



Anexo-15

Cálculo de Estructuras



Tabla de Contenidos

1. Cálculo de estructuras	5
1.1. Memoria de Calculo.....	5
1.2. Definición de las cargas de cálculo.....	8
1.2.1. Cargas según su origen	8
1.2.2. Cargas según condiciones de funcionamiento.....	8
1.2.3. Acciones a considerar.....	9
1.3. Hipótesis de cálculo	10
1.3.1. Estructuras de suspensión.....	10
1.3.2. Estructuras de suspensión angular y angulares.....	12
1.3.3. Estructuras de retención y retención angular.....	15
1.3.4. Estructuras terminales	17
1.4. Cálculo de un poste de suspensión.....	19
1.4.1. Designación del poste.....	19
1.5. Cálculo de un poste Retención Simple	34
1.6. Cálculo de un poste Terminal	57



Lista de Tablas

Tabla 1. Valores de los factores globales de Resistencia de Postes 7



Lista de Figuras

Ilustración 1. Esfuerzos actuantes en piquetes	23
Ilustración 2. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	23
Ilustración 3. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	24
Ilustración 4. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	26
Ilustración 5. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	27
Ilustración 6. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	31
Ilustración 7. Aislador polimérico de Retención	36
Ilustración 8. Ménsula para Piquete de Retención	37
Ilustración 9. Esquema de esfuerzos sobre estructura de retención	39
Ilustración 10. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	39
Ilustración 11. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	41
Ilustración 12. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	43
Ilustración 13. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	45
Ilustración 14. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	47
Ilustración 15. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	48
Ilustración 16. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	50
Ilustración 17. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	52
Ilustración 18. Esfuerzos sobre estructura Terminal	62
Ilustración 19. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	62
Ilustración 20. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima	65



1. Cálculo de estructuras

En este capítulo se realizará la selección y verificación de los postes de hormigón armado para estructuras de suspensión, estructuras angulares, estructuras de retención y estructuras terminales, de acuerdo a los lineamientos de AEA 95301 “Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión”.

1.1. Memoria de Calculo

El proyecto de las estructuras se basará en la aplicación del “Método de factorización de cargas y de resistencias”; debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E * K_c * S \leq \varphi * R_c$$

Donde:

K_E = Factor de carga estructural que tiene en cuenta el apartamiento de la estructura real, respecto al modelo ideal de cálculo y los recaudos constructivos (excentricidades no previstas en nudos y empalmes, falta de alineación de los elementos componentes, excentricidades en la aplicación de las cargas, etc.)

$K_E=1$ Si el comportamiento de la estructura es verificado con ensayos de carga sobre un prototipo a escala natural, representativo de la resistencia de las estructuras a instalar en la obra.

$K_E= 1$ Para estructuras de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.

$K_E= 1.1$ Si no se realizan ensayos sobre un prototipo a escala natural.



K_c = Factor de carga por colapso que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

$K_c = 1$ Para estructuras de suspensión y retenciones de línea.

$K_c = 1.2$ Retenciones angulares y terminales de línea.

$K_c = 1.3$ Estructuras especiales para cruces de ríos navegables o de frontera. Centros de transformación aéreos tipo plataforma y soportes de su equipamiento eléctrico. No incluye a los transformadores de montaje tipo monoposte y su equipamiento; y a equipos de protección y maniobra de línea, instalados sobre postación simple o estructuras de línea (que solo deben ser considerados ante sus cargas estáticas y la presión de viento).

S = Es una sollicitación última, que resulta ser la sollicitación máxima actuante (correspondiente a cargas aleatorias con un periodo de recurrencia T , a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se detalla en el presente capítulo, en función del destino, las condiciones de exposición de la obra y de acuerdo con las hipótesis del proyecto.

$K_E * K_c * S$ = Sollicitación última factorizada.

R_c = Resistencia característica o nominal de los elementos componentes y el de sus uniones. Esta resistencia será determinada empíricamente por cálculo, a partir de los resultados de una serie de ensayos, o establecida como carga de rotura por las normas IRAM de aplicación.

φ = Factor global de resistencia estructural, que depende del tipo de sollicitación a que está sometido el elemento estructural y del material con el que está construido el mismo.



Este coeficiente siempre menor que la unidad, tiene en cuenta la dispersión de la resistencia debido a la calidad de fabricación y montaje de la estructura

Valores de los factores globales de Resistencia

Elemento	Solicitación	ϕ	Observaciones
Postes	Flexión Flexo-Tracción	0.7 a 0.9	Postes simples – Patas traccionadas de pórticos (Notas 1, 2 y 3)
	Flexocompresión Compresión	0.7 a 0.75	Postes múltiples – Patas comprimidas de pórticos (Nota 2)
	Corte. Torsión. Torsión + Corte	0.85	En General
Ménsulas Cruceatas	Flexión	0.9	(Nota 1)
	Corte Torsión Torsión + Corte	0.85	
Riendas y herrajes	Tracción Corte	0.5	Tiene la finalidad de limitar la flexibilidad del conjunto de sujeción

Tabla 1. Valores de los factores globales de Resistencia de Postes

Nota 1: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran “subarmadas”, cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción (ϵ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual o mayor a 0.005. Para esta situación ϕ es igual a 0.9.

Nota 2: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran “sobreamadas”, cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción (ϵ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual o inferior a 0.002. Para esta situación ϕ es igual a 0.7 (armadura transversal con estribos) o 0.75 (armadura transversal con espirales continuos).

Nota 3: Para la zona de transición, comprendidas entre las deformaciones netas de tracción (ϵ) del acero 0.002 y 0.005, el coeficiente ϕ de reducción de resistencia a flexión se calcula de acuerdo a las expresiones:



$\varphi = 0.56 + 0.68 * (\text{estribos})$ y $\varphi = 0.65 + 0.5 * (\text{espirales continuos})$.

1.2. Definición de las cargas de cálculo

1.2.1. Cargas según su origen

Las cargas que actúan sobre una estructura para soporte de línea se agrupan, según su origen, en tres tipos:

- a) Aleatorias: Son las cargas originadas por el viento, los sismos o la formación de hielo, es decir aquellas cuya definición debe realizarse por medios estadísticos.
- b) Permanentes: Son aquellas cargas que pueden determinarse con más exactitud, tales como el peso de los distintos elementos, como ser conductores (cables de guardia, cables o tensores portantes), aisladores, etc. y que pueden considerarse invariables para la determinación del riesgo.
- c) Especiales: Agrupa las solicitaciones cuyo origen se encuentra en el montaje, el mantenimiento o en alguno de los elementos de la línea, como ser conductores, aisladores, etc.,. Estas cargas alcanzan valores máximos y no admiten tratamiento estadístico.

1.2.2. Cargas según condiciones de funcionamiento

Desde el punto de vista de la función, una estructura se dimensionará para responder a distintas clases de requerimientos definidos por las condiciones de servicio a que estará sometida durante su vida útil. Las cargas de cálculo, en consecuencia responderán a condiciones de funcionamiento permanentes o transitorias, a saber:



- a) De servicio: Son las cargas originadas por la acción de elementos exteriores cuya magnitud y recurrencia se ajustará con la importancia de la línea y con la ubicación de la misma, y cargas permanentes cuya magnitud será invariable (tales como peso de los conductores, accesorios, etc.).
- b) De construcción y mantenimiento: En este grupo de cargas se considerarán esfuerzos que aparecen durante el montaje, el mantenimiento o reparación de la línea. Básicamente están dirigidas a evitar accidentes o pérdida de vidas de quienes efectúan las tareas de montaje o mantenimiento.
- c) De contención de fallas: Estas cargas tienen en cuenta fundamentalmente los esfuerzos que aparecen sobre las estructuras en caso de colapso de algún elemento de la línea y tienen como finalidad evitar la propagación de las fallas a los tramos adyacentes de la línea. Esta condición no es de aplicación en estructuras de madera.

1.2.3. Acciones a considerar

- a) Presión del viento sobre los conductores o carga adicional (manguito de hielo).
- b) Presión del viento sobre los aisladores y accesorios.
- c) Presión del viento sobre la estructura.
- d) Acciones horizontales del tiro de los conductores por el ángulo de la línea, desequilibrio de los tiros, rotura de los conductores, etc.
- e) Acción vertical del tiro de los conductores.
- f) Peso de los aisladores y accesorios.
- g) Peso de la estructura.
- h) Peso de hielo sobre la estructura.



i) Sobrecarga adicional de montaje en los puntos de fijación de las cadenas de aisladores o tensores portantes.

j) Sismo, en las condiciones que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Se deberán considerar las interacciones inerciales y las cinemáticas debidas a los corrimientos del terreno.

1.3. Hipótesis de cálculo

Las estructuras se proyectarán para las diferentes condiciones de funcionamiento, con las siguientes combinaciones de cargas:

1.3.1. Estructuras de suspensión

1.3.1.1. Cargas de servicio

a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructura y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores y accesorios en dirección de la línea.

c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes.

e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de



suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %.

1.3.1.2. Cargas de construcción y mantenimiento

a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

1.3.1.3. Cargas de contención de fallas

a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase o el 70 % del tiro a temperatura media anual (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables para conductores simples o haces de conductores. En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual (EDS). No se considera la carga del viento.

Nota 1: Para líneas de clase B y BB y en el caso de emplear sujeciones de conductor de tipo deslizantes, se considera para cada conductor, el valor máximo de tensión mecánica de deslizamiento. El diseño debe garantizar el deslizamiento durante toda su vida útil. No se considera viento.

Nota 2: En el caso de líneas de clase B y C compactas: donde se emplean brazos de suspensión no se aplica.

b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga del viento.



Nota: Para las cargas de contención de falla indicadas en a) y b) corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50 % de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la sollicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor número de ternas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de ternas, de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la sollicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.

1.3.2. Estructuras de suspensión angular y angulares

1.3.2.1. Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.



- d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitud de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aislador rígido. La reducción unilateral del tiro será del 15 % para longitud de cadena mayor a 2.5 m. Para el cable de guardia la reducción unilateral será del 40 %. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- f) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

1.3.2.2. Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 m, aplicadas en cualquiera de los puntos de sujeción, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera el viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), consideradas a temperatura mínima. Cargas de contención de falla
- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de sujeción, equivalente a:
 - i) Estructura de suspensión angular, al 50 % del tiro máximo de una fase o al 70 % del tiro a temperatura media anual (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables, para conductores simples o haces de conductores;



ii) Estructura angular, 100 % del tiro máximo de una fase para conductores simples o haces de conductores. En el caso de cables de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual (EDS). No se considera la carga del viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerados a temperatura mínima.

Nota: Para líneas de clase B y C compactas se debe considerar el esfuerzo a la rotura correspondiente a la tracción del tensor portante considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5.

b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores e cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo del proyecto. No se considera la carga de viento.

Nota: Para las cargas de contención de falla indicadas en a) y b) corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50 % de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la sollicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor número de ternas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de ternas, de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la sollicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.



1.3.3. Estructuras de retención y retención angular

1.3.3.1. Cargas de servicio

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- d) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga del viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.
- e) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.



1.3.3.2. Cargas de construcción y mantenimiento

- a) Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.
- b) Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5. Carga unilateral de todos los conductores (o tensor portante, en líneas compactas de clase B y C), correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5. No se considera viento.

1.3.3.3. Cargas de contención de falla

- a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Fuerzas resultantes de las tracciones de los restantes conductores e cables de guardia. No se considera viento.
- b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores e cables de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

Nota: Para líneas de clase B y C compactas se debe considerar el esfuerzo a la rotura correspondiente a la máxima tracción del tensor portante.



c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo, en el estado que corresponda, igual a $2/3$ para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera la carga de viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C.

1.3.4. Estructuras terminales

1.3.4.1. Cargas de servicio

a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.

b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores en el estado de temperatura mínima.

c) Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.

1.3.4.2. Cargas de construcción y mantenimiento

a) Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5 en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1.5. No se considera viento.



1.3.4.3. Cargas de contención de falla

a) Peso propio y cargas verticales permanentes. Eliminación de una cualquiera o varias tracciones en el estado de mayor sollicitación. No se considera la carga de viento.

b) Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro de todos los conductores e cable de guardia correspondientes a la tracción en el estado de mayor sollicitación. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento.

1.3.4.4. Aclaraciones Generales

a) Viento oblicuo: La verificación con viento oblicuo debe efectuarse para la dirección más comprometida entre las siguientes: 30°, 45° y 60° respecto de la bisectriz del ángulo de la línea.

b) Viento con hielo: En la zona climática “D” el hielo solo se considera sobre conductores y cable de guardia con una densidad de 900 kg/m³. Estas condiciones podrán modificarse, si se dispone de la información específica. El manguito se considerará cilíndrico y con coeficiente aerodinámico igual a 1.

La velocidad del viento a adoptar, es la que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada. Su valor no será inferior a lo especificado en el punto 10.2.2.7 de la norma AEA 95301.

El valor de tracción de conductores a adoptar, es el que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada.

c) Se designa “carga vertical permanente” al peso de los conductores, aisladores y accesorios.



- d) Se designa “carga adicional” al peso del hielo sobre los conductores.
- e) Se designa “ángulo de la línea” al ángulo menor de 180° determinado por la traza de la línea en correspondencia con los vanos adyacentes de un soporte angular.

1.4. Cálculo de un poste de suspensión

1.4.1. Designación del poste

La resistencia del poste se elige de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 9 m para zona urbana.

El poste se designa 15 R750 según IRAM 1586.

Dimensionamiento geométrico

El cabezal se diseña respetando las distancias eléctricas mínimas ya estudiadas.

$R_c := 750 \text{ daN}$ resistencia del poste

$H := 15 \text{ m}$ longitud total del poste

$d := 17 \text{ cm}$ diámetro del poste en la cima

$D := 39 \text{ cm}$ diámetro del poste en el empotramiento

$G_{gp} := 1489 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 1460.709 \text{ daN}$ peso del poste

El poste se designa **15 R750** según IRAM 1586.



Dimensionamiento geométrico

El cabezal se diseña respetando las distancias eléctricas mínimas ya estudiadas.

$$h := 0.9 H = 13.5 \text{ m} \quad \text{altura libre del poste}$$

$$t_1 := 0.1 H = 1.5 \text{ m} \quad \text{empotramiento}$$

$$h_{cs} := 13.41 \text{ m} \quad \text{altura de conductor superior}$$

$$h_{cm} := 12.81 \text{ m} \quad \text{altura de conductor medio}$$

$$h_{ci} := 12.21 \text{ m} \quad \text{altura de conductor inferior}$$

$$L_c := 0.7 \text{ m} \quad \text{distancia del conductor al eje del poste}$$

Hipótesis de carga

Datos

$$a_1 := 100 \text{ m} \quad \text{vano adyacente anterior}$$

$$a_2 := 100 \text{ m} \quad \text{vano adyacente posterior}$$

$$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \quad \text{masa por unidad de longitud del conductor}$$

$$G_{gc} := \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) \cdot \gamma \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 18.639 \text{ daN} \quad \text{peso del conductor}$$

$$G_{ga} := 3.6 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 3.532 \text{ daN} \quad \text{peso del aislador}$$

$$G_{gs} := 5 \text{ kgf} \cdot 0.981 \frac{\text{daN}}{\text{kgf}} = 4.905 \text{ daN} \quad \text{peso de soporte de aislador}$$

$$Q := 0.0613 \quad \text{factor de densidad del aire}$$

$$Z_{pB} := 0.79 \quad \text{factor del terreno para exposición B (de Tabla 10.2-f)}$$



$V := 35 \frac{m}{s}$ velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma)

$F_c := 1$ factor de carga (de Tabla 10.2-b)

$G_W := 1$ factor de ráfaga para conductor y aislador

$G_t := 1$ factor de ráfaga para estructura

$C_{Fc} := 1$ coeficiente de forma para conductor

$C_{Fp} := 0.9$ coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

$d_c := 10.8 \text{ mm}$ diámetro del conductor

$A_c := d_c \cdot \left(\frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) = 10800 \text{ cm}^2$ área del conductor

$A_a := 230.58 \text{ cm}^2$ área del aislador

$D_e := d + \frac{D-d}{H} \cdot h = 36.8 \text{ cm}$ diámetro del poste a nivel del suelo

$A_p := \frac{(d+D_e)}{2} \cdot h = 3.632 \text{ m}^2$ área del poste (fórmula del área de un trapecio)

$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left(\frac{2 \cdot d + D_e}{d + D_e} \right) = 5.922 \text{ m}$ altura del centro de gravedad del poste

Cargas de servicio

a) *"Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".*

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$



$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$

El centro de gravedad del aislador y del soporte se considera en el punto de fijación del conductor.

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$$\psi := 0^\circ \quad \text{ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi) = 50.614 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fa} \cdot A_a \cdot \cos(\psi) = 1.081 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p \cdot \cos(\psi) = 153.172 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 67.191 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p = 214.349 \text{ daN}$$

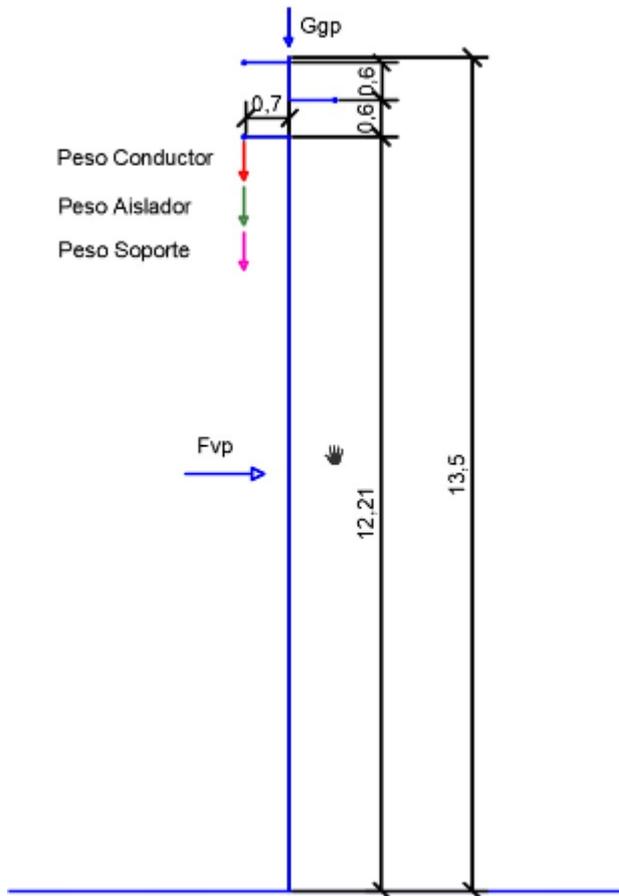


Ilustración 1. Esfuerzos actuantes en piquetes

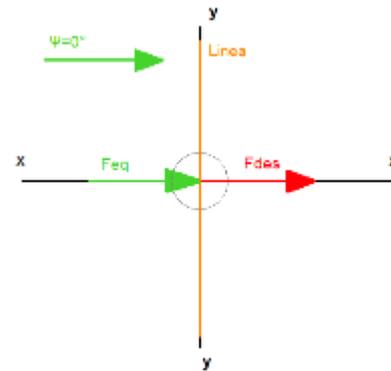


Ilustración 2. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1a} := F_{des} + F_{eq} = 215.753 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo sobre estructuras, aisladores y accesorios en dirección de la línea".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$



$\psi := 90^\circ$ ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_a = 1.081 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p = 153.172 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 67.191 \text{ daN}$$

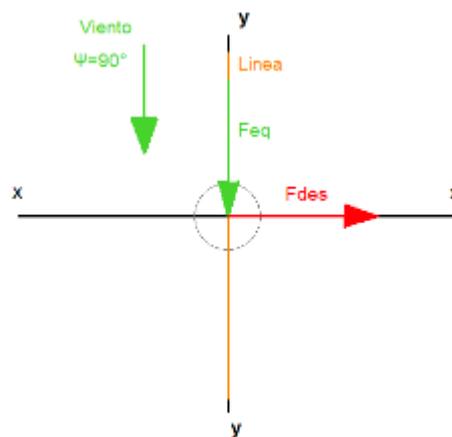


Ilustración 3. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p = 70.267 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima



$$T_{1b} := \sqrt{F_{des}^2 + F_{eq}^2} \quad T_{1b} = 70.281 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$

$\psi := 45^\circ$ ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c = 50.614 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fa} \cdot A_a = 1.081 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := \left(Q \cdot 10 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p = 153.172 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 67.191 \text{ daN}$$



Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cm} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci}}{h} + F_p = 214.349 \text{ daN}$$

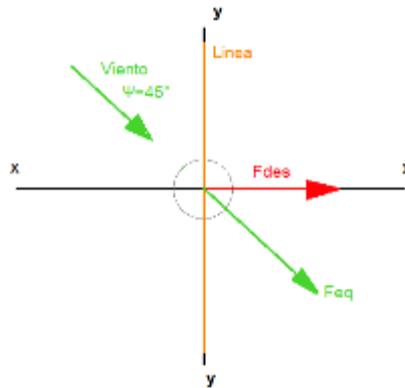


Ilustración 4. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1c} := \sqrt{(F_{des} + F_{eq} \cdot \cos(\psi))^2 + (F_{eq} \cdot \sin(\psi))^2} = 215.344 \text{ daN}$$

d) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes".

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores), de modo que el tiro reducido a la cima es el mismo de la hipótesis a).

$$T_{1d} := T_{1a} = 215.753 \text{ daN}$$

e) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional (por hielo). Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20 % para longitudes de cadena de suspensión hasta 2.5 m o aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15 % del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2.5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será del 40 %".



Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada.

Tiro de los conductores

$$\sigma_{II} := 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II (máxima tensión)}$$

$$S_c := 69.65 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_{II} := \sigma_{II} \cdot S_c = 603.866 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

Tiro de todos los conductores reducido a la cima

$$T_c := \frac{0.2 \cdot T_{II} \cdot (h_{ci} + h_{cm} + h_{cs})}{h} = 343.801 \text{ daN}$$

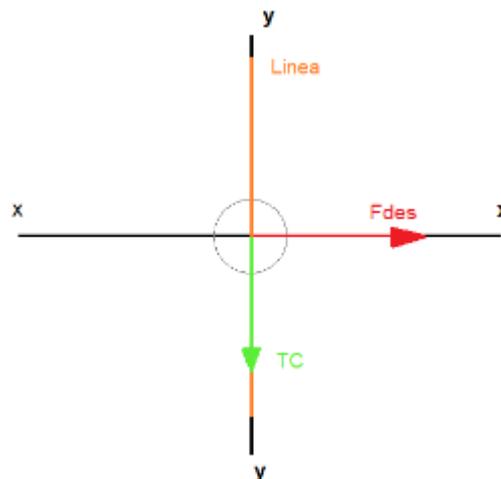


Ilustración 5. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima



Fuerza resultante en la cima

$$T_{1e} := \sqrt{F_{des}^2 + T_c^2} = 343.804 \text{ daN}$$

Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2.5, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos o en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento"

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 5.616 \text{ daN}$$

Para una línea de 33 kV, la sobrecarga adicional es de 100 daN (Tabla 12.1-a).

La carga adicional se considera aplicada en uno de los aisladores.

Carga adicional reducida a la cima

$$F_{ad} := \frac{100 \text{ daN} \cdot L_c}{h} = 5.185 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2a} := F_{des} + F_{ad} \quad T_{2a} = 10.801 \text{ daN}$$

Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50 % del tiro máximo de una fase o el 70 % del tiro a temperatura media anual, el que provoque solicitaciones mas desfavorables para conductores simples o haces de conductores. En el caso del cable de guardia se



aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65 % o al 100 % del tiro a temperatura media anual. No se considera la carga del viento"

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$

Tiro de los conductores

$$\sigma_{II} := 8.67 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II (mínima temperatura)}$$

$$S_c := 69.65 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_{II} := 0.5 \cdot \sigma_{II} \cdot S_c = 301.933 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado V (temperatura media anual)}$$

$$S_c := 69.65 \text{ mm}^2 \quad \text{sección real del conductor}$$

$$T_V := 0.7 \cdot \sigma_V \cdot S_c = 272.54 \text{ daN} \quad \text{tiro máximo de un conductor}$$

Estudiamos el tiro del estado II por ser el de mayor valor.

Carga longitudinal aplicada en conductor inferior

El tiro del conductor inferior en el estado de mínima temperatura, ante una falla,

produce un momento flector:

$$M_f := T_{II} \cdot h_{ca} = 3686.6 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$M_t := T_{II} \cdot L_c = 211.35 \text{ m} \cdot \text{daN}$$



El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 3689.626 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eqI} := \frac{M_c}{h} = 273.306 \text{ daN}$$

Carga longitudinal aplicada en conductor medio

El tiro del conductor medio en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$M_f := T_{II} \cdot h_{cm} = 3867.76 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$M_t := T_{II} \cdot L_c = 211.35 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 3870.644 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eqI} := \frac{M_c}{h} = 286.714 \text{ daN}$$

Carga longitudinal aplicada en conductor superior



El tiro del conductor superior en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$M_f := T_{II} \cdot h_{cs} = 4048.918 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$M_t := T_{II} \cdot L_c = 211.353 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 4051.674 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_{eqs} := \frac{M_c}{h} = 300.124 \text{ daN}$$

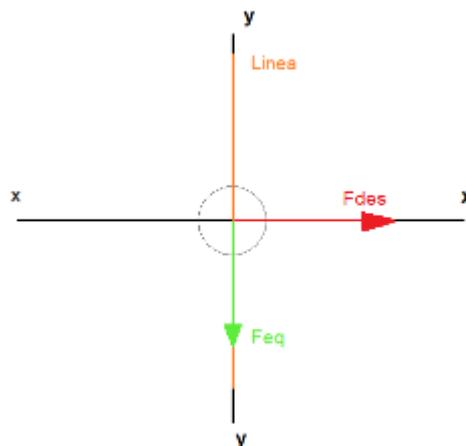


Ilustración 6. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3a} := \sqrt{F_{eqs}^2 + F_{des}^2}$$

$$T_{3a} = 300.127 \text{ daN}$$



b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento".

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c \cdot 2 - (G_{gc} + G_{ga} + G_{gs}) \cdot L_c + G_{gp} \cdot 0}{h} \text{ m}$$

$$F_{des} = 1.404 \text{ daN}$$

No se tienen en cuenta fenómenos sísmicos.

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3b} := F_{des} \quad T_{ab} := 1.8 \text{ daN}$$

Verificación mecánica

Datos

$K_E := 1.1$ factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural

$K_C := 1$ factor de carga por colapso para estructura de suspensión

$\varphi := 0.7$ factor de carga por colapso para estructura de suspensión

$R_c := 750 \text{ daN}$ resistencia del poste



Hipótesis 1a

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{ "verifica" }$$

Hipótesis 1b

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{ "verifica" }$$

Hipótesis 1c

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{ "verifica" }$$

Hipótesis 1d

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1d} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{ "verifica" }$$

Hipótesis 1e

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1e} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{ "verifica" }$$



Hipótesis 2a

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 3a

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 3b

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} = \text{"verifica"}$$

1.5. Cálculo de un poste Retención Simple

Designación del poste

La resistencia del poste se elije de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 9 m para zona urbana.

$$R_e := 3000 \text{ daN} \quad \text{resistencia a rotura}$$

$$H := 12 \text{ m} \quad \text{altura total del poste}$$

$$h := 0.9 \cdot H = 10.8 \text{ m} \quad \text{altura libre}$$



$G_{gp} := 2350 \text{ daN}$	peso
$c := 15 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	conicidad
$d := 26 \text{ cm}$	diámetro en la cima
$D := d + h \cdot c = 42.2 \text{ cm}$	diámetro en el empotramiento
$D_B := d + H \cdot c = 0.44 \text{ m}$	diámetro en la base
$A_P := \frac{d + D}{2} \cdot h = 3.683 \text{ m}^2$	área del poste
$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left(\frac{2 \cdot d + D}{d + D} \right) = 4.972 \text{ m}$	altura al centro de gravedad
$C_{Fp} := 0.9$	coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

El poste se designa 12 R2100 según IRAM 1586.

Se adopta la disposición coplanar horizontal.

Elementos de cabecera

Aisladores

$L := 480 \text{ mm}$	longitud
$d_{Ai} := 30 \text{ mm}$	diámetro del núcleo
$d_{Ae} := 88 \text{ mm}$	diámetro exterior del aislador
$A_{A1} := 17000 \text{ mm}^2$	área aislador a lo largo de la línea
$A_{A2} := 2600 \text{ mm}^2$	área aislador de frente
$\gamma_A := 0$	ángulo sobre la horizontal
$G_A := 1.47 \text{ daN}$	peso

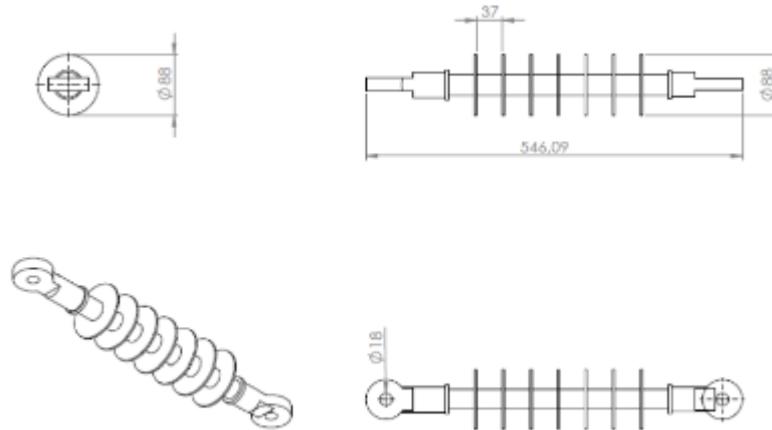


Ilustración 7. Aislador polimérico de Retención

Ménsula

$$G_M := 154 \text{ daN}$$

Peso

$$L_{total} := 2 \text{ m}$$

largo total

$$L_{Nom} := 1.8 \text{ m}$$

largo nominal

$$h_M := 200 \text{ mm}$$

altura ménsula frente

$$A_{M1} := 2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m} = 0.3 \text{ m}^2$$

área ménsula frente

$$A_{M2} := 20 \text{ cm} \cdot 50 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}^2$$

área ménsula lateral

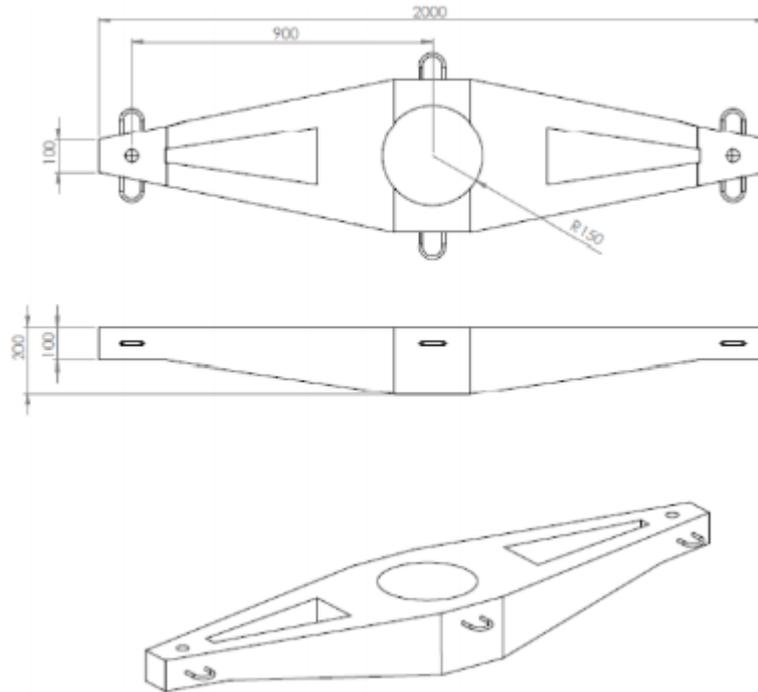


Ilustración 8. Ménsula para Piquete de Retención

Conductor

$$a_1 := 100 \text{ m}$$

vano anterior

$$a_2 := 91 \text{ m}$$

vano posterior

$$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 186.2 \frac{\text{daN}}{\text{km}}$$

peso específico conductor

$$G_{CC} := \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \gamma = 17.782 \text{ daN}$$

peso del conductor

$$d_C := 10.8 \text{ mm}$$

diámetro del conductor

$$A_C := d_C \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} = 1.031 \text{ m}^2$$

área



$$d_{hielo} := 900 \frac{daN}{m^3}$$

densidad del hielo

Fuerza del viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$$Q := 0.0613 \cdot 10 \frac{kg}{m^3}$$

factor de densidad del aire

$$V := 35 \frac{m}{s}$$

velocidad del viento de cálculo (de Anexo C de la norma)

$$G_W := 1$$

factor de ráfaga para conductor y aislador

$$G_t := 1$$

factor de ráfaga para estructura

$$Z_{pB} := 0.79$$

factor del terreno para exposición B (de tabla 10.2-f)

$$F_C := 1$$

factor de carga

$$C_{Fc} := 1$$

coeficiente de forma para conductor

$$C_{Fp} := 0.9$$

coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

Hipótesis de carga

Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de



los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores"

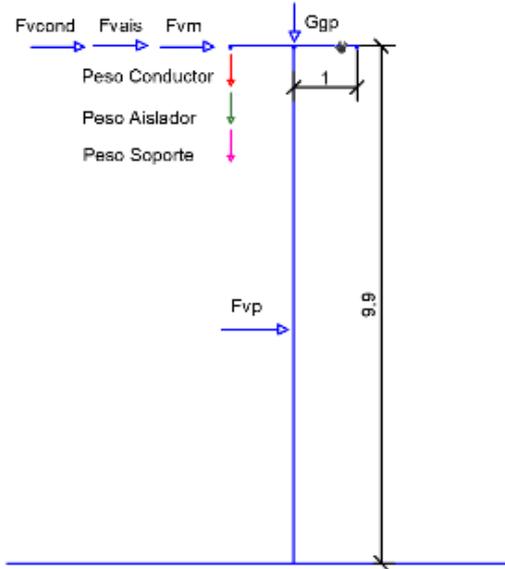


Ilustración 9. Esquema de esfuerzos sobre estructura de retención

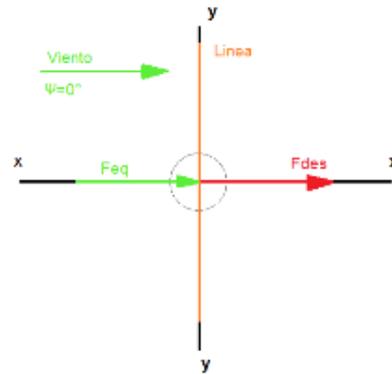


Ilustración 10. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ N}$$

Viento

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.



$\psi := 0^\circ$ ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fe} \cdot A_{A1} = 0.797 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 155.336 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M2} = 4.687 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 48.337 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_p + F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h}{h}$$

$$F_V = 225.995 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante



$$F_{1a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultabte total

$$T_{1a} := \sqrt{F_{1a}^2 + F_V^2} = 225.995 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores"

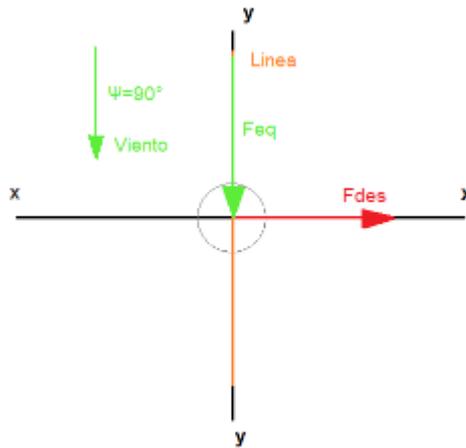


Ilustración 11. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$



Viento

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAisl1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A2} = 0.122 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p = 155.336 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M1} = 14.06 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := 0 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_V := \frac{6 \cdot F_{VAisl1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_p + F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h}{h}$$

$$F_V = 86.309 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima



Resultante desequilibrante

$$F_{1b} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1b} := \sqrt{F_{1b}^2 + F_V^2} = 86.309 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".

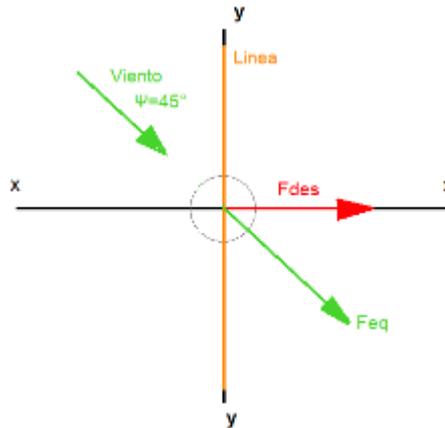


Ilustración 12. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} := 0 \text{ N}$$



Viento

$\psi := 45^\circ$ ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza sobre aisladores

$$F_{VAis1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{A1} = 0.797 \text{ daN}$$

Fuerza sobre poste

$$F_{VPost1} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_P = 155.336 \text{ daN}$$

Fuerza sobre ménsula

$$F_{VMens} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_t \cdot C_{Fc} \cdot A_{M1} = 14.06 \text{ daN}$$

Fuerza sobre el conductor

$$F_{VCond} := Q \cdot (Z_{pB} \cdot V)^2 \cdot F_C \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_C \cdot \cos(\psi)^2 = 24.168 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{Vx} := \frac{\cos(\psi) \cdot (6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_p + F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h)}{h} = 115.162 \text{ daN}$$

$$F_{Vy} := \frac{\sin(\psi) \cdot (6 \cdot F_{VAis1} \cdot h + F_{VPost1} \cdot h_p + F_{VMens} \cdot h + 3 \cdot F_{VCond} \cdot h)}{h} = 115.162 \text{ daN}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Des2} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima



Resultante desequilibrante

$$F_{1c} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1c} := \sqrt{F_{Vy}^2 + F_{Vx}^2} = 162.863 \text{ daN}$$

d) "Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional (por hielo). Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores".

No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada, de modo que el tiro resulta el mismo de la hipótesis a).

$$T_{1d} := T_{1a}$$

$$T_{1d} = 225.995 \text{ daN}$$

e) "Peso propio y cargas permanentes. Tracciones unilaterales máximas en todos los conductores en el estado de temperatura mínima".

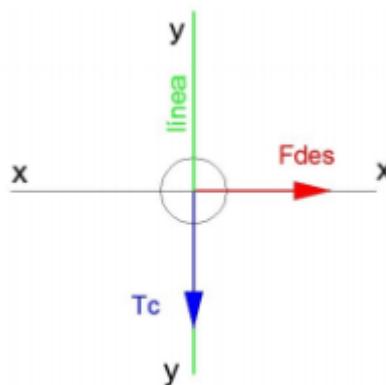


Ilustración 13. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima



Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_{II} := 8.73 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión mecánica del estado II para un vano de 91 m (minima temp.)

$$S_C := 70 \text{ mm}^2$$

sección del conductor

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{3 \cdot S_C \cdot \sigma_{II} \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 1833.3 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{1e} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Des2}^2} = 0 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{1e} := \sqrt{F_{1e}^2 + F_{Res}^2}$$

$$T_{1e} = 1833.3 \text{ daN}$$



Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios o todos los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima. No se considera viento"

$$G_{Mon} := 200 \text{ daN}$$

carga de montaje

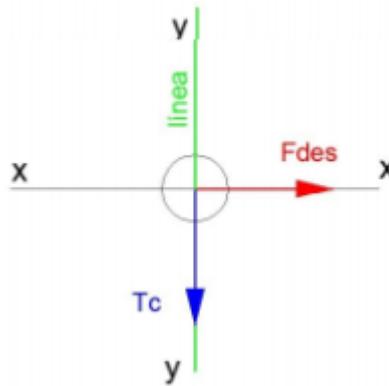


Ilustración 14. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{2.5 \cdot (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + G_M \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 16.844 \text{ daN}$$

Tracción de conductores



Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$T_{2a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2}$$

$$T_{2a} = 16.844 \text{ daN}$$

b) "Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".

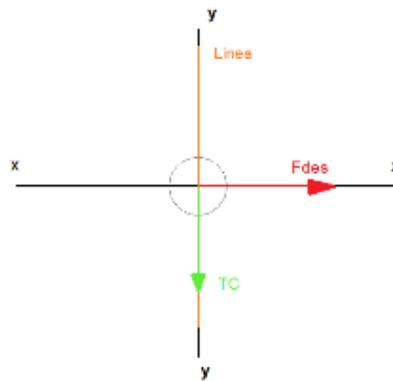


Ilustración 15. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{2.5 \cdot (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + G_M \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 16.844 \text{ daN}$$



Tracción de conductores

$$\sigma_V := 5.59 \frac{daN}{mm^2}$$

tensión mecánica del estado V (temperatura media anual)

$$S_C := 70 \text{ mm}^2$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{1.5 \cdot 3 \cdot S_C \cdot \sigma_V \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 1760.85 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{2b} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2} = 1760.931 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{2b} := \sqrt{F_{2b}^2 + F_{Des1}^2}$$

$$T_{2b} = 1761.011 \text{ daN}$$

Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. No se considera viento".

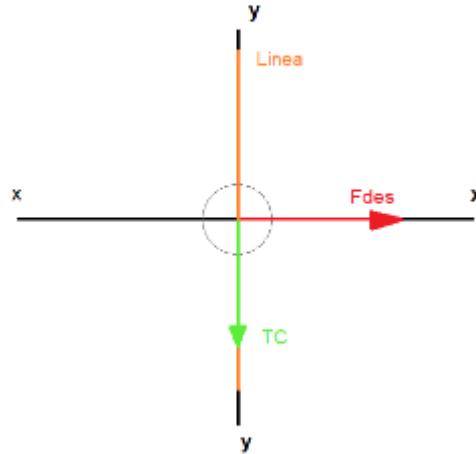


Ilustración 16. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

Se selecciona la tensión correspondiente al estado II por ser la de mayor valor.

$$\sigma_{II} := 8.73 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \quad \text{tensión mecánica del estado II para un vano de 91 m (mínima temp.)}$$

$$S_C := 70 \text{ mm}^2 \quad \text{sección del conductor}$$

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$T_{II} := \frac{S_C \cdot \sigma_{II} \cdot h}{h}$$

$$T_{II} = 611.1 \text{ daN}$$



Estudiamos el tiro del estado II por ser el de mayor valor.

El tiro de un conductor en el estado de mínima temperatura, ante una falla, produce un momento flector:

$$M_f := T_{II} \cdot h = 6599.88 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

Y el momento torsor resulta:

$$M_t := T_{II} \cdot L_{Nom} = 1099.98 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot \left(M_f + \sqrt{M_f^2 + M_t^2} \right) = 6645.399 \text{ m} \cdot \text{daN}$$

El tiro equivalente reducido en la cima será:

$$F_a := \frac{M_c}{h} = 615.315 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$T_{3a} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_a^2} = 615.315 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento".



Como se considera una zona no sismica el valor de las fuerzas inerciales se considera nulo, asi mismo por ser una estructura de suspensión las fuerzas resultantes del tiro de los conductores tambien son nulas.

Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{3b} = 0 \text{ daN}$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tiro unilateral máximo igual a 2/3 para líneas horizontales o por corte del conductor superior (el que ocasione el mayor esfuerzo). No se considera viento. No es requisito obligatorio para líneas superiores a la clase C"

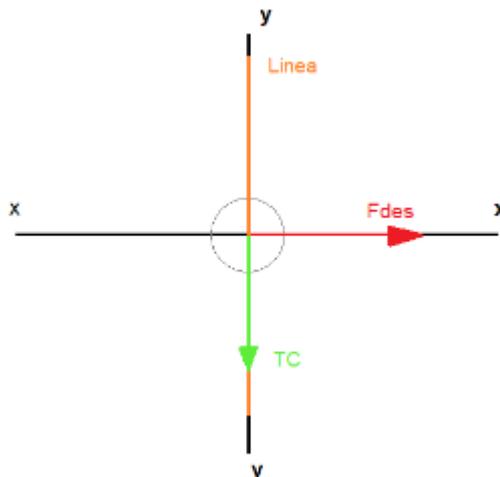


Ilustración 17. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima



Cargas verticales

$$F_{Des1} := \frac{-(G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot \frac{L_{Nom}}{2} + (G_{GC} + G_A) \cdot 0 \text{ m} + (G_{GC} + G_{gp}) \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{Des1} = 0 \text{ daN}$$

Tracción de conductores

$$\sigma_{II} := 8.73 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión mecánica del estado II para un vano 91 m (mínima temp.)

$$S_C := 70 \text{ mm}^2$$

Sección del conductor

Fuerza resultante de tracción del conductor

$$F_{Res} := \frac{\frac{3}{4} \cdot 3 \cdot S_C \cdot \sigma_V \cdot h}{h}$$

$$F_{Res} = 880.425 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

Resultante desequilibrante

$$F_{3c} := \sqrt{F_{Des1}^2 + F_{Res}^2} = 880.425 \text{ daN}$$

Resultante total

$$T_{3c} := F_{3c}$$

$$T_{3c} = 880.425 \text{ daN}$$



Verificación mecánica

Datos

$K_E := 1.1$ factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos un prototipo a escala natural

$K_C := 1$ factor de carga por colapso para estructura de retención de línea

$\varphi := 0.9$ factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción

$R_c := 3000 \text{ daN}$ Resistencia del poste

Hipótesis 1a

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
    
```

Hipótesis 1b

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
    
```

Hipótesis 1c

```

if  $K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c$  = "verifica"
    || "verifica"
else
    || "no verifica"
}
    
```



Hipótesis 1d

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1d} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{“verifica”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“no verifica”} \end{array} = \text{“verifica”}$$

Hipótesis 1e

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1e} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{“verifica”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“no verifica”} \end{array} = \text{“verifica”}$$

Hipótesis 2a

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{“verifica”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“no verifica”} \end{array} = \text{“verifica”}$$

Hipótesis 2b

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{2b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{“verifica”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“no verifica”} \end{array} = \text{“verifica”}$$

Hipótesis 3a

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{“verifica”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“no verifica”} \end{array} = \text{“verifica”}$$



Hipótesis 3b

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \Bigg| = \text{ "verifica" }$$

Hipótesis 3c

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3c} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \Bigg| = \text{ "verifica" }$$

Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones de servicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la solicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o solicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual (Fn), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal (Rc) con la siguiente expresión:

$$F_N := 0.4 \cdot R_c = 1200 \text{ daN}$$

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C$$

$$T_{per} = 1173.9 \text{ daN}$$



```

if  $T_{per} \leq F_N$  | = "verifica"
  || "verifica"
else
  || "no verifica"

```

1.6. Cálculo de un poste Terminal

Designación del poste

La resistencia del poste se elije de modo tal de cumplir con las verificaciones mecánicas de resistencia para todas las hipótesis estudiadas.

La altura total del poste surge del dimensionamiento del cabezal y del estudio de planialtimetría, donde se tuvo en cuenta la flecha máxima obtenida en el cálculo mecánico de los conductores y la altura libre establecida en 7 m para zona rural.

$R_c := 3750 \text{ daN}$ resistencia del poste

$H := 11 \text{ m}$ longitud total del poste

$G_{gp} := 2350 \text{ daN}$ peso del poste

$d := 32 \text{ cm}$ diámetro del poste en la cima

$D := d + 0.015 \cdot (0.9 \cdot H)$ diámetro del poste en el empotramiento (conicidad de 1.5 cm/m)

$D = 0.469 \text{ m}$

El poste se designa 11 R2700 según IRAM 1586



Dimensionamiento geométrico

El cabezal se diseña respetando las distancias eléctricas mínimas ya estudiadas.

$$h := 0.9 \cdot H = 9.9 \text{ m}$$

altura libre del poste

$$t_1 := 0.1 \cdot H = 1.1 \text{ m}$$

empotramiento (para poste de hormigón es el 10 % de H)

$$h_{cs} := 9.85 \text{ m}$$

altura de conductor superior

$$h_{ci} := 9.85 \text{ m}$$

altura de conductor inferior

$$L_{nom} := 1 \text{ m}$$

distancia de conductor exterior al eje del poste

Hipótesis de carga

Datos

$$a := 42 \text{ m}$$

vano adyacente

$$\gamma := 190 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$$

masa por unidad de longitud del conductor

$$G_{gc} := \frac{a}{2} \cdot \gamma \cdot g = 3.913 \text{ daN}$$

peso del conductor

$$G_{ga} := 1.47 \text{ daN}$$

peso del aislador

$$Q := 0.613 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

factor de densidad del aire

$$Z_{pC} := 1.09$$

factor del terreno para exposición C (de Tabla 10.2-f)

$$V := 35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

velocidad de viento de cálculo (de Anexo C de la norma)

$$F_c := 1$$

factor de carga (de Tabla 10.2-b)

$$G_W := 1$$

factor de ráfaga para conductor y aislador

$$G_t := 1$$

factor de ráfaga para estructura



$C_{Fc} := 1$ coeficiente de forma para conductor

$C_{Fp} := 0.9$ coeficiente de forma para poste (de Tabla 10.2-e)

$d_c := 10.8 \text{ mm}$ diámetro del conductor

$A_c := d_c \cdot \left(\frac{a}{2}\right) = 2268 \text{ cm}^2$ área del conductor

$A_a := 0.017 \text{ m}^2$ área del aislador

$A_p := \frac{(d+D)}{2} \cdot h = 3.903 \text{ m}^2$ área del poste (fórmula del área de un trapecio)

$h_p := \frac{h}{3} \cdot \left(\frac{2 \cdot d + D}{d + D}\right) = 4.639 \text{ m}$ altura del centro de gravedad del poste (fórmula para el trapecio)

Datos de la ménsula

$L_M := 2 \text{ m}$ longitud de la ménsula

$G_M := 151.074 \text{ daN}$ peso de la ménsula

$A_{M0} := 200 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}^2$ área de la ménsula

Cargas de servicio

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga del viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructuras y sobre la semilongitud de conductores de ambos vanos adyacentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores."

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2517.223 \text{ daN}$$



Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$$\psi := 0^\circ \quad \text{ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea}$$

Fuerza del viento sobre los conductores

$$F_{cB} := 3 \cdot Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 60.704 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre los aisladores

$$F_{aB} := 3 \cdot Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fa} \cdot A_a = 4.55 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_p = 313.4 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 146.863 \text{ daN}$$



Fuerza del viento sobre la ménsula

$$F_{vM} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{M0} = 24.089 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs}}{h} + F_{vM} + F_p$$

$$F_{eq} = 300.8 \text{ daN}$$

Tracciones unilaterales de todos los conductores

$$\sigma_{IIIc} := 10.75 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

tensión para el estado III exposición C

$$S_C := 69.65 \text{ mm}^2$$

sección real del conductor

$$T_{YY1a} := 3 \cdot \sigma_{IIIc} \cdot S_C = 2246.213 \text{ daN}$$

tiro unilateral de los conductores

$$T_{XX1a} := F_{eq}$$

tiro de los esfuerzos en eje XX

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1a} := \sqrt{(T_{YY1a}^2 + T_{XX1a}^2)}$$

$$T_{1a} = 2266.264 \text{ daN}$$

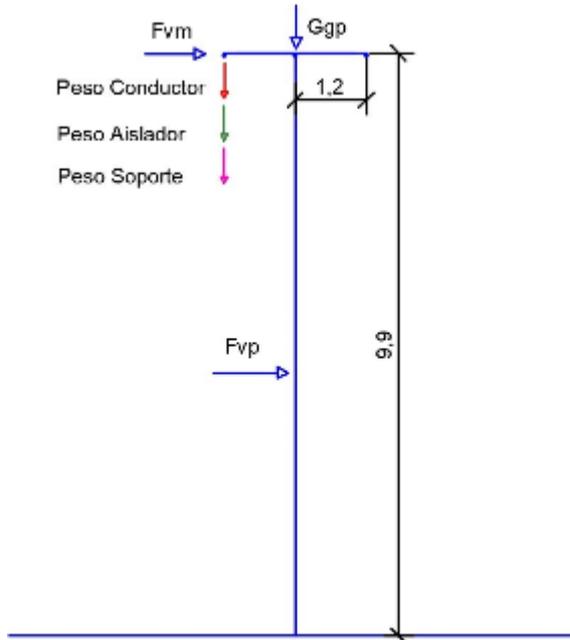


Ilustración 18. Esfuerzos sobre estructura Terminal

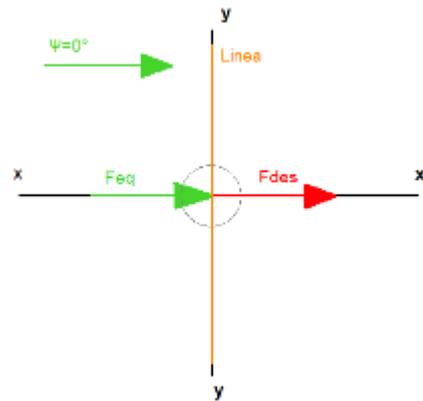


Ilustración 19. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Tracciones unilaterales de todos los conductores en el estado de temperatura mínima".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2517.223 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$



Tracción unilaterales de todos los conductores en estado de mínima temperatura

$$\sigma_{II} := 8.68 \frac{daN}{mm^2}$$

tensión para el estado II

$$T_{YY2a} := 3 \cdot \sigma_{II} \cdot S_C = 1813.686 daN$$

tiro unilateral de los conductores

Fuerza resultante en la cima

$$T_{1b} := T_{YY2a}$$

$$T_{1b} = 1813.686 daN$$

c) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Carga adicional. Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de conductores del vano adyacente"

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2517.223 daN$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las cargas verticales.

$$F_{des} := \frac{(G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 m + G_{gp} \cdot 0 m + G_M \cdot 0 m}{h}$$

$$F_{des} = 0 daN$$



Carga del viento reducida a la cima: es un esfuerzo en la cima del poste que produce el mismo momento en la base del poste (a nivel del suelo) que las fuerzas del viento sobre el poste, conductores y aisladores.

$\psi := 90^\circ$ ángulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Fuerza del viento sobre conductor

$$F_{cB} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_c \cdot \cos(\psi)^2 = 0 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre aislador

$$F_{aB} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_a = 1.517 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_W \cdot C_{Fc} \cdot A_p = 348.222 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre el poste reducida a la cima

$$F_p := \frac{F_{vp} \cdot h_p}{h} = 163.181 \text{ daN}$$

Fuerza del viento sobre la ménsula

$$F_{vM} := Q \cdot (Z_{pC} \cdot V)^2 \cdot F_c \cdot G_t \cdot C_{Fp} \cdot A_{M0} = 24.089 \text{ daN}$$

Carga del viento reducida a la cima

$$F_{eq} := \frac{(F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{ci} + (F_{cB} + F_{aB}) \cdot h_{cs}}{h} + F_{vM} + F_p$$

$$F_{eq} = 190.288 \text{ daN}$$



No se considera carga adicional (peso del hielo sobre conductores) en la zona estudiada.

$$T_{1c} := 0 \text{ daN}$$

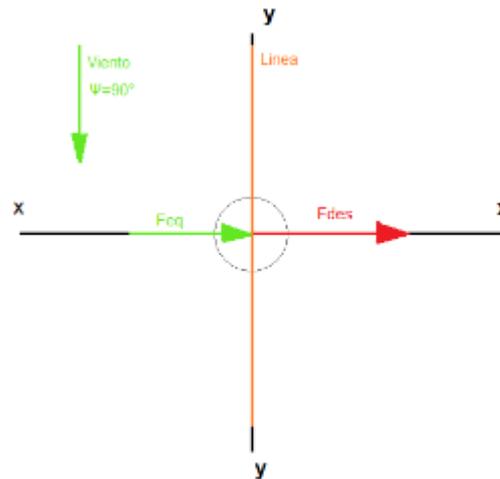


Ilustración 20. Sentido de los esfuerzos reducidos a la cima

Cargas de construcción y mantenimiento

a) "Peso propio. Cargas verticales permanentes con un factor de carga de 2,5 en cualquiera de los puntos de sujeción de fase o cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción de tensado considerada a temperatura media anual con un factor de carga de 1,5. No se considera viento".

Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp}$$

$$G = 2517.223 \text{ daN}$$



Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m} + G_{gp} \cdot 0 \text{ m} + G_M \cdot 0 \dots}{h}$$

$$F_{des} = 0.816 \text{ daN}$$

Para una línea de 33 kV (Retención), la sobrecarga adicional es de 200 daN

(Tablac12.1-a). La carga adicional se considera aplicada en los puntos de fijación de los conductores.

Carga adicional reducida a la cima

$$F_{ad} := \frac{200 \text{ daN} \cdot L_{nom} - 200 \text{ daN} \cdot L_{nom} + 200 \text{ daN} \cdot 0 \text{ m}}{h} = 0 \text{ daN}$$

Fuerza resultante en la cima

$$T_{2a} := F_{des} + F_{ad} = 0.816 \text{ daN}$$

Tiro de los conductores

$$\sigma_V := 5.59 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$$

$$T_{cond} := 1.5 \cdot 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C = 1752.046 \text{ daN}$$

$$T_{2a} := T_{cond} = 1752.046 \text{ daN}$$

Cargas de contención de fallas

a) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Eliminación de una cualquiera o varias tracciones en el estado de mayor sollicitación. No se considera la carga del viento."



Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp} = 2517.223 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot ((G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m}) + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Sumatoria de momentos en YY (Momento Flector)

$$M_{YY} := 2 \cdot S_C \cdot \sigma_{III} \cdot h = 14825.003 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Sumatoria de momentos en ZZ (Momento Torsor)

$$M_{ZZ} := S_C \cdot \sigma_{II} \cdot L_{nom} = 604.562 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

El efecto combinado de ambos momentos puede evaluarse como un momento

flector, que llamamos momento combinado:

$$M_c := 0.5 \cdot (M_{YY} + \sqrt{M_{YY}^2 + M_{ZZ}^2}) = 14831.163 \text{ daN} \cdot \text{m}$$

Tiro reducido a la cima

$$T_{3a} := \frac{M_c}{h} = 1498.097 \text{ daN}$$

b) "Peso propio y cargas verticales permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera la carga de viento".



Peso propio y cargas verticales permanentes.

$$G := 3 \cdot G_{gc} + 3 \cdot G_{ga} + G_M + G_{gp} = 2517.223 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

$$F_{des} := \frac{2.5 \cdot ((G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} - (G_{gc} + G_{ga}) \cdot L_{nom} + (G_{gc} + G_{ga}) \cdot 0 \text{ m}) + G_{gp} \cdot 0 \text{ m}}{h}$$

$$F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Cargas desequilibradas reducidas a la cima

No se tienen en cuenta fenómenos sísmicos.

$$T_{3b} := F_{des} = 0 \text{ daN}$$

Verificación mecánica

datos

$K_E := 1.1$ factor de carga estructural para un poste en el que no se realiza ensayos de un prototipo a escala natural

$K_C := 1.2$ factor de carga por colapso para estructura de retención

$\varphi := 0.9$ factor global de resistencia estructural. De Tabla 12.6-c para sollicitación a la flexión y flexo-tracción

$R_c := 3750 \text{ daN}$ Resistencia del poste



Hipótesis 1a

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 1b

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 1c

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{1c} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 2a

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{2a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{"verifica"}$$

Hipótesis 3a

$$\left. \begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3a} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \right| = \text{"verifica"}$$



Hipótesis 3a

$$\begin{array}{l} \text{if } K_E \cdot K_C \cdot T_{3b} \leq \varphi \cdot R_c \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \Bigg| = \text{ "verifica" }$$

Condición de Servicialidad

Se entienden como tales las condiciones respecto a la fisuración y los desplazamientos admisibles que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones de servicio cuasi-permanentes (a temperatura media anual) con valores que son inferiores a la solicitación última factorizada.

Las condiciones de servicialidad se establecen para una carga o solicitación de "frecuencia normal" o a temperatura media anual (F_N), cuyo valor máximo se determinará como un porcentaje de la resistencia nominal (R_c) con la siguiente expresión:

$$F_N := 0.4 \cdot R_c$$

Tiro permanente

$$T_{per} := 3 \cdot \sigma_V \cdot S_C = 1168.031 \text{ daN}$$

$$F_N := 0.4 \cdot R_c = 1500 \text{ daN}$$

$$\begin{array}{l} \text{if } T_{per} \leq F_N \\ \quad \parallel \text{ "verifica" } \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{ "no verifica" } \end{array} \Bigg| = \text{ "verifica" }$$