$$V_{bI} := 132 \quad [\text{kV}]$$

$$V_{bII} := 33 \quad [\text{kV}]$$

- Transformador:

Aplicando los conceptos de la teoría desarrollada en la cátedra "Sistema de pot se tiene:

$$X_I := \frac{X_{I_II} + X_{I_III} - X_{II_III}}{2} \quad X_I = 12 \quad [\%]$$

$$X_{II} := \frac{X_{I_II} + X_{II_III} - X_{I_III}}{2} \quad X_{II} = 0 \quad [\%]$$

$$X_{III} := \frac{X_{I_III} + X_{II_III} - X_{I_II}}{2} \quad X_{III} = 8 \quad [\%]$$

Luego, expresado en por unidad:

$$V_T := 132 \quad [\text{kV}]$$

$$S_T := 40 \quad [\text{MVA}]$$

$$x_I := \frac{X_I \cdot S_b \cdot V_T^2}{100 \cdot S_T \cdot V_{bI}^2} \quad x_I = 0.12 \quad [\text{p.u.}]$$

$$x_{II} := \frac{X_{II} \cdot S_b \cdot V_T^2}{100 \cdot S_T \cdot V_{bI}^2} \quad x_{II} = 0 \quad [\text{p.u.}]$$

$$x_{III} := \frac{X_{III} \cdot S_b \cdot V_T^2}{100 \cdot S_T \cdot V_{bI}^2} \quad x_{III} = 0.08 \quad [\text{p.u.}]$$

- Aportes:

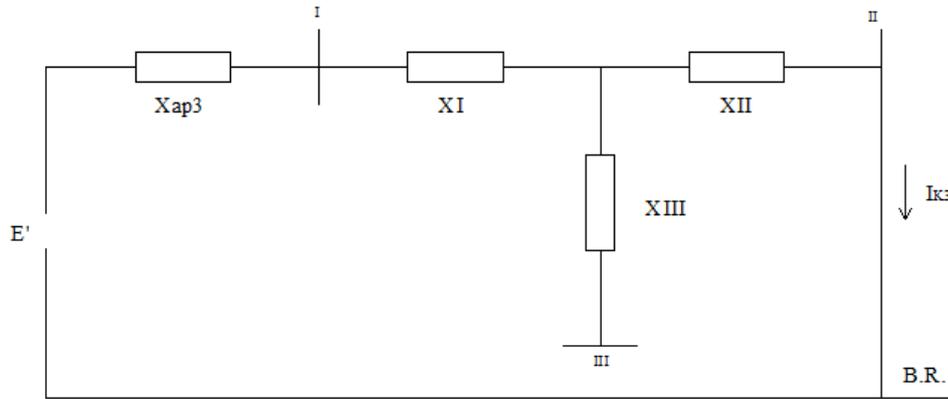
$$x_{ap3} := 1.1 \cdot \frac{S_b}{S_{ap3}} \quad x_{ap3} = 0 \quad [\text{p.u.}]$$

$$x_{ap1} := 3.1.1 \cdot \frac{S_b}{S_{ap1}} - 2 \cdot x_{ap3} \quad x_{ap1} = 0 \quad [\text{p.u.}]$$

CÁLCULO DE CORTOCIRCUITO - BARRA II:

Impedancia de Thévenin - Secuencia Directa (Z_{THd}):

Resolviendo el circuito equivalente de secuencia directa, se



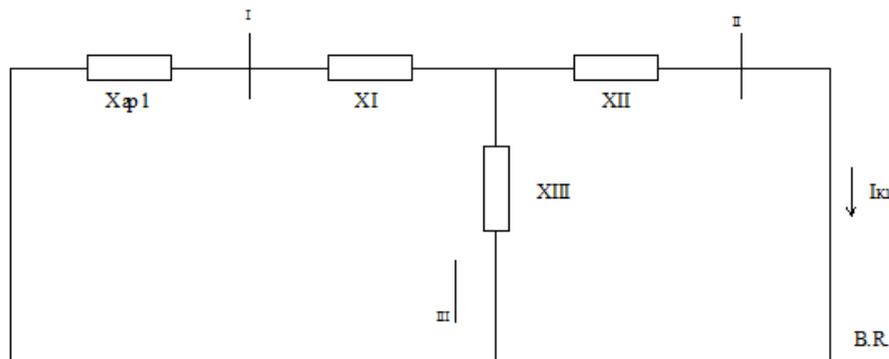
$$Z_{THd} := x_{ap3} + x_I + x_{II} \quad Z_{THd} = 0.12 \quad [\text{p.u.}]$$

$$S_{cc} := 1.1 \left(\frac{S_b}{Z_{THd}} \right) \quad S_{cc} = 366.667 \quad [\text{MVA}]$$

$$I_{k3} := \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_{bII}} \quad I_{k3} = 6.415 \quad [\text{kA}]$$

Impedancia de Thévenin - Secuencia Homopolar (Z_{THo}):

Resolviendo el circuito equivalente de secuencia homopolar, se



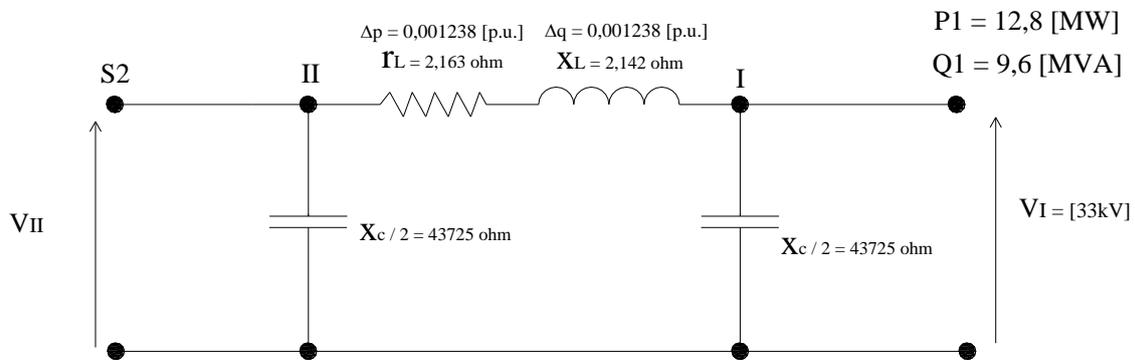
$$Z_{THo} := \frac{(x_{ap1} + x_I) \cdot x_{III}}{x_{ap1} + x_I + x_{III}} + x_{II} \quad Z_{THo} = 0.048 \quad [\text{p.u.}]$$

$$S_{cc} := 3 \cdot 1.1 \cdot \left(\frac{S_b}{2 \cdot Z_{THd} + Z_{THo}} \right) \quad S_{cc} = 458.333 \quad [\text{MVA}]$$

$$I_{k1} := \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_{bII}} \quad I_{k1} = 8.019 \quad [\text{kA}]$$

3.13. Caída de Tensión y Pérdida de Potencia (Ver 2.20 Memoria Descriptiva)

A partir del diagrama unifilar, se procede a calcular la potencia S_2 que se necesita para obtener en la barra I los valores requeridos en función del tipo de carga y calculando la caída de tensión en la Línea.



Datos:

$$R_L := 0.309 \quad [\Omega/\text{km}]$$

$$X_L := 0.306 \quad [\Omega/\text{km}]$$

$$C_0 := 5.2 \cdot 10^{-9} \quad [\text{F}/\text{km}]$$

Los valores estimados de resistencia, reactancia y capacidad de la línea aérea son obtenidos del libro "Corriente de Cortocircuito en Redes Trifásicas-Roeper - Tabla 8.12, figura y 8.19".

$$L := 7 \quad [\text{km}]$$

$$X_c := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot C_0 \cdot L} \quad X_c = 8.745 \times 10^4 \quad [\Omega]$$

$$P_1 := 12.8 \quad [\text{MW}] \quad Q_1 := 9.6 \quad [\text{MVar}]$$

$$V_1 := 33 \quad [\text{kV}]$$

Valores Base:

$$S_b := 10 \quad [\text{MVA}]$$

$$V_b := 33 \quad [\text{kV}]$$

$$Z_b := \frac{V_b^2}{S_b} \quad Z_b = 108.9$$

Valores en por unidad:

$$u_1 := \frac{V_1}{V_b} \quad u_1 = 1 \quad [\text{p.u.}]$$

$$p_1 := \frac{P_1}{S_b} \quad p_1 = 0.2 \quad [\text{p.u.}]$$

$$q_1 := \frac{Q_1}{S_b} \quad q_1 = 0.15 \quad [\text{p.u.}]$$

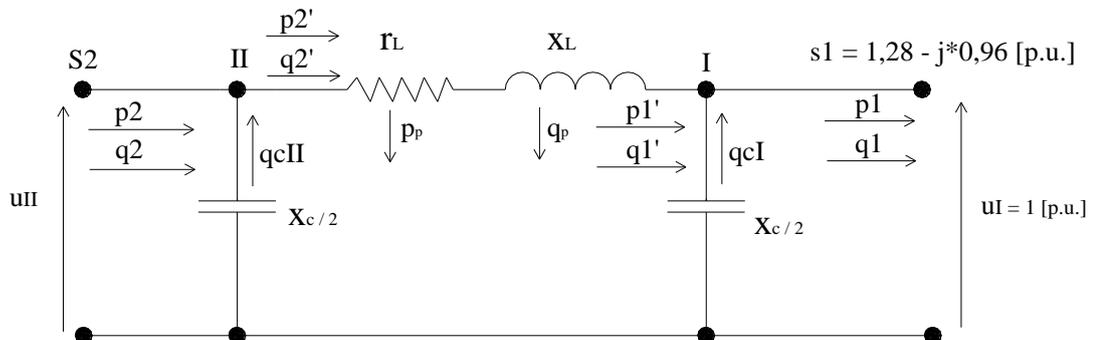
$$r_L := \frac{R_L \cdot L}{Z_b} \quad r_L = 0.02 \quad [\text{p.u.}]$$

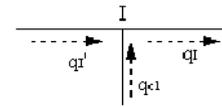
$$x_L := \frac{X_L \cdot L}{Z_b} \quad x_L = 0.02 \quad [\text{p.u.}]$$

$$x_c := \frac{X_c}{Z_b} \quad x_c = 803.01 \quad [\text{p.u.}]$$

$$\frac{x_c}{2} = 401.505 \quad [\text{p.u.}]$$

Circuito en por unidad:





Aporte del condensador $X_c / 2$ a la barra I:

$$q_{c1} := \frac{u_1^2}{\frac{x_c}{2}} \quad q_{c1} = 2.491 \times 10^{-3} \quad [\text{p.u.}]$$

Balance de potencia en la Barra I:

$$q_{1'} + q_{c1} := q_1 \quad q_{1'} := q_1 - q_{c1} \quad q_{1'} = 0.958 \quad [\text{p.u.}]$$

Calculo de u_{II} :

$$u_{II} = u_I + i \cdot Z \quad \text{donde} \quad i = \frac{S_I}{u_I^*} = p_I - jq_I' \quad \text{y} \quad Z = r + jx \Rightarrow$$

$$u_{II} = u_I + \frac{p_I - jq_I'}{u_I^*} \cdot [r + jx] = u_I + \left[\frac{p_I \cdot r}{u_I^*} + \frac{q_I' \cdot x}{u_I^*} \right] + j \cdot \left[\frac{p_I \cdot x}{u_I^*} - \frac{q_I' \cdot r}{u_I^*} \right] \Rightarrow$$

$$u_{II} = 1 + (1,28 \cdot 0,02 + 0,958 \cdot 0,02) + j \cdot (1,28 \cdot 0,02 - 0,958 \cdot 0,02) \Rightarrow$$

$$u_{II} = 1,0448 + j \cdot 0,0064 = 1,04482^{\angle 0,35^\circ} [^\circ / 1]$$

$$\Delta u = u_{II} - u_I = (1,0448 + j0,0064) - 1 \Rightarrow \Delta u = (0,0448 + j0,0064) [^\circ / 1] = 0,0452^{\angle 8,13^\circ} [^\circ / 1]$$

Calculo de la corriente:

$$i_I' = \frac{p_I - j \cdot q_I'}{u_I^*} = 1,28 - j0,958 = 1,5988^{\angle -36,81^\circ} [^\circ / 1]$$

Calculo de las pérdidas:

$$p_p = i_I'^2 \cdot r = (1,5988)^2 \cdot 0,02 \Rightarrow p_p = 0,0511 [^\circ / 1]$$

$$q_p = i_I'^2 \cdot x = (1,5988)^2 \cdot 0,02 \Rightarrow q_p = 0,0511 [^\circ / 1]$$

$$\Rightarrow s_p = p_p - j \cdot q_p = (0,0511 - j0,0511) [^\circ / 1]$$

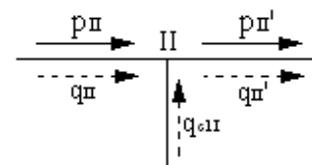
Balace de Potencia en la Barra II:

$$s_{II}' = s_I' + s_p = [(1,28 - j0,958) + (0,0511 - j0,0511)] [^\circ / 1] \Rightarrow s_{II}' = (1,331 - j1) [^\circ / 1]$$

$$q_{cII} = \frac{u_{II}^2}{x_c} = \frac{1,04482^2}{401,505} \Rightarrow q_{cII} = 0,002718 [^\circ / 1]$$

$$s_{II} = s_{II}' + q_{cII} \Rightarrow s_{II} = s_{II}' - q_{cII} = (1,331 - j1) + j0,002718 \Rightarrow$$

$$s_{II} = (1,331 - j1,002718) [^\circ / 1] = 1,666^{\angle -36,99^\circ} [^\circ / 1]$$



Valores Reales:

$$V_{II} = u_{II} \cdot V_b = 1,04482^{\angle 0,351^\circ} \cdot 33kV \Rightarrow V_2 = 34,48^{\angle 0,351^\circ} kV$$

$$S_{II} = s_{II} \cdot S_b = 1,666^{\angle -36,99^\circ} \cdot 10MVA \Rightarrow S_{II} = 16,66^{\angle -36,99^\circ} MVA = (13,30 - j10)MVA$$

$$P_{II} = 13,30MW$$

$$Q_{II} = 10MVAr$$

$$\Delta V = \Delta u \cdot V_b = 0,0452^{\angle 8,13^\circ} \cdot 33kV \Rightarrow \Delta V = 1,483^{\angle 8,13^\circ} kV$$

$$S_p = s_p \cdot S_b = (0,0511 - j0,0511) \cdot 10MVA \Rightarrow S_p = (0,511 - j0,511)MVA$$

$$P_p = 0,511MW$$

$$Q_p = 0,511MVAr$$

Balance de Potencias:

$$S_{II} + jQ_{cl} + jQ_{cl} = S_I + S_p \Rightarrow$$

$$S_{II} = S_I + S_p - j(-Q_{cl} - Q_{cl}) = (12,8 - j9,6) + (0,511 - j0,511) + j0,02491 + j0,02718 \Rightarrow$$

$$S_{II} = (13,31 - 9,14j)MVA$$

3.14. Dimensionamiento Descargador de Sobretensión (Ver 2.21.2 Memoria Descriptiva)

Se describe el descargador adoptado:

Descargadores de sobretensiones 3EK4 según IEC 60099-4

Corriente nominal de descarga I_n	8/20 μ s	10 kA
Clase de descarga de línea (LDC)		1
Máxima tensión continua de operación U_c		28,8 kV
Tensión nominal U_r		36 kV
Impulso de corriente de larga duración	2 ms	325 A
Alivio de presión de alta corriente		20 kA
Alivio de presión de baja corriente		600 A
Impulso de alta corriente	4/10 μ s	100 kA
Carga específica de larga duración SLL (M_{stat})		175 Nm
Carga específica de corta duración SSL (M_{dyn})		250 Nm
Capacidad de absorción de energía (térmica)		3,5 kJ/kV _r

Ref: Catálogo "Descargadores de sobretensión de MT Siemens"

Elección de la corriente nominal del descargador:

Se define la corriente nominal de descarga (I_n) en función de la tensión máxima del sistema.

$$U_{m\acute{a}x} := 1.1 \cdot U_L \quad U_{m\acute{a}x} = 36.3 \quad \text{kV} \quad \text{M\acute{a}xima tensi\acute{o}n de servic}$$

$$I_n := 10 \quad \text{kA} \quad \text{Corriente Nominal de descar}$$

Clase de descarga de Línea: *Clase 1*

Calculo de la tensi\acute{o}n de funcionamiento continuo:

$$U_c := \frac{U_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} \quad U_c = 20.958 \quad \text{kV} \quad (U_c \text{ tiene que ser mayor a este valor})$$

Seg\ún cat\alogo de fabricante:

$$U_c := 28.8 \quad \text{kV}$$

Calculo de la tensi\acute{o}n nominal o asignada (U_r):

$$U_r := 1.25 U_c \quad U_r = 26.197 \quad \text{kV}$$

Criterio de elecci\ón de las sobretensiones temporales:

En la siguiente tabla se dan los valores característicos del factor de falla a tierra en funci\ón del tipo de conexi\ón de neutro del sistema (redes hasta 220 kV).

En nuestro caso tenemos neutro r\ıgido a tierra.

Conexi\ón del neutro	k
Neutro r\ıgido a tierra	$k \leq 1,4$
Neutro no r\ıgido a tierra	$1,4 \leq k \leq 1,73$
Neutro aislado	$1,73 \leq k \leq 1,9$

Se determina una tensi\ón equivalente U_{eq} , para 10 segundos y para 1 segundo:

$$k := 1.4 \quad \text{Factor de falla a tierra, de tal}$$

$$U_t := k \cdot \frac{U_{m\acute{a}x}}{\sqrt{3}} \quad U_t = 29.341 \quad \text{kV}$$

$$T := 1 \quad \text{s} \quad \text{Tiempo de despeje de la fa}$$

$$U_{\text{eq}10\text{s}} := U_t \cdot \left(\frac{T}{10}\right)^{0.02} \quad U_{\text{eq}10\text{s}} = 28.02 \quad \text{kV}$$

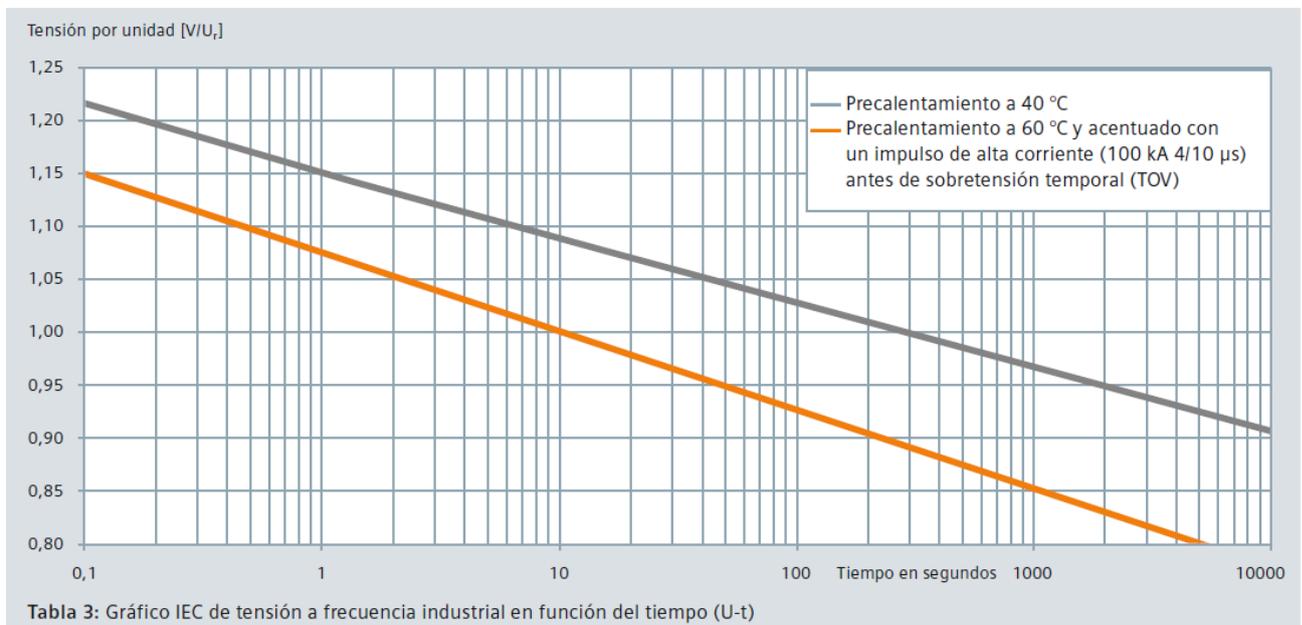
$$U_{\text{eq}1\text{s}} := U_t \cdot \left(\frac{T}{1}\right)^{0.02} \quad U_{\text{eq}1\text{s}} = 29.341 \quad \text{kV}$$

Por lo tanto, se deberá cumplir que la sobretensión temporal que el descargador pueda soportar durante 10 segundos y durante 1 segundo sea al menos:

$$\text{TOV}_{\alpha}(10\text{s}) \geq 28.02 \quad \text{kV}$$

$$\text{TOV}_{\alpha}(1\text{s}) \geq 29.341 \quad \text{kV}$$

Comparando con el descargador elegido, con su capacidad para soportar sobretensiones temporales **TOVc** (obtenido del grafico), en función del tiempo, se tiene:



Ref: Catalogo "Descargadores de sobretensión de MT Siemens"

$$\text{TOV}_{\alpha}(10\text{s}) := 1 \cdot U_r \quad \text{TVO}_{\alpha}(10\text{s}) := 36 \quad \text{kV}$$

$$\text{TOV}_{\alpha}(1\text{s}) := 1.07 \cdot U_r \quad \text{TVO}_{\alpha}(1\text{s}) := 38.52 \quad \text{kV}$$

Por lo que se verifican las condiciones definidas para cada tiempo.

Nivel Básico de Aislación (NBA):

Una vez escogido el aislador, se busca el Nivel básico de aislamiento (NBA) en la norma. Este es el nivel de aislamiento a impulso del equipo más importante de la red (comúnmente los transformadores de potencia y los reactores en aceites). Es un coeficiente de seguridad.

Se debe verificar que:

$$NBA > 1.25 \times U_d$$

Si no se cumple, se debe variar el valor de U_d para que cumpla. La tensión U_d se denomina "nivel protector". Es el mayor valor de tensión residual que aparece en el descargador durante una descarga de 10 kA de forma de onda 8/20 μ s.

El nivel de protección del descargador (U_p) deberá ser tal que se cumplan los márgenes de protección mínimos. Considerando que el nivel de aislamiento del transformador para impulso tipo rayo (LIW o BIL) es 145kV, se tiene:

$$BIL_{trafo} := 145 \quad \text{kV}$$

$$U_{pt} := \frac{BIL_{trafo}}{1.25} \quad U_{pt} = 116 \quad \text{kV}$$

$$U_p := 95.4 \quad \text{kV} \quad \text{Tensión residual descargador durante una descarga de 10kA y forma de onda 8/20}$$

$$1.25 U_p = 119.25 \quad \text{kV}$$

Se verifica la condición $NBA > 1,25 \times U_p$, por lo tanto el descargador cumple con requerimientos deseados.

Conclusiones:

Se puede comprobar que al aumentar la tensión nominal U_r del descargador, aumentan la tensión de funcionamiento continuo U_c y el TOVc(10s) (el descargador puede soportar mayores tensiones y durante más tiempo); mientras que disminuye el margen de protección (el transformador queda menos protegido al aumentar el nivel de protección).

La elección del tipo de descargador a utilizar debe ser un compromiso entre la capacidad del descargador para soportar las sobretensiones y la protección del equipo, pero considerando de mayor importancia la protección del equipo a proteger (el transformador), debido a su elevado costo (en la mayoría de las veces superior al de los descargadores).

Determinación de las distancias para el emplazamiento de los equipos.

El efecto de protección de un descargador es función de la distancia al equipo que protege. La distancia máxima a lo largo del conexionado (L en metros) entre el descargador y el equipo puede calcularse por la fórmula siguiente:

$$L := \frac{v \cdot (U_{c1} - U_p)}{2 \cdot SO}$$

V = Velocidad de propagación de la onda:

Para líneas aéreas: 300 m/ μ s

Para cables armados: 150 m/ μ s

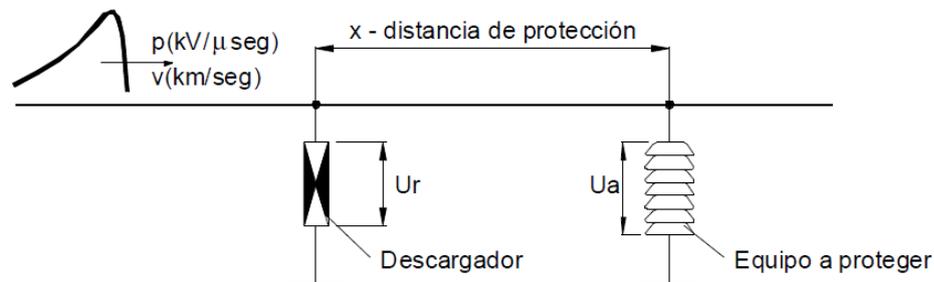
U_{c1} : la tensión de prueba a impulso del aparato a proteger, en kV de cresta. (aquí se debe tomar un margen de seguridad, colocando % menor del mismo).

Up : Nivel de protección, en kV de cresta

SO : pendiente del frente de onda:

Para línea no protegida: 1000 kV/μs

Para líneas con hilo de guardia: 500 kV/μs



Entonces:

$$SO := 500 \quad \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$$

$$v := 300 \quad \frac{\text{m}}{\mu\text{s}}$$

$$U_{c1} := \text{BILtrafo}$$

$$L := \frac{v \cdot (U_{c1} - U_p)}{2 \cdot SO} \quad L = 14.88 \text{ m} \quad \text{Distancia en metros entre el descargador y el equipo a proteger.}$$

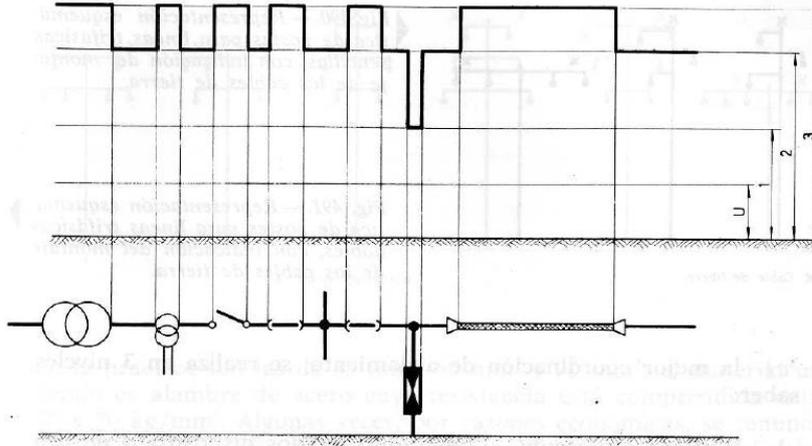
Coordinación de aislación:

1. Nivel mínimo: pararrayos, descargadores de protección.
2. Nivel medio: aisladores, distancias libres en el aire.
3. Nivel máximo: aislantes sólidos y líquidos en el interior de transformadores y aparatos, distancias entre contactos abiertos, y entre diferentes fases de los aparatos de corte, etc...

Con este sistema de coordinación, son aconsejables las siguientes relaciones entre los distintos niveles:

Nivel 2 = 25 % más elevado que nivel 1

Nivel 3 = 15 % más elevado que nivel 2



3.15 Dimensionamiento Celdas MT (Ver 2.21.3.2 - Memoria Descriptiva)

En base a los cálculos desarrollados en el Inciso 3.12 - Memoria de Cálculo, se tiene:

$$I_{K3} := 6.415 \quad [\text{kA}] \quad \text{Corriente de Cortocircuito trifásica.}$$

$$I_{S3} := 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3} \quad I_{S3} = 18.144 \quad [\text{kA}] \quad \text{Valor de cresta de la Corriente de Cortocircuito trifásica.}$$

$$I_{K1} := 8.019 \quad [\text{kA}] \quad \text{Corriente de Cortocircuito monofásica.}$$

$$I_{S1} := 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} \quad I_{S1} = 22.681 \quad [\text{kA}] \quad \text{Valor de cresta de la Corriente de Cortocircuito monofásica.}$$

Constante para el alambre de cobre desnudo $140 < K < 185$: $K := 160$

$$\text{Tiempo máximo de cortocircuito:} \quad t := 1 \quad [\text{seg}]$$

$$\text{Corriente sobre la barra:} \quad I_b := 43.73 \quad [\text{A}]$$

$$\text{Sección de la Barra:} \quad S_b := I_{K3} \cdot 1000 \frac{\sqrt{t}}{K} \quad S_b = 40.094 \quad [\text{mm}^2]$$

$$\text{Efecto dinámico de la corriente } I_{K3}: \quad I_d := 1.8 \sqrt{2} \cdot I_{K3} \quad I_d = 16.33 \quad [\text{kA}]$$

Dimensionamiento Interruptor de 33kV:

$$\text{Tensión Nominal:} \quad U_n := 33 \quad [\text{kV}]$$

$$\text{Potencia Nominal:} \quad S_n := 2.5 \quad [\text{MVA}]$$

Corriente de Cortocircuito trif: $I_{K3} := 6.415$ [kA]

Valor de Cresta de IK3: $I_S := 18.144$ [kA]

Corriente Nominal: $I_n := \frac{S_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n}$ $I_n = 43.739$ [A]

Corriente Nominal de apertura en cortocircuito:

Factor de Amortiguación de la corriente subtransitoria, como se desconoce su valor se toma el más desfavorable:

$\mu := 1$

$I_{ap} := \mu \cdot I_{K3}$ $I_{ap} = 6.415$ [kA]

Corriente de Cierre:

Corriente máxima que aparece al cerrar el interruptor sobre un circuito que tiene un de franco:

$I_c := I_{S3}$ $I_c = 18.144$ [kA]

Corriente Térmica:

Es el valor eficaz de la corriente que el interruptor puede conducir sin deteriorarse sus materiales y queda establecido para la norma También llamada "corriente resistida de duración nominal"

$I_{th} := I_{K3}$ $I_{th} = 6.415$ [kA]

Corriente Dinámica:

Es el valor máximo de la corriente que el interruptor puede soportar sin deteriorarse en instante inicial del corto circuito, es la responsable de los esfuerzos electrodinámicos.

$I_D := I_{S3}$ $I_D = 18.144$ [kA]

Dimensionamiento Seccionador:

Tensión Nominal: $U_n := 33$ [kV]

Tensión Máxima: $U_{max} := 1.1 \cdot U_n$ $U_{max} = 36.3$ [kV]

Potencia Nominal: $S_n := 2.5$ [MVA]

Corriente de Cortocircuito trif: $I_{K3} := 6.415$ [kA]

Valor de Cresta de IK3: $I_S := 18.144$ [kA]

Corriente Nominal: $I_n := \frac{S_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n}$ $I_n = 43.739$ [A]

Corriente Térmica:

Es el valor eficaz de la corriente que el seccionador puede conducir sin deteriorarse su materiales y queda establecido para la norma También llamada "corriente resistida de duración nominal"

$I_{th} := I_{K3}$ $I_{th} = 6.415$ [kA]

Corriente Dinámica:

Es el valor máximo de la corriente que el seccionador puede soportar sin deteriorarse instante inicial del corto circuito, es la responsable de los esfuerzos electrodinámicos.

$I_D := I_{S3}$ $I_D = 18.144$ [kA]