

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA



Universidad Nacional de La Pampa
Facultad de Ingeniería



Ingeniería Electromecánica

MANUAL DE CÁLCULO DE COSTOS PARA LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN DE 33 kV

TUTOR INSTITUCIONAL:

Ingeniero. ANDRÉS, Cristian Javier

TUTOR ACADÉMICO:

Ingeniero. MANDRILE, Daniel Alberto

ALUMNO:

DAMM, Juan Cruz



Índice:

INTRODUCCIÓN:.....	4
MEMORIA TÉCNICA:.....	5
MEMORIA DE CÁLCULO:.....	7
CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES	9
CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR AL/AC 95/15 PARA VANO DE 90 m.....	9
CÁLCULO MECÁNICO DEL HILO DE GUARDIA DE 50 mm ² PARA VANO DE 90 m	15
CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR AL/AC 95/15 PARA VANO DE 170 m. 21	
CÁLCULO MECÁNICO DEL HILO DE GUARDIA DE 50 mm ² PARA VANO DE 170 m	27
CARGA DEL VIENTO SOBRE DISTINTOS ELEMENTOS:	33
DIMENSIONAMIENTO DE CABEZALES EN ZONA URBANA	35
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL DE SUSPENSIÓN (LINE POST) CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:.....	39
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN RECTA Y DEL TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:.....	42
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:.....	47
DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABEZALES EN EL VANO RURAL DE 170 m	52
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL DE SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:.....	57
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN RECTA Y DEL TERMINAL ZONA RURAL:.....	61
DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:.....	65
CÁLCULO DE ESTRUCTURAS	68
SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA.....	68
ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA ..	79
ESTRUCTURA RETENCIÓN ANGULAR DE 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA	93
ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA EN ZONA URBANA	113
ESTRUCTURA SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL	126



ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL	138
ESTRUCTURA RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL	150
ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL	167
FUNDACIONES.....	176
CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE FUNDACIONES DE H°A°:	176
RESUMEN DE FUNDACIONES DE HORMIGÓN.....	182
FUNDACIÓN PARA SOPORTE SOSTÉN CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA	182
FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA.....	182
FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA.....	183
FUNDACIÓN PARA SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA.....	183
FUNDACIÓN PARA SOPORTE SOSTÉN CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL	184
FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL	184
FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA.....	185
FUNDACIÓN PARA SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL	185
BIBLIOGRAFÍA:.....	186
ANEXO I:	187
Estudio de suelo	187
ANEXO II:	188
Planos de estructuras	188
ANEXO III:	189
Planilla digital de cálculo de costos.....	189



INTRODUCCIÓN:

El presente proyecto comprende el diseño de un manual de cálculo de costos para líneas de transmisión de energía en media tensión de 33 kV en la provincia de La Pampa, con el fin de obtener un valor real del costo por kilómetro de una línea.

Se realizó el diseño de una línea tipo de 33 kV tomando como base el tipo de conductor a emplear, tanto para el transporte de energía como para la protección de la línea (hilo de guardia), y la separación entre estructuras (vano). Se consideraron dos tipos de zonas, una Rural y otra Urbana; para las cuales se dimensionaron las estructuras más usuales propias para cada una, así como sus respectivas fundaciones. Todo el procedimiento se realizó cumpliendo con la normativa vigente a la cual adhiere la institución APE, así como también con las normativas propias que regulan éste tipo de instalaciones.

Una vez definidos los componentes de cada estructura (postes, ménsulas, crucetas, aisladores, morsetería, etc.) se realizó un itemizado de estos y una planilla de cálculo de costos de formato digital la cual arroja como resultado el costo total de cada estructura como así también el costo total de la línea, dependiendo de la cantidad de estructura a utilizar; dando la posibilidad, a futuro, de actualizar los costos involucrados.



MEMORIA TÉCNICA:

Los cálculos del siguiente proyecto se realizaron siguiendo las disposiciones y normativas presentes en “Especificaciones técnicas GC-TE. N°1 de A y EE y anexos I al IV” y “Reglamento Técnico y Normas Generales Para el Proyecto y Ejecución de Obras de Electrificación Rural”.

Lugar de emplazamiento: Zona Rural y Urbana de la Provincia de La Pampa (Zona B).

Hipótesis	Estado	Temp. [°C]	Viento [km/h]
I	T. máx.	45	0
II	T. mín.	-15	0
III	T.	10	120
IV	T.	-5	50
V	T.m.a.	16	0

Tabla 1: Datos de cálculo según reglamentación.

Para el diseño de esta línea tipo, se consideraron los vanos más usuales para cada tipo de zona y se tomó como premisa impuesta por la empresa la utilización de conductores Al/Ac 95/15 e hilo de guardia Ac de 50 mm² de sección.

La disposición de los conductores será triangular suspendida utilizando ménsulas y crucetas para zonas Rurales; y coplanar vertical para zonas Urbanas, implementado el sistema LINE POST para las estructuras sostén de éstas últimas. Se instalarán aisladores tipo LINE POST de porcelana de 36 kV en los sostenes, montados sobre soportes de hierro galvanizado simples o dobles según corresponda. En las retenciones se utilizarán aisladores poliméricos de 36 kV con cuerpo en fibra de vidrio, herrajes cincados en caliente, aislante en caucho de silicona y libre de EPDM.

Las estructuras y postes serán de hormigón armado pretensado o vibrado según normas IRAM 1605 y NIME 2002 y VDE 0210/5.69; las crucetas y ménsulas también de hormigón y la morsetería será de hierro galvanizado. Los soportes sostén serán monoposte y los soportes terminales, retenciones rectas y angulares, se armarán con estructuras dobles en “A” con una separación en la base de 1,2 [m] entre centro de postes y con el número adecuado de vínculos cumpliendo con la norma vigente. Las crucetas, ménsulas y vínculos a utilizar en el armado de las estructuras, serán de hormigón armado vibrado, que cumplan con las normas IRAM correspondientes

Las hipótesis de cálculos y los coeficientes de seguridad para el cálculo de estructuras serán conformes a la reglamentación A.y.E. E.T-GC-IE-T-N°1 y ANEXOS: I, II, III, IV, V, IV para LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA a la cual adhiere la APE:

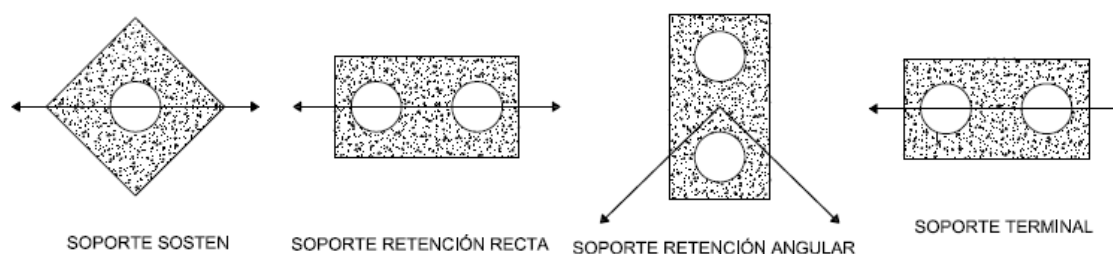
- Hipótesis de cargas normales: 3
- Hipótesis de cargas extraordinarias: 2



La altura de los postes se definirá teniendo en cuenta las alturas libres mínimas mencionadas y/o exigidas por cada ente y/o normativas vigentes según corresponda. En éste caso se consideraran 8,5 [m] para zonas Urbanas y 6,00 [m] para zonas Rurales.

Las estructuras serán fundadas en bloques de hormigón simple, tipo monoblock con dosificación de 300 kg/m³ de cemento, calculados por el método de Sulzberger. Para la verificación de éstas fundaciones se tomaron datos de las características de los suelos, desde el punto de vista de la capacidad portante, provista por la empresa Administración Provincial de Energía (A.P.E.). Se adjunta dicha información al final del proyecto. (ANEXO I)

La orientación de las estructuras dobles dependerá del tipo de estructura y del sentido de la línea. A continuación se indica la orientación recomendada para las diferentes estructuras:



Las puestas a tierra de los soportes serán con conductor de acero en crucetas y ménsulas. Hincadas al pie de los soportes, se colocarán jabalinas de acero cobreado con el correspondiente tomacables. La conexión entre jabalina y columna se realizará con conductor desnudo de cobre de 25 mm² o acero cobreado 35 mm². En caso de no obtenerse los valores deseados se colocarán contrapesos, hasta obtener el valor requerido.



MEMORIA DE CÁLCULO:

En primer lugar, mediante se las hipótesis de cálculo adecuadas para la zona de la Provincia de La Pampa (Zona B), se procedió a la realización de las tablas de estados para conocer el estado más desfavorables para cada conductor, como así también la tensión a la cual estarán sometidos los mismos, para verificar que no superen los máximos admisibles determinados por la reglamentación.

Como se mencionó anteriormente, los cálculos se realizaron para un conductor Al/Ac 95/15 para el transporte de energía, y para un conductor de Ac 50 mm² como hilo de guardia.

Se calcularon las cargas provocadas por efecto del viento y las generadas por el propio peso del conductor, las cuales determinaron el ángulo de inclinación de éste.

Se calculó el vano crítico para realizar la comparación con el vano de cálculo y así poder seleccionar el estado base.

Se implementó la ecuación de cambio de estado para la determinar las tensiones mecánicas y las flechas del conductor.

Estos pasos se realizaron para cada conductor y para cada vano en cuestión.

Luego se procedió a dimensionar las estructuras comenzando por los cabezales de las mismas, utilizando los datos obtenidos en las ecuaciones de estado. En base a los resultados obtenidos y consensuando con la empresa según su stock normal o disponibilidad en el mercado de ménsulas y crucetas, se seleccionaron las mismas. Cabe destacar que se trató de estandarizar las dimensiones de ménsulas y crucetas por encima del sobredimensionamiento de las mismas ya que a la hora de realizar la compra y suministro de éstas es conveniente que la mayoría sean de una medida estándar para evitar demoras de abastecimiento e inconvenientes en el almacenamiento y puesta en obra de las ménsulas y crucetas en cuestión.

El cálculo de estructura se realizó para las más usuales en una línea rural y urbana, las cuales son:

- SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA (SS)
- RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA (RR)
- RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA (RA)
- TERMINAL CON HILO DE GUARDIA (ST)

Una vez dimensionado los cabezales, se procedió a la selección de los postes de hormigón. Para esto se tuvo en cuenta las alturas libres mínimas y las hipótesis de carga definidas por la normativa vigente para cada tipo de estructuras, verificando que los esfuerzos máximos en la cima, afectados por un coeficiente de seguridad, no superen los valores máximos de rotura de los postes seleccionados tanto para hipótesis normales como para hipótesis extraordinarias. Esto se realizó tanto para la zona rural, como para la zona urbana. Como se mencionó anteriormente se trató de seleccionar una altura estándar en los postes para cada zona y variar la carga de



rotura del mismo para verificar que esta supere los esfuerzos máximos a los cuales va a estar sometido.

Con la estructura definida y con los datos arrojados por el estudio de suelo previo, mediante el método de Sulzberger y el método de la presión máxima admisible, se dimensionaron y verificaron las fundaciones de hormigón. A la hora de dimensionar estas fundaciones se tuvo en cuenta los espesores mínimos de las paredes laterales de la base como así también el espesor mínimo de fondo.

Luego de identificar las componentes de cada estructura, se realizó un itemizado de los mismos para poder presupuestar un costo total por estructura. También se consideraron costos de logística, mano de obra, maquinaria y otros costos variables específicos de la obra. Una vez cotizada cada estructura, mediante una planilla de cálculos Excel, en la cual indicando la longitud de la línea en kilómetros y cantidad de estructuras de cada tipo a utilizar, nos arrojará un valor real del costo de la línea en cuestión.



CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR AL/AC 95/15 PARA VANO DE 90 m.

CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR:

Conductor	AL/AC		
Norma	IRAM	2187	
Sección Nominal	SN =	95/15	
Sección Efectiva	S =	109,7	[mm ²]
Sección del Aluminio	Sal =	94,4	[mm ²]
Sección del Acero	Sac =	15,30	[mm ²]
Diámetro del conductor	d =	13	[mm]
Peso del conductor	P =	380	[daN/km]
Módulo de elasticidad	E =	7700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación lineal	α =	0,0000189	[1/°C]
Carga de rotura	F =	3338,7	[daN]
Formación		26x2,15 + 7x1,67	
Coefficiente de presión dinámica		1,1	

Estados atmosféricos:

Para la zona B de las normas A y EE, rigen los siguientes estados:

ESTADO	TEMPERATURA [°C]	VIENTO [km/h]
I	45	0
II	-15	0
III	10	120
IV	-5	50
V	16	0

Vano de cálculo

Vano de cálculo = 90 m.

Tensiones máximas admisibles

Para minimizar las vibraciones se determina un límite de tensión que depende temperatura media anual y del vano, y viene dado por:

$$\sigma_{ma} = 5,2 \times \left(1 + 0,15 \times \frac{300 - a}{350} \right) \text{ [daN/mm}^2\text{]}$$



De acuerdo a las Normas de A y EE:

ESTADO	TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE [daN/mm ²]
I	11,75
II	9,86
III	10,65
IV	10,18
V	5,94

Luego se debe verificar que el conductor no debe sobrepasar este valor de tensión, de modo que se encuentre la mayor parte del tiempo tendido con una tensión que evite las vibraciones.

Cargas horizontales:

Cargas del viento sobre conductores:

Según las normas A y EE Anexo VI A, las cargas del viento por unidad de longitud sobre conductores y soportes para vanos menores a 200 m, se calcula:

$$W = 0,75 \times C \times \left(\frac{V^2}{16}\right) \times d$$

Donde:

W = carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

C = coeficiente de presión dinámica del conductor.

V = velocidad del viento [m/s].

d = diámetro del conductor.

Datos:

C = 1,1
 VM = 33,33 [m/s]
 Vm = 13,89 [m/s]
 d = 0,0130 [m]

Con lo cual para velocidades máximas y mínimas tenemos que:

WM= 0,745 [daN/m]

Wm= 0,148 [daN/m]



Cargas verticales:

Cargas debido a su propio peso

Debido al propio peso del conductor y al hielo, éste se verá sometido a cargas verticales P [daN/m]

Datos:

$$P = 0,380 \quad [\text{daN/m}]$$

Cargas totales:

Las cargas totales sobre el conductor será la resultante de la suma vectorial de las cargas horizontales (W) y verticales (P).

$$g = \sqrt{P^2 + W^2}$$

Donde:

g = Carga total sobre el conductor [daN/m]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Ángulo de inclinación:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{W}{P}$$

Donde:

Φ = Ángulo de inclinación del conductor [grados]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Cuadro resumen de cargas unitarias:

ESTADO	C. VERTICAL [daN/m]	C. HORIZONTAL [daN/m]	C. TOTAL [daN/m]	Φ [grados]
I (T max)	0,380	0,000	0,380	0,00
II (T min)	0,380	0,000	0,380	0,00
III (v max)	0,380	0,745	0,836	63,25
IV	0,380	0,148	0,407	21,27
IV (medio)	0,380	0,000	0,380	0,00



Cálculo de vano crítico:

El Vano crítico se obtiene:

$$a_{cr} = S_r \times \sigma_{max} \times \sqrt{\frac{24 \times \alpha \times (t_j - t_i)}{\rho_j^2 - \rho_i^2}}$$

Como:

σ_{max} = Tensión máxima admisible para conductor Aluminio/Acero [daN/mm²].

α = Coeficiente de conductividad térmica. [1/°C].

t_j = Mínima Temperatura de todos los estados. [°C].

t_i = Temperatura del estado de máximo viento [°C].

ρ_j = Carga específica correspondiente al estado de mínima temperatura [daN/m.mm²].

ρ_i = Carga específica correspondiente al estado de máximo viento [daN/m.mm²].

S_r = Sección real del conductor [mm²].

Siendo:

$\sigma_{max} = 9,86$ [daN/mm²].

$\alpha = 0,0000189$ [1/°C].

$t_j = -15$ [°C].

$t_i = 10$ [°C].

$\rho_j = 0,380$ [daN/m.mm²].

$\rho_i = 0,836$ [daN/m.mm²].

$S_r = 109,7$ mm².

Con lo cual tenemos que:

$a_{cr} = 154,68$ [m]

Por lo tanto, como $a < a_{cr}$, tomamos como estado base el estado 2

Determinación de tensiones y flechas del conductor

Para la determinación de las tensiones mecánicas y las flechas del conductor, se aplica la ecuación de cambio de estado.



Ecuación de cambio de estado:

$$B = \sigma_2^2(\sigma_2 + A)$$

Siendo:

$$A = E \times \alpha \times (t_2 - t_1) - \sigma_1 + \frac{E}{24} \times \left(\frac{a\rho_1}{S_R\sigma_1} \right)^2$$

$$B = \frac{E}{24} \left(\frac{a\rho_2}{S_R} \right)^2$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad del conductor. [daN/mm²]

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

t₂: Temperatura del estado 2 (el que quiero conocer). [°C]

t₁: Temperatura del estado base. [°C]

a: Vano.

ρ_1 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado base. (daN/m)

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (kg/m)

S_R: Sección real del conductor. [mm²]

σ_1 : Tensión mecánica del conductor en el estado base. [daN/mm²]

σ_2 : Tensión mecánica del conductor en el estado calculado. [daN/mm²]

Como la flecha para cada estado viene dado por:

$$f_i = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times S_R \times \sigma_2}$$

DATOS DEL CONDUCTOR:

Sección Nominal	95/15	[mm ²]
Sección Efectiva	109,7	[mm ²]
Diámetro del conductor	13	[mm]
Peso del conductor	380	[daN/km]
Módulo de Elasticidad	7700	[daN/mm ²]
Coeficiente de Dilatación Lineal	0,0000189	[1/°C]
Vano de cálculo	90	[m]
Estado Base	2	



Resultados de coeficientes y Ecuación de cambio de estado:

ESTADO	A	B	TENSIÓN CALCULADA [daN/mm ²]	TENSIÓN ADMISIBLE [daN/mm ²]	CONDICIÓN $\sigma_{cal} < \sigma_{adm}$
I	0,80	31,83	3,46	11,75	VERIFICA
II	9,53	31,83	9,86	9,86	VERIFICA
III	5,89	150,09	8,15	10,65	VERIFICA
IV	8,08	35,48	8,56	10,18	VERIFICA
V	5,02	31,83	5,93	5,98	VERIFICA

Cargas y flechas

ESTADO	TEMP. [°C]	TIRO CALCULADO [daN]	FLECHA HORIZONTAL [m]	FLECHA VERTICAL [m]	FLECHA TOTAL [m]
I	45	379,56	0,000	1,020	1,020
II	-15	1081,64	0,000	0,360	0,360
III	10	894,33	0,840	0,430	0,940
IV	5	939,18	0,140	0,410	0,440
V	16	650,22	0,000	0,600	0,600



CÁLCULO MECÁNICO DEL HILO DE GUARDIA DE 50 mm² PARA VANO DE 90 m

CARACTERÍSTICAS DEL HILO DE GUARDIA:

Conductor	AC		
Norma	Iram	722	
Sección nominal	SN=	50	[mm]
Sección efectiva	S=	49,49	[mm]
Diámetro del conductor	d=	9	[mm]
Peso del conductor	P=	396	[daN/km]
Módulo de elasticidad	E=	18000	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación lineal	α =	0,000011	[1/°C]
Carga de rotura	F=	4333	[daN]
Coefficiente de presión dinámica	C=	1,2	
Formación	7x3,0		
Estado base	2		

Hipótesis de cálculo:

Vano a=90 m

Estados atmosféricos:

Para la zona B de las normas A y EE, rigen los siguientes estados:

ESTADO	TEMPERATURA [°C]	VIENTO [km/h]
I	45	0
II	-15	0
III	10	120
IV	-5	50
V	16	0

Cargas sobre el hilo de guardia:

Cargas horizontales:

Según las normas A y EE Anexo VI A, las cargas del viento sobre conductores y soportes se calcula:

$$W = 0,75 \times C \times \left(\frac{V^2}{16} \right) \times d$$

Donde:

W = carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

C = coeficiente de presión dinámica del conductor.



V = velocidad del viento [m/s].

d = diámetro del conductor.

Con lo cual para los siguientes datos:

$C=1,2$

$V_M=33,33$ [m/s]

$V_m=13,89$ [m/s]

$d=0,0090$ [m]

Tenemos que:

$W_M= 0,56$ [daN/m]

$W_m= 1,00$ [daN/m]

Cargas verticales:

Debido al propio peso del conductor y al hielo, éste se verá sometido a cargas verticales P [daN/m]

Carga específica debido a la acción del propio peso:

$\rho_0= 0,4$ [daN/m]

Cargas totales:

Las cargas totales sobre el conductor será la resultante de la suma vectorial de las cargas horizontales (W) y verticales (P).

$$g = \sqrt{P^2 + W^2}$$

Donde:

g = Carga total sobre el conductor [daN/m]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Ángulo de inclinación:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{W}{P}$$



Donde:

Φ = Ángulo de inclinación del conductor [grados]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Cuadro resumen de cargas unitarias:

ESTADO	C. VERTICAL [daN/m]	C. HORIZONTAL [daN/m]	C. TOTAL [daN/m]	Φ [grados]
I (T max)	0,400	0,000	0,400	0,000
II (T min)	0,400	0,000	0,400	0,000
III (v max)	0,400	0,560	0,688	54,462
IV	0,400	0,100	0,412	14,036
IV (medio)	0,400	0,000	0,400	0,000

Tensión máxima admisible del hilo de guardia:

La tensión máxima está determinada por:

$$\sigma_{max} = \frac{F}{n \times S}$$

σ_{max} = tensión máxima admisible del hilo de guardia [daN/mm²].

F= carga de rotura del hilo de guardia [daN].

n= coeficiente de seguridad.

S= sección del cable [mm²].

Para los siguientes datos:

F= 4333 [daN]

n=2

S=49,49 [mm²]

Tenemos que la tensión máxima admisible será de:

$\sigma_{max}=43,78$ [daN/mm²]



Tensión mínima admisible del hilo de guardia para cada estado:

La tensión será de tal manera que la flecha del hilo de guardia sea el 90 % de la flecha del conductor activo en cada estado, de tal manera:

$$\sigma_2 = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times (0,9 \times f_i \times S_r)}$$

σ_2 =tensión mínima admisible del hilo de guardia para el estado en cuestión [daN/mm²].

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (daN/m)

a: Vano [m]

S_r : Sección real del conductor. [mm²]

f_1 : Flecha del conductor activo en el estado considerado [m]

Resumen de tensiones admisibles del hilo de guardia:

ESTADO	FLECHA DEL CONDUCTOR ACTIVO [m]	TENSIÓN MÍNIMA ADMISIBLE DEL HILO DE GUARDIA [daN/mm ²]
I	1,02	8,79
II	0,36	25,04
III	0,94	16,57
IV	0,44	21,21
V	0,60	15,05

Determinación de tensiones y flechas del conductor:

Para la determinación de las tensiones mecánicas del cable y las flechas, se aplicó la ecuación de cambio de estado.

Ecuación de cambio de estado:

$$B = \sigma_2^2(\sigma_2 + A)$$

Siendo:

$$A = E \times \alpha \times (t_2 - t_1) - \sigma_1 + \frac{E}{24} \times \left(\frac{a\rho_1}{S_R \sigma_1} \right)^2$$

$$B = \frac{E}{24} \left(\frac{a\rho_2}{S_R} \right)^2$$



Donde:

E: Módulo de elasticidad del conductor. [daN/mm²]

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

t_2 : Temperatura del estado 2 (el que quiero conocer). [°C]

t_1 : Temperatura del estado base. [°C]

a : Vano.

ρ_1 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado base. (daN/m)

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (daN/m)

S_R : Sección real del conductor. [mm²]

σ_1 : Tensión mecánica del conductor en el estado base. [daN/mm²]

σ_2 : Tensión mecánica del conductor en el estado calculado. [daN/mm²]

Como la flecha para cada estado viene dada por:

$$f_i = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times S_R \times \sigma_2}$$

DATOS DEL CONDUCTOR:

Estado básico	2	
Sección Nominal	50	[mm ²]
Sección Efectiva	49,49	[mm ²]
Diámetro del conductor	9	[mm]
Peso del conductor	396	[daN/km]
Módulo de Elasticidad	18000	[daN/mm ²]
Coeficiente de Dilatación Lineal	0,000011	[1/°C]
Vano de Cálculo	90	[m]
Tensión admisible para estado base	25,04	[daN/mm ²]

Resultados de coeficientes, tensiones y cargas:

ESTADO	A	B	TENSIÓN CALCULADA [daN/mm ²]	TENSIÓN MÍNIMA ADMISIBLE [daN/mm ²]	TIRO CALCULADO [daN]
I	12,54	388,80	14,41	8,79	713,29
II	24,42	388,80	25,04	25,04	1239,29
III	19,47	1173,60	21,91	16,57	1084,56
IV	22,44	412,45	23,21	21,21	1148,51
V	18,28	388,80	19,32	15,05	956,36



Flechas y verificaciones:

ESTADO	TEMP. [°C]	FLECHA HORIZONTAL [m]	FLECHA VERTICAL [m]	FLECHA TOTAL [m]	RELACIÓN fhg/fc [m]	CONDICIÓN 0,9>fhg/fc
I	45	0,00	0,56	0,56	0,55	VERIFICA
II	-15	0,00	0,32	0,32	0,90	VERIFICA
III	10	0,52	0,37	0,64	0,68	VERIFICA
IV	5	0,09	0,35	0,36	0,82	VERIFICA
V	16	0,00	0,42	0,42	0,70	VERIFICA



CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR AL/AC 95/15 PARA VANO DE 170 m.

CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR:

Conductor	AL/AC		
Norma	IRAM	2187	
Sección Nominal	SN =	95/15	
Sección Efectiva	S =	109,7	[mm ²]
Sección del Aluminio	Sal =	94,4	[mm ²]
Sección del Acero	Sac =	15,30	[mm ²]
Diámetro del conductor	d =	13	[mm]
Peso del conductor	P =	380,50	[daN/km]
Módulo de elasticidad	E =	7700	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación lineal	α =	0,0000189	[1/°C]
Carga de rotura	F =	3338,7	[daN]
Formación		26x2,15 +7x1,67	
Coefficiente de presión dinámica		1,1	

Estados atmosféricos:

Para la zona B de las normas A y EE, rigen los siguientes estados:

ESTADO	TEMPERATURA [°C]	VIENTO [km/h]
I	45	0
II	-15	0
III	10	120
IV	-5	50
V	16	0

Vano de cálculo

Vano de cálculo = 170 m.

Tensiones máximas admisibles

Para minimizar las vibraciones se determina un límite de tensión que depende temperatura media anual y del vano y viene dado por:

$$\sigma_{ma} = 5,2 \times \left(1 + 0,15 \times \frac{300 - a}{350} \right) \text{ [daN/mm}^2\text{]}$$



De acuerdo a las normas de A y EE:

ESTADO	TENSIÓN MÁXIMA ADMISIBLE [daN/mm ²]
I	11,75
II	9,86
III	10,65
IV	10,18
V	5,94

Luego se debe verificar que el conductor no debe sobrepasar éste valor de tensión, de modo que se encuentre la mayor parte del tiempo tendido con una tensión que evite las vibraciones.

Cargas horizontales:

Cargas del viento sobre conductores:

Según las normas A y EE Anexo VI A, las cargas del viento por unidad de longitud sobre conductores y soportes para vanos menores a 200 m, se calcula:

$$W = 0,75 \times C \times \left(\frac{V^2}{16}\right) \times d$$

Donde:

W = carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

C = coeficiente de presión dinámica del conductor.

V = velocidad del viento [m/s].

d = diámetro del conductor.

Datos:

C = 1,1
 VM = 33,33 [m/s]
 Vm = 13,89 [m/s]
 d = 0,0130 [m]

Cargas verticales:

Cargas debido a su propio peso

Debido al propio peso del conductor y al hielo, éste se verá sometido a cargas verticales P [daN/m]



Datos:

$$P = 0,380 \quad [\text{daN/m}]$$

Cargas totales:

Las cargas totales sobre el conductor será la resultante de la suma vectorial de las cargas horizontales (W) y verticales (P).

$$g = \sqrt{P^2 + W^2}$$

Donde:

g = Carga total sobre el conductor [daN/m]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Ángulo de inclinación:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{W}{P}$$

Donde:

Φ = Ángulo de inclinación del conductor [grados]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Cuadro resumen de cargas unitarias:

ESTADO	C. VERTICAL [daN/m]	C. HORIZONTAL [daN/m]	C. TOTAL [daN/m]	Φ [grados]
I (T max)	0,380	0,000	0,3800	0,00
II (T min)	0,380	0,000	0,3800	0,00
III (v max)	0,380	0,745	0,8361	63,25
IV	0,380	0,148	0,4076	21,27
IV (medio)	0,380	0,000	0,3800	0,00

Cálculo de vano crítico:

El Vano crítico se obtiene:

$$a_{cr} = S_r \times \sigma_{max} \times \sqrt{\frac{24 \times \alpha \times (t_j - t_i)}{\rho_j^2 - \rho_i^2}}$$



Siendo:

σ_{max} = Tensión máxima en propuesta [daN/mm²].

α = Coeficiente de conductividad térmica. [1/°C].

t_j = Mínima Temperatura de todos los estados. [°C].

t_i = Temperatura del estado de máximo viento [°C].

ρ_j = Carga específica correspondiente al estado de mínima temperatura [daN/m.mm²].

ρ_i = Carga específica correspondiente al estado de máximo viento [daN/m.mm²].

S_r = Sección real del conductor [mm²].

Como:

σ_{max} = 9,86 [daN/mm²].

α = 0,0000189 [1/°C].

t_j = -15 [°C].

t_i = 10 [°C].

ρ_j = 0,380 [daN/m.mm²].

ρ_i = 0,836 [daN/m.mm²].

S_r = 109,7 mm².

Con lo cual tenemos que:

a_{cr} = 154,68 [m]

Como $a > a_{cr}$, en un primer momento se tomó como estado base el estado 3 pero no cumplía con los límites de tensión máxima en los demás estados; por tal motivo se tomó como estado base el estado 5.

Determinación de tensiones y flechas del conductor

Para la determinación de las tensiones mecánicas y las flechas del conductor, se aplica la ecuación de cambio de estado.



Ecuación de cambio de estado:

$$B = \sigma_2^2(\sigma_2 + A)$$

Siendo:

$$A = E \times \alpha \times (t_2 - t_1) - \sigma_1 + \frac{E}{24} \times \left(\frac{a\rho_1}{S_R \sigma_1} \right)^2$$

$$B = \frac{E}{24} \left(\frac{a\rho_2}{S_R} \right)^2$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad del conductor. [daN/mm²]

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

t₂: Temperatura del estado 2 (el que quiero conocer). [°C]

t₁: Temperatura del estado base. [°C]

a: Vano.

ρ_1 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado base. (daN/m)

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (daN/m)

S_R: Sección real del conductor. [mm²]

σ_1 : Tensión mecánica del conductor en el estado base. [daN/mm²]

σ_2 : Tensión mecánica del conductor en el estado calculado. [daN/mm²]

Como la flecha para cada estado viene dado por:

$$f_i = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times S_R \times \sigma_2}$$

DATOS DEL CONDUCTOR:

Sección Nominal	95/15	[mm ²]
Sección Efectiva	109,7	[mm ²]
Diámetro del conductor	13	[mm]
Peso del conductor	381	[daN/km]
Módulo de Elasticidad	7700	[daN/mm ²]
Coeficiente de Dilatación Lineal	0,0000189	[1/°C]
Vano de Cálculo	170	[m]
Estado base	5	



Resultados de coeficientes y Ecuación de cambio de estado:

ESTADO	A	B	TENSIÓN CALCULADA [daN/mm ²]	TENSIÓN ADMISIBLE [daN/mm ²]	CONDICIÓN $\sigma_{cal} < \sigma_{adm}$
I	-1,50	113,58	4,39	11,75	VERIFICA
II	7,23	113,58	8,72	9,86	VERIFICA
III	3,59	535,50	9,51	10,65	VERIFICA
IV	5,78	126,60	7,84	10,18	VERIFICA
V	2,72	113,58	5,94	5,94	VERIFICA

Cargas y flechas

ESTADO	TEMPERATURA [°C]	Tiro Calculado [daN]	Flecha Horizontal [m]	Flecha Vertical [m]	Flecha Total [m]
I	45	481,71	0,00	2,88	2,88
II	-15	957,08	0,00	1,45	1,45
III	10	1043,50	2,57	1,32	2,89
IV	5	859,81	0,55	1,61	1,70
V	16	651,62	0,00	2,13	2,13



CÁLCULO MECÁNICO DEL HILO DE GUARDIA DE 50 mm² PARA VANO DE 170 m

CARACTERÍSTICAS DEL HILO DE GUARDIA:

Conductor	AC		
Norma	Iram	722	
Sección nominal	SN=	50	[mm]
Sección efectiva	S=	49,49	[mm]
Diámetro del conductor	d=	9	[mm]
Peso del conductor	P=	396	[daN/km]
Módulo de elasticidad	E=	18000	[daN/mm ²]
Coefficiente de dilatación lineal	α =	0,000011	[1/°C]
Carga de rotura	F=	4333	[daN]
Coefficiente de presión dinámica	C=	1,2	
Formación	7x3,0		

Hipótesis de cálculo:

Vano a=170 m

Estados atmosféricos:

Para la zona B de las normas A y EE, rigen los siguientes estados:

ESTADO	TEMPERATURA [°C]	VIENTO [km/h]
I	45	0
II	-15	0
III	10	120
IV	-5	50
V	16	0

Cargas sobre el hilo de guardia:

Cargas horizontales:

Según las normas A y EE Anexo VI A, las cargas del viento sobre conductores y soportes se calcula:

$$W = 0,75 \times C \times \left(\frac{V^2}{16} \right) \times d$$

Donde:

W = carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

C = coeficiente de presión dinámica del conductor.



V = velocidad del viento [m/s].

d = diámetro del conductor.

a = longitud del vano [m].

Cargas verticales:

Debido al propio peso del conductor y al hielo, éste se verá sometido a cargas verticales P [daN/m]

Datos:

$P = 0,400$ [daN/m]

Cargas totales:

Las cargas totales sobre el conductor será la resultante de la suma vectorial de las cargas horizontales (W) y verticales (P).

$$g = \sqrt{P^2 + W^2}$$

Donde:

g = Carga total sobre el conductor [daN/m]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]

Ángulo de inclinación:

$$\phi = \tan^{-1} \frac{W}{P}$$

Donde:

Φ = Ángulo de inclinación del conductor [grados]

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P = Peso del cable por unidad de longitud [daN/m]



Cuadro resumen de cargas unitarias:

ESTADO	C. VERTICAL [daN/m]	C. HORIZONTAL [daN/m]	C. TOTAL [daN/m]	Φ [grados]
I (T max)	0,400	0,000	0,400	0,000
II (T min)	0,400	0,000	0,400	0,000
III (v max)	0,400	0,560	0,688	54,462
IV	0,400	0,100	0,412	14,036
IV (medio)	0,400	0,000	0,400	0,000

Tensión máxima admisible del hilo de guardia:

La tensión máxima está determinada por:

$$\sigma_{max} = \frac{F}{n \times S}$$

σ_{max} = tensión máxima admisible del hilo de guardia [daN/mm²].

F= carga de rotura del hilo de guardia [daN].

n= coeficiente de seguridad.

S= sección del cable [mm²].

Para los siguientes datos:

F= 4333 [daN]

n=2

S=49,49 [mm²]

Tenemos que la tensión máxima admisible será de:

$\sigma_{max}=43,78$ [daN/mm²]

Tensión admisible del hilo de guardia para cada estado:

La tensión será de tal manera que la flecha del hilo de guardia sea el 90 % de la flecha del conductor activo en cada estado, de tal manera:

$$\sigma_2 = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times (0,9 \times f_i \times Sr)}$$



σ_2 =tensión admisible del hilo de guardia para el estado en cuestión [daN/mm²].

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (daN/m)

a: Vano [m]

Sr: Sección real del conductor. [mm²]

f₁: Flecha del conductor activo en el estado considerado [m]

ESTADO	FLECHA DEL CONDUCTOR ACTIVO [m]	TENSIÓN MÍNIMA ADMISIBLE DEL HILO DE GUARDIA [daN/mm ²]
I	2,88	11,15
II	1,45	22,16
III	2,89	19,33
IV	1,70	19,42
V	2,13	15,09

Determinación de tensiones y flechas del conductor:

Para la determinación de las tensiones mecánicas del cable y las flechas, se aplicó la ecuación de cambio de estado.

Ecuación de cambio de estado:

$$B = \sigma_2^2(\sigma_2 + A)$$

Siendo:

$$A = E \times \alpha \times (t_2 - t_1) - \sigma_1 + \frac{E}{24} \times \left(\frac{a\rho_1}{S_R\sigma_1} \right)^2$$

$$B = \frac{E}{24} \left(\frac{a\rho_2}{S_R} \right)^2$$

Donde:

E: Módulo de elasticidad del conductor. [daN/mm²]

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

t₂: Temperatura del estado 2 (el que quiero conocer). [°C]

t₁: Temperatura del estado base. [°C]

a: Vano.



ρ_1 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado base. [daN/m]

ρ_2 : Fuerza aplicada sobre el conductor en el estado que calculado (daN/m)

S_R : Sección real del conductor. [mm²]

σ_1 : Tensión mecánica del conductor en el estado base. [daN/mm²]

σ_2 : Tensión mecánica del conductor en el estado calculado. [daN/mm²]

Como la flecha para cada estado viene dada por:

$$f_i = \frac{\rho_2 \times a^2}{8 \times S_R \times \sigma_2}$$

Datos del conductor:

Estado básico	2	
Sección Nominal	50	[mm ²]
Sección Efectiva	49,49	[mm ²]
Diámetro del conductor	9	[mm]
Peso del conductor	396	[daN/km]
Módulo de Elasticidad	18000	[daN/mm ²]
Coefficiente de Dilatación Lineal	0,000011	[1/°C]
Vano de Cálculo	170	[m]
Tensión admisible para estado base	22,16	[daN/mm ²]

Resultados de coeficientes, tensiones y cargas:

ESTADO	A	B	TENSIÓN CALCULADA [daN/mm ²]	TENSIÓN MÍNIMA ADMISIBLE [daN/mm ²]	TIRO CALCULADO [daN]
I	7,45	1387,20	14,27	11,15	706,07
II	19,33	1387,20	22,16	22,16	1096,57
III	14,38	4187,27	22,59	19,33	1117,90
IV	17,35	1471,60	20,76	19,42	1027,65
V	13,19	1387,20	17,65	15,09	873,39

Flechas y verificaciones:

ESTADO	TEMP. [°C]	FLECHA HORIZONTAL [m]	FLECHA VERTICAL [m]	FLECHA TOTAL [m]	RELACIÓN fhg/fc [m]	COND. 0,9>fhg/fc
I	45	0,00	2,03	2,03	0,70	VERIFICA
II	-15	0,00	1,30	1,30	0,90	VERIFICA
III	10	1,81	1,29	2,22	0,77	VERIFICA
IV	5	0,35	1,39	1,43	0,84	VERIFICA
V	16	0,00	1,64	1,64	0,77	VERIFICA



RESUMEN DE PESOS Y LONGITUDES DE LOS ELEMENTOS DE SUSPENSIÓN, RETENCIÓN Y AMARRE:

CADENA DE SUSPENSIÓN SIMPLE 33 kV

Elemento	Cantidad	Peso [daN]	Longitud [m]
Péndulo U	1	0,800	0,170
Anillo ojal 90°	1	0,500	0,100
Aislador orgánico	1	1,490	0,525
Morsa de suspensión	1	1,500	0,130
TOTAL		4,290	0,925

SUSPENSIÓN SIMPLE 33 kV LINE POST

Elemento	Cantidad	Peso [daN]	Longitud [m]
Grampa	1	0,200	0,260
Aislador	1	3,600	0,327
TOTAL		3,800	0,587

CADENA DE RETENCIÓN SIMPLE 33 kV

Elemento	Cantidad	Peso [daN]	Longitud [m]
Grillete	1	0,200	0,075
Aislador Orgánico	1	1,490	0,525
Anillo ojal 90°	1	0,500	0,100
Morsa de retención	1	1,500	0,110
TOTAL		3,690	0,810



CARGA DEL VIENTO SOBRE DISTINTOS ELEMENTOS:

El efecto del viento produce una carga que viene dada por:

$$W = C \times \left(\frac{V^2}{16} \right) \times A$$

Donde:

W = Carga del viento por unidad de longitud del conductor [daN/m].

P= presión dinámica del viento [daN/m].

C = coeficiente de presión dinámica del conductor.

V = velocidad del viento [m/s].

A= superficie expuesta al viento [m²]

Cargas del viento sobre la cadena de suspensión simple de 33 kV Line Post:

Datos:

C = 0,7
VM = 33,33 [m/s]
d = 0,09 [m]
Lc = 0,587 [m]

Resultados:

WM= 2,568 [daN]

Cargas del viento sobre la cadena de suspensión simple de 33 kV:

Datos:

C = 0,7
VM = 33,33 [m/s]
d = 0,09 [m]
Lc = 0,755 [m]

Resultados:

WM= 3,303 [daN]



Cargas del viento sobre la cadena de retención simple de 33 kV:

Datos:

C = 0,7
 VM = 33,33 [m/s]
 d = 0,09 [m]
 Lc = 0,81 [m]

Resultados:

WM= 3,544 [daN]

Presión del viento sobre los postes:

Datos:

C = 0,7 Sección circular
 VM = 33,33 [m/s]

Resultados:

PM= 48,60 [daN/m²]

Presión del viento sobre ménsula y vínculos:

Datos:

C = 1,4 Sección plana
 VM = 33,33 [m/s]

Resultados:

PM= 97,20 [daN/m²]

Tabla resumen de viento máximo:

Elemento	Unidad	Carga máx.
Conductor 33 kV	daN/m	0,745
Hilo de guardia	daN/m	0,563
Cadena de susp. Simple 33 kV	daN	3,303
Cadena de susp. Simple Line post 33 kV	daN	2,568
Cadena de ret. Simple 33 kV	daN	3,544
Poste de hormigón	daN/m ²	48,61
Ménsula y vínculos	daN/m ²	97,20

DIMENSIONAMIENTO DE CABEZALES EN ZONA URBANA

Ángulo de declinación de la cadena de suspensión:

Según las normas de A y EE Anexo VI A, la inclinación de una cadena de aisladores de suspensión se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\phi_s = \arctg \frac{F_{vc} + \frac{F_{va}}{2}}{P_c + \frac{P_a}{2}}$$

Donde:

ϕ_s = ángulo de declinación de la cadena de aisladores [grados]

F_{vc} = fuerza de viento sobre el conductor [daN]

F_{va} = fuerza de viento sobre la cadena de aisladores [daN]

P_c = peso del conductor [daN]

P_a = peso de la cadena de aisladores [daN]

El peso del conductor viene dado por:

$$P_c = F_v \times a$$

Donde:

P_c = peso del conductor [daN]

F_v = peso del conductor por unidad de longitud [daN/m]

a = vano [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_v = 0,38$ [daN/m]

$a = 90$ [m]

Tenemos que:

$P_c = 34,25$ [daN]

La fuerza del viento sobre el conductor viene dada por:

$$F_{vc} = F_h \times a$$



F_{VC} = fuerza del viento sobre el conductor [daN]

F_h = carga del viento por unidad de longitud [daN/m]

a = vano [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_h = 0,74$ [daN/m]

$a = 90$ [m]

Tenemos que:

$F_{VC} = 67,05$ [daN]

Como la fuerza del viento sobre la cadena de aisladores y su peso son:

$F_{va} = 3,30$ [daN]

$P_a = 4,29$ [daN]

Con lo cual el ángulo de inclinación del conductor será de:

$\phi_s = 62,08$ [grados]

Ángulo de inclinación de los puentes de conexión (cuello muerto):

$$\phi = \arctg \frac{F_{vc}}{P_c + 2 \times pm}$$

Donde:

ϕ = ángulo de declinación del conductor [grados]

F_{vc} = fuerza de viento sobre el conductor [daN]

P_c = peso del conductor [daN]

pm = peso de los morsetos [daN]

El peso del conductor viene dado por:

$$P_c = F_v \times L_{cm}$$

Donde:

P_c = peso del conductor [daN]

F_v = peso del conductor por unidad de longitud [daN/m]



L_{cm} = longitud del cuello muerto [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_v = 0,38$ [daN/m]

$L_{cm} = 2$ [m]

Tenemos que:

$P_c = 0,76$ [daN]

La fuerza del viento sobre el conductor viene dada por:

$$F_{vc} = F_h \times L_{cm}$$

Donde:

F_{vc} = fuerza del viento sobre el conductor [daN]

F_h = carga del viento sobre el conductor por unidad de longitud [daN/m]

L_{cm} = longitud del cuello muerto [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_h = 0,745$ [daN/m]

$L_{cm} = 2,00$ [m]

Tenemos que:

$F_{vc} = 1,49$ [daN]

Con lo cual, considerando el peso de los morsetos igual a:

$p_m = 0,2$ [daN].

Tenemos que el ángulo de inclinación del puente de conexión es de:

$\phi_s = 52,07$ [grados]

Distancias mínimas de partes con tensión a masa:

Según la Norma de A y EE, la distancia mínima de partes con tensión a masa para cada cadena en posición vertical está dada por:

$$y_h = \frac{Un}{150}$$



Donde:

y_h = Distancia de partes con tensión a masa [m].

U_N = Tensión nominal de la línea [kV].

Con la cual las distancia mínima para una $U_N = 33$ kV será:

$y_h = 0,220$ [m]

Distancias mínimas entre conductores en el medio del vano:

Según la Norma da A y EE, la distancia admisible de los conductores en el medio del vano está dada por:

$$d_{min} = k\sqrt{f_{max} + lc} + \frac{U_N}{150}$$

Dónde:

k = Factor dependiente del ángulo de inclinación de los conductores en el viento.

f_{max} = Flecha máxima (correspondiente al estado de máxima temperatura) [m].

lc = Longitud de la cadena de aisladores [m].

U_N = Tensión nominal [kV]

Con lo cual tenemos que para:

Cadena de suspensión simple:

Distancia mínima vertical entre conductores:

Datos:

$K =$	0,85	
$f_{max} =$	1,02	[m]
$U_N =$	33	[kV]
$lc =$	0	[m]
$dmv =$	1,08	[m]

Cadena de retención:

Distancia mínima vertical entre conductores:

Datos:

$K =$	0,85	
$f_{max} =$	1,02	[m]
$U_N =$	33	[kV]
$lc =$	0	[m]
$dmv =$	1,08	[m]



DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL DE SUSPENSIÓN (LINE POST) CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:

Distancias entre ménsulas:

Por distancia mínima vertical entre fases:

$$d_m \geq d_{mv} \rightarrow \mathbf{d_m \geq 1,08 \text{ m}}$$

Se adopta **$d_m = 1,20 \text{ m}$** .

Longitud de la ménsula:

Por distancias mínimas a masa:

$$l_m \geq y_h$$

Donde:

$$y_h = 0,22 \text{ m}$$

Con lo cual:

$$\mathbf{L_m \geq 0,22 \text{ [m]}}$$

Se adopta **$l_m = 0,60 \text{ [m]}$**

Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{l_m} = \beta$$

Donde:

h = altura del hilo de guardia [m].

l_m = longitud de la ménsula [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.



Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{lm}{\tan \beta}$$

Entonces para:

$$lm = 0,60 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$h = 1,039 \text{ m}$$

Se adopta **$h = 1,05 \text{ [m]}$**

Distancia entre soporte Line Post y extremo del poste:

La distancia entre el extremo del poste y el soporte Line Post viene dada por:

$$dlp = h + hlp - hs$$

Donde:

dlp = distancia entre soporte Line Post y extremo del poste [m]

h = distancia al hilo de guardia [m]

hlp = altura vertical Line Post [m]

hs = altura vertical del hilo de guardia sobre el poste [m]

Con los cual para:

$$h = 1,05 \text{ [m]}$$

$$hlp = 0,20 \text{ [m]}$$

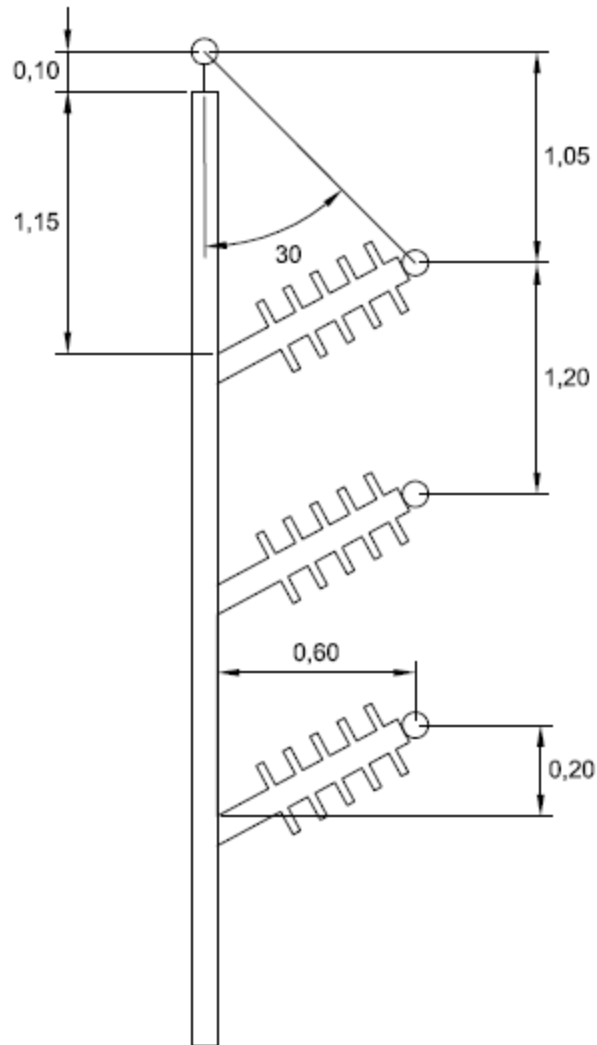
$$hs = 0,10 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dlp = 1,15 \text{ [m]}}$$



CABEZAL SUSPENSIÓN SIMPLE (LINEPOST) CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:





DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN RECTA Y DEL TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:

Distancia entre ménsulas:

Por distancia mínima vertical entre fases:

$$dmv = 1,08[m]$$

$$dm \geq dmv$$

$$\mathbf{dm \geq 1,08 [m]}$$

Por distancia mínima a masa con el cuello muerto en posición vertical:

$$dm \geq lcm + yh + e$$

Donde:

lcm = Longitud del cuello muerto [m].

e = Espesor menor de la ménsula [m].

Para los siguientes datos:

$$lcm = 0,40 [m]$$

$$e = 0,10 [m]$$

$$yh = 0,220 [m]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dm \geq 0,720 [m]}$$

Adoptamos $\mathbf{dm = 1,20 [m]}$

Longitud de la ménsula:

Por distancias mínimas a masa con cuello muerto inclinado con viento máximo:

$$lm \geq yh + dpost/2$$

Donde:

Lm = longitud de la ménsula [m].

yh = distancia mínima a masa [m]

$dpost$ = diámetro del poste en la altura deseada [m].



El diámetro del poste se calcula mediante:

$$d_{post} = d_{cima} + 0,015 \times l_{hp}$$

Donde:

d_{cima} = diámetro en la cima del poste [m].

l_{hp} = distancia desde la cima del poste hasta el punto en consideración [m].

Siendo

$$l_{hp} = l_{cm} + 2 \times d_m + E + 1$$

Donde:

l_{cm} = longitud del cuello muerto [m].

d_m = distancias entre ménsulas [m].

E = espesor mayor de la ménsula [m].

Datos:

$$d_{cima} = 0,283 \text{ [m]}$$

$$l_{cm} = 0,40 \text{ [m]}$$

$$E = 0,250 \text{ [m]}$$

$$d_m = 1,20 \text{ [m]}$$

$$y_h = 0,220 \text{ [m]}$$

Con los cual se obtiene los siguientes resultados:

$$l_{hp} = 4,05 \text{ m.}$$

$$d_{post} = 0,343 \text{ m.}$$

$$I_m \geq 0,39 \text{ m}$$

Se adopta:

$$I_m = 0,60 \text{ m}$$

Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$



Se utilizó una ménsula para el hilo de guardia de longitud arbitraria menor que la ménsula superior para disminuir la altura de dicho conductor, lo cual disminuirá la altura del poste a la hora de su cálculo. Esto se realizó evaluando la relación costo de ménsula vs. Costo de poste de mayor altura, optando por la utilización de dicha ménsula.

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{(lm - lmhg)} = \beta$$

Donde:

h= altura del hilo de guardia [m].

lm= longitud de la ménsula [m].

lmhg= longitud de la ménsula del hilo de guardia [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.

Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{(lm - lmhg)}{\tan \beta}$$

Entonces para:

lm= 0,60 [m]

lmhg= 0,50 [m] (menor longitud de ménsula existente en el mercado)

Con lo cual tenemos que:

h= 0,17 [m]

Distancia entre ménsula del conductor y extremo del poste:

Por ángulo de cobertura del hilo de guardia:

$$dmp \geq h + 0,1$$

Donde:

dmp= distancia entre ménsula y extremo del poste [m]

h= altura del hilo de guardia desde el conductor superior [m]

Con lo cual para:

h= 0,17 [m]



Tenemos que:

$$\mathbf{dmp \geq 0,27 [m]}$$

Por distancia mínima a masa del puente de conexión:

$$dmp \geq hy + 0,1$$

Donde:

dmp= distancia entre ménsula y extremo del poste [m]

hy= distancia mínima a masa [m]

Con lo cual para:

$$hy = 0,22 [m]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dmp = 0,32 [m]}$$

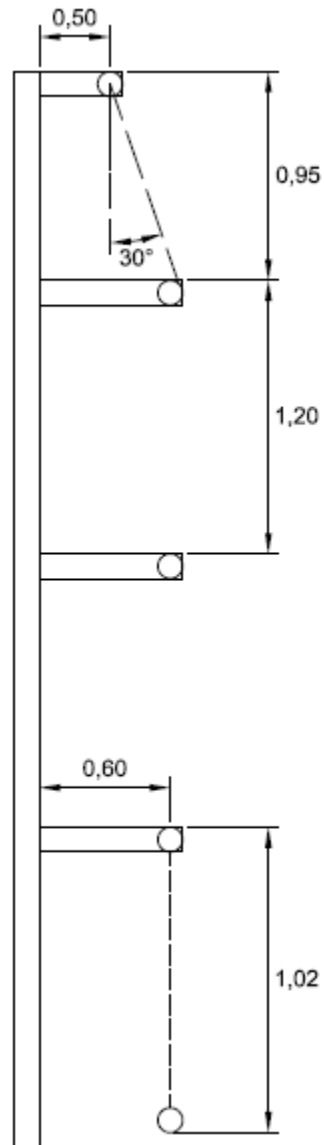
Se utiliza una distancia entre la ménsula superior y el extremo del poste tal de obtener dimensiones similares al cabezal de suspensión para poder utilizar luego una altura de poste similar o en lo posible igual.

Por esto se adopta:

$$\mathbf{dmp = 0,95 [m]}$$



CABEZAL DE RETENCIÓN RECTA Y TERMINA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:





DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:

Distancia entre ménsulas:

Por distancias mínimas verticales entre fases:

$$dmv = 1,08 \text{ [m]}$$

$$dm \geq dmv$$

$$\mathbf{dm \geq 1,08 \text{ [m]}}$$

Por distancia mínima a masa con cuello muerto en posición vertical:

$$dm \geq lcm + yh + e$$

Donde:

lcm = longitud de cuello muerto [m].

e = Espesor menor de la ménsula [m].

yh = Distancia mínima a masa [m].

Para los siguientes datos:

$$e = 0,10 \text{ [m]}$$

$$yh = 0,220 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dm \geq 0,720 \text{ [m]}}$$

Como en el caso anterior adoptamos $\mathbf{dm = 1,20 \text{ [m]}}$.

Longitud de la ménsula:

Por longitud de ménsula en la suspensión:

$$Lm \geq lm / (\cos \alpha / 2)$$

Donde:

Lm = Longitud de ménsula [m].

lm = Longitud de ménsula en la suspensión [m].

α = Ángulo de desvío de la línea [grados]



Con lo cual para:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

$$l_m = 0,60 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$L_m \geq 0,84 \text{ [m]}$$

Por distancias mínimas a masa:

$$L_m \geq y_h + d_{post} + \frac{sep}{2}$$

Donde:

y_h = distancia mínima a masa [m]

d_{post} = diámetro del poste en la altura deseada [m].

sep = separación entre postes en el punto en consideración [m].

El diámetro del poste se calcula mediante:

$$d_{post} = d_{cima} + 0,015 \times l_{hp}$$

Donde:

d_{cima} = diámetro en la cima del poste [m].

l_{hp} = distancia desde la cima del poste hasta el punto en consideración [m].

Siendo

$$l_{hp} = 2 \times d_m + E + 1$$

Donde:

d_m = distancias entre ménsulas [m].

E = espesor mayor de la ménsula [m].

Datos:

$$d_{cima} = 0,37 \text{ [m]}$$

$$E = 0,250 \text{ [m]}$$

$$d_m = 1,20 \text{ [m]}$$



$$y_h = 0,220 \text{ [m]}$$

$$sep = 0,44 \text{ [m]}$$

Con los cual se obtiene los siguientes resultados:

$$l_{hp} = 3,65 \text{ m.}$$

$$d_{post} = 0,427 \text{ m.}$$

$$l_m \geq 0,87 \text{ m}$$

Se adopta:

$$l_m = 1,00 \text{ m}$$

Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$

Se utilizó una ménsula para el hilo de guardia de longitud arbitraria menor que la ménsula superior para disminuir la altura de dicho conductor, lo cual disminuirá la altura del poste a la hora de su cálculo. Esto se realizó evaluando la relación costo de ménsula vs. Costo de poste de mayor altura, optando por la utilización de dicha ménsula.

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{(l_m - l_{mhg}) \times \cos \frac{\alpha}{2}} = \beta$$

Donde:

h = altura del hilo de guardia [m].

l_m = longitud de la ménsula [m].

l_{mhg} = longitud de la ménsula del hilo de guardia [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.

α = ángulo de desvío de la línea [grados].

Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{(l_m - l_{mhg}) \times \cos \frac{\alpha}{2}}{\tan \beta}$$



Como:

$$l_m = 1,00 \text{ [m]}$$

$$l_{mhg} = 0,80 \text{ [m]}$$

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Entonces:

$$h = 0,24 \text{ [m]}$$

Distancia entre la ménsula y el extremo del poste:

Por ángulo de cobertura del hilo de guardia:

$$d_{mp} \geq h + 0,1$$

Donde:

d_{mp} = distancia de la ménsula al extremo del poste [m].

h = altura del hilo de guardia [m].

Con lo cual para:

$$h = 0,24 \text{ [m]}.$$

Tenemos que:

$$d_{mp} = 0,34 \text{ [m]}$$

Por distancia mínima a masa del puente de conexión:

$$d_{mp} \geq y_h + 0,1$$

Donde:

d_{mp} = distancia de la ménsula al extremo del poste [m].

y_h = distancia mínima a masa [m].

Con lo cual para:

$$y_h = 0,22 \text{ [m]}.$$

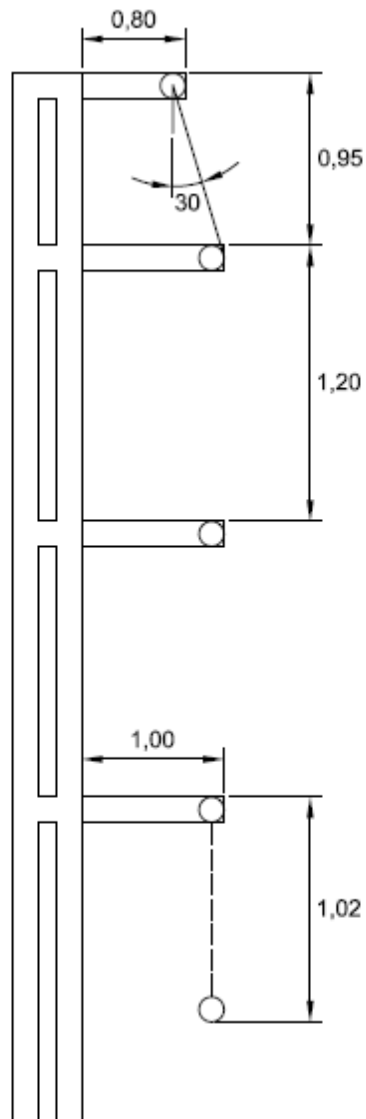
Tenemos que:

$$d_{mp} = 0,32 \text{ [m]}$$

Al igual que en la retención recta se adopta: **0,95 [m]**



CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:





DIMENSIONAMIENTO DE LOS CABEZALES EN EL VANO RURAL DE 170 m

Según las normas de A y EE Anexo VI A, la inclinación de una cadena de aisladores de suspensión se determinará mediante la expresión:

$$\phi_s = \arctg \frac{F_{vc} + \frac{F_{va}}{2}}{P_c + \frac{P_{va}}{2}}$$

Donde:

ϕ_s = ángulo de declinación de la cadena de aisladores [grados]

F_{vc} = fuerza de viento sobre el conductor [daN]

F_{va} = fuerza de viento sobre la cadena de aisladores [daN]

P_c = peso del conductor [daN]

P_a = peso de la cadena de aisladores [daN]

Peso del conductor

El peso del conductor viene dado por:

$$P_c = F_v \times a$$

Donde:

P_c = peso del conductor [daN].

F_v = peso del conductor por unidad de longitud [daN/m].

a = vano [m].

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_v = 0,38$ [daN/m]

$a = 170$ [m].

Tenemos que:

$P_c = 64,69$ [daN]

Fuerza del viento sobre el conductor:

La fuerza del viento sobre el conductor viene dada por:

$$F_{vc} = F_h \times a$$



Donde:

F_{VC} = fuerza del viento sobre el conductor [daN]

F_h = carga del viento por unidad de longitud [daN/m]

a = vano [m]

Para los siguientes datos:

F_{vc} = 0,74 [daN/m].

a = 170 [m].

Tenemos que:

F_{vc} = 126,61 [daN].

Con esto calculamos, para los siguientes datos:

F_{vc} = 126,61 [daN]

F_{va} = 3,30 [daN]

P_c = 64,69 [daN]

P_a = 4,29 [daN]

Tenemos que el ángulo de inclinación de la cadena de suspensión es:

ϕ_s = 62,48 [grados]

Ángulo de inclinación de los puentes de conexión (cuello muerto)

$$\phi = \arctg \frac{F_{vc}}{P_c + 2 \times p}$$

Donde:

ϕ = ángulo de declinación del conductor [grados]

F_{vc} = fuerza de viento sobre el conductor [daN]

P_c = peso del conductor [daN]

p_m = peso de los morsetos [daN]

El peso del conductor viene dado por:

$$P_c = F_v \times L_{cm}$$



Donde:

P_c = peso del conductor [daN]

F_v = peso del conductor por unidad de longitud [daN/m]

L_{cm} = longitud del cuello muerto [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_v = 0,38$ [daN/m]

$L_{cm} = 2$ [m]

Tenemos que:

$P_c = 0,76$ [daN]

La fuerza del viento sobre el conductor viene dada por:

$$F_{vc} = F_h \times L_{cm}$$

Donde:

F_{vc} = fuerza del viento sobre el conductor [daN]

F_h = carga del viento sobre el conductor por unidad de longitud [daN/m]

L_{cm} = longitud del cuello muerto [m]

Con lo cual para los siguientes datos:

$F_h = 0,745$ [daN/m]

$L_{cm} = 2$ [m]

Tenemos que:

$F_{vc} = 1,49$ [daN]

Con lo cual, considerando el peso de los morsetos igual a:

$p_m = 0.2$ [daN].

Tenemos que el ángulo de inclinación del puente de conexión es de:

$\phi_s = 51,15$ [grados]

Distancias mínimas de partes con tensión a masa:

Según la Norma de A y EE, la distancia mínima de partes con tensión a masa para cada cadena en posición vertical está dada por:



$$yh = \frac{Un}{150}$$

Donde:

yh= Distancia de partes con tensión a masa [m].

Un= Tensión nominal de la línea [kV].

Con la cual las distancia mínima para una Un= 33 kV será:

yh= 0,220 [m]

Distancias mínimas entre conductores en el medio del vano:

Según la Norma da A y EE, la distancia admisible de los conductores en el medio del vano está dada por:

$$dmin = k\sqrt{f_{max} + lc} + \frac{U_N}{150}$$

Dónde:

k= Factor dependiente del ángulo de inclinación de los conductores en el viento.

f_{max} = Flecha máxima (correspondiente al estado de máxima temperatura) [m].

lc= Longitud de la cadena de aisladores [m].

U_N = Tensión nominal [kV]

Cadena de suspensión simple:

Distancia mínima vertical entre conductores:

Datos:

K=	0,85	
f_{max} =	2,88	[m]
Un=	33	[kV]
lc=	0,755	[m]
dmv=	1,842	[m]

Distancia mínima horizontal entre conductores:

Datos:

K=	0,65	
f_{max} =	2,88	[m]
Un=	33	[kV]
lc=	0,755	[m]
dmh=	1,465	[m]



Cadena de retención y terminal

Distancia mínima vertical entre conductores:

Datos:

K=	0,85	
f_{max} =	2,88	[m]
Un=	33	[kV]
lc=	0	[m]
dmv=	1,665	[m]

Distancia mínima horizontal entre conductores:

Datos:

K=	0,65	
f_{max} =	2,88	[m]
Un=	33	[kV]
lc=	0	[m]
dmh=	1,325	[m]



DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL DE SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:

Distancias entre ménsulas:

Por distancia mínima vertical entre fases:

$$dm \geq dm_v \rightarrow \mathbf{dm \geq 1,845 \text{ m}}$$

Por distancia mínima a masa con cadena de suspensión vertical:

$$dm \geq L + yh$$

Donde:

L= longitud total de la cadena de aisladores [m].

yh= distancia mínima a masa [m].

Para una los siguientes datos:

$$L = 0,925$$

$$yh = 0,220$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dm \geq 1,15}$$

Se adopta

$$\mathbf{dm = 1,85 \text{ [m]}}$$

Longitud de la ménsula:

Por distancias mínimas horizontales entre fases:

$$lm \geq dm_h/2$$

Donde:

$$dm_h = 1,46 \text{ m}$$

Con lo cual:

$$\mathbf{Lm = 0.73 \text{ m}}$$

Por distancias mínimas a masa con cadena de aislación inclinada por viento máximo:

$$lm \geq lc \times \text{sen } \phi_m + yh + d_{\text{post}}/2$$



Donde:

L_c = longitud de cadena de aisladores [m].

ϕ_m = ángulo de inclinación [grados].

y_h = distancia mínima a masa [m]

d_{post} = diámetro del poste en la altura deseada [m].

El diámetro del poste se calcula mediante:

$$d_{post} = d_{cima} + 0,015 \times l_{hp}$$

Donde:

d_{cima} = diámetro en la cima del poste [m].

l_{hp} = distancia desde la cima del poste hasta el punto en consideración [m].

Siendo

$$l_{hp} = L + dm + E$$

Donde:

L = longitud total de la cadena de aisladores [m].

dm = distancias entre ménsulas [m].

E = espesor mayor de la ménsula [m].

Datos:

d_{cima} = 0,283 m.

L = 0,925 m.

E = 0,250 m.

dm = 2,00 m.

ϕ_m = 62,48 °.

l_c = 0,755 m.

y_h = 0,220

Con los cual se obtiene los siguientes resultados:

l_{hp} = 3,175 m.

d_{post} = 0,330 m.

$l_m \geq 1,05$ m



Se adopta:

$$l_m = 1,10 \text{ m}$$

Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{l_m} = \beta$$

Donde:

h = altura del hilo de guardia [m].

l_m = longitud de la ménsula [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.

Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{l_m}{\tan \beta}$$

Entonces:

$$h = 1,90 \text{ m}$$

Si tomamos una distancia entre la ménsula y el extremo del poste de 1 m; se verifica la altura del hilo de guardia, siendo ésta igual a:

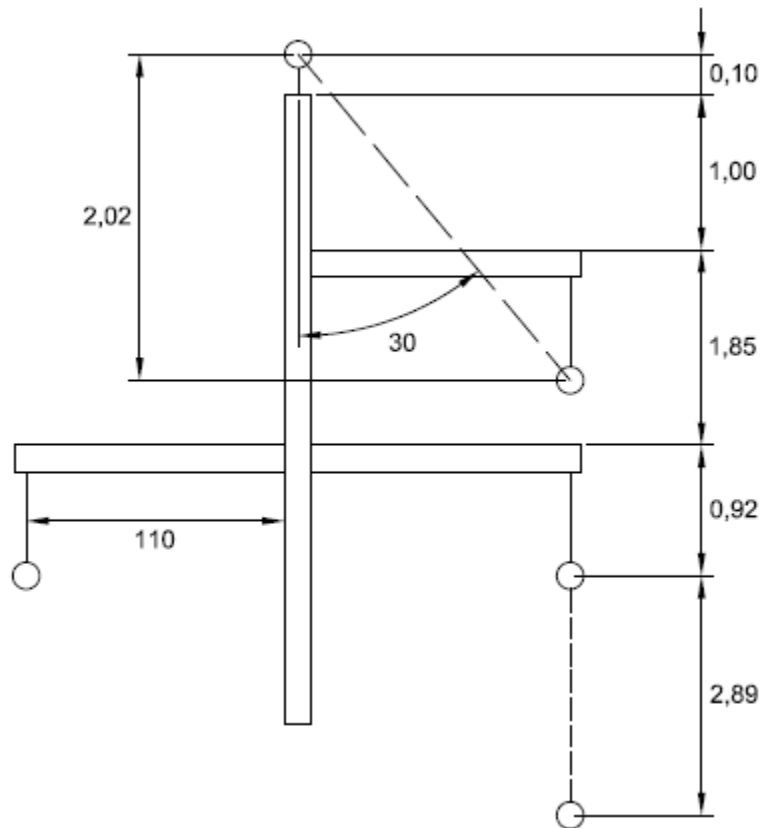
$$h = 2,03 \text{ m}$$

Finalmente tomamos la distancia entre la ménsula superior y extremo del poste igual a:

$$d_{mep} = 1 \text{ m}$$



CABEZAL DE SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:





DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN RECTA Y DEL TERMINAL ZONA RURAL:

Distancia entre ménsulas:

Por distancias mínimas verticales entre fases:

$$dmv = 1,665 \text{ [m]}$$

$$dm \geq dmv$$

$$\mathbf{dm \geq 1,665 \text{ [m]}}$$

Por distancia mínima a masa con el cuello muerto en posición vertical:

$$dm \geq lcm + yh + e$$

Donde:

lcm = Longitud del cuello muerto [m].

e = Espesor menor de la ménsula [m].

Para los siguientes datos:

$$lcm = 0,40 \text{ [m]}$$

$$e = 0,10 \text{ [m]}$$

$$yh = 0,220 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dm \geq 0,720 \text{ [m]}}$$

Como en el caso anterior adoptamos $\mathbf{dm = 1,85 \text{ [m]}}$.

Longitud de la ménsula:

Por distancia mínima horizontal entre fases:

$$dmh = 1,42 \text{ [m]}$$

$$lm \geq dmh/2$$

$$\mathbf{lm \geq 0,71 \text{ [m]}}$$



Por distancias mínimas a masa con cuello muerto inclinado con viento máximo:

$$l_m \geq l_{cm} \times \text{sen } \phi_{cm} + y_h + d_{post}/2$$

Donde:

l_{cm} = longitud del cuello muerto [m].

ϕ_{cm} = ángulo de inclinación del cuello muerto [grados].

y_h = distancia mínima a masa [m]

d_{post} = diámetro del poste en la altura deseada [m].

El diámetro del poste se calcula mediante:

$$d_{post} = d_{cima} + 0,015 \times l_{hp}$$

Donde:

d_{cima} = diámetro en la cima del poste [m].

l_{hp} = distancia desde la cima del poste hasta el punto en consideración [m].

Siendo

$$l_{hp} = l_{cm} + d_m + E + 1$$

Donde:

l_{cm} = longitud del cuello muerto [m].

d_m = distancias entre ménsulas [m].

E = espesor mayor de la ménsula [m].

Datos:

$d_{cima} = 0,260$ [m]

$l_{cm} = 0,40$ [m]

$E = 0,250$ [m]

$d_m = 1,85$ [m]

$\phi_{cm} = 51,15$ [grados]

$y_h = 0,220$ [m]



Con los cual se obtiene los siguientes resultados:

$$l_{hp} = 3,5 \text{ m.}$$

$$d_{post} = 0,313 \text{ m.}$$

$$l_m \geq 0,58 \text{ m}$$

Se adopta:

$$l_m = 1,10 \text{ m}$$

Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{l_m} = \beta$$

Donde:

h = altura del hilo de guardia [m].

l_m = longitud de la ménsula [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.

Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{l_m}{\tan \beta}$$

Entonces:

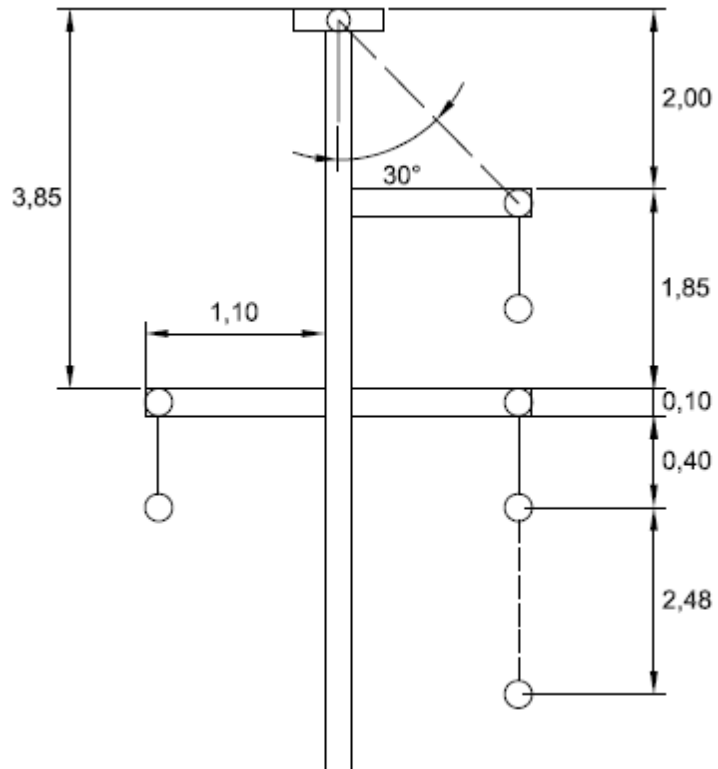
$$h = 1,91 \text{ [m]}$$

Con lo cual se adopta como distancia entre la ménsula y el extremo del poste igual a:

$$h = 2,00 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



CABEZAL RETENCIÓN RECTA Y CABEZAL TERMINAL ZONA RURAL:





DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:

Por distancias mínimas verticales entre fases:

$$dmv = 1,80 \text{ [m]}$$

$$dm \geq dmv$$

$$\mathbf{dm \geq 1,80 \text{ [m]}}$$

Por distancia mínima a masa con el cuello muerto en posición vertical:

$$dm \geq lcm + yh + e$$

Donde:

lcm = Longitud del cuello muerto [m].

e = Espesor menor de la ménsula [m].

yh = Distancia mínima a masa [m].

Para los siguientes datos:

$$lcm = 0,40 \text{ [m]}$$

$$e = 0,10 \text{ [m]}$$

$$yh = 0,220 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{dm \geq 0,72 \text{ [m]}}$$

Adoptamos $\mathbf{dm = 1,85 \text{ [m]}}$.

Longitud de la ménsula:

Por distancia mínima horizontal entre fases en una retención:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

$$dmh = 1,10 \text{ [m]} \text{ (distancia definida por la suspensión)}$$

$$lm \geq dmh / (\cos \alpha/2)$$

$$\mathbf{lm \geq 1,55 \text{ [m]}}$$

Adoptamos $\mathbf{lm = 1,60 \text{ [m]}}$



Altura del hilo de guardia:

Según la Norma de A y EE, la protección de la línea contra descargas atmosféricas, el ángulo de protección del hilo de guardia será:

$$\beta = 30^\circ$$

Ahora como:

$$\tan \frac{h}{lm \times \cos \frac{\alpha}{2}} = \beta$$

Donde:

h= altura del hilo de guardia [m].

lm= longitud de la ménsula [m].

β = ángulo de protección del hilo de guardia.

α = ángulo de desvío de la línea [grados].

Con lo cual tenemos que:

$$h = \frac{lm \times \cos \frac{\alpha}{2}}{\tan \beta}$$

Entonces:

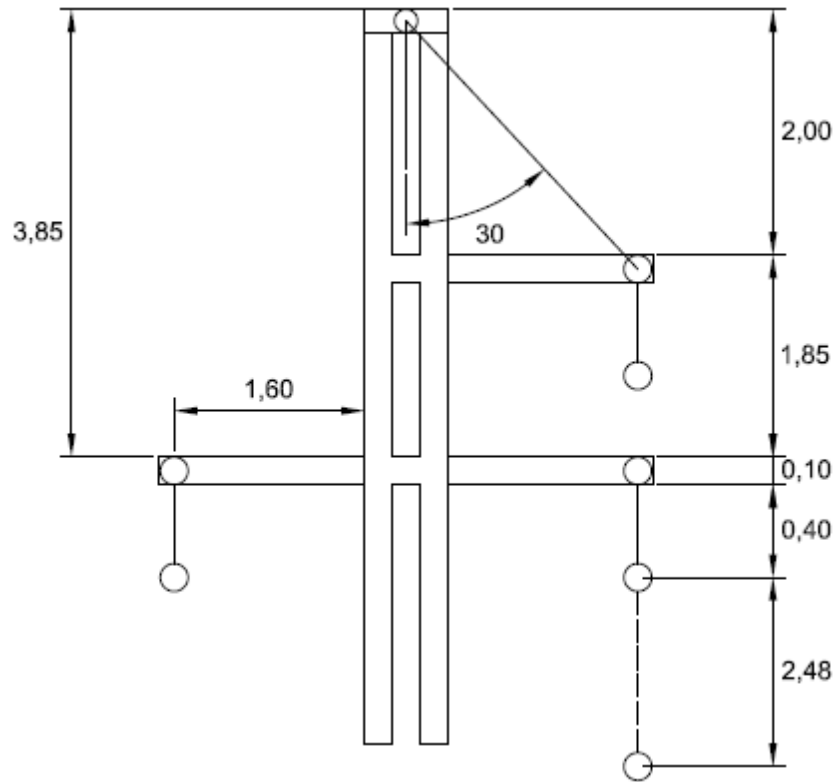
$$h = 1,95 \text{ [m]}$$

Con lo cual se adopta como distancia entre la ménsula y el extremo del poste igual a:

$$h = 2,00 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



CABEZAL RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL:





CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

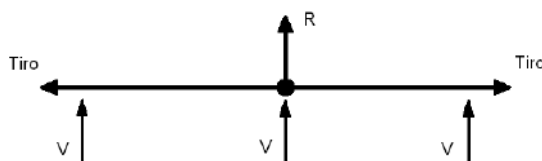
1 poste de H° A°	14,5 / R 1050	
3 aisladores Line Post	0,60	[m]
Peso del line post	3,80	[daN]
Longitud del poste	14,50	[m]
Carga rotura del poste	1050	[daN]
Peso aproximado del soporte	2120	[daN]
Peso aproximado de la estructura	2131	[daN]
Longitud del empotramiento	1,45	[m]
Altura libre del poste	13,05	[m]
Diámetro en la cima	0,215	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,411	[m]
Diámetro en la base	0,433	[m]
Vano	90	[m]

HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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



Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = F_h \times a$$

Como:

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

$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$



Tenemos que:

$$F_{\text{hcond}} = 67,03 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{\text{hhg}} = F_h \times a$$

Como:

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

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{\text{hhg}} = 50,63 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los aisladores:

$$F_{\text{ha}} = 2,57 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el poste:

$$F_{\text{hp}} = P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$

$$D = 0,41 \text{ [m]}$$

$$d = 0,21 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$F_{\text{hp}} = 88,89 \text{ [daN]}$$



Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,38 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{vcond} = 34,20 \text{ [daN]}$$

Peso de la cadena de suspensión:

$$F_a = 3,80 \text{ [daN]}$$

Longitud del conjunto aislador-soporte:

$$l_m = 0,60 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + Fa) \times l_m$$

Tenemos que:

$$M_e = 22,80 \text{ [daN m]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Hilo de guardia		50,63	13,15	51,01
Conductor superior		67,03	12,10	62,15
Conductor medio		67,03	10,90	55,99
Conductor inferior		67,03	9,70	49,82
Cadena superior		2,57	12,10	2,38
Cadena media		2,57	10,90	2,15
Cadena inferior		2,57	9,70	1,91
Poste		88,89	13,05	88,89
Excéntrico cond. Sup.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Med.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Inf.	22,80		13,05	1,75
		Rt =		319,54



Como la resultante en la cima viene dada por:

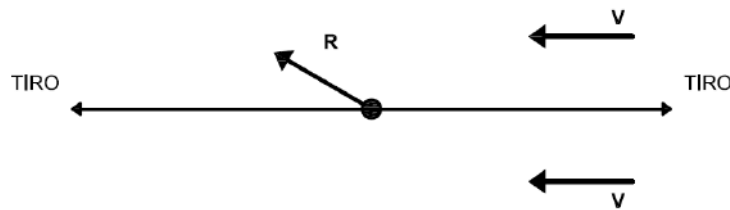
$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (Rl)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 319,54

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

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



Cargas longitudinales:

Carga del viento sobre los aisladores:

$$F_{ha} = 2,57 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el poste:

$$F_{hp} = P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$

$$D = 0,41 \text{ [m]}$$



$$d = 0,21 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 88,89 \text{ [daN]}}$$

Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,38 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 34,20 \text{ [daN]}}$$

Peso de la cadena de suspensión:

$$\mathbf{F_a = 3,80 \text{ [daN]}}$$

Longitud del conjunto aislador-soporte:

$$\mathbf{l_m = 0,60 \text{ [m]}}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + F_a) \times l_m$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_e = 22,80 \text{ [daN m]}}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Cadena superior		2,57	12,10	2,38
Cadena media		2,57	10,90	2,15
Cadena inferior		2,57	9,70	1,91
Poste		88,89	13,05	88,89
			RI =	95,33

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Excéntrico cond. Sup.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Med.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Inf.	22,80		13,05	1,75
			Rt =	5,25

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (RI)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 95,47

Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes:

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

No es dimensionante para éste caso.

Hip.1.d) Peso propio y cargas permanentes:

Carga del viento máximo según normas VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO A) 2.1.1, sobre la estructura, elementos de cabecera y conductores. (Esta hipótesis de carga se considera solamente para estructuras de altura superior a 60 cm).

No es aplicable para éste caso.



Hip.1.e) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

No es dimensionante para éste caso.

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de la tracción de un conductor, según normas VDE 0210/5.59, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, excluida la hipótesis de hielo.

Cargas Longitudinales:

Mitad del tiro máximo del conductor:

Tiro conductor superior ($T_{m\acute{a}x}$):

$$T_{m\acute{a}x} = 1081,64 \text{ [daN]}$$

Momento flector:

$$Mf = 0,5 \times T_{m\acute{a}x} \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector [daNm].

$T_{m\acute{a}x}$ = tiro máximo del conductor superior [daN].

hc= altura del conductor [m].

Con lo cual para:

$$T_{m\acute{a}x} = 1081,64 \text{ [daN]}$$

$$hc = 12,1 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$Mf = 6543,92 \text{ [daNm]}$$



Momento torsor:

$$Mt = 0,5 \times T_{m\acute{a}x} \times lm$$

Donde:

Mt= momento torsor [daNm].

T_{máx}= tiro máximo del conductor superior [daN].

lm= longitud de ménsula [m].

Con lo cual para:

T_{máx}= 1081,64 [daN]

lm= 0,60 [m]

Tenemos que:

Mt= 324,49 [daNm]

Momento flector equivalente:

$$Mfe = Mf + (Mf^2 + Mt^2)^{1/2}$$

Donde:

Mfe= momento flector equivalente [daNm].

Mf= momento flector [daNm].

Mt= momento torsor [daNm].

Con lo cual tenemos que:

Mfe= 13095,89 [daNm]

Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

Me= 22,80 [daNm]



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Tiro conductor (Mfe)	13095,89		13,05	501,75
			RI =	501,75

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Excéntrico cond. Sup.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Med.	22,80		13,05	1,75
Excéntrico cond. Inf.	22,80		13,05	1,75
			Rt =	5,25

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (RI)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 501,78

Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	319,54
1.b.	98,55
Carga extraordinaria	
2.a.	501,78

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 319,54 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$Cs = \frac{1050}{319,54}$$

$Cs = 3,29 > 3$ **VERIFICA**



Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 501,78 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1050}{501,78}$$

$$C_s = 2,09 > 2 \text{ VERIFICA}$$

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

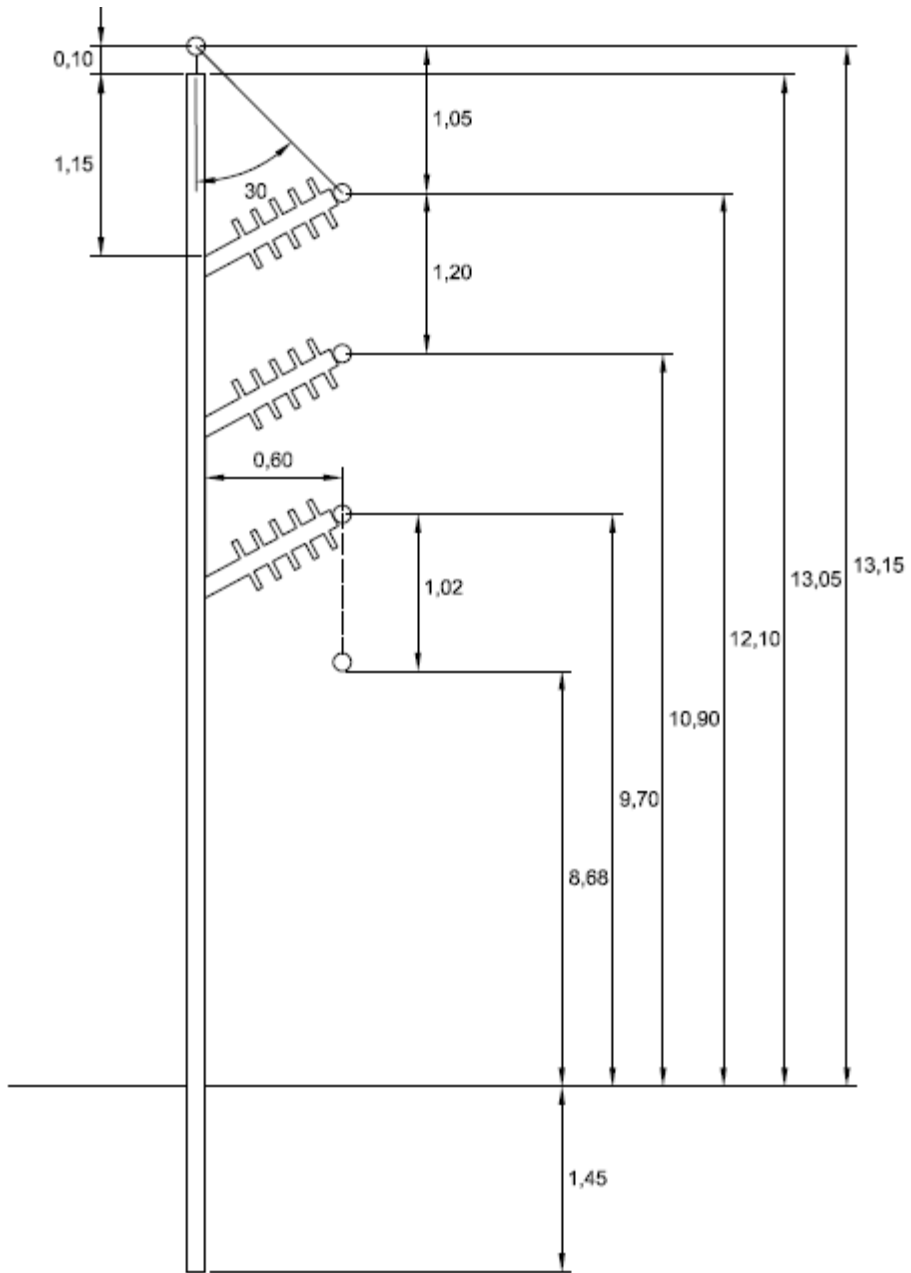
$$h_{\min} \geq 8,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 8,68 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA SUSPENSIÓN SIMPLE (LINEPOST) CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA:



ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	2x14,5 / R 1500	
3 ménsulas	0,60	[m]
Peso de ménsulas	240	[daN]
1 ménsula del hg	0,50	[m]
Longitud del poste	14,50	[m]
Carga rotura del poste	1500	[daN]
Peso de postes	5180	[daN]
Peso de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	260	[daN]
Peso de la estructura	5680	[daN]
Longitud del empotramiento	1,45	[m]
Altura libre del poste	13,05	[m]
Diámetro en la cima	0,260	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,455	[m]
Diámetro en la base	0,477	[m]
Vano	90	[m]

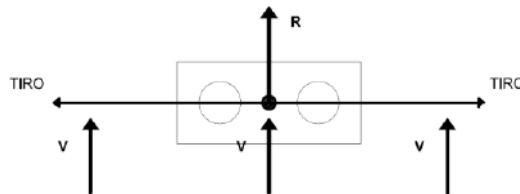
HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$Fh_{cond} = Fh \times a$$

Como:

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



$$F_h = 0,745 \text{ [daN/m]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 67,05 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a$$

Como:

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

$$F_h = 0,563 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 50,67 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_{ha} = 3,54 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$

$$D = 0,455 \text{ [m]}$$



$$d = 0,260 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 206,16 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc}= Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 0,60 \text{ [m].}$$

$$h = 0,20 \text{ [m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hmc} = 11,66 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 34,29 \text{ [daN]}}$$



Peso las cadenas de retención:

$$F_a = 3,69 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 80,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 0,60 \text{ [m]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + F_a + P_{te}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 39,91 \text{ [daNm]}$$

Excentricidad hilo de guardia:

Peso del hg:

$$F_{vhg} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,396 \text{ [daN/m]}.$$



Tenemos que:

$$F_{vcond} = 35,64 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$Pm = 70,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$lm = 0,50 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$Me = F_{vhg} \times lm + \frac{Pm \times lm}{3}$$

Tenemos que:

$$Me = 33,05 \text{ [daNm]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Hilo de guardia		67,05	12,95	66,54
1 Conductor superior		50,67	12,1	46,98
1 Conductor medio		50,67	10,9	42,32
1 Conductor inferior		50,67	9,7	37,66
2 Cadena superior		7,08	12,1	6,56
2 Cadena media		7,08	10,9	5,91
2 Cadenas inferior		7,08	9,7	5,26
2 Postes		206,16	13,05	206,16
Carga ménsula hg		11,66	12,95	11,57
Carga ménsula superior		11,66	12,1	10,81
Carga ménsula media		11,66	10,9	9,74
Carga ménsula inferior		11,66	9,7	8,67
Carga vínculo superior		11,66	6,9	6,17
Carga vínculo inferior		11,66	3,7	3,31
Excéntrico cond. hg.	33,05		13,05	2,53
Excéntrico cond. Sup.	39,91		13,05	3,06
Excéntrico cond. Med.	39,91		13,05	3,06
Excéntrico cond. Inf.	39,91		13,05	3,06
			Rt =	479,37



Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \frac{((Rt)^2 + (Rl)^2)^{1/2}}{2}$$

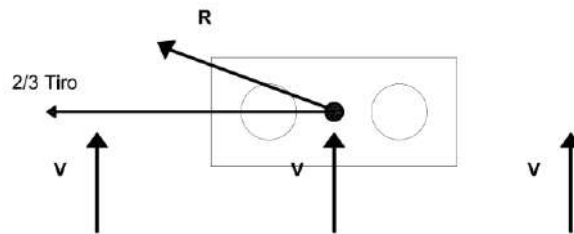
Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 239,68

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

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

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



Cargas transversales:

Carga del viento sobre las cadenas de retenciones:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

F_{ha} = 3,54 [daN]

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

F_{hmc} = 13,33 [daN]

Carga del viento sobre el poste:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

F_{hp} = 206,16 [daN]



Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

Momento flector equivalente:

$$Me = 39,91 \text{ [daNm]}$$

Excentricidad hilo de guardia:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

Momento flector equivalente:

$$Me = 33,05 \text{ [daNm]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables:

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

$$2/3 \text{ Tiro cond} = 721,09 \text{ [daN]}$$

$$2/3 \text{ Tiro hg} = 826,19 \text{ [daN]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
2 Cadena superior		7,08	12,1	6,56
2 Cadena media		7,08	10,9	5,91
2 Cadenas inferior		7,08	9,7	5,26
2 Postes		206,16	13,05	206,16
Carga ménsula hg		11,66	12,95	11,57
Carga ménsula superior		11,66	12,1	10,81
Carga ménsula media		11,66	10,9	9,74
Carga ménsula inferior		11,66	9,7	8,67
Carga vínculo superior		11,66	6,9	6,17
Carga vínculo inferior		11,66	3,7	3,31
Excéntrico cond. hg.	33,05		13,05	2,53
Excéntrico cond. Sup.	39,91		13,05	3,06
Excéntrico cond. Med.	39,91		13,05	3,06
Excéntrico cond. Inf.	39,91		13,05	3,06
			Rt =	285,87



Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
2/3 Tiro hg		826,19	12,95	819,86
2/3 Tiro cond. Sup.		721,09	12,10	668,60
2/3 Tiro cond. Med.		721,09	10,90	602,29
2/3 Tiro cond. Inf.		721,09	9,70	535,98
			RI =	2626,73

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante\ en\ la\ cima = \left(\frac{Rt}{2}\right) + \left(\frac{Rl}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 471,27

Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Cargas del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

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

Como no existen cargas adicionales, se obtiene los mismos resultados a los de la hipótesis 1.b.

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.



Cargas transversales:

Excentricidad del conductor superior:

Peso del conductor:

Es la mitad de la calculada en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{F_{vcond} = 17,14 \text{ [daN]}}$$

Peso de la cadena de retención:

$$\mathbf{Pa = 3,69 \text{ [daN]}}$$

Peso del puente de conexión:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}}$$

Peso de la ménsula:

$$\mathbf{P_m = 80 \text{ [daN]}}$$

Longitud de la ménsula:

$$\mathbf{l_m = 0,60 \text{ [m]}}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + Pa + P_{pte}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

$$\mathbf{Me = 29,62 \text{ [daNm]}}$$

Excentricidad del resto de los conductores:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$\mathbf{Me = 39,91 \text{ [daNm]}}$$

Excentricidad hilo de guardia:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$\mathbf{Me = 33,05 \text{ [daNm]}}$$



Cargas longitudinales:

Anulación del tiro máximo del conductor superior:

$$\mathbf{T_{max}= 1081,64 \text{ [daN]}}$$

Momento flector:

$$Mf = T_{max} \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector [daNm]

Tmax= tiro máximo [daN]

hc= altura del conductor [m]

Con lo cual para:

$$T_{max}= 1081,64 \text{ [daN]}$$

$$hc= 12,10 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Mf= 13087,84 \text{ [daNm]}}$$

Momento torsor:

$$Mt = T_{m\acute{a}x} \times lm$$

Donde:

Mt= momento torsor [daNm].

T_{máx}= tiro máximo del conductor superior [daN].

lm= longitud de ménsula [m].

Con lo cual para:

$$T_{m\acute{a}x}= 1081,64 \text{ [daN]}$$

$$lm= 0,60 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Mt= 648,98 \text{ [daNm]}}$$



Momento flector equivalente:

$$M_{fe} = M_f + (M_f^2 + M_t^2)^{1/2}$$

Donde:

M_{fe} = momento flector equivalente [daNm].

M_f = momento flector [daNm].

M_t = momento torsor [daNm].

Con lo cual tenemos que:

M_{fe} = 26191,76 [daNm]

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Excéntrico cond. hg.	33,05		13,05	2,53
Excéntrico cond. Sup.	29,62		13,05	2,27
Excéntrico cond. Med.	39,91		13,05	3,06
Excéntrico cond. Inf.	39,91		13,05	3,06
			RI =	10,55

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Tiro conductor (M_{fe})	26191,76		13,05	1003,51
			Rt =	1003,51

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{R_t}{8}\right) + \left(\frac{R_l}{2}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 130,71



Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Anulación de la tracción de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, correspondiente a la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	239,68
1.b.	471,27
Carga extraordinaria	
2.a.	130,71

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 474,87 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1500}{471,27}$$

$$C_s = 3,18 > 3 \quad \text{VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 130,71 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1500}{130,71}$$

$$C_s = 11,47 > 2 \quad \text{VERIFICA}$$



UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h , la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10\text{m}$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$hv1 < h \leq 12\text{m}$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$hv2 < h \leq 15\text{m}$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

$h = 9,70 \text{ [m]}$ (Altura libre a la cruceta inferior)
 $hv1 = 3,54 \text{ [m]}$ (Distancia del 1° vínculo)
 $hv2 = 3,24 \text{ [m]}$ (Distancia del 2° vínculo)

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

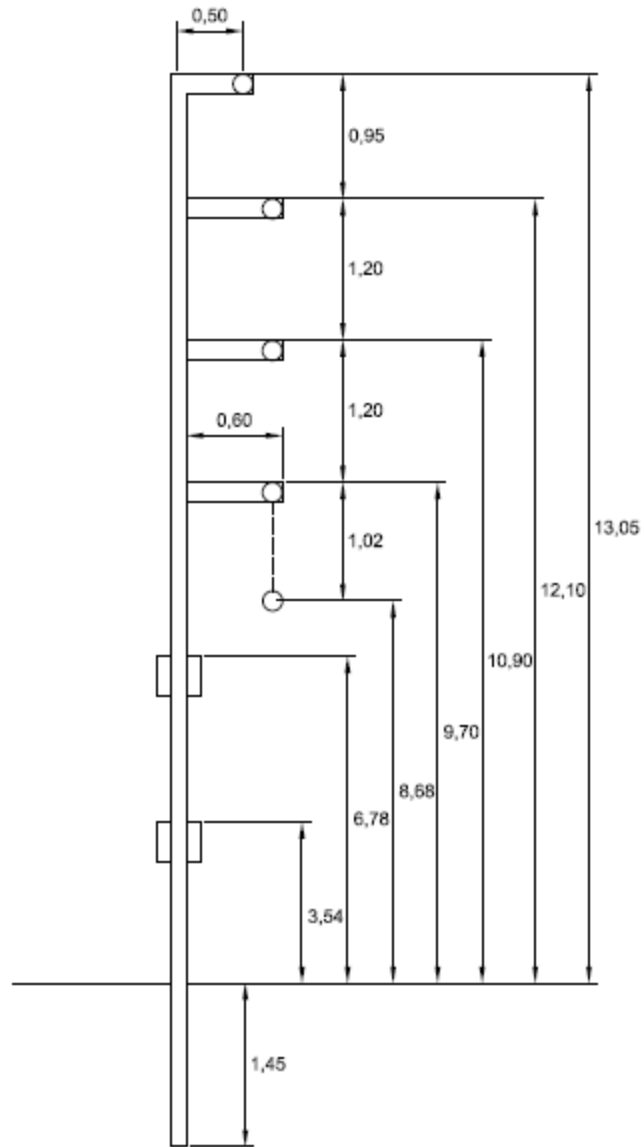
$$h_{\min} \geq 8,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 8,68 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA EN ZONA URBANA



ESTRUCTURA RETENCIÓN ANGULAR DE 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	2x14,5 / R 3300	
3 ménsulas	1,00	[m]
1 ménsula del hg	0,80	[m]
Peso de ménsulas	360	[daN]
Longitud del poste	14,50	[m]
Carga rotura del poste	3300	[daN]
Peso de postes	6720	[daN]
Peso aproximado de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	280	[daN]
Peso aproximado de la estructura	7360	[daN]
Longitud del empotramiento	1,45	[m]
Altura libre del poste	13,05	[m]
Diámetro en la cima	0,310	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,505	[m]
Diámetro en la base	0,527	[m]
Vano	90	[m]

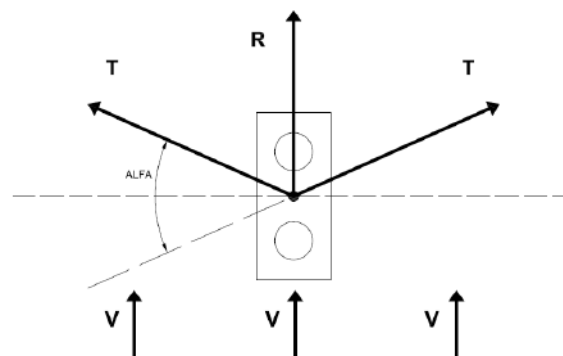
HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores





Tiro del conductor:

Como el tiro del conductor superior con viento máximo:

$$T_{cond} = 894,33 \text{ [daN]}$$

Tenemos que:

$$RT_{cond} = 2 \times T_{cond} \times \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Tenemos que:

$$RT_{cond} = 1264,77 \text{ [daN]}$$

Tiro del conductor hilo de guardia:

Como el tiro del conductor de guardia con viento máximo es:

$$T_{hg} = 1084,56 \text{ [daN]}$$

Tenemos que:

$$RT_{hg} = 2 \times T_{hg} \times \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Tenemos que:

$$RT_{hg} = 1533,79 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

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

$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$



Tenemos que:

$$F_{hcond} = 47,09 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

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

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 35,63 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_a = F_{ha} \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_{ha} = 2,50 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 1$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$



$$D = 0,495 \text{ [m]}$$

$$d = 0,30 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 119,02 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc} = Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 1,00 \text{ [m].}$$

$$h = 0,20 \text{ [m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hmc} = 19,44 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,396 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 35,64 \text{ [daN]}}$$



Peso de las cadenas de retención:

$$F_a = 3,54 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 120,00 \text{ [daN]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,00 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_a + P_{te}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 83,55 \text{ [daNm]}$$

Excentricidad de conductor de guardia:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

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

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{vcond} = 34,29 \text{ [daN]}$$



Peso de la ménsula:

$$P_m = 100,00 \text{ [daN]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 0,80 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_{te}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 55,60 \text{ [daNm]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
1 Tiro Hg		1533,79	12,95	1522,04
1 Tiro conductor superior		1264,77	12,1	1172,70
1 Tiro conductor medio		1264,77	10,9	1056,40
1 Tiro conductor inferior		1264,77	9,7	940,10
1 Hilo de guardia		35,67	12,95	35,40
1 Conductor superior		47,09	12,1	43,66
1 Conductores medio		47,09	10,9	39,33
1 Conductores inferiores		47,09	9,7	35,00
2 Cadena superiores		5,09	12,1	4,72
2 Cadena medias		5,09	10,9	4,25
2 Cadenas inferiores		5,09	9,7	3,78
Carga ménsula hg		19,44	12,95	19,29
Carga ménsula superior		19,44	12,1	18,02



Carga ménsula media		19,44	10,9	16,24
Carga ménsula inferior		19,44	9,7	14,45
Carga vínculo superior		19,44	6,9	10,28
Carga vínculo inferior		19,44	3,7	5,51
Postes		119,02	13,05	119,02
Excéntrico cond. Hg.	55,6		13,05	4,26
Excéntrico cond. Sup.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Med.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Inf.	83,55		13,05	6,4
			Rt =	5083,65

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \frac{Rt}{8}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 635,46

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

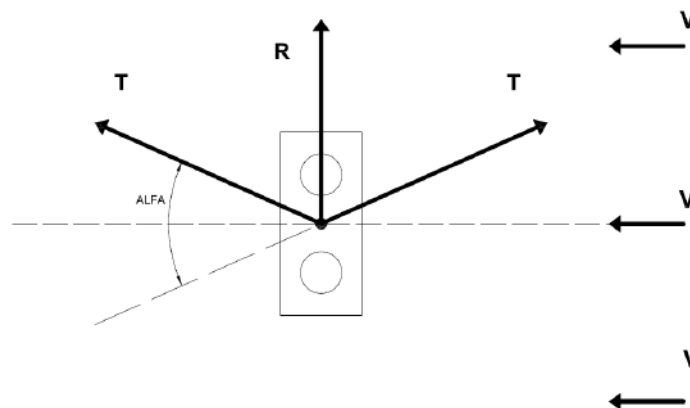
Cargas del viento máximo, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes, en dirección de la resultante total de las tracciones de los conductores.

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores.

Idem anterior, ya que no existen cargas adicionales.

Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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





Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

$$\mathbf{Me = 83,55 [daNm]}$$

Excentricidad de Hg:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

$$\mathbf{Me = 55,60 [daNm]}$$

Tiro del conductor:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$\mathbf{RTcond= 1264,77 [daN]}$$

Tiro del conductor hilo de guardia:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$\mathbf{RTcond= 1533,79 [daN]}$$

Cargas longitudinales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$Fhcond = Fh \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 90 [m]$$

$$Fh = 0,74 [daN/m]$$

$$\alpha = 90 [grados]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hcond} = 47,09 [daN]}$$



Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m]}.$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hhg} = 35,63 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$\mathbf{F_{ha} = 2,50 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$

$$D = 0,495 \text{ [m]}$$

$$d = 0,300 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 238,04 \text{ [daN]}}$$



Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

Fhmc= 19,44 [daN]

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
1 Tiro Hg		1533,79	12,95	1522,04
1 Tiro conductor superior		1264,77	12,1	1013,08
1 Tiro conductor medio		1264,77	10,9	912,61
1 Tiro conductor inferior		1264,77	9,7	812,14
Excéntrico cond. Hg.	55,6		13,05	4,26
Excéntrico cond. Sup.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Med.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Inf.	83,55		13,05	6,4
			Rt =	4714,70

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
1 Hilo de guardia		35,67	12,95	35,40
1 Conductor superior		47,09	12,1	43,66
1 Conductor medio		47,09	10,9	39,33
1 Conductor inferiores		47,09	9,7	35,00
2 Cadena superiores		5,09	12,1	4,72
2 Cadena medias		5,09	10,9	4,25
2 Cadenas inferiores		5,09	9,7	3,78
Postes		238,04	13,05	238,04
Carga ménsula hg		19,44	12,95	19,29
Carga ménsula superior		19,44	12,1	18,02
Carga ménsula media		19,44	10,9	16,24
Carga ménsula inferior		19,44	9,7	14,45
Carga vínculo superior		19,44	6,9	10,28
Carga vínculo inferior		19,44	3,7	5,51
			RI =	487,98

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rl}{2}\right) + \left(\frac{Rt}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 833,32

Hip.1.d) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

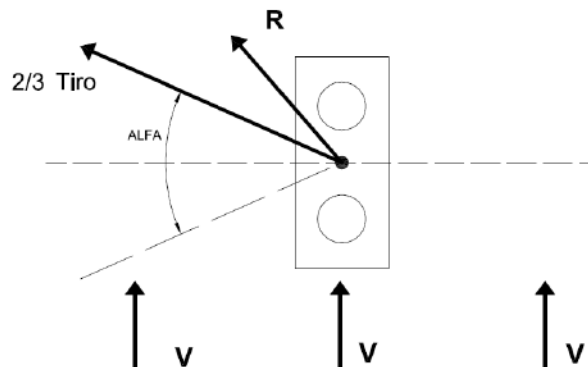
Cargas del viento máximo en dirección normal a la bisectriz de ángulo de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

Ídem anterior, ya que no existen cargas adicionales.

Hip.1.e) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

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



Cargas transversales:

Tiro de los cables:

Se consideran dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores actuando en el eje de la estructura.

Con lo cual las resultantes de los tiros, para un ángulo de desvío de 90°, serán:

$$R_{cond} = \frac{2}{3} \times Tiro \ cond. \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

Rcond=421,59 [daN]

$$R_{hg} = \frac{2}{3} \times Tiro \ hg. \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

Rhg=511,26 [daN]



Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

$$\mathbf{Me = 83,55 [daNm]}$$

Excentricidad de Hg:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

$$\mathbf{Me = 55,60 [daNm]}$$

Carga del viento sobre el conductor:

$$Fh_{cond} = Fh \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 90 [m]$$

$$Fh = 0,74 [daN/m]$$

$$\alpha = 90 [grados]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hcond} = 47,09 [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$Fhhg = Fh \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 170 [m].$$

$$Fh = 0,56 [daN/m].$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hhg} = 35,63 [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$\mathbf{F_{ha} = 2,50 [daN]}$$



Carga del viento sobre los postes:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$F_{hp} = 119,02 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$F_{hmc} = 19,44 \text{ [daN]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables:

Se consideran dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores actuando en el eje de la estructura.

Con lo cual las resultantes de los tiros, para un ángulo de desvío de 90^a, serán:

$$R_{cond} = \frac{2}{3} \times Tiro \text{ cond.} \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{cond} = 421,59 \text{ [daN]}$$

$$R_{hg} = \frac{2}{3} \times Tiro \text{ cond.} \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{hg} = 511,26 \text{ [daN]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
1 R Hg		511,26	12,95	507,34
1 R conductor superior		421,59	12,1	390,90
1 R conductor medio		421,59	10,9	352,13
1 R conductor inferior		421,59	9,7	313,37
2 Cadena superiores		5,09	12,1	4,72
2 Cadena medias		5,09	10,9	4,25
2 Cadenas inferiores		5,09	9,7	3,78
Carga ménsula hg		19,44	12,95	19,29
Carga ménsula superior		19,44	12,1	18,02
Carga ménsula media		19,44	10,9	16,24
Carga ménsula inferior		19,44	9,7	14,45



Carga vínculo superior		19,44	6,9	10,28
Carga vínculo inferior		19,44	3,7	5,51
Postes		119,02	13,05	119,02
Excéntrico cond. Hg.	55,6		13,05	4,26
Excéntrico cond. Sup.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Med.	83,55		13,05	6,4
Excéntrico cond. Inf.	83,55		13,05	6,4
			Rt =	1802,77

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
1 R Hg		511,26	12,95	507,34
1 R conductor superior		421,59	12,1	335,83
1 R conductor medio		421,59	10,9	302,53
1 R conductor inferior		421,59	9,7	269,22
			RI =	1563,74

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante\ en\ la\ cima = \left(\frac{Rl}{2}\right) + \left(\frac{Rt}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 1007,21

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor superior:

Es la mitad del peso calculado en la hipótesis 1.a:

F_{vcond} = 17,82 [daN]



Peso de las cadenas de retención:

$$P_a = 3,54 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 120,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,00 \text{ [m]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_a + P_{te}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 63,24 \text{ [daNm]}$$

Excentricidad de los demás conductores:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a.

$$M_e = 83,55 \text{ [daNm]}$$

Excentricidad de conductor de guardia:

Es igual al calculado en la hipótesis 1.a.

$$M_e = 55,60 \text{ [daNm]}$$



Tiro de los conductores:

Es igual a lo calculado en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{RTcond= 1264,77 [daN]}$$

Tiro del conductor hilo de guardia:

Es igual a lo calculado en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{RThg= 1533,79 [daN]}$$

Cargas longitudinales:

Anulación del tiro con viento máximo del conductor superior:

Como:

$$Rmax = Tmax \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Siendo:

$$Tmax= 894,33 [daN]$$

$$\alpha= 90^\circ$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Rmax= 632,38 [daN]}$$

Momento flector del conductor:

$$Mf= Rmax \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Rmax= Resultante del máximo de conductor [daN]

hc= altura del conductor [m]

Como:

$$hc= 12,1 [m]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Mf= 7551,88 [daN]}$$



Momento torsor del conductor:

$$M_t = R_{\max} \times l_m$$

Donde:

M_t = momento torsor del conductor [daNm]

R_{\max} = Resultante del máximo de conductor [daN]

l_m = longitud de la ménsula [m]

Como:

$$l_m = 1,00 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_t = 632,38 \text{ [daN]}}$$

Momento flector equivalente del conductor:

$$M_{fe} = (M_f + (M_f^2 + M_t^2)^{1/2})$$

Donde:

M_{fe} = momento flector equivalente del conductor [daNm]

M_f = momento flector del conductor [daNm]

M_t = momento torsor del conductor [daNm]

Como:

$$M_f = 7551,88 \text{ [daNm]}$$

$$M_t = 632,38 \text{ [daNm]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_{fe} = 15130,19 \text{ [daN]}}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido Transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura del Poste			13,05	
1 R Hg		1533,79	12,95	1522,04
1/2 R conductor superior		1264,77	12,1	1013,08
1 R conductor medio		1264,77	10,9	912,61
1 R conductor inferior		1264,77	9,7	812,14
Excéntrico cond. Hg.	55,6		13,05	4,26
Excéntrico cond. Sup.	63,24		13,05	4,85
Excéntrico cond. Med.	83,55		13,05	6,40
Excéntrico cond. Inf.	83,55		13,05	6,40
			Rt =	4713,14

Sentido Longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura del Poste			13,05	
Tiro del conductor (Mfe)	15130,19		13,05	579,70
			RI =	579,70

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rl}{2}\right) + \left(\frac{Rt}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 878,99

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	635,46
1.c.	833,23
1.e.	1007,21
Carga extraordinaria	
2.a.	878,99



Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 1008,71 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{3300}{1007,21}$$

$$C_s = 3,27 > 3 \text{ VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 878,99 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{3300}{878,99}$$

$$C_s = 3,75 > 2 \text{ VERIFICA}$$

UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h, la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10m$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$hv1 < h \leq 12m$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$hv2 < h \leq 15m$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

$$\begin{aligned} h &= 9,70 \text{ [m]} && \text{(Altura libre a la cruceta inferior)} \\ hv1 &= 3,54 \text{ [m]} && \text{(Distancia del 1° vínculo)} \\ hv2 &= 3,24 \text{ [m]} && \text{(Distancia del 2° vínculo)} \end{aligned}$$

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

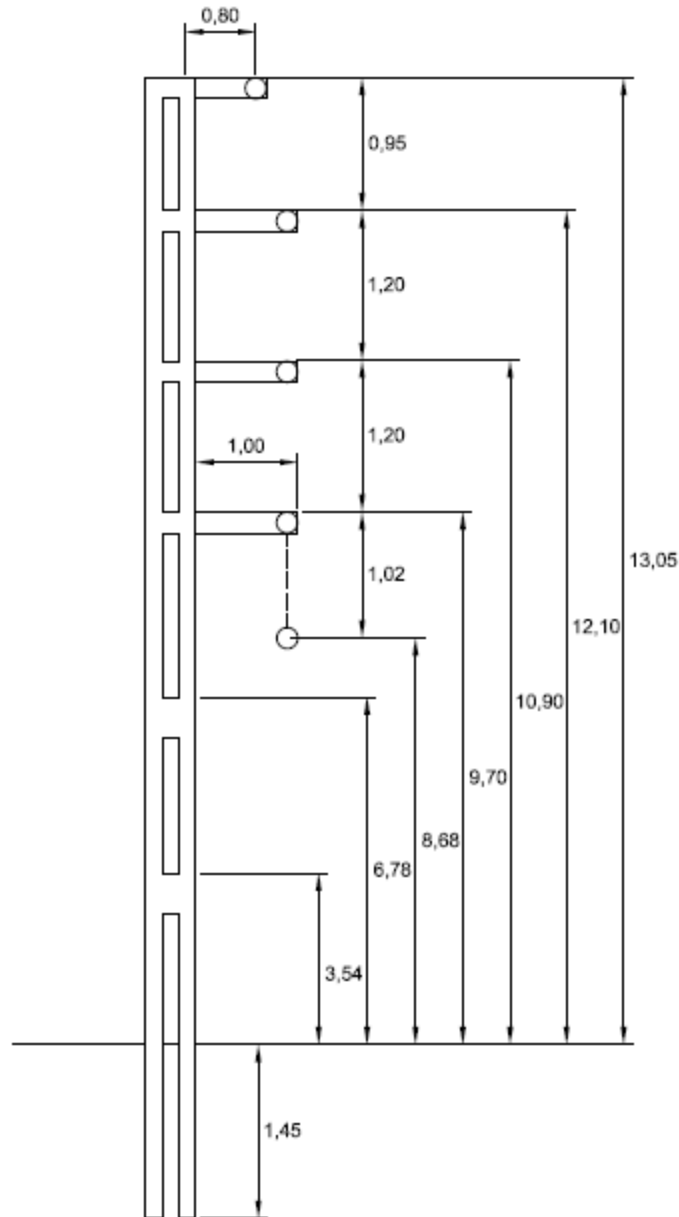
$$h_{\min} \geq 6,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 6,85 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA RETENCIÓN ANGULAR DE 90° CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA



ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA EN ZONA URBANA

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	2x 14,5 / R 2100	
3 ménsulas	0,60	[m]
1 ménsula del hg	0,50	[m]
Peso de ménsulas	240	[daN]
Longitud del poste	14,50	[m]
Carga rotura del poste	2100	[daN]
Peso aproximado de postes	5500	[daN]
Peso aproximado de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	260	[daN]
Peso aproximado de la estructura	6000	[daN]
Longitud del empotramiento	1,45	[m]
Altura libre del poste	13,05	[m]
Diámetro en la cima	0,260	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,455	[m]
Diámetro en la base	0,477	[m]
Vano	90	[m]

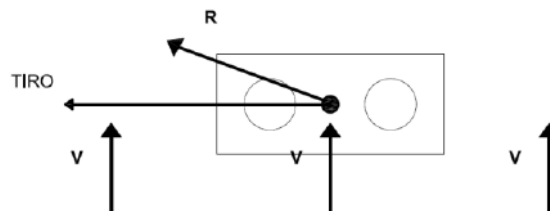
HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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

Tracciones unilaterales de los conductores.





Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = \frac{F_h \times a}{2}$$

Como:

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

$$F_h = 0,745 \text{ [daN/m]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 33,5 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hfg} = \frac{F_h \times a}{2}$$

Como:

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

$$F_h = 0,563 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hfg} = 25,3 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_{ha} = 3,54 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].



d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,05 \text{ [m]}$$

$$D = 0,455 \text{ [m]}$$

$$d = 0,26 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 206,16 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc} = Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 0,60 \text{ [m].}$$

$$h = 0,20 \text{ [m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hmc} = 11,66 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = \frac{F_v \times a}{2}$$



Como:

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

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 17,14 \text{ [daN]}}$$

Peso de las dos cadenas de retención:

$$\mathbf{F_a = 3,69 \text{ [daN]}}$$

Peso de la ménsula:

$$\mathbf{P_m = 150,00 \text{ [daN]}}$$

Longitud de la ménsula:

$$\mathbf{l_m = 0,60 \text{ [m]}}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$\mathbf{P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + F_a + P_{te}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_e = 43,60 \text{ [daNm]}}$$



Excentricidad hilo de guardia:

Peso del hg:

$$F_{vhg} = \frac{Fv \times a}{2}$$

Como:

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

$$Fv = 0,096 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{vcond} = 4,32 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$Pm = 100,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$lm = 0,50 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$Me = F_{vhg} \times lm + \frac{Pm \times lm}{3}$$

Tenemos que:

$$Me = 18,82 \text{ [daNm]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables a viento máximo:

$$Tmax = 894,33 \text{ [daN]}$$

Momento flector del conductor:

$$Mf = Tmax \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Tmax= Tiro máximo de conductor [daN]



hc= altura del conductor [m]

Como:

Tmax= 894,33 [daN]

hc= 12,1 [m]

Tenemos que:

Mf= 10821,3.9 [daN]

Momento torsor del conductor:

Mt= Tmax x lm

Donde:

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Tmax= Tiro máximo de conductor [daN]

lm= longitud de la ménsula [m]

Como:

Tmax= 894,33 [daN]

lm= 0,60 [m]

Tenemos que:

Mt= 536,59 [daN]

Momento flector equivalente del conductor:

$$Mfe = (Mf + (Mf^2 + Mt^2)^{1/2})$$

Donde:

Mfe= momento flector equivalente del conductor [daNm]

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Mt= momento torsor del conductor [daNm]

Como:

Mf= 10821,59 [daNm]

Mt= 536,59 [daNm]



Tenemos que:

$$\mathbf{M_{fe}= 21656,47 \text{ [daNm]}}$$

Tiro del hilo de guardia a viento máximo:

$$\mathbf{T_{hg}= 1084,56 \text{ [daN]}}$$

Momento flector del conductor:

$$M_f = T_{\max} \times h_c$$

Donde:

M_f = momento flector del conductor [daNm]

T_{\max} = Tiro máximo de conductor [daN]

h_c = altura del conductor [m]

Como:

$$T_{\max} = 1084,56 \text{ [daN]}$$

$$h_c = 12,95 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_f = 14045,05 \text{ [daNm]}}$$

Momento torsor del conductor:

$$M_t = T_{\max} \times l_m$$

Donde:

M_f = momento flector del conductor [daNm]

T_{\max} = Tiro máximo de conductor [daN]

l_m = longitud de la ménsula [m]

Como:

$$T_{\max} = 1084,56 \text{ [daN]}$$

$$l_m = 0,50 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_t = 542,28 \text{ [daNm]}}$$



Momento flector equivalente del conductor:

$$Mfe = (Mf + (Mf^2 + Mt^2)^{1/2})$$

Donde:

Mfe= momento flector equivalente del conductor [daNm]

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Mt= momento torsor del conductor [daNm]

Como:

Mf= 14045,05 [daNm]

Mt= 542,28 [daNm]

Tenemos que:

Mfe= 28100,56 [daNm]

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Hilo de guardia		25,31	12,95	25,12
1 Conductor superior		33,52	12,1	31,08
1 Conductor medio		33,52	10,9	28,00
1 Conductor inferior		33,52	9,7	24,92
1 Cadena superior		3,54	12,1	3,28
1 Cadena media		3,54	10,9	2,96
1 Cadenas inferior		3,54	9,7	2,63
2 Postes		206,16	13,05	206,16
Carga ménsula hg		11,66	12,95	11,57
Carga ménsula superior		11,66	12,1	10,81
Carga ménsula media		11,66	10,9	9,74
Carga ménsula inferior		11,66	9,7	8,67
Carga vínculo superior		11,66	6,9	6,17
Carga vínculo inferior		11,66	3,7	3,31
Excéntrico cond. hg.	18,82		13,05	1,44
Excéntrico cond. Sup.	43,6		13,05	3,34
Excéntrico cond. Med.	43,6		13,05	3,34
Excéntrico cond. Inf.	43,6		13,05	3,34
			Rt =	385,86



Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Tiro Hilo de guardia (Mfe)	28100,56		13,05	1076,65
Tiro Conductor superior (Mfe)	21656,47		13,05	829,75
Tiro Conductor medio (Mfe)	21656,47		13,05	829,75
Tiro Conductor inferior (Mfe)	21656,47		13,05	829,75
			RI =	3565,90

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante\ en\ la\ cima = \frac{R_t}{2} + \frac{R_l}{8}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 638,53

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

Cargas del viento máximo en dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente.

Tracciones unilaterales de los conductores.

Idem al anterior, ya que no existen cargas adicionales.

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.

Cargas transversales:

Anulación del tiro máximo del conductor superior:

Excentricidad de conductores:



Momento flector equivalente de los conductores:

Es igual al calculado en la hipótesis 1.a:

Me = 43,60 [daNm]

Momento flector equivalente del hilo de guardia:

Es igual al calculado en la hipótesis 1.a:

Me = 18,82 [daNm]

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables:

Momento flector equivalente del conductor:

Es igual al calculado en la hipótesis 1.a:

Mfe= 21656,47 [daNm]

Tiro del hilo de guardia:

Momento flector equivalente del hilo de guardia:

Es igual al calculado en la hipótesis 1.a:

Mfe= 28100,56 [daNm]

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Excéntrico cond. hg.	18,82		13,05	1,44
Excéntrico cond. Sup.	43,60		13,05	3,34
Excéntrico cond. Med.	43,60		13,05	3,34
Excéntrico cond. Inf.	43,60		13,05	3,34
			Rt =	11,46



Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,05	
Tiro Hilo de guardia (Mfe)	28100,56		13,05	1076,65
Tiro Conductor medio (Mfe)	21656,47		13,05	716,80
Tiro Conductor inferior (Mfe)	21656,47		13,05	716,80
			RI =	2736,14

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante\ en\ la\ cima = \left(\frac{Rt}{2}\right) + \left(\frac{Rl}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 347,74

Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Anulación de la tracción de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, correspondiente a la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal 1.a.	638,53
Carga extraordinaria 2.a.	347,74

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 638,53 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$Cs = \frac{2100}{638,53}$$

$Cs = 3,28 > 3$ **VERIFICA**

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 347,74 [daN]



Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{2100}{347,74}$$

$$C_s = 6,03 > 2 \text{ VERIFICA}$$

UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h, la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10\text{m}$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$h_{v1} < h \leq 12\text{m}$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$h_{v2} < h \leq 15\text{m}$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

$h = 9,70 \text{ [m]}$ (Altura libre a la ménsula inferior)
 $h_{v1} = 3,50 \text{ [m]}$ (Distancia del 1° vínculo)
 $h_{v2} = 3,20 \text{ [m]}$ (Distancia del 2° vínculo)

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

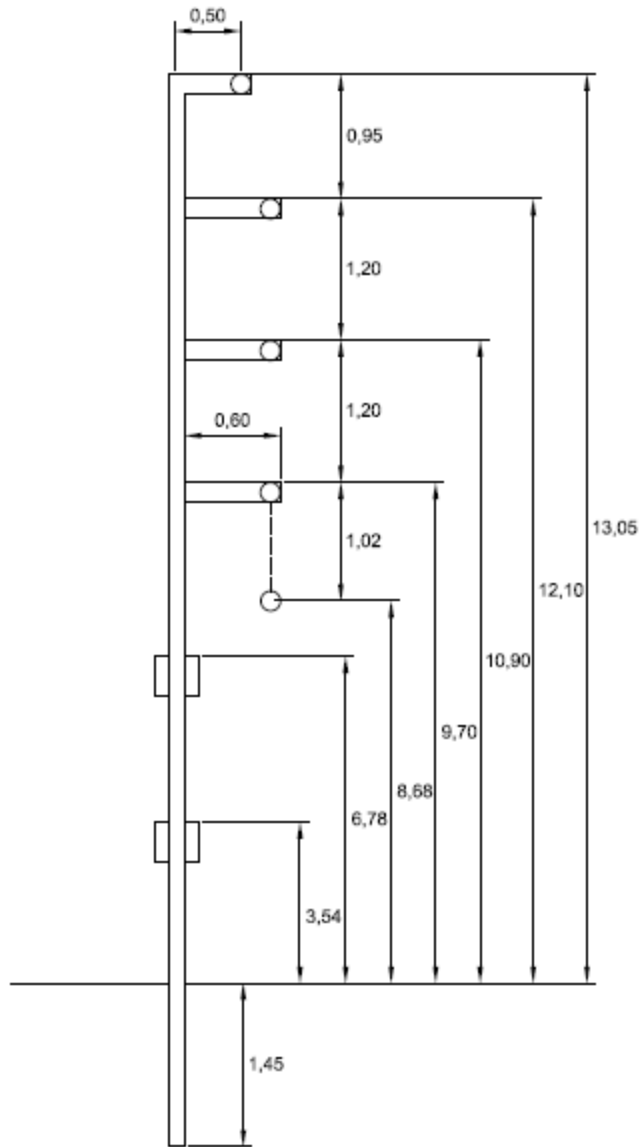
$$h_{\min} \geq 8,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 8,68 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA



ESTRUCTURA SUSPENSION SIMPLE CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

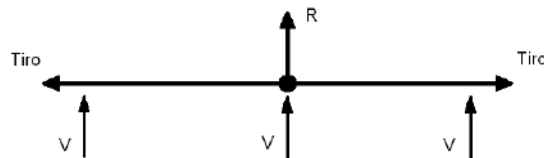
1 poste de H° A°	15 / R 1650	
1 ménsula	1,10	[m]
1 cruceta	2,20	[m]
Peso de ménsula	110	[daN]
Peso de cruceta	380	[daN]
Longitud del poste	15,00	[m]
Carga rotura del poste	1650	[daN]
Peso de poste	2805	[daN]
Peso aproximado de la estructura	3295	[daN]
Longitud del empotramiento	1,50	[m]
Altura libre del poste	13,50	[m]
Diámetro en la cima	0,260	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,462	[m]
Diámetro en la base	0,485	[m]
Vano	170	[m]

HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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



Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = Fh \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m]}$$



$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 126,61 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 95,63 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los aisladores:

$$F_{ha} = 3,30 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el poste:

$$F_{hp} = P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,50 \text{ [m]}$$

$$D = 0,462 \text{ [m]}$$

$$d = 0,26 \text{ [m]}$$



Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 107,40 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_v = 0,38 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 64,60 \text{ [daN]}}$$

Peso de la cadena de suspensión:

$$\mathbf{F_a = 4,29 \text{ [daN]}}$$

Peso de la ménsula:

$$\mathbf{P_m = 110 \text{ [daN]}}$$

Longitud de la ménsula:

$$\mathbf{l_m = 1,10 \text{ [m]}}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_a) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_e = 116,11 \text{ [daN m]}}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Hilo de guardia		95,63	13,60	96,33
1 Conductor superior		126,61	12,50	117,24
2 Conductores inferiores		253,23	10,65	199,77
1 Cadena superior		3,30	12,50	3,06
2 Cadenas inferiores		6,61	10,65	5,21
Poste		107,40	13,50	107,40
Excéntrico cond. Sup.	116,11		13,50	8,60
			Rt =	537,67

Como la resultante en la cima viene dada por:

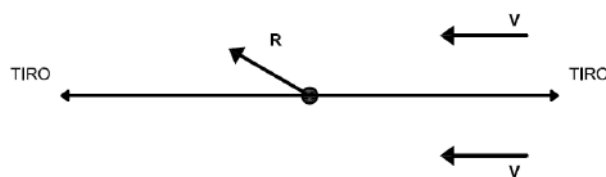
$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (Rl)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 537,67

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

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



Cargas longitudinales:

Carga del viento sobre los aisladores:

F_{ha} = 3,303 [daN]

Carga del viento sobre la ménsula:

$$F_{hm} = P_m \times L_m \times h_m$$



Donde:

P_m = presión dinámica sobre la ménsula con viento máximo [daN/m^2]

L_m = longitud de la ménsula [m].

h_m = longitud de la ménsula [m].

Con lo cual para:

$P_m = 97,20$ [daN/m^2]

$L_m = 1,10$ [m]

$h_m = 0,20$ [m]

Tenemos que:

$F_{hm} = 21,38$ [daN]

Carga del viento sobre la cruceta:

$$F_{hc} = P_m \times L_c \times h_c$$

Donde:

P_m = presión dinámica sobre la ménsula con viento máximo [daN/m^2]

L_c = longitud de la cruceta [m].

h_c = longitud de la cruceta [m].

Con lo cual para:

$P_m = 97,20$ [daN/m^2]

$L_c = 2,20$ [m]

$h_c = 0,20$ [m]

Tenemos que:

$F_{hc} = 42,76$ [daN]

Carga del viento sobre el poste:

$$F_{hp} = P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$



Donde:

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m^2]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$P_m = 48,61$ [daN/m^2]

$L = 13,50$ [m]

$D = 0,462$ [m]

$d = 0,26$ [m]

Tenemos que:

$F_{hp} = 107,40$ [daN]

Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor:

$F_{vcond} = F_v \times a$

Como:

$a = 170$ [m].

$F_v = 0,38$ [daN/m].

Tenemos que:

$F_{vcond} = 64,60$ [daN]

Peso de la cadena de suspensión:

$F_a = 4,29$ [daN]

Peso de la ménsula:

$P_m = 110,00$ [daN]



Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,10 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + Pa) \times l_m + \frac{Pm \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 108,78 \text{ [daN m]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
Carga ménsula superior		21,38	12,5	19,80
Carga cruceta		42,76	10,65	33,73
1 Cadena superior		3,03	12,5	2,81
2 Cadena inferior		6,06	10,65	4,78
Poste		107,4	13,5	107,40
		RI =		168,52

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Excéntrico cond. Sup.	116,11		13,50	8,60
		Rt =		8,60

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (RI)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

$$\text{Resultante en la cima [daN]} = 168,73$$



Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes:

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

No es dimensionante para éste caso.

Hip.1.d) Peso propio y cargas permanentes:

Carga del viento máximo según normas VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO A) 2.1.1, sobre la estructura, elementos de cabecera y conductores. (Esta hipótesis de carga se considera solamente para estructuras de altura superior a 60 cm).

No es aplicable para éste caso.

Hip.1.e) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

No es dimensionante para éste caso.

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de la tracción de un conductor, según normas VDE 0210/5.59, PARRAFO 9, APARTADO B)2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, excluida la hipótesis de hielo.

Cargas Longitudinales:

Mitad del tiro máximo del conductor:

Tiro conductor superior ($T_{m\acute{a}x}$):

$$T_{m\acute{a}x} = 1043,50 \text{ [daN]}$$

Momento flector:

$$Mf = 0,5 \times T_{m\acute{a}x} \times hc$$



Donde:

M_f = momento flector [daNm].

$T_{m\acute{a}x}$ = tiro máximo del conductor superior [daN].

h_c = altura del conductor [m].

Con lo cual para:

$T_{m\acute{a}x} = 1043,50$ [daN]

$h_c = 12,5$ [m]

Tenemos que:

$M_f = 6521,85$ [daNm]

Momento torsor:

$$M_t = 0,5 \times T_{m\acute{a}x} \times l_m$$

Donde:

M_t = momento torsor [daNm].

$T_{m\acute{a}x}$ = tiro máximo del conductor superior [daN].

l_m = longitud de ménsula [m].

Con lo cual para:

$T_{m\acute{a}x} = 1043,50$ [daN]

$l_m = 1,10$ [m]

Tenemos que:

$M_t = 573,92$ [daNm]

Momento flector equivalente:

$$M_{fe} = M_f + (M_f^2 + M_t^2)^{1/2}$$

Donde:

M_{fe} = momento flector equivalente [daNm].



Mf= momento flector [daNm].

Mt= momento torsor [daNm].

Con lo cual tenemos que:

Mfe= 13068,90 [daNm]

Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

Me= 108,78 [daNm]

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Tiro conductor (Mfe)	13068,90		13,50	484,03
			RI =	484,03

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Excéntrico cond. Sup.	116,11		13,50	8,60
			Rt =	8,60

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = ((Rt)^2 + (RI)^2)^{1/2}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 484,10

Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.



CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	537,07
1.b.	168,73
Carga extraordinaria	
2.a.	484,10

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 537,07 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1650}{537,07}$$

$$C_s = 3,07 > 3 \text{ VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 484,10 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1650}{484,10}$$

$$C_s = 3,41 > 2 \text{ VERIFICA}$$

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

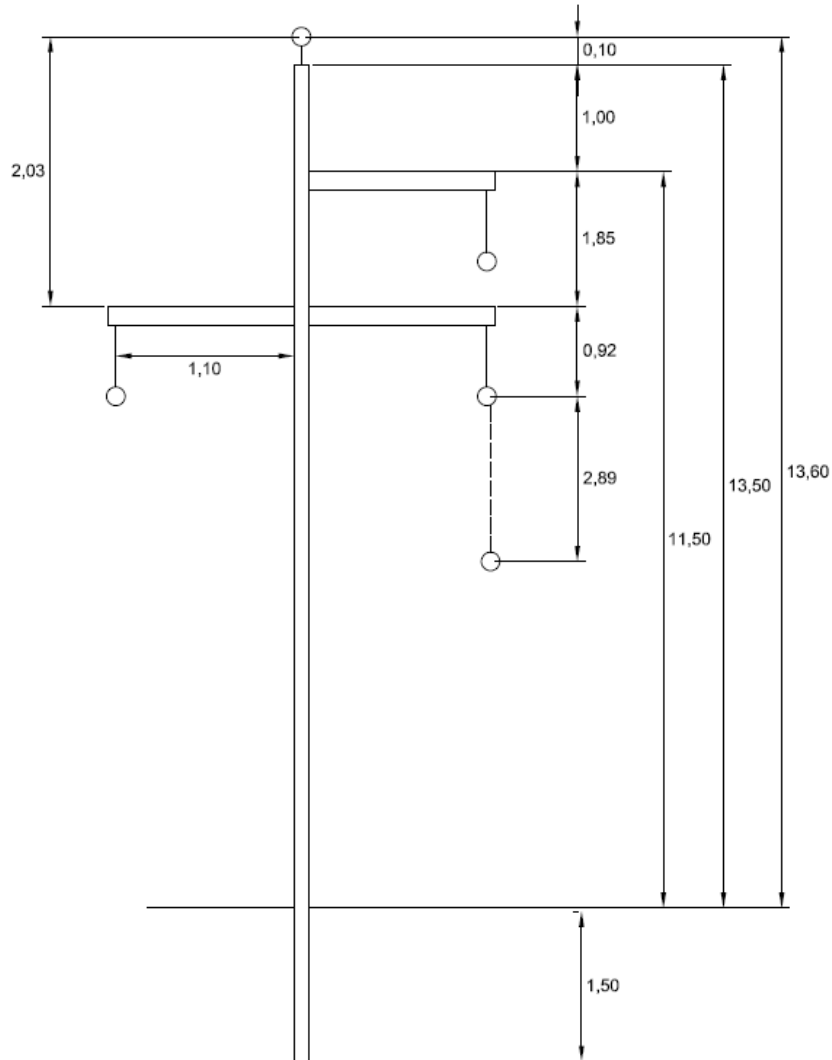
$$h_{\min} \geq 6,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 6,85 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA SUSPENSIÓN SIMPLE CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL



ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	15 / R 1500	
1 ménsula	1,10	[m]
1 cruceta	2,20	[m]
Peso de ménsula	130	[daN]
Peso de cruceta	610	[daN]
Longitud del poste	15,00	[m]
Carga rotura del poste	1500	[daN]
Peso de postes	5540	[daN]
Peso aproximado de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	260	[daN]
Peso aproximado de la estructura	6540	[daN]
Longitud del empotramiento	1,50	[m]
Altura libre del poste	13,50	[m]
Diámetro en la cima	0,260	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,463	[m]
Diámetro en la base	0,485	[m]
Vano	170	[m]

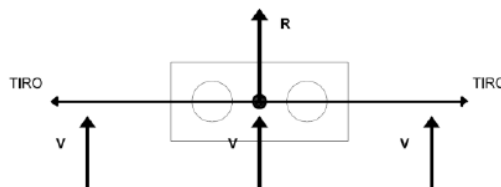
HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = Fh \times a$$



Como:

$$a = 170 \text{ [m]}$$

$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 126,61 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 95,63 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_{ha} = 3,54 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes.

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²].

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{].}$$



$$L = 13,50 \text{ [m]}.$$

$$D = 0,463 \text{ [m]}.$$

$$d = 0,26 \text{ [m]}.$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 214,92 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc}= Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 1,50 \text{ [m]}.$$

$$h = 0,20 \text{ [m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{hmc} = 29,16 \text{ [daN]}$$

Excentricidad de conductor superior:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m]}.$$

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m]}.$$



Tenemos que:

$$F_{vcond} = 64,69 \text{ [daN]}$$

Peso de las dos cadenas de retención:

$$P_a = 7,38 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 150,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,10 \text{ [m]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_a + P_{pte}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 136,34 \text{ [daNm]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
Hilo de guardia		95,63	13,4	94,92
1 Conductor superior		126,61	11,5	107,85
2 Conductores inferiores		253,23	9,65	181,01



2 Cadena superior		7,09	11,5	6,04
4 Cadenas inferiores		14,18	9,65	10,14
2 Postes		214,92	13,5	214,92
Carga ménsula superior		29,16	11,5	24,84
Carga cruceta		29,16	9,65	20,84
Carga vínculo hg		29,16	13,4	28,94
Carga vínculo superior		29,16	6,9	14,90
Carga vínculo inferior		29,16	3,7	7,99
Excéntrico cond. Sup.	136,34		13,5	10,1
			Rt =	722,51

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \frac{((Rt)^2 + (Rl)^2)^{1/2}}{2}$$

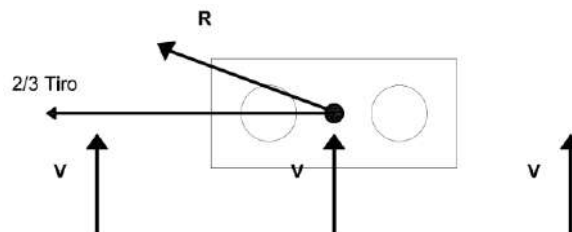
Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 361,25

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

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

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



Cargas transversales:

Carga del viento sobre las cadenas de retenciones:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

$$F_{ha} = 3,54 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

$$F_{hmc} = 33,33 \text{ [daN]}$$



Carga del viento sobre el poste:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

$$F_{hp} = 214,92 \text{ [daN]}$$

Excentricidad de conductores:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a:

Momento flector equivalente:

$$M_e = 136,34 \text{ [daN m]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables:

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

$$2/3 \text{ Tiro cond} = 695,66 \text{ [daN]}$$

$$2/3 \text{ Tiro hg} = 745,27$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
2 Cadena superior		7,09	11,5	6,04
4 Cadena inferior		14,18	9,65	10,14
Postes		214,92	13,5	214,92
Carga ménsula superior		29,16	11,5	24,84
Carga cruceta		29,16	9,65	20,84
Carga vínculo hg		29,16	13,4	28,94
Carga vínculo superior		29,16	6,9	14,90
Carga vínculo inferior		29,16	3,7	7,99
Excéntrico cond. Sup.	136,34		13,5	10,1
			RI =	338,72



Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
2/3 Tiro hg		745,27	13,40	739,75
2/3 Tiro cond. Sup.		695,66	11,50	592,60
2/3 2 Tiro cond. Inf.		1391,33	9,65	994,54
		Rt =		2326,89

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rt}{2}\right) + \left(\frac{Rl}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 460,22

Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Cargas del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura y los elementos de cabecera.

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

Como no existen cargas adicionales, se obtiene los mismos resultados a los de la hipótesis 1.b.

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.

Cargas transversales:

Peso del conductor:

Es la mitad de la calculada en la hipótesis 1.a.

Fvcond= 32,34 [daN]



Peso de la cadena de retención:

$$Pa = 3,69 \text{ [daN]}$$

Peso del puente de conexión:

Es igual a la calculada en la hipótesis 1.a.

$$Ppte = 1,88 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$Pm = 150,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$lm = 1,10 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$Me = (F_{vcond} + Pa + Pte) \times lm + \frac{Pm \times lm}{3}$$

$$Me = 96,71 \text{ [daNm]}$$

Cargas longitudinales:

Anulación del tiro máximo del conductor superior:

$$Tmax = 1043,5 \text{ [daN]}$$

Momento flector:

$$Mf = Tmax \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector [daNm]

Tmax= tiro máximo [daN]

hc= altura del conductor [m]

Con lo cual para:



$$T_{\max} = 1043,50 \text{ [daN]}$$

$$h_c = 11,50 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_f = 12000,20 \text{ [daNm]}}$$

Momento torsor:

$$M_t = T_{\max} \times l_m$$

Donde:

M_t = momento torsor [daNm].

T_{máx} = tiro máximo del conductor superior [daN].

l_m = longitud de ménsula [m].

Con lo cual para:

$$T_{\max} = 1043,50 \text{ [daN]}$$

$$l_m = 1,10 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_t = 1147,85 \text{ [daNm]}}$$

Momento flector equivalente:

$$M_{fe} = M_f + (M_f^2 + M_t^2)^{1/2}$$

Donde:

M_{fe} = momento flector equivalente [daNm].

M_f = momento flector [daNm].

M_t = momento torsor [daNm].

Con lo cual tenemos que:

$$\mathbf{M_{fe} = 24055,17 \text{ [daNm]}}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Excéntrico cond. Sup.	96,70		13,50	7,16
			RI =	7,16

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Tiro conductor (Mfe)	24055,17		13,50	890,93
			Rt =	890,93

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rt}{2}\right) + \left(\frac{Rl}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 114,95

Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Anulación de la tracción de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, correspondiente a la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	361,25
1.b.	460,22
Carga extraordinaria	
2.a.	114,95



Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 460,22 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1500}{470,64}$$

$$C_s = 3,25 > 3 \text{ VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 114,95 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{1500}{114,95}$$

$$C_s = 13,05 > 2 \text{ VERIFICA}$$

UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h, la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10\text{m}$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$h_{v1} < h \leq 12\text{m}$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$h_{v2} < h \leq 15\text{m}$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

$$\begin{aligned} h &= 9,65 \text{ [m]} && \text{(Altura libre a la cruceta inferior)} \\ h_{v1} &= 3,50 \text{ [m]} && \text{(Distancia del 1° vínculo)} \\ h_{v2} &= 3,20 \text{ [m]} && \text{(Distancia del 2° vínculo)} \end{aligned}$$

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

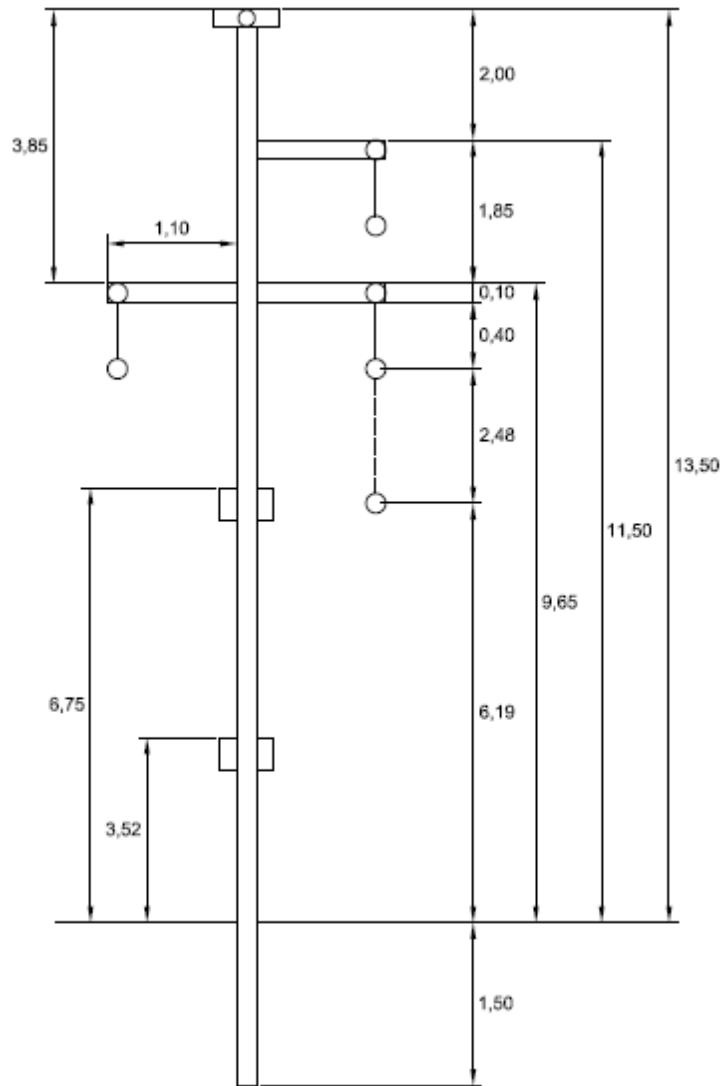
$$h_{\min} \geq 6,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 6,77 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL



ESTRUCTURA RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	15 / R 3000	
1 ménsula	1,60	[m]
1 cruceta	3,20	[m]
Peso de ménsula	200	[daN]
Peso de crucetas	1000	[daN]
Longitud del poste	15,00	[m]
Carga rotura del poste	3000	[daN]
Peso de postes	6510	[daN]
Peso aproximado de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	260	[daN]
Peso aproximado de la estructura	7970	[daN]
Longitud del empotramiento	1,50	[m]
Altura libre del poste	13,50	[m]
Diámetro en la cima	0,300	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,502	[m]
Diámetro en la base	0,525	[m]
Vano	170	[m]

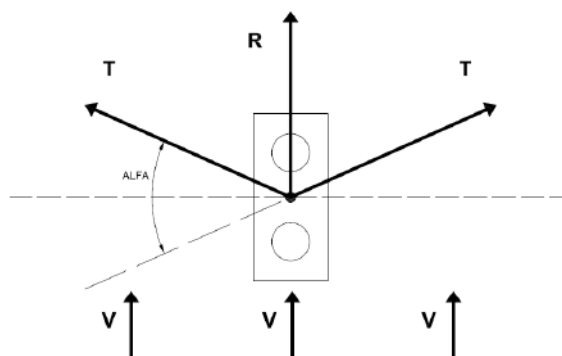
HIPOTESIS DE CARGA

C- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

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

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores





Cargas transversales:

Tiro del conductor:

Como el tiro del conductor superior con viento máximo es:

$$T_{cond} = 1043,5 \text{ [daN]}$$

Tenemos que:

$$RT_{cond} = 2 \times T_{cond} \times \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Tenemos que:

$$RT_{cond} = 1475,73 \text{ [daN]}$$

Tiro del conductor hilo de guardia:

Como el tiro del conductor de guardia es:

$$T_{hg} = 1117,9 \text{ [daN]}$$

Tenemos que:

$$RT_{hg} = 2 \times T_{hg} \times \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Tenemos que:

$$RT_{hg} = 1580,94 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el conductor:

$$F_{hcond} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m]}$$

$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$



Tenemos que:

$$F_{hcond} = 88,95 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m]}.$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m]}.$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 67,31 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_a = F_h a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_{ha} = 2,50 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 1$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,50 \text{ [m]}$$



$$D = 0,502 \text{ [m]}$$

$$d = 0,30 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 120,52 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductor superior:

Peso del conductor:

$$F_{vcond} = F_v \times a$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{vcond} = 64,69 \text{ [daN]}}$$

Peso de las dos cadenas de retención:

$$\mathbf{F_a = 7,38 \text{ [daN]}}$$

Peso de la ménsula:

$$\mathbf{P_m = 200,00 \text{ [daN]}}$$

Longitud de la ménsula:

$$\mathbf{l_m = 1,60 \text{ [m]}}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$



Con los cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + Pa + Pte) \times lm + \frac{Pm \times lm}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 224,98 \text{ [daNm]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
1 R Tiro Hg		1580,94	13,40	1569,22
1 R Tiro conductor superior		1475,73	11,50	1257,10
2 R Tiro conductor inferiores		2951,46	9,65	2109,74
Hilo de guardia		67,31	13,40	66,81
1 Conductor superior		88,95	11,50	75,77
2 Conductores inferiores		177,90	9,65	84,27
2 Cadena superior		5,09	11,50	4,33
4 Cadenas inferiores		10,18	9,65	7,27
Postes		120,52	13,50	120,52
Excéntrico cond. Sup.	224,98		13,50	16,66
			Rt =	5311,69

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante \text{ en la cima} = \frac{Rt}{8}$$

Tenemos que:

$$Resultante \text{ en la cima [daN]} = 663,96$$

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

Fuerza resultante de las tracciones de los conductores.

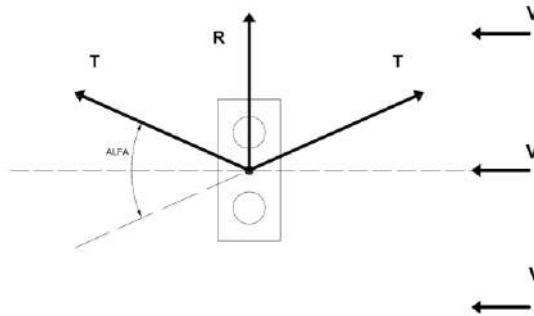
Idem anterior, ya que no existen cargas adicionales.



Hip.1.c) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



Cargas transversales:

Excentricidad del conductor superior:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

Me = 224,98 [daNm]

Tiro del conductor:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

RTcond= 1475,73 [daN]

Tiro del conductor hilo de guardia:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

RTcond= 1580,94 [daN]

Cargas longitudinales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$Fh_{cond} = Fh \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

a = 170 [m]



$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

$$\alpha = 90 \text{ [grados]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 88,95 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = F_h \times a \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 67,31 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_{ha} = 2,50 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$

$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,50 \text{ [m]}$$



$$D = 0,502 \text{ [m]}$$

$$d = 0,300 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 241,04 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc} = Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 2.20 \text{ [m].}$$

$$h = 0,20 \text{ [m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hmc} = 42,76 \text{ [daN]}}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
1 R Tiro hg		1580,94	13,40	1569,22
1 R Tiro cond. Sup.		1475,73	11,50	1257,10
2 R Tiro cond. Inf.		2951,46	9,65	2109,74
Excéntrico cond. Sup.	224,98		13,50	16,66
			Rt =	4952,72

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
Hilo de guardia		67,31	13,4	66,81
1 Conductor superior		88,95	11,5	75,77
2 Conductores inferiores		177,9	9,65	127,17
2 Cadena superior		5,09	11,5	4,34
4 Cadenas inferiores		10,18	9,65	7,28
Postes		241,04	13,5	241,04
Carga ménsula superior		42,76	11,5	36,43
Carga cruceta		42,76	9,65	30,57
Carga vínculo hg		42,76	13,4	42,44
Carga vínculo superior		42,76	6,9	21,86
Carga vínculo inferior		42,76	3,7	11,72
			RI =	665,41

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rt}{8}\right) + \left(\frac{Rl}{2}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 951,79

Hip.1.d) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

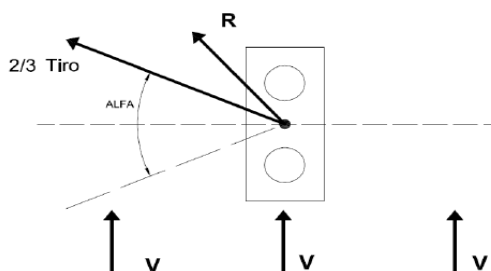
Cargas del viento máximo en dirección normal a la bisectriz de ángulo de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes.

Ídem anterior, ya que no existen cargas adicionales.

Hip.1.e) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

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

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





Cargas transversales:

Tiro de los cables:

Se consideran dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores actuando en el eje de la estructura.

Con lo cual las resultantes de los tiros, para un ángulo de desvío de 90^a, serán:

$$R_{cond} = \frac{2}{3} \times Tiro\ cond. \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{cond} = 491,91 \text{ [daN]}$$

$$R_{hg} = \frac{2}{3} \times Tiro\ hg. \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{hg} = 526,98 \text{ [daN]}$$

Excentricidad del conductor superior:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a

$$M_e = 224,98 \text{ [daNm]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$F_{ha} = 2,50 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

Es igual a la calculada en hipótesis 1.a:

$$F_{hp} = 107,51 \text{ [daN]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables:

Se consideran dos tercios de las tracciones unilaterales de los conductores actuando en el eje de la estructura.

Con lo cual las resultantes de los tiros, para un ángulo de desvío de 90^a, serán:

$$R_{cond} = \frac{2}{3} \times Tiro\ cond. \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$R_{cond} = 419,45 \text{ [daN]}$$



$$Rh_g = \frac{2}{3} \times Tiro\ cond. \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$Rh_g = 526,98 \text{ [daN]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
1 R Tiro hg		526,45	13,4	522,55
1 R Tiro cond. Sup.		419,98	11,5	357,76
2 R Tiro cond. Inf.		839,96	9,65	600,42
2 Cadena superiores		5,09	12,1	4,56
4 Cadenas inferiores		10,18	9,7	7,31
Postes		120,52	13,5	120,52
Excéntrico cond. Sup.	83,55		13,5	6,19
			Rt =	1619,31

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,5	
1 R Tiro hg		526,45	13,4	522,55
1 R Tiro cond. Sup.		419,98	11,5	357,76
2 R Tiro cond. Inf.		839,96	9,65	600,42
			RI =	1480,73

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante\ en\ la\ cima = \left(\frac{Rl}{2}\right) + \left(\frac{Rt}{8}\right)$$

Tenemos que:

$$Resultante\ en\ la\ cima\ [daN] = 942,77$$

B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.



Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.

Cargas transversales:

Excentricidad de conductores:

Peso del conductor superior:

Es la mitad del peso calculado en la hipótesis 1.a:

$$F_{vcond} = 32,34 \text{ [daN]}$$

Peso de dos cadenas de retención:

$$P_a = 7,38 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 200,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,60 \text{ [m]}$$

Peso del puente de conexión:

El puente de conexión está formado por 2 [m] de conductor adicional más 3 morsetos bifilares:

$$P_{cad} = 0,76 \text{ [daN]}$$

$$P_{mor} = 0,12 \text{ [daN]}$$

Con lo cual el peso del puente de conexión será:

$$P_{pte} = 1,88 \text{ [daN]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (F_{vcond} + P_a + P_{pte}) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 173,22 \text{ [daNm]}$$



Tiro de los conductores:

Es igual a lo calculado en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{RTcond= 1475,73 [daN]}$$

Tiro del conductor hilo de guardia:

Es igual a lo calculado en la hipótesis 1.a.

$$\mathbf{RThg= 1580,94 [daN]}$$

Cargas longitudinales:

Anulación del tiro con viento máximo del conductor superior:

Como:

$$Rmax = Tmax \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

Siendo:

$$Tmax= 1043,50 [daN]$$

$$\alpha= 90^\circ$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Rmax= 737,86 [daN]}$$

Momento flector del conductor:

$$Mf= Rmax \times hc$$

Donde:

Mf= momento flector del conductor [daNm]

Rmax= Resultante del máximo de conductor [daN]

hc= altura del conductor [m]

Como:

$$hc= 11,5 [m]$$

Tenemos que:

$$\mathbf{Mf= 8485,45 [daN]}$$



Momento torsor del conductor:

$$M_t = R_{\max} \times l_m$$

Donde:

M_t = momento torsor del conductor [daNm]

R_{\max} = Resultante del máximo de conductor [daN]

l_m = longitud de la ménsula [m]

Como:

$$l_m = 1,60 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_t = 1180,58 \text{ [daN]}}$$

Momento flector equivalente del conductor:

$$M_{fe} = (M_f + (M_f^2 + M_t^2)^{1/2})$$

Donde:

M_{fe} = momento flector equivalente del conductor [daNm]

M_f = momento flector del conductor [daNm]

M_t = momento torsor del conductor [daNm]

Como:

$$M_f = 6610,35 \text{ [daNm]}$$

$$M_t = 546,31 \text{ [daNm]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{M_{fe} = 17052,63 \text{ [daN]}}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido Transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura del Poste			13,50	
1 R Hg		1580,94	13,40	1569,23
1/2 R conductor superior		737,86	11,50	628,55
2 R conductor inferior		2951,46	9,65	2109,75
Excéntrico cond. Sup.	173,22		13,50	12,83
			Rt =	4320,35

Sentido Longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura del Poste			13,50	
Tiro del conductor (Mfe)	17052,63		13,50	631,57
			RI =	631,57

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \left(\frac{Rl}{2}\right) + \left(\frac{Rt}{8}\right)$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 855,83

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.

CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal	
1.a.	663,96
1.b.	951,79
1.e.	942,77
Carga extraordinaria	
2.a.	855,83

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 951,79 [daN]



Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{3000}{951,79}$$

$$C_s = 3,15 > 3 \text{ VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 855,83 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{3000}{855,83}$$

$$C_s = 3,50 > 2 \text{ VERIFICA}$$

UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h, la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10m$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$hv1 < h \leq 12m$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$hv2 < h \leq 15m$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

$h = 9,65 \text{ [m]}$ (Altura libre a la cruceta inferior)
 $hv1 = 3,50 \text{ [m]}$ (Distancia del 1° vínculo)
 $hv2 = 3,20 \text{ [m]}$ (Distancia del 2° vínculo)

ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

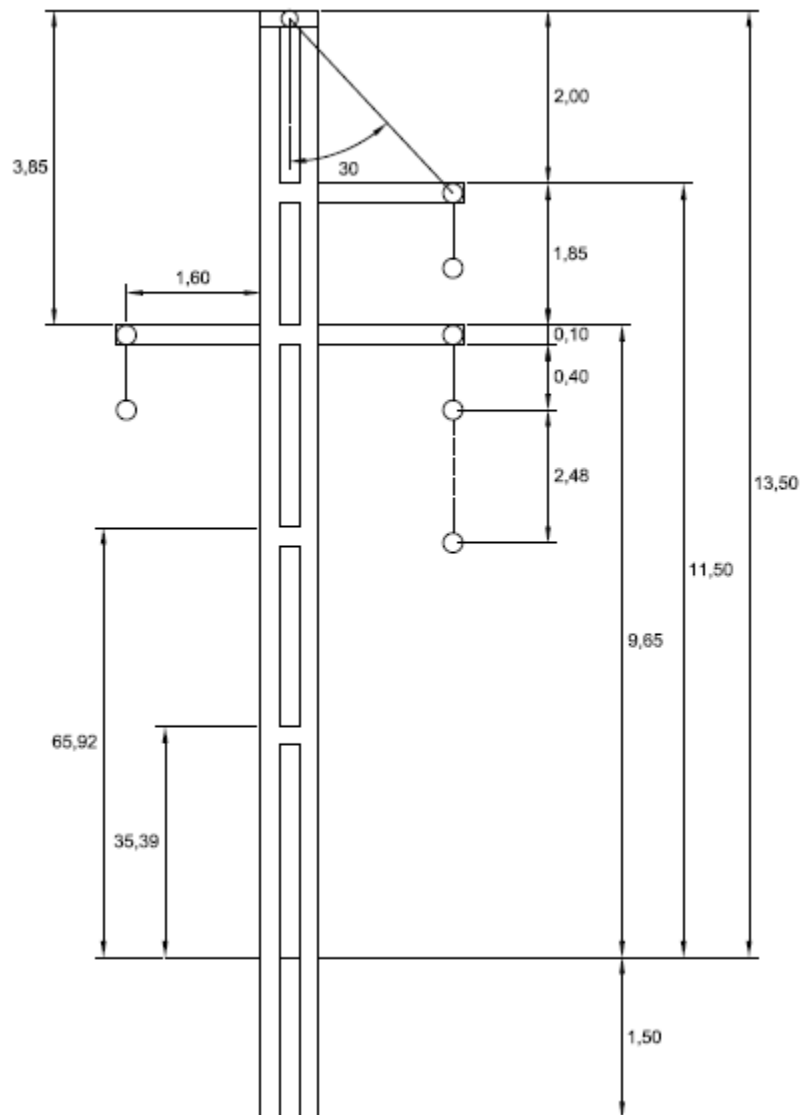
$$h_{\min} \geq 6,50 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 6,85 \text{ [m]} \quad \text{VERIFICA}$$



RETENCIÓN ANGULAR 90° CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL



ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA EN ZONA RURAL

Según la Norma A y EE Anexo II, se desarrollarán las hipótesis de carga, para el cálculo de la estructura.

Se verifica una estructura de hormigón armado formada por:

2 postes de H° A°	15 / R 2400	
1 ménsula	1,10	[m]
1 cruceta	2,20	[m]
Peso de ménsula	130	[daN]
Peso de cruceta	610	[daN]
Longitud del poste	15,00	[m]
Carga rotura del poste	2400	[daN]
Peso aproximado de postes	6000	[daN]
Peso aproximado de accesorios (2 vínculos + 1 hg)	260	[daN]
Peso aproximado de la estructura	6900	[daN]
Longitud del empotramiento	1,50	[m]
Altura libre del poste	13,50	[m]
Diámetro en la cima	0,280	[m]
Diámetro en la sección de empotramiento	0,482	[m]
Diámetro en la base	0,505	[m]
Vano	170	[m]

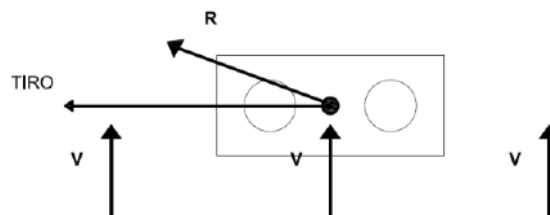
HIPOTESIS DE CARGA

A- CARGA NORMAL

Hip. 1.a) Peso propio y cargas permanentes.

Carga del viento máximo, perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacentes.

Tracciones unilaterales de los conductores.



Cargas transversales:

Carga del viento sobre el conductor:

$$Fh_{cond} = \frac{Fh \times a}{2}$$



Como:

$$a = 170 \text{ [m]}$$

$$F_h = 0,74 \text{ [daN/m]}$$

Tenemos que:

$$F_{hcond} = 63,30 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre el hilo de guardia:

$$F_{hhg} = \frac{F_h \times a}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_h = 0,56 \text{ [daN/m].}$$

Tenemos que:

$$F_{hhg} = 47,60 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre cadena de retención:

$$F_{ha} = 3,54 \text{ [daN]}$$

Carga del viento sobre los postes:

$$F_{hp} = N_p \times P_m \times L \times \frac{(2 \times d + D)}{6}$$

Donde:

N_p = Número de postes.

P_m = presión dinámica sobre el poste con viento máximo [daN/m²].

L = longitud del poste [m].

D = diámetro inferior del poste [m].

d = diámetro superior del poste [m].

Con lo cual para:

$$N_p = 2$$



$$P_m = 48,61 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$L = 13,50 \text{ [m]}$$

$$D = 0,48 \text{ [m]}$$

$$d = 0,28 \text{ [m]}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hp} = 227,49 \text{ [daN]}}$$

Carga del viento sobre crucetas, ménsulas y vínculos:

$$F_{hmc} = P_m \times a \times h$$

Donde:

F_{hmc} = Fuerza del viento sobre vínculos, mensas y crucetas [daN].

P_m = presión dinámica con viento máximo [daN/m²]

a = ancho promedio [m].

h = altura [m].

Con los cual para:

$$P_m = 97,20 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

$$a = 1,50 \text{ [m].}$$

$$h = 0,20 \text{ [m].}$$

Tenemos que:

$$\mathbf{F_{hmc} = 29,16 \text{ [daN]}}$$

Excentricidad de conductor superior:

Peso del conductor:

$$P_{cond} = \frac{F_v \times a}{2}$$

Como:

$$a = 170 \text{ [m].}$$

$$F_v = 0,381 \text{ [daN/m].}$$



Tenemos que:

$$P_{cond} = 32,38 \text{ [daN]}$$

Peso de la cadena de retención:

$$P_a = 3,69 \text{ [daN]}$$

Peso de la ménsula:

$$P_m = 150,00 \text{ [daN]}$$

Longitud de la ménsula:

$$l_m = 1,10 \text{ [m]}$$

Momento flector equivalente:

$$M_e = (P_{cond} + P_a) \times l_m + \frac{P_m \times l_m}{3}$$

Tenemos que:

$$M_e = 94,56 \text{ [daNm]}$$

Cargas longitudinales:

Tiro de los cables a viento máximo:

$$T_{max} = 1043,5 \text{ [daN]}$$

Tiro del hilo de guardia a viento máximo:

$$T_{hg} = 1117,90 \text{ [daN]}$$



Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido transversal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Hilo de guardia		47,60	13,40	47,24
1 Conductor superior		63,30	11,50	53,92
2 Conductores inferiores		126,60	9,65	90,49
1 Cadena superior		3,54	11,50	3,01
2 Cadenas inferiores		7,08	9,65	5,06
2 Postes		227,49	13,50	227,49
Carga ménsula superior		33,33	11,50	28,40
Carga cruceta		33,33	9,65	23,83
Carga vínculo hg		33,33	13,40	33,09
Carga vínculo superior		33,33	6,90	17,04
Carga vínculo inferior		33,33	3,70	9,14
Excéntrico cond. Sup.	94,56		13,50	7,00
			Rt =	531,76

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Tiro Hilo de guardia		1117,90	13,40	1109,62
1 Tiro Conductor superior		1043,50	11,50	888,90
2 Tiro Conductor inferior		2087,00	9,65	1491,81
			RI =	3490,35

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$\text{Resultante en la cima} = \frac{R_t}{2} + \frac{R_l}{8}$$

Tenemos que:

Resultante en la cima [daN] = 702,17

Hip.1.b) Peso propio y cargas permanentes:

Cargas del viento perpendicular a la dirección de la línea, sobre la estructura, los elementos de cabecera y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente.

Tracciones unilaterales de los conductores.

Idem al anterior, ya que no existen cargas adicionales.



B- CARGA EXTRAORDINARIA

Hip.2.a) Peso propio y cargas permanentes:

Anulación de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor excluida la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

Para las hipótesis consideramos que se corta el conductor superior.

Cargas longitudinales:

Anulación del tiro máximo del conductor:

$$T_{\max} = 1043,5 \text{ [daN]}$$

Fuerza resultante en la cima del poste:

Sentido longitudinal:

DESCRIPCION	Momento [daN m]	Resultante [daN]	Altura [m]	Resultante en la cima [daN]
Altura de poste			13,50	
Tiro Hilo de guardia		1117,90	13,40	1109,62
2 Tiro Cond. inferiores		2087,00	9,65	1491,81
			RI =	2601,43

Como la resultante en la cima viene dada por:

$$Resultante \text{ en la cima} = \left(\frac{Rl}{8} \right)$$

Tenemos que:

$$Resultante \text{ en la cima [daN]} = 325,17$$

Hip.2.b) Peso propio y cargas permanentes. Cargas adicionales:

Anulación de la tracción de un conductor, según norma VDE 0210/5.69, PARRAFO 9, APARTADO B) 2.1.2. La carga de tracción será calculada con el valor máximo de tensión del conductor, correspondiente a la hipótesis de hielo.

Fuerzas resultantes de las tracciones de todos los demás conductores.

No es aplicable para éste caso, ya que no existen cargas adicionales.



CONCLUSIÓN:

Hipótesis	Fuerza en la cima [daN]
Carga Normal 1.a.	702,17
Carga extraordinaria 2.a.	325,17

Para la carga normal la fuerza resultante en la cima es: 702,17 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{2400}{702,17}$$

$$C_s = 3,41 > 3 \text{ VERIFICA}$$

Para la carga extraordinaria la fuerza resultante en la cima es: 325,17 [daN]

Obteniendo un coeficiente de seguridad:

$$C_s = \frac{2400}{325,17}$$

$$C_s = 7,38 > 2 \text{ VERIFICA}$$

UBICACIÓN DE LOS VÍNCULOS

Siendo h, la distancia de la ménsula inferior hasta el nivel del suelo, se colocarán:

		hv1	hv2	hv3	hv4
$h \leq 10m$	2 vínculos	$0,365 \times h$	$0,335 \times h$		
$hv1 < h \leq 12m$	3 vínculos	$0,28 \times h$	$0,26 \times h$	$0,24 \times h$	
$hv2 < h \leq 15m$	4 vínculos	$0,23 \times h$	$0,215 \times h$	$0,20 \times h$	$0,185 \times h$

En éste caso tendremos:

h=	9,65 [m]	(Altura libre a la ménsula inferior)
hv1=	3,52 [m]	(Distancia del 1° vínculo)
hv2=	3,23 [m]	(Distancia del 2° vínculo)



ALTURA LIBRE DEL CONDUCTOR CON FLECHA MÁXIMA:

Según las Normas de Vialidad Nacional, en ocupación con instalaciones aéreas en zonas de caminos nacionales, una línea aérea con una tensión de servicio de 33 kV, la distancia mínima libre del conductor inferior al nivel del suelo a respetar es de:

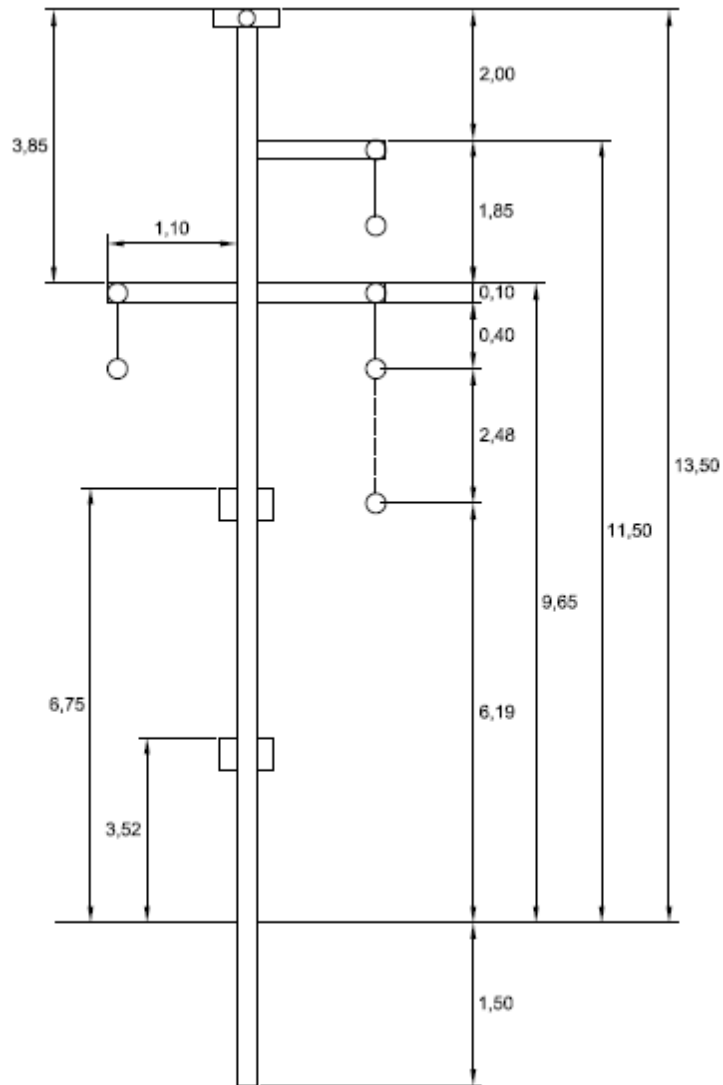
$$h_{\min} \geq 6 \text{ [m]}$$

Con el poste adoptado, tenemos que:

$$h_{\text{libre}} = 6,19 \text{ [m]} \quad \textbf{VERIFICA}$$



ESTRUCTURA TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL





FUNDACIONES

CÁLCULO Y VERIFICACIÓN DE FUNDACIONES DE H°A°:

Datos del terreno:

- Índice de compresibilidad (C): 4,5 [daN/cm³] (a 2 metros de profundidad).
- Peso específico de la tierra (γ_t): 1700 [daN/m³]
- Ángulo de la tierra gravante (β): 8 [grados].
- Tensión admisible del terreno (σ_{adm}): 1,2 [daN/cm²].
- Ángulo de fricción interna (δ): 20 [grados].
- Coeficiente de fricción terreno/hormigón (μ): 0,4.

Se verifica un macizo de hormigón simple de las siguientes características:

Dimensiones:

a= Lado de la base [cm]

e= empotramiento [m]

t= profundidad de la base [cm]

d= diámetro del molde [cm]

Espesor del fondo:

$$ef = t - e \text{ [cm]}$$

Debe verificarse que:

$$ef < \frac{1}{5} t$$

Espesor de pared:

$$ep = \frac{(a-d)}{2} \text{ [cm]}$$

Debe verificarse que:

$$ep > 20 \text{ cm}$$



Momento de encastramiento lateral:

Se determina la tangente del ángulo α para determinar la ecuación a aplicar:

$$\tan \alpha_1 = \frac{4,5 \times \mu \times G}{a \times t^2 \times Ct}$$

Donde:

μ = coeficiente de rozamiento del terreno

Ct = Índice de compresibilidad de las paredes a la profundidad de empotramiento [daN/cm³]

Siendo:

$$Ct = \frac{C \times t}{2}$$

Donde:

C = Índice de compresibilidad a la profundidad de 2 m [daN/cm³].

t = profundidad de la base [cm]

G = Cargas verticales [daN]

Siendo:

$$G = P + Gtg$$

Donde:

$$P = Ppos + Pmens + Pcruc + Pvinc + Paisl + Pherr + Pcond + Phorm$$

Siendo:

$Ppos$ = Peso del poste [daN].

$Pmens$ = Peso de ménsulas [daN].

$Pcruc$ = Peso de la cruceta [daN].

$Pvinc$ = Peso de vínculos [daN].

$Paisl$ = Peso de aisladores [daN].

$Pherr$ = Peso de herrajes [daN].

$Pcond$ = Peso del conductor [daN].

Siendo:

$$Pcond = 3 \times \rho_0 \times a$$



Donde:

ρ_0 = Carga unitaria vertical [daN].

a = vano [m].

P_{horm} = Peso de la base de hormigón [daN].

Siendo:

$$P_{horm} = \gamma h \times V_{horm}$$

Donde:

γh = Peso específico del hormigón [daN/m³].

V_{horm} = Volumen de hormigón [m].

Donde:

$$V_{horm} = V_{base} - V_h$$

Siendo:

V_{base} = Volumen de la base [m³]

Donde:

$$V_{base} = a \times a \times t$$

V_h = Volumen del hueco [m³]

Donde:

$$V_h = \frac{\pi \times d^2}{4} \times e$$

G_t = Peso de la tierra gravante [daN]

Donde:

$$G_g = \left[\frac{t}{3} \cdot \left(a \cdot b + (a + 2t \cdot \tan \beta) \cdot (b + 2t \cdot \tan \beta) + \sqrt{a \cdot b \cdot (a + 2t \cdot \tan \beta) \cdot (b + 2t \cdot \tan \beta)} \right) - a \cdot b \cdot t \right] \gamma_{tierra}$$

Siendo:

γ_t = Peso específico de la tierra [daN/m³]

β = Ángulo de la tierra gravante [grados].



Luego de realizar los cálculos, se verifica que si:

$$\tan \alpha_1 < \tan \alpha = 0,01$$

El momento de la reacción del encastre lateral, para Ct variable, se calcula mediante:

$$M_s = \frac{1,414 \times a \times t^3 \times Ct \times \tan \alpha}{36}$$

Siendo:

$$\tan \alpha = 0,01$$

En el caso en que se verifique que:

$$\tan \alpha_1 > \tan \alpha = 0,01$$

El momento de reacción del encastre lateral, para Ct variable, se calcula mediante:

$$M_s = \frac{1,414 \times a \times t^3 \times Ct \times \tan \alpha}{12}$$

Siendo:

$$\tan \alpha = 0,01$$

Momento de reacción de fondo:

Se determina la tangente del ángulo α para determinar la ecuación a aplicar:

$$\tan \alpha_2 = \frac{1,414 \times G}{a^3 \times Cb}$$

Donde:

Cb= Índice de compresibilidad del fondo a la profundidad de empotramiento [daN/cm³]

Siendo:

$$Cb = \frac{C \times t}{2}$$

Donde:

C= Índice de compresibilidad a la profundidad de 2 m [daN/cm³].

t= profundidad de la base [cm]

Luego de realizar los cálculos, se verifica que si:

$$\tan \alpha_2 < \tan \alpha = 0,01$$



El momento de reacción de fondo se calcula mediante:

$$Mb = G \times \left(0,707 \times a - \frac{1}{2} \times \sqrt[3]{\frac{3 \times G}{Cb \times \tan \alpha}} \right)$$

Siendo:

$$\tan \alpha = 0,01$$

En el caso en que se verifique que:

$$\tan \alpha_2 > \tan \alpha = 0,01$$

El momento de reacción de fondo se calcula mediante:

$$Mb = \frac{a^4 \times Cb \times \tan \alpha}{12}$$

Siendo:

$$\tan \alpha = 0,01$$

Momento de vuelco

Se determina el momento de vuelco del soporte en el sentido longitudinal mediante:

$$Mv = F \times \left(hl + \frac{2}{3} \times t \right)$$

Donde:

F= Fuerza máxima en la cima del poste [daN].

t= Profundidad de la base [m].

hl= Altura libre de poste [m]

Siendo:

$$hl = L - e$$

Donde:

L= Longitud del poste [m].

e= Empotramiento [m].



Coeficiente de seguridad de vuelco

Para determinar el mínimo coeficiente de seguridad al vuelco, se calcula el cociente:

$$\frac{M_s}{M_b}$$

El valor de éste cociente determina el valor mínimo de dicho coeficiente de seguridad:

Ms/Mb	s
0,0	1,500
0,1	1,383
0,2	1,317
0,3	1,260
0,4	1,208
0,5	1,150
0,6	1,115
0,7	1,075
0,8	1,040
0,9	1,017
1 o más	1,000



RESUMEN DE FUNDACIONES DE HORMIGÓN

FUNDACIÓN PARA SOPORTE SOSTÉN CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

SOPORTE SOSTÉN CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA			
a [cm]	150	tan α1	0,0035
b [cm]	150	tan α2	0,0040
t [cm]	180	Ms [daNm]	3436,02
Ct [daN/cm3]	1,35	Mb [daNm]	4508,07
P [daN]	10276,31	Mv [daNm]	5882,26
G [daN]	12814,56	P/A [daN/cm2]	0,46
A [cm2]	22500	S	1,04

Se verifica que:

Ms + Mb	7944,09	>=	6017,38
----------------	---------	--------------	---------

FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

SOPORTE RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA			
a [cm]	220	tan α1	0,0033
b [cm]	120	tan α2	0,0017
t [cm]	180	Ms [daNm]	5039,50
Ct [daN/cm3]	1,35	Mb [daNm]	13603,57
P [daN]	14948,21	Mv [daNm]	6105,56
G [daN]	17785,64	P/A [daN/cm2]	0,57
A [cm2]	26400	S	1,26

Se verifica que:

Ms + Mb	18643,07	>=	7567,03
----------------	----------	--------------	---------



FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA			
a [cm]	220	tan α_1	0,0036
b [cm]	120	tan α_2	0,0019
t [cm]	180	Ms [daNm]	5039,50
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	14191,18
P [daN]	16148,21	Mv [daNm]	13042,88
G [daN]	18985,64	P/A [daN/cm ²]	0,61
A [cm ²]	26400	S	1,26

Se verifica que:

Ms + Mb	19230,68	>=	16164,94
----------------	----------	--------------	----------

FUNDACIÓN PARA SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA			
a [cm]	250	tan α_1	0,0032
b [cm]	120	tan α_2	0,0013
t [cm]	180	Ms [daNm]	5726,70
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	18418,97
P [daN]	16213,81	Mv [daNm]	8548,29
G [daN]	19277,91	P/A [daN/cm ²]	0,54
A [cm ²]	30000	S	1,15

Se verifica que:

Ms + Mb	24145,67	>=	9669,57
----------------	----------	--------------	---------



FUNDACIÓN PARA SOPORTE SOSTÉN CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL

SOPORTE SOSTEN CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL			
a [cm]	160	tan α_1	0.0040
b [cm]	160	tan α_2	0.0039
t [cm]	180	Ms [daNm]	3665,09
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	5819,45
P [daN]	12758,42	Mv [daNm]	7894,93
G [daN]	15420,50	P/A [daN/cm ²]	0.50
A [cm ²]	25600	S	1.07

Se verifica que:

Ms + Mb	9484.54	>=	8332.64
----------------	---------	--------------	---------

FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL

SOPORTE RTENCION RECTA CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL			
a [cm]	220	tan α_1	0,0036
b [cm]	120	tan α_2	0,0019
t [cm]	180	Ms [daNm]	5039,50
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	14258,70
P [daN]	16320,22	Mv [daNm]	6867,84
G [daN]	19127,25	P/A [daN/cm ²]	0,62
A [cm ²]	26400	S	1,15

Se verifica que:

Ms + Mb =	19298,20	>=	7790,56
------------------	----------	--------------	---------



FUNDACIÓN PARA SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA URBANA

SOPORTE RETENCIÓN ANGULAR CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL			
a [cm]	220	tan $\alpha 1$	0,0038
b [cm]	120	tan $\alpha 2$	0,0020
t [cm]	180	Ms [daNm]	5039,50
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	14919,72
P [daN]	17750,22	Mv [daNm]	13858,72
G [daN]	20557,25	P/A [daN/cm ²]	0,67
A [cm ²]	26400	S	1,20

Se verifica que:

Ms + Mb =	19959,21	>=	16404,20
------------------	----------	--------------	----------

FUNDACIÓN PARA SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL

SOPORTE TERMINAL CON HILO DE GUARDIA ZONA RURAL			
a [cm]	250	tan $\alpha 1$	0,0035
b [cm]	120	tan $\alpha 2$	0,0014
t [cm]	180	Ms [daNm]	5726,70
Ct [daN/cm ³]	1,35	Mb [daNm]	19661,95
P [daN]	18105,82	Mv [daNm]	10547,84
G [daN]	21139,52	P/A [daN/cm ²]	0,60
A [cm ²]	30000	S	1,208

Se verifica que:

Ms + Mb	25388,65	>=	12568,43
----------------	----------	--------------	----------



BIBLIOGRAFÍA:

1. Líneas Aéreas de Transmisión de Energía Eléctrica - AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA - Especificación Técnica GC-IE-T- N° 1
2. Reglamentación Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión. AEA 95301.
3. DIN VDE 0210/12.85: Construcción de líneas aéreas de energía eléctrica de tensiones nominales mayores de 1kV (versión en español, por Schiffrer, M. y Bruschi, M. G., de la obra original “VDE 0210 – Bau von Starkstrom – Freileitungen mit Nennspannungen über 1Kv”). 1985.
4. Reglamentación sobre Centros de Transformación y Suministro en Media Tensión. AEA 95401.
5. Reglamento técnico y normas generales para el proyecto y ejecución de obras de electrificación rural. Secretaría de Estado de Energía.
6. Normas IRAM relacionadas (se detallan sólo algunas de ellas):
 - IRAM 1603: Elementos estructurales de hormigón.
 - IRAM 1605: Postes de hormigón pretensado para soporte de instalaciones aéreas.
 - IRAM 1720/1723/1725/1726 y 1727: Ménsulas, crucetas y vínculos de hormigón armado para líneas de media tensión.
7. Material didáctico de cátedras.
 - Bibliografía específica de las cátedras
 - Líneas de Transporte de Energía - Luís María Checa.
 - Estaciones de Transformación y Distribución – Protección de Sistemas Eléctricos - Enciclopedia CEAC de Electricidad - José Ramírez Vázquez.
 - Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia – William D. Stevenson.



ANEXO I:

Estudio de suelo



ANEXO II:

Planos de estructuras



ANEXO III:

Planilla digital de cálculo de costos