 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

REGLAMENTACION PARA LA EJECUCIÓN DE LINEAS AEREAS EXTERIORES DE MEDIA Y ALTA TENSION

1. OBJETO

Esta reglamentación fija y establece los requerimientos básicos de seguridad y las condiciones para el proyecto de líneas aéreas exteriores de transmisión de energía eléctrica (en adelante “líneas”), con tensiones nominales entre fases mayores a 1 kV y menores o iguales a 800 kV en corriente alterna.

Para líneas de transmisión en corriente continua los requisitos de distancias serán los mismos enunciados en ésta para una línea de tensión de cresta fase – tierra, numéricamente igual a la de corriente continua.

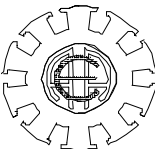
2. ALCANCE

Alcanza a todas las líneas a desarrollarse para la distribución o la utilización puntual de la energía eléctrica, tanto en áreas públicas como privadas.

Establece parámetros, prescripciones y condiciones de seguridad mínimas que se deben observar en sus proyectos y construcciones, o en la transformación de líneas aéreas existentes.

En el caso de instalaciones de emergencia temporarias se pueden considerar otras condiciones de seguridad, como las distancias establecidas en el punto 7.1.12.- y siguientes.

Esta reglamentación no debe ser entendida o considerada como una especificación de diseño o como un manual de instrucciones.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

3. CAMPO DE APLICACION

El campo de aplicación de esta reglamentación abarca a todos los tipos constructivos de líneas para transporte y distribución de energía eléctrica, sean estas desarrolladas en zonas urbanas, suburbanas o rurales.

Esta reglamentación no es de aplicación en líneas de contacto para tracción eléctrica.

Se desaconseja el empleo de líneas monofásicas con retorno por tierra.

4. NORMAS PARA CONSULTA

National Electric Safety Code (NESC)

ASCE Standards (Guías de proyecto)

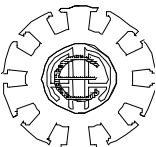
CIRSOC (Centro de Investigación de Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles – INTI).

5. DEFINICIONES

5.1. VOCABULARIO

5.1.1. Líneas Eléctricas Aéreas Exteriores: Son las líneas instaladas al exterior sobre del terreno, constituidas por conductores desnudos o cables (protegidos o aislados), con sus correspondientes aisladores, accesorios y sostenes. Se definen en el punto 5.2 .

5.1.2. Tensión nominal de la línea: Es el valor convencional de tensión con el cual se la denomina y al cual se refieren los datos de funcionamiento, con excepción de la aislación. Expresada en kV e indicada con la letra V_N .

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

5.1.3. Líneas de telecomunicación: Se consideran como tales las líneas telefónicas, telegráficas, para señalización y comando a distancia de servicio público o particular, con exclusión de las de distribución de baja tensión. Tengan o no sus sostenes en común con líneas aéreas eléctricas de transporte o distribución o que también, no teniendo con éstas algún sostén en común, sean declaradas pertenecientes a esta categoría al ser autorizadas.

5.1.4. Líneas de Baja Tensión: Se consideran como tales las líneas de distribución pública de baja tensión, de tensión nominal hasta 1 kV.

5.1.5. Cruces : Se considera cruce de una determinada obra cuando la proyección vertical de por lo menos uno de los conductores de la línea, en las condiciones de viento máximo, corta la proyección vertical de la obra misma. El cruce estará constituido en ese caso por el vano de línea que corta la obra.

5.2. CLASES DE LINEAS

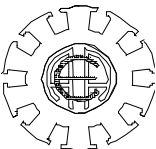
5.2.1. Clase A - Baja Tensión ≤ 1 kV. : Son las líneas para distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal hasta 1 kV. (al solo efecto de tomarla como referencia, ya que se reglamenta en forma separada)

5.2.2. Clase B - Media Tensión < 66 kV. : Son las líneas para transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 1 kV e inferior a 66 kV.

5.2.3. Clase C - Alta Tensión ≤ 220 kV. : Son las líneas para transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior a 66 kV y menor o igual a 220 kV.

5.2.4. Clase D - Extra Alta Tensión > 220 kV. : Son las líneas para transporte de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 220 kV e inferior a 800 kV.

5.2.5. Clase E - Ultra Alta Tensión ≥ 800 kV. : Son las líneas para transporte de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior a 800 kV.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

6. PROYECTO

6.1. DISPOSICIONES GENERALES

Para la construcción de las líneas reglamentadas por la presente deberá constar la ejecución de un proyecto particular o normalizado que tenga en cuenta todas las prescripciones electromecánicas, civiles y los parámetros referentes a garantizar las condiciones de seguridad para las personas.

6.2. ESTRUCTURAS

6.2.1. Tipos estructurales

Las estructuras podrán tener una topología plana o espacial; pero en todos los casos el diseño y cálculo de la estructura tendrá en cuenta la naturaleza espacial de las cargas de diseño.

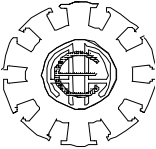
Cuando una estructura esté constituida por materiales de diferente naturaleza, se prestará especial atención al comportamiento reológico de alguno de los materiales componentes (hormigón y madera), que podría conducir a un colapso prematuro de la estructura por modificación de su geometría original. Se prestará especial atención al comportamiento y al diseño de las uniones de materiales compuestos.

a) Estructuras tipo monoposte: Los elementos estructurales serán dimensionados a flexotorsión y corte.

Además, deberá verificarse que las flechas no superen los máximos establecidos en esta Norma.

En el caso de postes tubulares de acero, los espesores serán los mínimos que eviten una falla prematura de la estructura por abollamiento de las paredes ó por ovalización de la sección más solicitada.

b) Estructuras aporticadas: Se denominan así a las estructuras constituidas por dos o más postes, cualquiera sea el material constitutivo de los mismos.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Estos pilares podrán estar unidos entre sí por vinculaciones rígidas o arriostramientos con riendas (sistemas de tracción – compresión ó sistemas de tracción).

Dentro de esta categoría, se consideran a los pórticos que se encuentren vinculados exteriormente (al terreno) mediante riendas.

Estas estructuras deberán ser analizadas mediante sistemas de barras espaciales, y realizar el diseño de las secciones a partir de las máximas solicitaciones actuantes en cada elemento (flexión, torsión, cortante y normal).

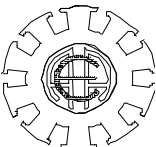
c) Estructuras reticuladas: Serán torres metálicas espaciales del tipo autoportadas, arriendadas o Cross Rope.

d) Torres autoportadas: Las solicitaciones de las estructuras autoportadas podrán calcularse con Teoría de 1° orden, siempre que el ángulo interno que formen dos barras principales (montantes y diagonales ó diagonales entre sí) no sea menor de 15°. En todos los cambios de dirección de los montantes contarán con arriostramientos planos estables (no lábiles), que sean capaces de distribuir las cargas de torsión.

Las torres autoportadas ubicadas en zonas sísmicas, deberán tener sus puntos de apoyos vinculados de forma de evitar los corrimientos relativos producidos por un evento sísmico, o ser capaces de resistir en estado límite los corrimientos relativos que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103.

e) Torres arriendadas: En caso de estructuras ubicadas en zonas planas o levemente onduladas, las solicitaciones podrán calcularse con Teoría de 1° Orden, sin tener en cuenta el cambio de rigidez de la rienda por modificación de su geometría original por cambio de curvatura y longitud.

Los puntales de estas estructuras se diseñarán con Teoría de 2° Orden, como una viga-columna de eje curvo, que tenga una flecha constructiva inicial de no menos de 0,2% de su longitud.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En todos los casos las riendas deberán tener un pretensado no inferior al 10% de la máxima sollicitación de tracción de servicio

f) Estructuras tipo Cross Rope: Se debe considerar que para toda hipótesis de carga, el cambio de geometría y deformaciones de los elementos que soportan a los conductores (herrajes y aisladores) sean compatibles con su comportamiento mecánico y que en estado deformado se garantizarán las distancias eléctricas mínimas que establece este Reglamento.

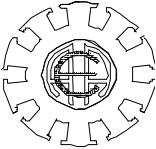
En regiones donde sea probable la formación de manguito de hielo, el sistema estructural de sujeción de conductores debe ser adecuado para soportar la condición de "galloping".

La estabilidad de los elementos estructurales se verificará con análisis no lineal, considerando la configuración deformada de la misma (no linealidad geométrica). Los puntales se proyectarán como los de las torres arriendadas.

6.2.2. Denominación de las estructuras:

Según la función que cumplan, para asegurar la estabilidad general de la construcción, tendrán la siguiente denominación:

- a) Estructuras de suspensión: destinados a soportar solamente los cables en tramos rectos.
- b) Estructuras de ángulo: destinados a soportar el tiro de los cables en los puntos de desvío de la línea.
- c) Estructuras de retención de Línea: destinados a formar puntos fijos en los tramos rectos de la línea.
- d) Estructuras de retención en ángulo: destinados a formar puntos fijos en los vértices de desvío de la línea.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

e) Estructuras de retención terminal: destinados a soportar el tiro unilateral de todos los cables.

f) Sostenes especiales: son aquellos que tienen características distintas de las indicadas en la clasificación anterior.

Nota: Para estas estructuras se justificarán en cada caso las hipótesis de carga a que estarán sometidos, según el empleo a que se destinen. En general, es conveniente tratar de asimilar una estructura especial a uno de los tipos clasificados precedentemente.

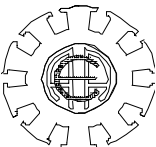
g) Pórticos de Estaciones Transformadoras: Destinados a soportar los tiros de los cables correspondientes al conexionado de las playas de las Estaciones Transformadoras.

6.2.3. Limitación al empleo de estructuras de madera:

a) Se prohíbe el empleo de los sostenes de madera en vanos que cruzan superiormente líneas ferroviarias electrificadas o cablecarriles.

b) Se admite el empleo de los sostenes de madera, en líneas de clase "B", para los cruces de ferrocarriles, líneas de trolebús, autopistas, rutas nacionales ó provinciales y sus conexiones al interior de los poblados, ríos navegables y líneas de telecomunicación.

c) Se admite el empleo de los sostenes de madera en líneas de hasta clase "C", cuya instalación sea reconocida como provisoria (de duración no superior a los cinco años) por la autoridad competente, con la restricción impuesta en el punto b) o vanos de cruce limitados a longitud no superior a 30 m y la sección completa de los conductores de la línea no superior a 150 mm².

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

6.2.4.- Estructuras que soportan líneas con circuitos de clases diferentes:

Las estructuras que soportan líneas con circuitos de clases diferentes deben considerarse, a todos los efectos, como estructuras de la línea de clase superior.

6.3.- PROTECCIONES

Las líneas a construirse bajo los requisitos de esta reglamentación, deben contar con dispositivos autónomos de protección que liberen fallas fase – tierra en forma automática.

6.4.- PORTANTES Y RIENDAS

Los tensores portantes de conductores o las riendas para refuerzo estructural, podrán ser metálicos o sintéticos. Los portantes metálicos se deben vincular a potencial de tierra y las riendas metálicas y sintéticas (conformadas por tejidos) aislarse convenientemente.

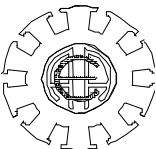
Las riendas aislantes sintéticas semi-rígidas (de cuerpo homogéneo) deben poseer un medio para limitar el escurrimiento longitudinal del agua (polleras).

6.5. CONDUCTORES

6.5.1. Líneas con conductores múltiples : Cuando no sea expresamente especificados conductores múltiples por fase, cada uno de los subconductores, integrantes de la fase, será considerado a los efectos de la presente, como un conductor independiente.

6.5.2. Dimensiones mínimas : Los conductores, cables o tensores para líneas no deben presentar cargas de rotura menores a 570 daN.

6.5.3. Tensiones mecánicas máximas: En las hipótesis de cálculo establecidas, las tensiones mecánicas de los cables, conductores y de los hilos de guardia no deben superar los siguientes límites:

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

a) Con temperatura media sin sobrecarga:

El 25% de la carga de rotura para conductores o hilos de guardia macizos o para conductores o hilos de guardia cableados, en condiciones de conductor asentado.

b) En el estado atmosférico para el cual se verifica la tensión máxima:

El 70% de la carga de rotura para conductores y hilos de guardia.

Nota: Las tensiones mecánicas características serán indicadas por el fabricante o resultantes de ensayos especiales.

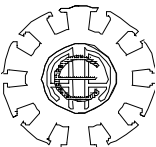
6.5.4. Caso particular de las líneas en cable aislado preensamblado o suspendido: En este caso debe considerarse solo la tensión mecánica resistente del cable portante despreciando la resistencia mecánica del cable suspendido.

6.6. Protección contra sobretensiones

En una línea aérea, al ser el componente físicamente más desarrollado dentro de un sistema de potencia, su aislación debe resistir además de la tensión permanente a frecuencia industrial durante su vida útil, una serie de solicitaciones dieléctricas variables, internas y externas.

6.6.1. Solicitaciones internas: Las solicitaciones internas son las concernientes a la aparición de sobretensiones propias del sistema, operativas o intempestivas de los órganos de maniobra y/o protección.

6.6.2. Solicitaciones externas: Las solicitaciones externas son las concernientes a la aparición de sobretensiones de origen atmosférico, propias de las condiciones geográficas de la zona y eléctricas del sistema.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

6.6.3. Criterios: A tal fin se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- ⇒ Coordinación de aislación
- ⇒ Niveles máximos de sobretensión admitidos por el diseño de la línea, su equipamiento asociado y su influencia por acoplamiento inductivo – capacitivo con las instalaciones conductivas de contorno.
- ⇒ Niveles máximos definidos por condiciones de seguridad, como tensiones de contacto transitorias, prevención de incendios, perturbaciones al manejo de señales, etc.

A tal fin se emplearán métodos de protección suficientes a este cometido, como ser hilos de guardia, descargadores de sobretensión u otros.

Se establecerán las medidas necesarias a fin de limitar las perturbaciones, daños o degradación de las condiciones de seguridad de los sistemas asociados de menor tensión, ya sea por acoplamiento o transformación.

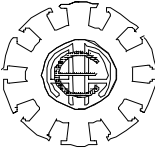
En los casos de emplear sistemas de acoplamiento inductivo en isla, se arbitrarán los medios a fin de cumplimentar lo requerido.

Será indistinto hacer prevalecer la protección prioritaria de la línea aérea de vinculación o los equipamientos vinculados y asociados en sus cabeceras.

En el caso de vinculación galvánica entre líneas de sistemas de distribución debe prevalecer la condición de protección de la línea de menor nivel básico de aislación.

Los casos particulares como seccionamiento longitudinal de línea, tendido de cable aéreo, o de abrupto cambio de impedancia característica deben ser protegidos ante las sobretensiones.

Los diseños de líneas con conductores protegidos, tendidas o dispuestas, deben ser evaluadas particularmente respecto las sobretensiones enunciadas.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

6.7. INTERFERENCIAS CON OTRAS INSTALACIONES.

6.7.1. Coexistencia de líneas: Los cables o conductores pertenecientes a líneas de clases distintas pueden ser instalados sobre sostenes o estructuras únicas, en la vía pública o privada, previo permiso expreso de las autoridades de aplicación y siendo tenido en cuenta en su proyecto original o de modificación.

6.7.2. Protección para líneas pasantes bajo puentes o viaductos: Cuando en dichos pasajes no fuera posible mantener las distancias eléctricas mínimas, indicadas en la sección 7, los conductores deben protegerse adecuadamente con aislación plena respecto a tierra. De existir envolturas externas metálicas, éstas se deberán conectar a potencial de tierra. También se aplicarán protecciones mecánicas a fin de garantizar la inaccesibilidad a partes con tensión o de aislación parcial.

6.7.3. Líneas pasantes bajo alambre-carriles: Las líneas pasantes bajo alambres-carriles están prohibidas, debiendo transformarse a disposición enterrada para ejecutar el cruce. Los terminales de línea para los tramos aéreos deben quedar lo suficientemente apartados para garantizar las tareas de explotación y mantenimiento de las instalaciones del alambre-carril, siendo aprobadas por la autoridad de aplicación.

6.8.- CONDICIONES PARA LA SEGURIDAD PUBLICA.

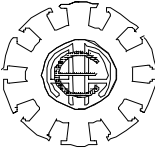
6.8.1.- Prohibición de acceso:

Es prohibido subir a los sostenes de las líneas a cualquier persona que no esté autorizada por razones de servicio.

6.8.2.- Señalización:

Los sostenes de líneas de clases "C; D y E" deberán incluir una señalización de "Peligro Tensión" en el poste o estructura, que advierta al público de tal situación, con la indicación expresa de "Prohibición del Acceso".

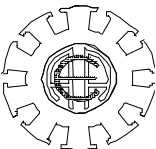
6.8.3.- Obstáculo:

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los sostenes de líneas de clases “B, C, D y E” deberán incluir un obstáculo material que dificulte el acceso en grado sumo, salvo por actos de intención manifiesta.

No se requiere la aplicación de este obstáculo material para:

- a) Los sostenes cilíndricos o troncocónicos (metálicos, de hormigón o madera) de diámetro en la base, mayor a los 200 mm.
- b) Los soportes fijados a los edificios, que no sean accesibles por los techos o sólo a personal idóneo.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

7. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

7.1. CONSIDERACIONES GENERALES

7.1.1. Aplicabilidad: Las distancias se aplican para líneas que son capaces de despejar automáticamente fallas a tierra y deberán estar basadas en la máxima tensión operativa del sistema.

7.1.2. Exigibilidad: Estas distancias son exigibles para instalaciones permanentes y temporarias. En situación de emergencia, para el restablecimiento temporario del servicio luego de contingencias exteriores excepcionales (climáticas, vandalismo, etc), se podrán aplicar otras distancias menores, indicadas en cada caso y bajo inspección periódica a fin de asegurarlas.

7.1.3. Consideración sobre el cálculo de las distancias: Las distancias que más adelante se especifican, se aplican bajo las siguientes condiciones de carga y temperatura del conductor, rigiendo aquella que produzca la mayor distancia final, luego de evaluar cuidadosamente e incluir los efectos de las deformaciones permanentes que puedan producirse sobre el conductor.

- a) 50°C sin viento.
- b) La temperatura máxima del conductor, sin viento, para la cual la línea se haya diseñado, siempre que resulte mayor a 50°C.
- c) -5°C , sin viento, con sobrecarga vertical de manguito de hielo de acuerdo con la zona climática correspondiente.

7.1.4. Consideración sobre la medición de las distancias y los espaciamientos:

- a) Las distancias serán medidas de superficie a superficie.
- b) Los espaciamientos serán medidos entre centros.
- c) Las partes a potencial del equipamiento al servicio de los conductores se considerará como partes de los mismos.
- d) Las bases metálicas que soporten equipamiento aislado se considerarán como partes soportes de las estructuras soporte.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

7.2. Distancia entre conductores de la misma terna

7.2.1. Líneas de clases “B y C”: Para las líneas de clases “B y C”, la distancia entre conductores, en m, en el centro del vano y en situación de reposo, no será menor que la dada por la fórmula:

$$D = k \cdot \sqrt{f_{\max} + L_k} + \frac{D_N}{150} \quad [7.2-1]$$

donde:

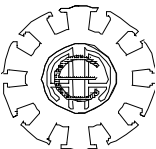
- $f_{\max}$: Flecha máxima del conductor, en m.
- L_k : Longitud oscilante de la cadena de suspensión en metros.
- D_N : Distancia en [m] numéricamente igual a la tensión nominal de línea en [kV].
- $(V_N / 150)$: Distancia proporcional a la tensión nominal de la línea, en m.
- k : Coeficiente dependiente del ángulo de declinación máximo del conductor por efecto del viento máximo, considerado perpendicular a la línea (ver tabla 5.1-a).

TABLA 7.2-a: Valores del coeficiente k

Conductores	> 65°	de 65° a 55°	de 55° a 45°	< 45°
Superpuestos en un plano vertical	0,95	0,85	0,75	0,70
Dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0,75	0,70	0,65	0,62
Ubicados en un mismo plano horizontal	0,70	0,65	0,62	0,60

7.2.2. Condiciones:

- En retenciones o fijaciones de suspensión con aislador rígido, se considera $L_k = 0$.
- En fijaciones de suspensión con aisladores con cierto grado de flexibilidad, la misma deberá ser tomada en cuenta para la determinación de las distancias eléctricas.
- En líneas de clase "B" esta distancia puede reducirse, en los siguientes casos:
 - Con conductores desnudos hasta en un 30 %.
 - Con conductores protegidos, sin el empleo de espaciadores, hasta en un 60 %, con un mínimo de 0.40 m.
 - Entre conductores no homogéneos (de distinta sección, material o flecha) se considerará la distancia mayor que resulte en cada caso particular.
- En circuitos paralelos con distintas tensiones de servicio, sobre el mismo poste, se adoptará el valor correspondiente a la tensión más elevada.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

h) Para la determinación de la distancia entre conductor e hilo de guardia se

empleará la fórmula [7.2-1] para $\frac{U_N}{\sqrt{3}}$

7.2.3. Excepciones donde no es de aplicación la fórmula [7.2-1]:

- a) En líneas protegidas de clase “B y C”, con espaciadores.
- b) En líneas aisladas de clase “B”, con cables preensamblados.
- c) Para conductores de igual fase.

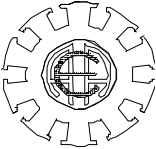
Nota: En líneas de clase “C” podrán emplearse métodos alternativos para la determinación esta distancia, que contemplen la evaluación estadística de sobretensiones y velocidades de viento ú otros criterios de coordinación de aislamiento.

7.2.4. Verificaciones:

- a) El acercamiento entre conductores (desnudos o protegidos), dispuestos en un mismo plano horizontal y en el centro del vano, se verificará respecto de la distancia determinada según [7.2 -1], bajo la hipótesis de declinación máxima de los mismos, en igual sentido pero con distintas velocidades de viento, con una diferencia del 40 % de la presión dinámica máxima de diseño considerada, actuando sobre un mismo conductor.
- b) La distancia mínima de acercamiento no debe ser inferior a $V_N \text{ (kV)} / 150$, en m.

Nota: En líneas de clases “D y E”, se admite utilizar métodos estadísticos para la determinación de esta distancia.

7.2.5. Probabilidad de energización: En la etapa de proyecto de la línea, se deben realizar estudios que demuestren que la probabilidad de energización exitosa de la misma, en el caso más conservador (con mínima potencia de cortocircuito), sea $\geq$ a 0.999 .-

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Se debe tener en cuenta:

- a) La presencia de descargadores de línea y sus características.
- b) La longitud de la línea y el número de vanos que existen.
- c) La distribución estadística de sobretensiones por energización que se presenten en la maniobra.
- d) Las características del aislamiento entre fases, por sobretensiones aplicadas, considerando su tensión de descarga crítica y su desviación standard.
- e) Todos los factores que estadísticamente pudieran tener efecto en la presencia de la descarga, como por ejemplo la variación de la rigidez dieléctrica por altitud sobre el nivel del mar, contaminación, etc.

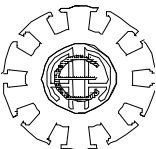
7.2.6. Incidencia del viento: Todo lo anterior se determinará asumiendo que el viento incide sobre la primera fase con una velocidad igual a la máxima de diseño, y sobre las otras dos con una velocidad del 80 % de la máxima de diseño. Para los vanos muy largos, en que la flecha excede el 4% del mismo, se considerará un viento con velocidad del 90 % de la máxima de diseño sobre las otras dos fases.

7.3. Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra:

7.3.1. Distancias internas: Las distancias internas deben ser determinadas en función de las solicitaciones eléctricas a que las líneas serán sometidas, las características del equipamiento y la rigidez dieléctrica de los espacios de aire involucrados, teniendo en cuenta las condiciones simultáneas de viento probables de ocurrir, de manera tal de no superar un riesgo de falla de la aislación previamente establecido.

7.3.2. Mantenimiento bajo tensión: Cuando se haya previsto el empleo de técnicas de mantenimiento con línea viva (bajo tensión), todos los espacios deberán ser verificados de forma de garantizar la seguridad del personal involucrado en las mismas.

7.3.3. Distancia mínima: La distancia “s” mínima entre el conductor o sus accesorios puestos a potencial de línea y las partes a potencial de tierra debe ser para:

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

a) Líneas de clase “B”

$$s = 0,075 + 0,005 (U - 8,7) \quad [\text{m}] \quad [7.3-1]$$

donde U es la máxima tensión de operación del sistema en [kV].

Nota 1: Cuando se trate de cadenas con libertad de movimiento, deberán aplicarse estas distancias para la máxima declinación de diseño.

Nota 2: Para conductores de fase con aisladores a perno rígido, en líneas de clase “B”, dicha distancia no debe ser menor a la altura del aislador empleado.

Nota 3: Este punto no es de aplicación para líneas aisladas, con conductor preensamblado.

b) Líneas de clase “C, D y E”

Para tensiones máximas de operación del sistema superiores a 50 kV, será de aplicación la siguiente ecuación:

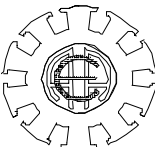
$$s = 0,28 + 0,005x(U - 50) \quad [\text{m}] \quad [7.3-2]$$

donde U es la máxima tensión de operación del sistema en [kV].

Nota 1: Estas distancias serán incrementadas 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.

Nota 2: Cuando se trate de cadenas con libertad de movimiento, estas distancias se aplicarán considerando el ángulo de declinación de cadena calculado para una velocidad de viento de 80 km/h.

Nota 3: Puede adoptarse una velocidad mayor, en zonas climáticas en las cuales se presenten frecuentemente vientos de mayor magnitud ó si el juicio y la experiencia del diseñador lo considera conveniente. Aún así, se recomienda no superar una velocidad de viento de 100 km/h debido a que las distancias de tabla resultan suficientes para soportar

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

la mayoría de las solicitudes eléctricas que se presenten y no solamente la tensión de frecuencia industrial.

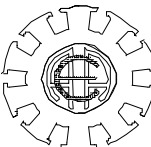
Nota 4: No se recomiendan distancias mínimas fase-tierra aplicables para declinaciones de cadenas producidas por vientos extremos.

La tabla siguiente brinda las distancias mínimas conductor - estructura para las tensiones máximas del sistema más usuales:

Tabla 7.3-a: Distancias mínimas a partes puestas a tierra

Tensión nominal del sistema VN [kV]	Máxima tensión del sistema VLL [kV]	Distancia “s” [m]	
		A estructura	A riendas o tensores
66	73	0,40	0,56
132	145	0,76	1,03
154(*)	169	0,88	1,19
220	242	1,24	1,66

(*) Tensión fuera de uso. Se incluye solo como referencia posterior.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

c) Método Alternativo:

1. Para sistemas con una tensión máxima entre fases mayor a 169 kV, podrán emplearse métodos alternativos para la determinación de la mínima distancia a partes de estructura puestas a tierra que contemplen evaluación estadística de sobretensiones y velocidades de viento ú otros criterios de coordinación de aislamiento.

2. Sin embargo, las distancias así determinadas no deberán ser inferiores a la prevista en la tabla anterior para sistemas cuya tensión máxima sea igual a 169 kV. Asimismo, no necesitan ser superiores a las resultantes de la expresión [7.3-2] para la tensión correspondiente.

7.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces:

7.4.1. Para todas las clases de líneas, las distancias serán, como mínimo, las que resulten de la aplicación de la siguiente expresión:

$$D = a + 0,01 \cdot \left(\frac{D_u}{\sqrt{3}} - 22 \right) \text{ si } U > 38 \text{ kV} \quad [7.4-1]$$

donde:

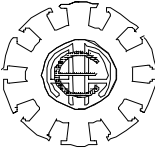
D = a, para U = 38 kV (tensión fase-tierra hasta 22 kV)

D = distancia mínima a respetar, en m.

a = distancia básica según tabla 7.4-a, en m.

D_u = distancia, en m, numéricamente igual a U que es la máxima tensión de operación de la línea fase-fase en kV.

Nota: Las condiciones de carga y temperatura serán las indicadas en 7.1.3.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

7.4.2. Relación con el ancho de la franja de servidumbre: Las distancias calculadas según la expresión anterior y la tabla 7.4-a pueden estar sujetas a correcciones, según el apartado 9.2.-

7.4.3. Conductores protegidos: Los conductores protegidos pueden disponerse respetando menores distancias que los conductores desnudos, siempre y cuando se observen los requerimientos indicados a continuación:

- a) Estar provistos de capa interna semiconductora para uniformar el campo eléctrico.
- b) Ser resistentes a la exposición prolongada de radiación ultravioleta.
- c) Poseer bloqueo longitudinal a la entrada de humedad.
- d) Ser resistentes al encaminamiento eléctrico superficial.
- e) Poseer suficiente rigidez dieléctrica para ser considerados de tal forma.

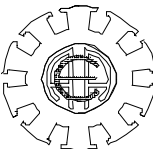
7.4.4. Explotación de los conductores protegidos: Los conductores protegidos a los fines de su explotación serán considerados como desnudos.

Tabla 7.4-a: Distancias básicas

Uso del suelo, tipo de obstáculo y/o naturaleza de la zona atravesada por la línea	Referencias	
	Conductores desnudos, protegidos o aislados (Entre 1 y 22 kV fase-tierra)	
Zonas accesibles solamente a pedestres ó de tránsito restringido.	4,70	Ver Nota 1
Zonas con circulación de maquinaria agrícola, caminos rurales ó secundarios	5,90	Ver Nota 2
Zonas urbanas y suburbanas	7,00	
Autopistas, rutas y caminos principales	7,00	
Vías de FF.CC. no electrificadas por catenaria	8,50	
Líneas de energía eléctrica	1,20	Ver Nota 3
Vías navegables	H+2	Ver Nota 4

Nota 1: Esta distancia debe ser aplicada cuidadosamente. Si fuera posible que cualquier otra cosa que no sea una persona de a pie pueda ubicarse debajo de la línea, por ejemplo una persona a caballo, la línea no debe considerarse accesible a pedestres solamente. En tal caso, se recomienda seleccionar otra categoría de suelo. Se espera que esta categoría sea usada de modo absolutamente eventual y solo en circunstancias especiales.

Nota 2: Especial atención debe prestarse a esta categoría de suelo y a la distancia mínima recomendada. Si se prevé que puedan circular vehículos ó equipos cuya altura máxima operativa supere los 4,30 m, esta distancia deberá incrementarse adecuadamente. Se sugiere adoptar distancias finales al terreno según expresión (7.4-1) no

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

inferiores a 7,00 m con el fin de contemplar antenas ú otras extensiones que suelen incrementar la altura operativa de los equipos agrícolas.

Nota 3: Para la determinación de distancias de cruces con otras líneas, se calculará la parte $0,01x(\frac{Du}{\sqrt{3}} - 22)$ de la expresión 7.4-1 para cada una de las tensiones de cruce, siempre que ambas pertenezcan a la Clase “C” ó superior y se sumarán. A este valor, se le agregará la distancia básica “a”.

Nota 4: H es la altura máxima de embarcaciones permitida, de acuerdo con lo establecido por la autoridad que regula el uso del espejo de agua.

Nota 5: Las alturas calculadas anteriormente se podrán reducir, en las condiciones de emergencia establecidas en el punto 7.1.12, a 5 m donde los vehículos tengan acceso durante la emergencia y a 3 m donde no la tengan.

Ejemplo: dado un cruce 132/33 kV, se obtiene:

$$0,01x(\frac{145}{\sqrt{3}} - 22) = 0,617 \text{ m para 132 kV}$$

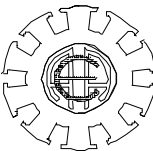
$$0,01x(\frac{Du}{\sqrt{3}} - 22) = 0,00 \text{ m (no se calcula para 33 kV por ser Clase “B”)}$$

$$a = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Dist. Total} = 1,817 \text{ m}$$

Ejemplo: para un cruce 500/132 kV se obtiene (ver también método de cálculo alternativo en el punto 5.3.2 .-

$$0,01x(\frac{550}{\sqrt{3}} - 22) = 2,96 \text{ m para 500 kV m}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$0,01x\left(\frac{145}{\sqrt{3}} - 22\right) = 0,617 \text{ m para } 132 \text{ kV}$$

$$a = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{Dist. total} = 4,78 \text{ m}$$

7.5. Correcciones y despejes adicionales

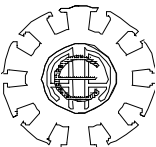
7.5.1. Terrenos de uso exclusivo del personal del servicio eléctrico: En tramos de líneas que atraviesan terrenos cercados, de ingreso exclusivo de personal que trabaja en el servicio eléctrico, es posible utilizar distancias menores que las calculadas mediante la expresión (7.4 -1).

7.5.2. Influencia de la altura: Para líneas con tensiones máximas del sistema superiores a 38 kV, las distancias calculadas según (7.4-1) deberán incrementarse un 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.

7.5.3. Limitación de campo eléctrico: Para tensiones máximas del sistema superiores a 98 kV fase-tierra, las distancias deberán incrementarse (ó el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, calculada según Resolución 0077/98 de la Secretaría de Energía (se transcribe párrafo textual de dicha Resolución: “*El nivel máximo de campo eléctrico, en cualquier posición, deberá ser tal que las corrientes de contacto para un caso testigo: niño sobre tierra húmeda y vehículo grande sobre asfalto seco, no deberán superar el límite de seguridad de CINCO MILI AMPERIOS (5mA)*”). De igual modo, los valores máximos de campo eléctrico calculados al borde de la franja de servidumbre estarán dentro de los límites impuestos por dicha Resolución.

7.6 Cruces entre líneas – Método alternativo

En caso de que al menos una de las líneas cruzantes excedan los 98 kV fase-tierra, las distancias especificadas en el punto 7.4 para cruces de líneas, pueden reducirse siempre

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

que el circuito de mayor tensión tenga un factor de sobretensión de maniobra conocido. Se determinará la distancia alternativa como sigue:

7.6.1. Componente eléctrica de la distancia:

a) La componente eléctrica D_E se calculará empleando la siguiente expresión:

$$D_E = 1x \left[\frac{(V_H x PU + V_L) xa}{500 x k} \right]^{1,667} x b x c \quad (\text{m}) \quad 7.6-1$$

donde:

V_H = Máximo valor operativo fase-tierra, valor de cresta, del circuito de mayor tensión.

V_L = Máximo valor operativo fase-tierra, valor de cresta, del circuito de menor tensión.

PU = Máximo factor de sobretensión, expresado en p.u., de la tensión de cresta fase-tierra, definido como el nivel de sobretensión por maniobra de interruptores con una probabilidad del 98% de no ser excedida ó el máximo nivel de sobretensión de maniobra previsto generado por otros medios, el que resulte mayor.

$a = 1,15$ – factor correspondiente a 3 desviaciones standard.

$b = 1,03$ – factor correctivo por condiciones atmosféricas no standard.

$c = 1,20$ – margen de seguridad.

$k = 1,4$ - factor de forma para la distancia (“gap”) conductor-conductor.

b) Los valores de D_E calculados mediante la expresión (7.4-2) deberán incrementarse un 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.

7.6.2. Límite:

- a) La distancia alternativa no podrá ser inferior a la calculada de acuerdo con el punto 7.6.1, considerándose a la línea de menor tensión con tensión igual a cero.

La tabla siguiente brinda ejemplos de distancias mínimas en cruces de líneas:

Tabla 7.6-a: Ejemplos de distancias de cruces

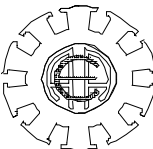
Circuito de mayor tensión		Circuito de menor tensión			
Máxima tensión de operación fase-fase [kV]	Factor de sobretensión de maniobra [pu]	Máxima tensión de operación fase-fase [kV]			
		145 [m]	242 [m]	380 [m]	550 [m]
242	≤ 3,3	2,13 (*)	2,38		
	2,4	3,17 (*)	3,17 (*)	3,17 (*)	
380	2,8	3,17 (*)	3,17 (*)	3,72	
	1,8	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)
550	2,0	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)	4,65

(*) Distancias limitadas por restricción 7.6.2.-

7.7. Distancias desde los conductores a edificios y otras instalaciones

7.7.1. Se entiende como parte perteneciente a los edificios:

- a) Las paredes, salientes o proyecciones de éstas, pertenecientes o no a lo edificado en coincidencia con la línea municipal. Se entiende como línea municipal la que delimita la parte privada de la pública. La línea de edificación puede o no coincidir con la línea municipal, estando o no afectada de un retiro obligatorio.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

- b) Los balcones o salientes de azotea, accesibles normalmente a las personas.

7.7.2. Concepto de accesibilidad: Un techo, balcón ó área se considera accesible si una persona puede lograr el acceso a través de una puerta, ventana, escalera, rampa ú otra abertura sin un esfuerzo físico extraordinario y sin emplear herramientas ó dispositivos especiales.

7.8. Distancias verticales y horizontales a edificios (sin desplazamiento por acción del viento)

7.8.1. Distancias entre partes vivas y estructuras no pertenecientes a la línea: Cables, conductores y partes vivas fijas de instalaciones, pueden ser localizados adyacentes a edificios, carteles, chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones. Las distancias verticales y horizontales no deberán ser menores que las calculadas mediante la expresión (7.4-1) teniendo en cuenta las distancias básicas recomendadas en Tabla 7.8-a. Se aplicará la flecha máxima del conductor, según la hipótesis correspondiente.

7.8.2. En aproximaciones, donde la distancia horizontal al plano vertical de una saliente del edificio (balcón o azotea con acceso a personas) sea menor a la distancia exigida correspondiente, se considerará a la distancia vertical exigida sobre dicha saliente como distancia punto a punto desde la parte superior de la saliente misma hasta el conductor o punto con tensión más próximo a dicha saliente, a cumplir.

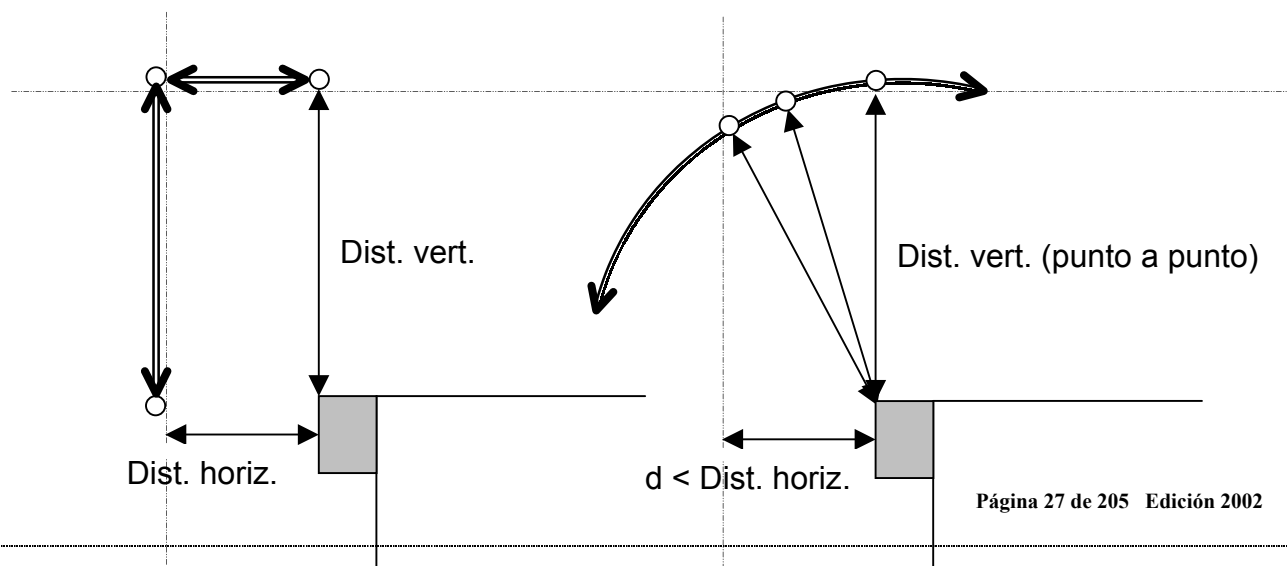


Tabla 7.8-a: Distancias básicas de cables y conductores a partes de edificios y otras instalaciones

Tipo de obstáculo ó instalación	Conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV	Conductores protegidos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV	Conductores aislados con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV
	[m]	[m]	[m]
Edificios – Horizontal:			
a. A paredes con aberturas y ventanas de abrir	2,70	2,40	2,00
b. A ventanas ciegas o con protección	2,30	2,00	1,60
c. A balcones y áreas accesibles	2,70	2,40	2,00
Edificios – Vertical			
a. Sobre ó bajo techos ó proyecciones no accesibles	3,80	3,60	3,60
b. Sobre ó bajo balcones y techos accesibles	4,10	4,00	3,60
Letreros, chimeneas, carteleras, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios ó puentes	2,00	2,00	1,60

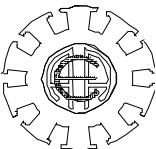
7.9. Distancias horizontales a edificios (con desplazamiento por acción del viento)

El desplazamiento de los conductores será el correspondiente a considerar un viento básico más probable de 80 km/h.

1,9 m, para línea con tensión fase – tierra hasta 22 kV

Nota: Para tensiones mayores se aplica la corrección indicada en el punto 7.10.2 o

el cálculo alternativo indicado en el punto 7.10.3 .-

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

7.10. Distancias horizontales y verticales a puentes y otras instalaciones

7.10.1. Distancias mínimas: Los conductores de una línea pasando cerca de una columna de alumbrado, soporte de señal de tránsito o cualquier parte soporte de otra línea, a la cual no esté fijado, deben mantener distancias no menores a:

a) Distancias horizontales:

- En reposo 1,90 m, hasta una tensión de fase de 50 kV.
- Desplazado por el viento base máximo tomado para el diseño 1,5 m hasta una tensión fase – tierra de 22 kV

b) Distancias verticales:

- 1,80 m hasta una tensión de fase - tierra de 22 kV.
- 2,10 m hasta una tensión fase de 50 kV

7.10.2. Corrección para líneas de tensión superior a 22 kV: Para tensiones superiores a 22 kV, hasta 470 kV, adicionar 10 mm por cada kV superior a 22 kV. Para tensiones superiores a 470 kV la distancia será determinada por el método alternativo del punto 7.10.3- Esta distancia adicional será calculada usando la máxima tensión operativa si la tensión nominal de la línea es mayor a 50 kV.

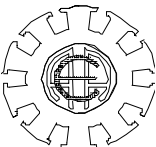
7.10.3. Método alternativo: Las distancias anteriores correspondientes a líneas con tensiones fase - tierra mayores a 22 kV se incrementarán en la siguiente distancia “D”, determinada empleando la siguiente expresión:

$$D = 1x \left[\frac{VxPUxa}{500xk} \right]^{1,667} x bxc \text{ [m]} \quad (7.10-1)$$

donde:

V = Máximo valor operativo fase-tierra, valor de cresta, en kV.

PU = Máximo factor de sobretensión, expresado en p.u., de la tensión de cresta fase-tierra, definido como el nivel de sobretensión por maniobra de interruptores con una probabilidad del 98% de no ser excedida ó el máximo nivel de sobretensión de maniobra previsto generado por otros medios, el que resulte mayor.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

$\alpha = 1,15$ – factor correspondiente a 3 desviaciones standard.

$b = 1,03$ – factor correctivo por condiciones atmosféricas no standard.

$c = 1,20$ – margen de seguridad.

$k = 1,15$ – factor de forma para el “gap” conductor – sobre plano.

7.10.4. Influencia de la altura: Los valores de D calculados mediante la expresión (7.10-1) deberán incrementarse un 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.

7.10.5. Límite: Las distancias calculadas no serán menores que las indicadas más 0,76 m, calculados para una tensión de operación del sistema de 98 kV.

7.10.6. Limitación de campo eléctrico: Para tensiones máximas del sistema superiores a 98 kV fase-tierra, las distancias deberán incrementarse (ó el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, si una parte de metal no puesta a tierra, perteneciente a un edificio, señal, chimenea antena de radio o televisión, tanque u otra instalación cualquiera, fuera cortocircuitada a tierra.

7.11. Distancias a posiciones practicables

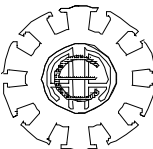
7.11.1. Distancia respecto a las posiciones practicables de otras obras o del terreno circundante permanente, considerando la flecha vertical máxima, no se aplica a edificios

a) Líneas de clase “B”: 3.00 m.

b) Líneas de clase “C”: 3.75 m.

c) Líneas de clase “D”: $(3.00 + 0.010 V_N \text{ [kV]})$ m.

Notas: Se entiende en general como posición practicable a aquella a la cual una persona puede acceder normalmente y pararse. En el caso de personal afectado a la

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

explotación y mantenimiento de las líneas, dicha posición se ubica a 1,20 m por debajo del punto de trabajo (fijación de la línea o acometida en la postación, conexionado, etc).

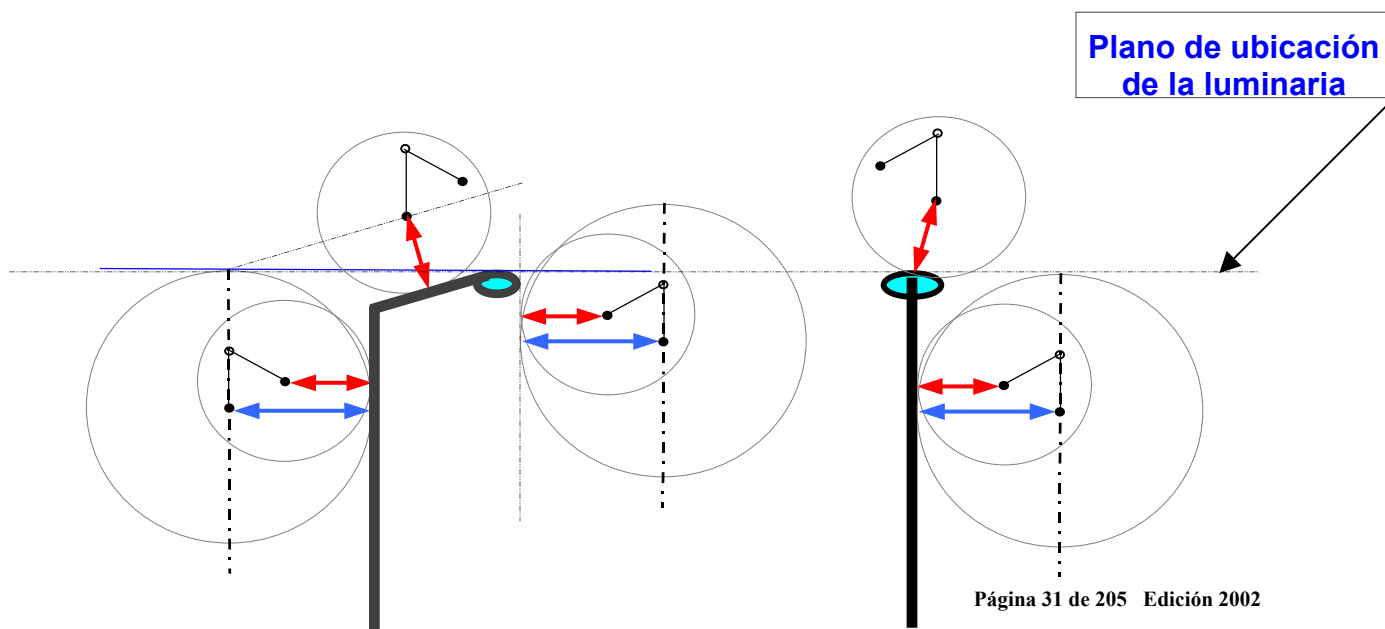
A los fines de definir distancias horizontales desde cables aislados de líneas de clase “B”, se las considerará como de clase “A”.

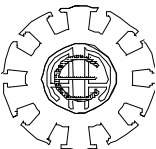
7.11.2. Distancias respecto a las posiciones practicables de las Columnas de Alumbrado Público

a) Líneas de clase “B” desnudas, considerando la flecha vertical máxima

- Para conductores por encima del plano de ubicación de la luminaria, 2,00 m en cualquier dirección, respecto del mismo y su brazo pescante.
- Para conductores, por debajo del plano de ubicación del artefacto de iluminación, 3,00 m en cualquier dirección, respecto a la columna de alumbrado, su pescante y luminaria.

Nota: En caso de cables o conductores, aislados o protegidos, ambas distancias de separación se reducen a 2,00 m.



 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

- c) Líneas de clase “C” desnudas o protegidas, en todas direcciones:
 $[(3.00 + 0.010 V_N \text{ [kV]}) - 1,2] \text{ m.}$
- d) Líneas de clase “D y E”, en todas direcciones:
 $[(3.00 + 0.010 V_N \text{ [kV]}) - 1,2] \text{ m,}$ además se considerarán las restricciones dentro de la franja de servidumbre.

7.12. Distancias desde soportes o estructuras

7.12.1 A hidrantes o bocas de incendio: 0,90 m Donde la distancia lo permita no será menor a 1,20 m.

7.12.2. A la línea de edificación: Distancia “d” respecto a la línea de edificación, sin tener en cuenta la existencia o no de retiro obligatorio para la construcción edilicia: *2.00 m.*

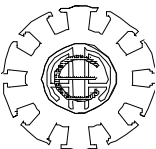
Nota: Donde sea imposible mantener esta distancia, ya sea por lo estrecho de la vereda y/o la existencia de árboles plantados alineados en la misma, los postes simples únicamente podrán implantarse alineados con la disposición de los mismos.

7.12.3. A bordes de calles, rutas y autopistas de tránsito de vehículos normales (autos, transporte público y cargas medianas): Se deberá mantener hasta una altura de 4,60 m una distancia suficiente no menor a 0,15 m. En los casos que la circulación vehicular lo requiera se deberán fijar distancias especiales.

7.12.4. Al riel más cercano de instalaciones ferroviarias: 3,60 m, si se requieren condiciones especiales de visibilidad de señales u otras atendibles a la seguridad de operación de los equipos, se podrán imponer distancias mayores.

7.12.5. Distancia respecto de gasoductos de presión de servicio $\geq$ a 3 daN/cm² y diámetro mayor o igual a:

- 152 mm: 0.50 m x cada 10 kV de V_n
- 203 mm: 1.00 m x cada 10 kV de V_n

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Nota 1: El mínimo será, en ambos casos de 10 m, y alcanza también al emplazamiento de los dispersores de puesta a tierra (de la línea eléctrica y del gasoducto).

Nota 2: Cuando existe vinculación de las puestas a tierra, por alejamiento imposible de realizar, se aplicará la separación galvánica por varistores. La distancia mínima será la que permita el acceso y explotación de ambas instalaciones.

7.13. Distancias desde los conductores a soportes (partes de estructuras o tensores de otras líneas) u otros conductores de líneas distintas.

7.13.1. Distancias horizontales:

- a) Hasta 129 kV entre conductores: 1,50 m. Para tensiones superiores adicionar 10 mm por cada kV superior a 129 kV.
- b) Entre conductores neutros efectivamente aterrados a lo largo de su desarrollo y pertenecientes a circuitos de hasta 22 kV fase-tierra: puede ser reducida a 0,60 m.

Nota: Las distancias indicadas en el punto a.- pueden ser reducidas si se conoce el nivel de sobretensión de maniobra de la instalación.

7.13.2. Distancias verticales:

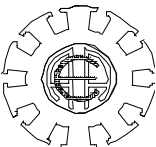
a) Hasta 22 kV entre conductores y tierra:

Nivel Superior Nivel Inferior	de cables, conductores de neutro y cables de protección [m]	Tensores portantes de cables y conductores o cables de comunicación. [m]	Conductores desnudos o protegidos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]
Riendas, vanos de cables, conductores de neutro y cables de protección	0,60 (1) (2)	0,60	1,20
Tensores portantes de cables y conductores o cables de comunicación.	0,60	0,60	1,80
Conductores desnudos o protegidos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV	1,20	1,80	0,60

Nota 1: Esta distancia puede ser reducida si ambas riendas se interconectan eléctricamente.

Nota 2: Esta distancia puede ser reducida en no más del 25 % si la rienda está provista, para la parte en cuestión, de un aislador que la separe de su fijación a la parte de la estructura cercana a los conductores bajo tensión. También se aplica a tramos de rienda entre conductores.

7.13.3. Corrección por tensiones superiores a 22 kV: Para tensiones superiores a 22 kV, hasta 470 kV, adicionar 10 mm por cada kV superior a 22 kV. Para tensiones superiores a 470 kV la distancia será determinada por el método alternativo del punto 4.3.2.- Esta

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

distancia adicional será calculada usando la máxima tensión operativa si la tensión nominal está por debajo de los 50 kV o la tensión nominal si está por encima de dicho valor.

8. PARALELISMOS:

8.1. Con otras líneas aéreas de energía, de menor tensión de servicio.

Se deberá asegurar que las posibles tensiones de acoplamiento electrostático o inducidas en situaciones normales o de emergencia, sobre la línea de menor tensión de servicio, no causen perjuicio al equipamiento de la misma, a sus cargas conectadas, a su personal de explotación y a terceros.

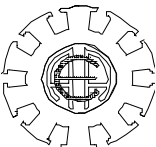
8.2. Con líneas de telecomunicaciones.

Se deberá asegurar, mediante la interacción técnica entre las empresas responsables, que las longitudes de paralelismo alcanzadas en las trazas respectivas propuestas no ocasionen en condiciones normales y de emergencia tensiones inducidas o perturbaciones que perjudiquen el normal tráfico de comunicaciones, o afecten la seguridad del personal de explotación o terceros.

8.3. Con alambrados.

A fin de evitar tensiones inducidas peligrosas, por paralelismo con líneas de energía eléctrica, los alambrados deberán ponerse a tierra y seccionarse cada 500 m como mínimo. Su interrupción física se asegurará mediante el empleo de aisladores o espacios abiertos de más de 10 m.

Los alambrados electrificados deberán ser referidos a tierra o interrumpidos, de forma de mantener sus propios niveles de energía.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

8.4. Con líneas de media tensión con retorno por tierra, existentes.

Serán analizadas como casos particulares, en función de la tecnología empleada, su disposición y sistemas propios de protección.

9. FRANJA DE SERVIDUMBRE

9.1. Definición:

Se define una única franja de servidumbre (sin franjas adyacentes a ella con semirrestricciones), a ambos lados de los conductores externos de la línea, con restricciones para su empleo.

9.2. Ancho de la franja:

La franja total de terreno afectada por servidumbre, ancho físico de la línea (bajo condición de viento máximo) más las franjas de seguridad a ambos lados, responde a la fórmula:

$$A \text{ [m.]} = c + 2 (L_k + f_v.) \text{ Sen } \alpha + 2 d \quad [9.2 -1]$$

En donde :

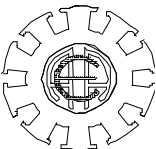
A : Ancho total, en metros.

c : Distancia entre los puntos de fijación de los conductores extremos (rígidos o con cadenas de suspensión), en metros.

L_k : Longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros.

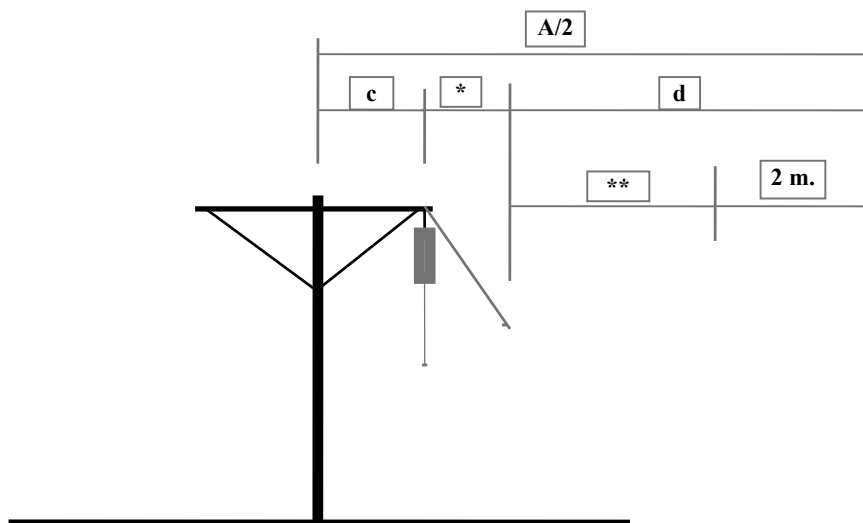
$F_v.$: Flecha inclinada máxima del conductor, en metros, para el estado de viento máximo.

α : Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento máximo. Dicho viento se corresponde con el empleado para la determinación de las distancias eléctricas externas de la línea.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

d : Distancia de seguridad, en metros.

Cróquis indicativo:



La distancia de seguridad se compone de dos partes, una variable en función de la sobretensión posible de maniobra, afectada de un coeficiente de seguridad y la otra fija definida en 2 metros, como distancia de avance circunstancial (ni provisorio, ni definitivo), a la franja de servidumbre establecida. Está dada por la fórmula:

$$d \text{ [m.]} = 1,5 \ d_{\text{Mín.}} + 2 \text{ m.} \quad [9.2 - 2]$$

En donde:

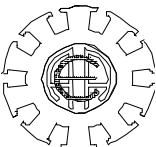
$$d_{\text{Mín. [m.]} = U_s / 150$$

$$U_s = \mu \ 1,2 \ 0,82 \ U_n$$

μ = Coeficiente de sobretensión máxima de servicio. (1,1 en general en sistemas trifásicos simétricos de 50 Hz y con centro de estrella, neutro, conectado rígidamente a tierra)

1,2 = Consideración del enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.).

0,82 = Factor de valor de cresta de la tensión (Tensión contra tierra).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

9.2.1. Valores de dMín. a satisfacer: La distancia de seguridad debe ser mayor que una distancia cualquiera, existente en la línea en forma permanente, medida desde un punto con tensión nominal a un punto de potencial cero (entre ecualizadores de campo, conductor a ménsula, etc.)

- a) Mayor que la distancia mínima de arco correspondiente a la tensión Us.
- b) Mayor que la distancia mínima para resistir sobretensiones a frecuencia industrial.
- c) Incrementada en un 50 %, debe ser mayor que la distancia calculada por sobretensión de maniobra para una desviación standard $\vartheta = 0,06$ por sobre el nivel básico de aislación (NBA ó BIL), como:

$$dSm. [m.] = (1,74 \cdot 10^{-3} \cdot NBA.)^{1,66} \quad [9.2 -3]$$

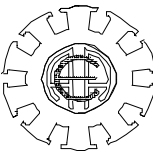
- d) Incrementada en un 50, % debe ser mayor que la distancia calculada por sobretensión atmosférica para una desviación standard $\vartheta = 0,03$ por sobre el nivel básico de aislación (NBA ó BIL), como:

$$dSa. [m.] = (1,67 \cdot 10^{-3} \cdot NBA.)^{1,66} \quad [9.2 -4]$$

9.2.2. Verificación de los anchos de franjas:

Este ancho de la franja de servidumbre debe ser verificado, con los conductores en reposo, considerando que en los límites de la misma:

- a) El campo eléctrico no supere 3 kV./m.
- b) El campo magnético no supere 25 μ T.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

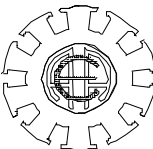
9.2.3. Ancho uniforme de la franja de servidumbre: El ancho de la franja de servidumbre a establecer en general será único para toda la traza de la línea y correspondiente al máximo ancho calculable en función del diseño de las estructuras y los vanos incluidos en la misma. Se podrán realizar, de común acuerdo, variaciones puntuales e iguales para la zona de implante de torres o estructuras en particular, con característica de “restricción total a su empleo” a diferencia de la zona de vanos con “restricción parcial”, cuando los anchos de franja de servidumbre lo justifiquen.

9.2.4. Minimización de las tensiones de contacto: Todas las construcciones total o parcialmente metálicas (molinos, galpones, alambrados, viviendas, colmenas, etc.) situadas en las adyacencias (fuera) de la franja de servidumbre, existentes o posteriores a la delimitación de la misma, se deberán conectar a una puesta a tierra a efectos de minimizar o eliminar los valores de inducción electromagnética, que originen tensiones de contacto permanentes mayores a 24 V.

9.3. Restricciones totales a su empleo:

9.3.1. Dentro de la superficie afectada por la servidumbre queda prohibido lo siguiente:

- Cualquier tipo de edificación o construcción destinada a vivienda permanente o con permanencia de personas.
- Su utilización para el emplazamiento de escuelas o campos deportivos.
- Modificar los niveles del suelo ya sea con excavaciones o terraplenes, que afecten o puedan afectar la estabilidad de las estructuras, las tareas de mantenimiento o disminuyan las alturas y distancias de seguridad.
- La plantación de árboles o arbustos que en su máximo estado de crecimiento superen la altura de 4 metros, salvo el caso de bosques existentes que se considerarán en forma especial en la elección de la traza o en el diseño de la línea, de acuerdo con las distancias mínimas de seguridad establecidas.

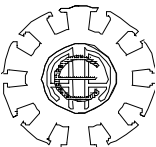
	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

- e) La quema de rastrojos, matorrales, etc., en la franja de servidumbre o próximas a ella que por efecto de la dirección de los vientos puedan sacar la línea de servicio por ionización del aire, contaminen o polucionen sus aislaciones en forma severa, más allá de las propias de la zona geográfica correspondiente, consideradas en el proyecto.
- f) El manipuleo o trasvasamiento de combustibles líquidos o gaseosos, o volátiles inflamables.
- g) La instalación de piletas de natación, playas de estacionamiento o cementerios.
- h) La instalación de basurales a cielo abierto, por el riesgo de fuego espontáneo que conllevan.
- i) Realizar voladuras de terrenos con explosivos.
- j) El empleo de alambrados electrificados, sin discontinuar por lo menos cada 500 m en paralelismos con líneas de clase "D", o en otras clases donde se pudieran presentar tensiones inducidas permanentes peligrosas (mayores a 24 V) por la longitud del paralelismo.

9.4. Restricciones parciales a su empleo:

9.4.1. Solo bajo autorización escrita del Titular de la Servidumbre se podrán realizar las siguientes acciones:

- a) Transitar con vehículos o equipos móviles que superen la altura neta de 4,5 metros.
- b) Sembrar o plantar especies que superen los 4 metros de altura neta, en su etapa de mayor crecimiento.
- c) Plantar, en el borde de la franja de servidumbre, especies vegetales que dada su ubicación y altura puedan llegar a producir daños o situaciones de peligro y pérdida del servicio en caso de su caída, total o parcial, dentro de la franja de servidumbre.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

d) Instalar sistemas de riego por aspersión con cañón de gran alcance.

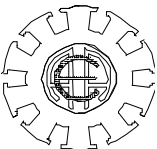
9.5. Libertad de acceso del personal del Titular de la Servidumbre:

El personal del Titular de la Servidumbre y/o Contratado por este y con la identificación pertinente, tendrá libre e ilimitado acceso, las 24 horas del día hábil o feriado, con el equipo necesario para operar, mantener o reparar las instalaciones.

9.6 Mantenimiento de la condición de servidumbre:

9.6.1. Caso de venta de la propiedad que incluya servidumbres: Todas las circunstancias establecidas como restricción al dominio constarán obligatoriamente en toda escritura traslativa del dominio de la tierra, cumplimentando la legislación vigente.

9.6.2. Caso de modificación del uso del suelo: Cada vez que se cambie el uso del suelo, el propietario y el titular de la servidumbre deberán acordar las nuevas restricciones que se correspondan a ese nuevo uso, cumplimentando a su vez lo indicado en el párrafo anterior.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

10. SOLICITACIONES EXTERIORES

10.1. CLIMATICAS:

Las condiciones de carga para el cálculo en cada zona, están caracterizadas por distintas combinaciones de temperatura, velocidad de viento y eventuales sobrecargas de hielo que se resumen en la Tabla 10.1 siguiente:

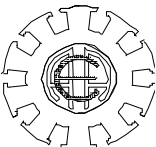
Tabla 10.1 - Estados Atmosféricos

ZONA (*)	TEMPERATURA		VELOCIDAD DEL VIENTO (*)	ESPEJOR MANGUITO HIELO
A	Tmáx	= + 50°C	Ver punto 10.1.3.	0
	Tmín	= - 5°C		0
	Tc/viento máx.	= + 10°C		0
	Tmedia	= + 20°C		0
B	Tmáx	= + 45°C	Ver punto 10.1.3. Ver punto 10.1.4.	0
	Tmín	= - 15°C		0
	Tc/viento máx.	= + 10°C		0
	Tc/viento medio	= - 5°C		-----
	Tmedia	= + 16°C		0
C	Tmáx	= + 45°C	Ver punto 10.1.3. Ver punto 10.1.4.	0
	Tmín	= - 10°C		0
	Tc/viento máx.	= + 15°C		0
	Tc/viento medio	= - 5°C		-----
	Tmedia	= + 16°C		0
D	Tmáx	= + 35°C	Ver punto 10.1.3. Ver punto 10.1.4. y 10.1.5.	0
	Tmín	= - 20°C		0
	Tc/viento máx.	= + 10°C		0
	Tc/viento medio	= - 5°C		10 mm.
	Tmedia	= + 8°C		0
E	Tmáx	= + 35°C	Ver punto 10.1.3. Ver punto 10.1.4.	0
	Tmín	= - 20°C		0
	Tc/viento máx.	= + 10°C		0
	Tc/viento medio	= - 5°C		0
	Tmedia	= + 9°C		0

(*) Ver mapas de isocletas y zonas climáticas adjuntos.

10.1.1. Las condiciones climáticas dentro de las zonas A, B y D son válidas hasta una elevación sobre el nivel del mar que se indica a continuación:

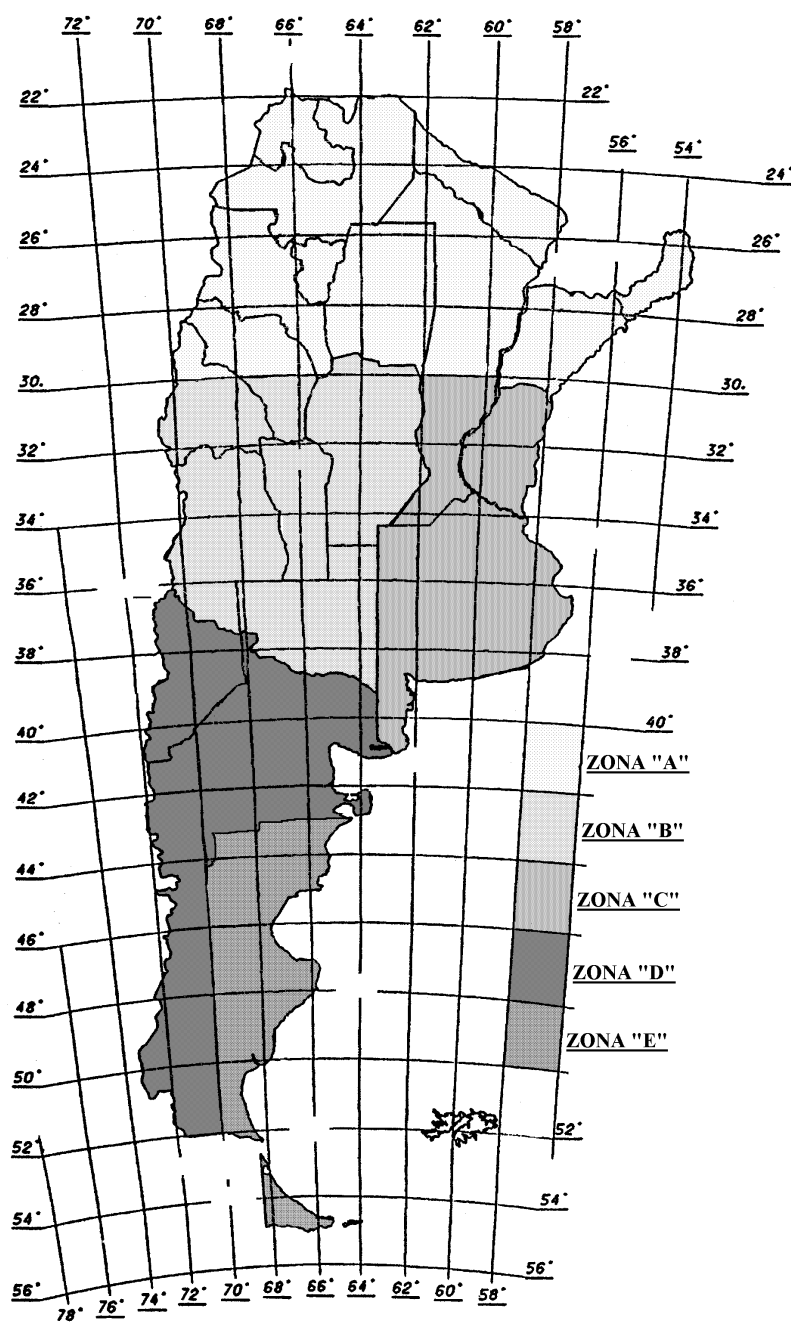
Zona A	2.200 m
Zona B	850 m
Zona D	750 m

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Nota 1: El proyectista de la línea acopiará en forma directa datos, en modo de poder verificar si los de la Tabla 10.1 superan las condiciones reales, en cuyo caso usará los datos dados por la Tabla.

Nota 2: No es aconsejable para el diseño de líneas clase “C” en adelante el uso de los valores de la Tabla 10.1, sin su confrontación con los datos reales.

Fig. 10.1. Mapa de zonas climáticas de la República Argentina



10.1.2. Factor de carga: De acuerdo a las condiciones de servicio de la línea se modificara las cargas definidas corrigiendo el periodo de retorno

Factor de importancia	Factor de Carga	Periodo de retorno
1	1,00	50
2	1,15	100
4	1,30	200
8	1,40	400

10.1.3. Viento:

a) Fuerza del viento:

La fuerza actuante del viento sobre la superficie de un componente de la línea puede determinarse por:

$$F = Q(Z_p \cdot V)^2 G \cdot C_F \cdot A$$

F= Fuerza del viento en daN

V= El viento máximo de diseño en m./seg el cual será asociado con una de los siguientes periodos de retorno:

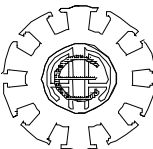
- (1) V_{pr} asociado con el PR-anual Periodo de Retorno Anual correspondiente a las condiciones de servicio de la línea (determinadas cumpliendo el punto 10.1.3.d.)
- (2) V_{50} asociado con el Periodo de Retorno de 50 años multiplicado con el correspondiente factor de carga definido en el punto 10.1.2. (el viento con periodo de retorno de 50 años se puede obtener del mapa de isocletas de la Figura 10.2)

Q = Factor que depende de la densidad del aire

Z_p = Factor del terreno, por altura y exposición

G = Factor de ráfaga para conductores, cable de guardia y estructuras.

C_F = Coeficiente de Forma

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

A = Area proyectada, en m²

La fuerza del viento sobre conductores y cables de guardia es

$$F = Q (Z_v V)^2 G_w C_f A \cos^2 \psi$$

ψ = Ángulo del viento con la línea.

Para conductores y cables de guardia se recomiendan los siguientes coeficientes de forma:

- 1,0 para $\varnothing > 15,8$ mm.
- 1,1 para $12,5 \text{ mm.} < \varnothing \leq 15,8$ mm.
- 1,2 para $\varnothing \leq 12,5$ mm.

La fuerza del viento sobre estructuras reticuladas es

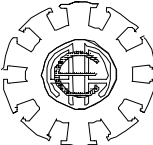
$$F = Q (Z_v V)^2 G_t (1 + 0,2 \sin^2 2\psi)(A_{ml} C_{fl} \cos^2 \psi + A_{mt} C_{ft} \sin^2 \psi)$$

Coeficiente de forma C_f para viento normal a una cara para perfiles de cantos vivos.

Solides ϕ	Sección cuadrada	Sección triangular
< 0,025	4,0	3,6
0,025 a 0,44	4,1 – 5,2 ϕ	3,7 – 4,5 ϕ
0,45 a 0,69	1,8	1,7
0,70 a 1,00	1,3 + 0,7 ϕ	1,0 + ϕ

Factor de corrección para barras de contorno redondeado

Solides ϕ	Sección cuadrada
< 0,30	0,67
0,30 a 0,79	0,67 ϕ + 0,47
0,79 a 1,00	1,00

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Factor de corrección para postes

Tipo de sección	Coeficiente de forma
Circular	0,9
Poligonal de 16 lados	0,9
Poligonal de 12 lados	1,0
Poligonal de 8 lados	1,4
Poligonal de 6 lados	1,4
Cuadrado	2,0

b) Densidad del aire

El factor de densidad del aire Q convierte la energía cinética del movimiento del aire en presión

$$Q = 0,00613$$

c) Velocidad básica del viento

La velocidad básica del viento esta definida a una altura de 10 metros en un terreno abierto, de exposición C.

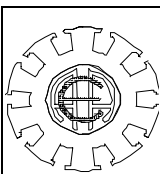
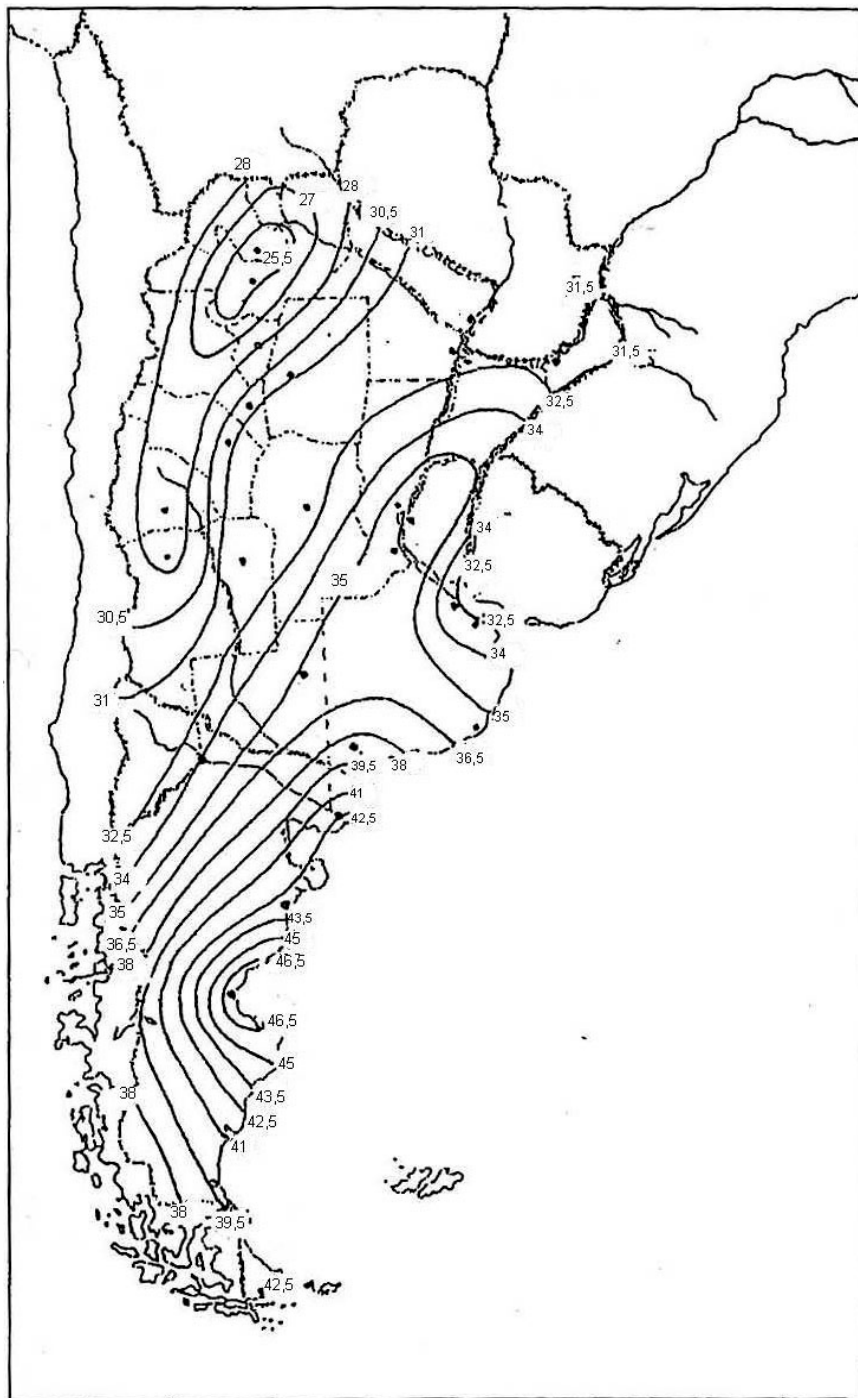
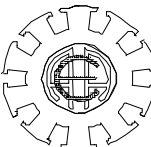


Fig.10.2. Mapa de isocletas de la República Argentina



Nota : La velocidad de referencia, en m/s, corresponde al promedio de velocidades máximas. Periodo de retorno de 50 años sobre intervalos de 10 min. en exposición abierta y altura de 10 metros. La velocidad a considerar para una posición geográfica determinada es la máxima que corresponda a la cuadrícula (entre meridianos y paralelos) que la contenga.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

d) Determinación de la velocidad básica:

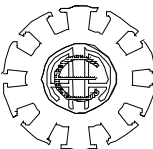
Para determinar la velocidad básica del viento con datos de viento local es necesario cumplir como mínimo con las siguientes 5 condiciones:

- d.1) Un aceptable análisis de valor extremo estático empleado en la reducción de datos.
- d.2) El instrumental de toma de velocidad de viento, apto para la velocidad del viento a medir, colocado en un área abierta y no obstruida. La altura histórica del anemómetro debe ser conocida.
- d.3) El viento básico utilizado no menor de 25 m/s
- d.4) Un mínimo de 10 años de datos proporcionados por la estación

e) Factor del terreno:

El factor Z_p modifica la velocidad del viento básico, teniendo en cuenta los efectos de la exposición al perfil del terreno y la altura de los objetos sobre el mismo, según tres categorías de exposición

- e.1) Exposición B (área urbana y suburbana): Es necesario que la línea este a no menos de 500 m ó 10 veces la altura de la estructura dentro de esta zona.
- e.2) Exposición C (campo abierto, granjas, sembrados): Esta exposición es la representativa del terreno de aeropuertos donde son efectuadas las mediciones de la velocidad de viento.
- e.3) Exposición D (costa de grandes superficies de agua).

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Factores de terreno

Altura sobre el nivel del terreno Z (m)	Exposición B	Exposición C	Exposición D
10	0,72	1,00	1,18
15	0,79	1,08	1,23
20	0,84	1,10	1,27
25	0,88	1,14	1,29
30	0,93	1,17	1,32
35	0,96	1,20	1,34
40	0,98	1,22	1,36
45	1,00	1,24	1,38
50	1,02	1,26	1,39
55	1,05	1,28	1,40
60	1,08	1,30	1,42

Nota1: La interpolación lineal para valores intermedios de altura Z es aceptable.

Nota 2: Para alturas mayores de 60 m puede usarse la siguiente ecuación para la determinación de los valores de Z_p :

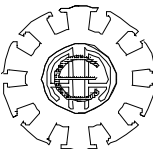
$$Z_p = 1,61 \frac{Z_o^{\frac{1}{\alpha}}}{Z_g} \text{ para } 10 \leq Z_o \leq Z_g$$

Exposición	α	Z_g
B	4,5	366
C	7,0	274
D	10,0	213

f) Altura efectiva:

f.1) La altura efectiva Z_o para un conductor o cable de guardia es la que corresponde al centro de presión de las cargas de viento y es utilizada para la determinación del factor de terreno y el factor de ráfaga.

f.2) La altura efectiva del conductor puede ser determinada aproximadamente con la altura del punto de amarre a la estructura respecto

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

del terreno menos un tercio la flecha del conductor para el estado de temperatura media anual más el largo de la cadena de aisladores (solamente para suspensiones).

f.3) La altura efectiva del cable de guardia puede determinarse como la altura del punto amarre menos un tercio de la flecha del cable de guardia para el estado de temperatura media anual.

f.4) La altura efectiva de la estructura para estructuras de altura de 60 m o menos puede asumirse como dos tercios de la altura de la estructura y aplicar un viento uniforme con el mismo factor de altura. Para estructuras mayores de 60 m se pueden variar las alturas para tener en cuenta la variación del viento con la altura.

g) Factor de ráfaga:

Los factores de ráfaga para conductor y cable de guardia (G_w) y la estructura (G_t).

$$G_w = 1 + 2,7E\sqrt{B_w}$$

$$G_t = 1 + 2,7E\sqrt{B_t}$$

En donde:

$$E = 4.9\sqrt{k}\left[\frac{10}{Z_0}\right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

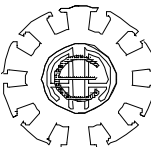
$$B_w = \frac{I}{1 + 0,8 L/L_s}$$

$$B_t = \frac{I}{1 + 0,375 h/L_s}$$

donde:

Z_0 : altura efectiva

L : vano de diseño (m)

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

h : altura (m)
 ∞ , k y Ls: parámetros.

Exposición	∞	Zg	k	Ls
B	4,5	366	0,010	52
C	7,0	274	0,005	67
D	10,0	213	0,003	76

10.1.4. Viento medio

De no contar con datos directos para la determinación de los vientos medios se tomara el 40 % de la velocidad del viento determinada con la figura 10.2. Estos vientos están asociados a la carga de hielo.

10.1.5. Tornados y vientos influenciados por la topografía

En las líneas que se encuentren en la zona de tornados (centro y sur de la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones) deberán efectuarse estudios una recopilación de datos a fin de tener en cuenta la influencia de los tornados.

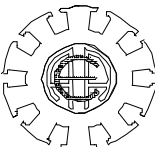
Se deberá tener en cuenta en el diseño de la línea los accidentes topográficos que puedan causar condiciones de viento particulares.

10.1.6. Hielo:

- El manguito de hielo definido en el punto 10.1. se deberá afectar por el factor de carga definido en el punto 10.2.1.
- La densidad del hielo a considerar será de 900 kg/m³

10.2 CARGAS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

10.2.1. Erección de soportes: Las cargas en los puntos de montaje y de todos los componentes deben ser verificados por las cargas estáticas afectadas por un factor de sobrecarga de 2. Un factor de sobrecarga de 1.5 puede ser usado si las operaciones son cuidadosamente controladas.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

10.2.2. Construcción, tendido y flechado:

a) Tensión de conductores:

La tensión de los conductores será calculada con la mínima tensión admisible para la operación de tendido y flechado. Se recomienda que en el cálculo de las cargas en la estructura la tensión en los cables sea afectada por un factor de sobrecarga de 2 para las cargas móviles y 1.5 para todos los cables fijos

b) Cargas verticales:

Cargas verticales adicionales deben ser aplicadas en la estructura para tener en cuenta la componente vertical de las cargas definidas en el punto a) anterior, en cualquier combinación de cargas, en todos los puntos de anclaje, que represente la secuencia de montaje.

c) Cargas transversales

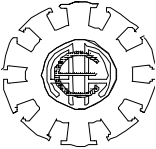
Las estructuras angulares deben ser aptas para resistir las cargas definidas en el punto a) anterior.

Bajas cargas de viento pueden ocurrir durante la construcción y mantenimiento, estos efectos deben ser tenidos en cuenta.

d) Cargas longitudinales y verticales en estructuras terminales temporarias:

d.1) Cargas longitudinales:

Las estructuras usadas temporariamente como terminales durante el tendido deben ser capaces de resistir las cargas las cargas longitudinales resultantes de las tensiones definidas en el punto a), anterior, en cualquier

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

combinación de cargas, en todos los puntos que representan las secuencias de montaje.

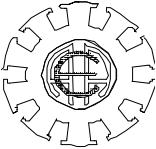
d.2) Cargas verticales:

Si las estructuras son temporariamente reforzadas con riendas para tomar las cargas longitudinales requeridas, estas riendas incrementaran las cargas verticales en los puntos de amarre. Será necesario chequear la tensión en las riendas y tomar en cuenta las cargas verticales aplicadas en los puntos de amarre.

e) Cargas de mantenimiento:

Todos los puntos de soporte de cables deben ser aptos para resistir las cargas verticales de los cables a la tensión de tendido afectadas por un factor 2.

Los puntos de izaje temporarios también deben ser aptos para tomar las cargas definidas anteriormente.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

11. DIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

11.1. GENERALIDADES

11.1.1 Requisitos de proyecto: Las estructuras en su conjunto y en sus partes componentes deberán resistir las cargas de proyecto que establece la presente Reglamentación (Apartado 11.2) en las condiciones detalladas en el presente capítulo.

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

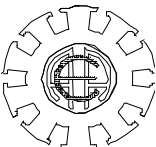
$$K_E . K_C . S \leq \phi . R_C$$

Donde:

K_E : Factor de carga 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.).

$K_E = 1,00$ 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.

Para estructuras de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

$K_E = 1,10$ Si no se realizan ensayos sobre un prototipo a escala natural.

K_C : Factor de carga 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.

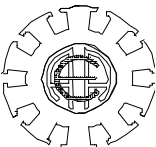
$K_C = 1,20$: Retenciones angulares y terminales de línea.

$K_c = 1,30$: Estructuras especiales para cruces de ríos navegables ó de frontera.

Pórticos de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico

S: Es una solicitación última que resulta la solicitación máxima actuante (correspondiente a cargas aleatorias con un período de retorno T, a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se detalla en la presente Sección, en función del destino y condiciones de exposición de la obra, y de acuerdo con las hipótesis de proyecto.

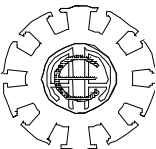
$K_E K_C S$: Solicitación última factorizada.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

φ : “Factor global de resistencia”, 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 las calidad de fabricación y montaje de la estructura.

R_C : Resistencia característica ó nominal de los elementos componentes y el de sus uniones. Esta resistencia será determinada por cálculo, a partir de los resultados de una serie de ensayos, ó establecida como carga límite mínima por las Normas IRAM de aplicación.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

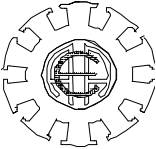
11.2. Materiales

Las estructuras se podrán fabricar con madera, acero, hormigón armado, hormigón pretensado con armaduras pasivas, aleaciones de aluminio, y fibra de vidrio.

11.2.1. Elementos de madera: Los elementos de madera deberán ser tratados, previo a la fabricación de las estructuras, mediante la impregnación con sustancias químicas preservantes (sales cromocuproarsenicales “CCA” o cromocuprobóricas “CCB”) que aseguren su durabilidad tanto de los tramos enterrados como los emergentes expuestos a los agentes atmosféricos. En todos los casos queda estrictamente prohibido empotrar postes de madera en bloques de hormigón, que aceleren la putrefacción de la madera por estancamiento de humedad alrededor del poste.

Nota: Solamente podrán ser utilizados elementos de madera sin preservación en los términos que especifica la Norma IRAM 9530 ó en casos de emergencia y como situación provisional, cuando se requiera reponer el servicio público. También se podrán utilizar en obras eléctricas privadas, de carácter complementario y temporario, donde la condición de durabilidad no sea la determinante de la calidad del servicio y cuando una eventual falla no produzca daños a terceros.

11.2.2. Elementos metálicos: Los elementos metálicos podrán ser perfiles laminados en caliente, que deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS U 500-503; podrán estar constituidos por piezas de acero conformadas en frío que deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS U 500-42; ó podrán estar compuestos por tubos estructurales que cumplan con la Norma ASTM A 500 – IRAM IAS 2592.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los elementos planos ó estructuras tubulares conformadas por chapas roladas soldadas estarán constituidos por chapas de acero al carbono que cumplirán con la Norma IRAM-IAS U 500-42.

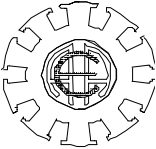
En caso de emplearse en la fabricación de las estructuras metálicas materiales de procedencia extranjera, los mismos deberán cumplir con Normas de calidad reconocidas que sean asimilables a las IRAM-IAS vigentes en nuestro país; en este caso se tomará como resistencia nominal de diseño (tensión de fluencia) el valor mínimo garantizado por la Norma que cumple dicho material.

11.2.3. Protección anticorrosiva: Todos los elementos de acero expuestos a la intemperie, como sus correspondientes uniones (bulones, arandelas y tuercas) deberán estar galvanizados en caliente. El galvanizado de perfiles y chapas responderá a la Norma ASTM A-123 y el de las uniones y sus elementos componentes tendrán un galvanizado que deberá cumplir con la Norma ASTM A-153. Igual tratamiento tendrán las uniones metálicas de las estructuras de madera.

En casos especiales se podrá reemplazar el galvanizado en caliente, por galvanizantes en frío que cumpla las Normas ASTM A 239, A 780 y B 117 ó con un tratamiento epoxi de durabilidad garantizada.

11.2.4. Postes de hormigón armado: Los postes de hormigón armado responderán a las Normas IRAM 1603 y 1586.

11.2.5. Postes de hormigón pretensado: Los postes de hormigón pretensado responderán a la Norma IRAM 1605 y 1586.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

12 Hipótesis de Carga

12.1 Definición de las cargas de cálculo

12.1.1. 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 ó 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 (cables, aisladores, etc.) y que pueden considerarse invariables para la determinación del riesgo.

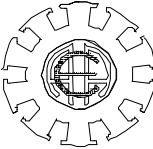
c) **Especiales:**

Agrupar las solicitaciones cuyo origen se encuentra en el montaje, el mantenimiento ó en el colapso de la estructura ó en alguno de los elementos de la línea (conductores, aisladores, etc.). Estas cargas alcanzan valores máximos y no admiten tratamiento estadístico.

12.1.2. 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 ó transitorias a saber:

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

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 ó reparación de la línea. Básicamente están dirigidas a evitar accidentes ó pérdida de vidas de quienes efectúan las tareas de montaje ó mantenimiento.

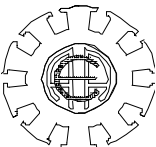
c) De contención de fallas:

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.

12.1.3. Acciones a considerar:

Las acciones a considerar son las siguientes:

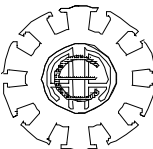
- a) Presión del viento sobre los cables desnudos y/o con manguito de hielo.
- b) Presión del viento sobre los aisladores y accesorios desnudos.
- c) Presión del viento sobre la estructura.
- d) Acciones horizontales del tiro de los cables por el ángulo de la línea, desequilibrio de los tiros, rotura de los conductores, etc.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- e) Acción vertical del tiro de los cables.
- f) Peso de los aisladores y accesorios desnudos.
- 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.
- 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.

12.1.4. Forma de considerar las acciones:

- a) Las cargas (a, b y c) se calcularán de acuerdo a las presiones unitarias establecidas en la Sección 6.2, tomando en cuenta para la presión del viento sobre los cables, la mitad de la longitud total de los mismos en los dos vanos adyacentes al sostén que se calcula.
- b) Para las torres reticuladas la presión del viento (c) se calculará según el apartado 6.2.9.
- c) Para torres de forma especial, como pórticos de dos o más columnas, torres reticuladas (autosoportadas o arriendadas), la presión del viento deberá ser calculada separadamente para cada columna o elemento especial. En las vigas se considerará la carga del viento en la dirección de su eje, actuando sobre cada módulo de diagonales sin considerar el posible efecto de “escudamiento”

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

- d) Los tiros de los cables para las cargas (d y e) deberán ser los de las correspondientes hipótesis de cálculo de los conductores.
- e) La sobrecarga adicional de montaje (i) deberá ser como mínimo igual a la indicada en la Tabla 12.1.4 y deberá ser tomada en cuenta solamente para el cálculo de las crucetas o ménsulas de las torres.
- f) Las cargas indicadas corresponden a estructuras de retención. En estructuras de suspensión los valores indicados se reducen al 50%.
- g) Estas cargas se adicionan a las cargas correspondientes a construcción y mantenimiento. No se considerará la acción del viento.

TABLA 12.1.4 – Sobrecarga adicional de Montaje

Tensión nominal de la línea	kV	Hasta 66	132	380	500
Sobrecarga adicional de montaje	daN	200 (*)	320	500	500

(*) – En el caso de líneas compactas este valor será de 100 daN

12.2 Hipótesis de cálculo

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

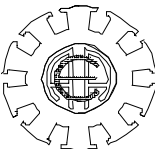
12.2.1. Estructuras de suspensión:

a) Cargas de servicio

a.1. Peso propio y cargas permanentes

Viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructura y sobre la semilongitud de ambos vanos adyacentes.

a.2. Peso propio y cargas permanentes

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Carga de viento máximo sobre estructura aisladores y accesorios en dirección de la línea.

a.3. Peso propio y cargas permanentes

Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de ambos vanos adyacentes.

a.4. Peso propio y cargas permanentes

Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura aisladores, accesorios y semilongitud de ambos vanos adyacentes.

a.5. Peso propio y cargas permanentes

Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitudes de cadena de suspensión hasta 2,5 m ó 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 de 40%.

a.6. Peso propio y cargas permanentes

Tiro máximo de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitudes de cadena de suspensión de hasta 2,5 m ó aisladores rígidos. La reducción unilateral de los tiros será de 15% para cadenas de suspensión mayores de 2,5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será de 40%. No se considera viento.

b) Cargas de construcción y mantenimiento

b.1. Peso propio de la estructura.

Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos ó en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje.

No se considera viento.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

c) Cargas de contención de falla

c.1. Peso propio y cargas permanentes

Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50% del tiro máximo de una fase ó el 70% del tiro medio (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables para conductores simples ó haces de conductores.

En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65% ó al 100% del tiro medio (EDS).

No se considera viento.

c.2. Peso propio y cargas permanentes

Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo.

No se considera viento.

Nota para las cargas de contención de falla:

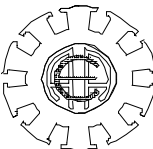
Las cargas indicadas en c), corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50% de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la sollicitación 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.

12.2.2. Estructuras de suspensión angular y angulares:

a) Cargas de servicio

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

a.1. 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 de la bisectriz del ángulo de la línea.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a.2. 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.

a.3. 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

a.4. Peso propio y cargas permanentes

Carga adicional.

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.

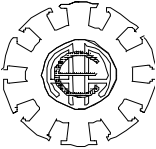
Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a.5. Peso propio y cargas permanentes.

Carga adicional.

Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitud de cadena de suspensión hasta 2,50 m ó aislador rígido.

La reducción unilateral del tiro será de 15% para longitud de cadena mayor a 2,50 m.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Para cable de guardia la reducción unilateral será de 40%.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a.6. Peso propio y cargas permanentes.

Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitud de cadena de suspensión hasta 2,5 m ó aislador rígido.

La reducción unilateral del tiro será del 15% para longitud de cadena mayor a 2,5 m.

Para cable de guardia la reducción unilateral del tiro será del 40%.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

b) Cargas de construcción y mantenimiento

b.1. Peso propio de la estructura.

Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de sujeción, en varios de ellos ó en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje.

No se considera el viento.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerándose temperatura mínima.

c) Cargas de contención de falla

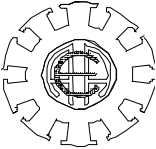
c.1. Peso propio y cargas permanentes

Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de sujeción, equivalente al 50% del tiro máximo de una fase ó al 70% del tiro medio (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables, para conductores simples ó haces de conductores.

En el caso de cables de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65% ó al 100% del tiro medio (EDS).

No se considera el viento.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerados a temperatura mínima.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

c.2. Peso propio y cargas permanentes

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento.

Nota para las cargas de contención de falla:

Las cargas indicadas en c), 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.

12.2.3. Estructuras de Retención y Retención Angular

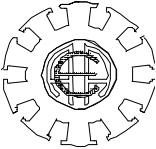
a) Cargas de servicio

a.1. 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.

a.2. Peso propio y cargas permanentes

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

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.

a.3. 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

a.4. Peso propio y cargas permanentes

Carga adicional.

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.

b) Cargas de construcción y mantenimiento

b.1. Peso propio de la estructura

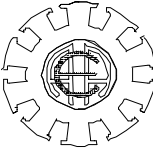
Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios ó todos los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje.

Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima.

No se considera viento.

b.2. Peso propio.

Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción media anual con un factor de carga de 1,5 ó 2/3 del tiro máximo con el mismo factor de carga. No se considera viento.

c) Cargas de contención de falla

c.1. Peso propio y cargas permanentes.

Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia.

No se considera viento.

c.2. 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.

12.2.4. Estructuras terminales

a) Cargas de servicio

a.1. Peso propio y cargas 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.

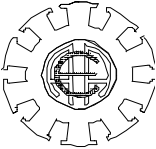
Tracciones unilaterales de todos los conductores.

a.2. Peso propio y cargas 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.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

b) Cargas de construcción y mantenimiento

b.1. Peso propio

Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno, varios ó todos los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje.

Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción media (EDS) con un factor de carga de 1,5 ó 2/3 de la tracción máxima con el mismo factor de carga. No se considera viento.

c) Cargas de contención de falla

c.1. Peso propio de la estructura, cargas permanentes duplicadas.

Eliminación de una cualquiera ó varias tracciones máximas.

No se considera viento.

c.2. Peso propio y cargas permanentes

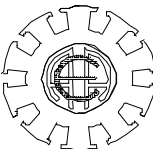
Tiro de todos los conductores e hilo de guardia correspondientes a temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto.

No se considera viento.

Nota para las cargas de contención de falla:

Las cargas indicadas en c), 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

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

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.

12.2.5. 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 sólo se considera sobre conductores y cable de guardia con una densidad de 0,9 kg/dm³. Estas condiciones podrán modificarse si se dispone de la información específica. El manguito se considerará cilíndrico y con coeficiente aerodinámico igual a 1,00.

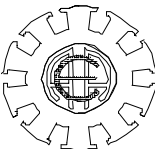
La velocidad del viento a adoptar, en los casos en que no se especifique, es la que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada.

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

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

Se designa “carga adicional” al peso del hielo sobre conductores.

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.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.3 Cálculo de solicitaciones

El cálculo de las solicitaciones producidas en los distintos elementos de las estructuras, que se producen por efecto de las cargas detalladas en el Punto 12.1, debe ser efectuado de acuerdo a los métodos de la Teoría de Estabilidad que sean de aplicación al material propuesto para construir las estructuras y de acuerdo a los procedimientos de proyecto que se establecen en el presente Reglamento.

12.4 Ensayos de prototipos y componentes estructurales

12.4.1. Estructuras no convencionales: Para el caso del proyecto de estructuras no convencionales, se deberán realizar ensayos sobre prototipos similares, con la finalidad de verificar el comportamiento estable de la estructura sometida a las hipótesis de carga del proyecto.

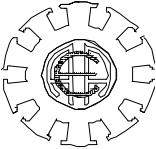
En el caso de falla se debe verificar que:

$$\frac{K_C S}{\varphi_E} \leq R_C$$

Los valores de φ_E se detallan en el apartado 12.8.

12.4.2. Estructuras reticuladas: Los proyectos de las estructuras metálicas reticuladas más representativas de la línea (suspensiones y retenciones típicas), para líneas de 132 kV ó un nivel de tensión superior, siempre serán verificados con ensayos de prototipos.

12.4.3. Los proyectos de los postes de hormigón armado y/o pretensado para estructuras de suspensión, siempre serán verificados con ensayos de flexión y en las condiciones que establecen las Normas IRAM 1603 e IRAM 1605, y de torsión según las solicitaciones factorizadas definidas por las hipótesis de carga respectivas. Para los postes dobles y triples siempre se verificará, mediante ensayos no destructivos a flexión, el comportamiento de los postes como componentes estructurales.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.5 Estructuras de madera

Estas estructuras estarán constituidas parcial o totalmente por postes de madera blanda (coníferas, eucaliptus, etc.) ó dura (palma, quebracho, urunday, etc.).

Las estructuras pueden ser del tipo monoposte, arriendadas, ó aporticadas ya sea arriostradas ó no.

Para el proyecto de este tipo de estructuras no será de aplicación la hipótesis de cálculo correspondiente a las cargas de contención de fallas.

12.5.1. Medidas y defectos:

Los postes deberán cumplir con las medidas mínimas y características detalladas en las Normas IRAM en vigencia (IRAM 9530, 9531 y 9586).

Las crucetas deberán cumplir con los requisitos que establece la Norma IRAM 9540.

12.5.2. Cargas y tensiones límites de proyecto:

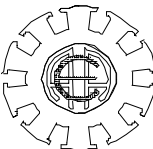
a) Cargas límites mínimas (empíricas):

Las cargas límites mínimas (últimas) a utilizar en el diseño, tendrán como máximo los valores detallados en las Normas IRAM de aplicación.

Las solicitaciones resultantes de dichas cargas límites mínimas, se considerarán resistencias características nominales de los postes (R_c).

b) Propiedades mecánicas de la madera:

Las mismas podrán deducirse de las tablas de tiros en la cima (límites mínimos), que fijan las Normas IRAM en vigencia. Caso contrario se podrán estimar razonablemente con la siguiente tabla, a partir del peso específico

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

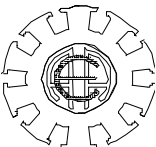
seco de la madera (G), para diferentes condiciones de humedad y preservación, independientemente de la especie que se trate.

Tabla 12.5.2: Relaciones entre propiedades mecánicas y el peso específico

Solicitud	Relación (a)	
Propiedad mecánica	Madera húmeda (CH>25%) y sin preservación	Madera secada al aire (CH=12%) y con preservación
1) Flexión a) Tensión al límite de proporcionalidad b) Módulo de rotura c) Módulo de elasticidad	717 (G) exp 1.25 1237 (G) exp. 1.25 165920.G	1174 (G) exp. 1.25 1806 (G) exp. 1,25 196865.G
2) Compresión paralela a las fibras a) Tensión al límite de proporcionalidad b) Tensión mínima (resistencia) c) Módulo de elasticidad	369.G 473.G 204590.G	615.G 858.G 237640.G
3) Compresión perpendicular a las fibras Tensión en el límite de proporcionalidad	211 (G) exp. 2,25	326(G) exp. 2,25
4) Corte a) Paralelo a las fibras b) Perpendicular a las fibras	130 (G) exp. 1,25 254 (G) exp. 1,25	190(G) exp. 1.25 370(G) exp. 1,25

Donde:

G es el peso específico seco de la madera, calculado a partir del peso anhidro y volumen verde, en daN/dm³. Las expresiones dan valores de tensiones en daN/cm².

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En caso de no disponerse el valor de G , a los efectos de un diseño preliminar se podrá considerar un valor mínimo $G = 0,40 \text{ daN/dm}^3$.

CH es el contenido de humedad de la madera. Para maderas tratadas que tengan contenidos de humedad intermedios a los indicados en la Tabla 12.5.2., las propiedades mecánicas se podrán estimar mediante interpolación lineal.

12.5.3. Dimensionado:

a) Secciones críticas:

Siempre se verificarán las solicitaciones en las secciones de empotramiento, en los puntos de fijación de las riendas, y en las uniones con crucetas y travesaños. En el caso de estructuras arriendadas ó aporticadas, se comprobará el pandeo de los postes como columnas.

b) Resistencia de las secciones:

Con la finalidad de determinar la resistencia suministrada por la estructura (R_c), en la sección considerada, se calcularán las solicitaciones resultantes de aplicar las “cargas límites” definidas en el punto A del apartado 12.5.2.

La resistencia también se podrá determinar en forma teórica considerando como “tensión de falla” de la madera los valores correspondientes a los límites de proporcionalidad de la misma, para cualquier valor tensional, que resulten de aplicar las formulaciones detalladas en la Tabla 12.5.2.

c) Factores de resistencia (φ)

Los factores de resistencia (φ) que se emplearán para minorar la resistencia característica nominal (R_c) teórica o empírica, serán los que se detallan en la Tabla 12.5.3.

Tabla 12.5.3: - Valores de los factores globales de resistencia (ϕ)

ELEMENTO Y MATERIAL	SOLICITACIÓN	(ϕ)
Poste madera	a) Flexión y tracción	0,50
	b) Compresión y flexocompresión paralela a la fibra	0,50 (ϕ_C)
	c) Compresión normal a la fibra	0,66
	d) Cortante	0,25
	e) Pandeo	0,36 (ϕ_P)
Cruceta y ménsulas de madera	f) Flexión y tracción	0,25
Riendas y herrajes	Tracción y corte.	0,50
Uniones abulonadas	Independientemente de la calidad del acero	0,50

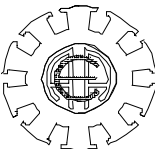
d) Verificación de pandeo

Los elementos de las estructuras en forma de A, de las arriandadas ó autosoportadas siempre se verificarán al pandeo en el plano de la estructura y en la dirección normal a este plano. La longitud efectiva de pandeo (K.L) se determinará a partir del factor de longitud efectiva (K) según las condiciones de vinculación de los elementos.

L: Longitud del elemento (medida entre centros de uniones abulonadas y centro del empotramiento en el suelo).

r: Radio de giro en la dirección considerada.

K: Factor de longitud efectiva.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los factores de longitud efectiva (K) se determinarán de acuerdo con la Teoría de la Estabilidad Elástica; para el caso de pórticos desplazables, arriostrados o no, los elementos con extremos parcialmente empotrados tendrán un valor de $K = 1,20$ que tiene en cuenta la dificultad de lograr nudos perfectamente rígidos.

A los efectos de la verificación de la seguridad al pandeo, los elementos estructurales se clasifican en preponderante comprimidos o flexocomprimidos.

d.1) Elementos preponderantemente comprimidos:

La estabilidad de estos elementos se verificará de acuerdo a su esbeltez, al módulo de elasticidad a compresión y resistencia en el límite de proporcionalidad según la dirección paralela a las fibras.

A los efectos de la verificación de la tensión crítica de pandeo (F_{cr}), se define al “ancho ficticio” (b) como:

$$b = \sqrt{12} \cdot r$$

donde r es el radio de giro en la dirección considerada.

Los elementos comprimidos se clasificarán según su esbeltez (KL/b) en:

d.1.1) Miembros cortos:

$$\text{Se debe cumplir que } \left(\frac{K \cdot L}{b} \right) \leq 11$$

La tensión crítica de compresión de la madera, en la dirección paralela, toma el valor del límite de proporcionalidad a compresión (f_{cp})

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

$$F_{cr} = f_{cp}$$

d.1.2) Miembros intermedios:

$$\text{Se debe cumplir que } 11 < \left(\frac{KL}{b} \right) \leq \lambda_r$$

$$\text{donde } \lambda_r = 1,112 \sqrt{\frac{E_c}{f_{cp}}}$$

EC : módulo de elasticidad a compresión en la dirección de las fibras.

La tensión crítica de compresión de la madera en la dirección paralela, toma el siguiente valor:

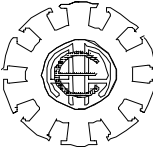
$$F_{Cr} = f_{cp} \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\frac{KL}{b}}{\lambda_r} \right)^4 \right]$$

d.1.3) Miembros esbeltos

$$\text{Se debe cumplir que } \lambda_r < \left(\frac{KL}{b} \right) \leq 50$$

Para estos elementos la tensión crítica de compresión (F_{cr}) se calculará con la fórmula de Euler, que adquiere la siguiente expresión:

$$F_{cr} = \frac{0,825 \cdot E_c}{\left(\frac{KL}{b} \right)^2}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

EC : módulo de elasticidad a compresión, en la dirección de las fibras.

Los elementos comprimidos deberán verificar que:

$$N \leq \varphi \rho F_{cr} \cdot A$$

donde N: normal último factorizado.

A: área bruta de la sección.

$\varphi \rho$: factor de resistencia al pandeo.

F_{cr} : tensión crítica determinada según se detalla en el punto (a) de este apartado.

d.2) Elementos flexocomprimidos:

Tendrán esta denominación aquellos elementos que se comporten como viga-columna, ya sea porque las cargas de compresión estén aplicadas con alguna excentricidad (e) en los extremos de los elementos; o esté sometido a cargas transversales a su eje.

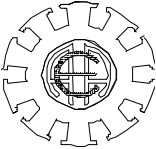
El comportamiento se verificará con la siguiente fórmula de interacción:

$$\frac{N}{\varphi_{\rho} F_{cr} \cdot A} + \frac{M + (N \cdot e) \beta}{\varphi_C \cdot f_{fp} \cdot W_{\eta}} \leq 1$$

N y M: normal y momento flector últimos factorizados.

A; W_{η} : área bruta y módulo resistente neto.

e: excentricidad de N, en caso de ser nula se tomará un valor mínimo ficticio (que será el 10% de la dimensión de la pieza en la dirección donde se verifica la flexión); esto tiene en cuenta la no linealidad física del material.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

β : factor de amplificación, tendrá valor 1 para miembros cortos y 1,25 para miembros intermedios y esbeltos

φ_C ; φ_P : factores de resistencia a flexocompresión y pandeo (Tabla 12.5.3).

F_{cr} : tensión crítica de pandeo.

f_{fp} : tensión de proporcionalidad a flexión.

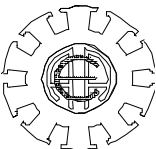
Aunque M y e tengan valores nulos, en el medio de la longitud (L) del elemento, siempre se verificará a flexión con una excentricidad ficticia del 10% de la dimensión de la pieza en la dirección donde se verifica el pandeo y la flexión.

12.5.4 Desplazamientos:

Los desplazamientos horizontales máximos de las estructuras se verificarán numéricamente para las cargas ó solicitaciones últimas factorizadas de servicio, con Teoría de 1° Orden, sin considerar los giros de sus empotramientos en el suelo, y no podrán superar los siguientes valores:

- a) Suspensiones y suspensiones angulares: 6% de la altura de las estructuras.
- b) Estructuras de retención, retenciones angulares, y terminales: 3,5% de la altura de las estructuras.

Los desplazamientos sólo se verificarán para las hipótesis de cargas deservicio que se detallan en el punto 12.5.2.a.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.5.5 Empotramientos:

Las estructuras estarán empotradas en el terreno una longitud mínima (E) medida con las siguientes expresiones:

- a) Estructuras monopostes.

$$E = 0.1 L + 0,60 \text{ m}$$

L = longitud total del poste en m

- b) Estructuras compuestas

$$E = 0,09 H + 0,60 \text{ m}$$

H = altura emergente de la estructura en m.

12.5.6 Uniones:

- a) Materiales

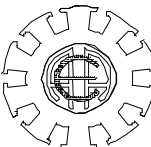
Las uniones se resolverán con bulones comunes de cabeza hexagonal o cuadrada o espárragos, tuercas y arandelas planas de 5 mm de espesor mínimo que cumplirán con las Normas IRAM 5192, 5214 y 5336.

Siempre se dispondrá de dos arandelas por cada bulón o espárrago.

En caso de usarse platabandas o nudos de acero, éstos serán de calidad no inferior a F-22.

Todos los elementos metálicos estarán galvanizados en caliente.

- b) Diseño de uniones

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Se considerará como resistencia de un conjunto de pernos, a la suma de la resistencia de los pernos considerados individualmente.

El diámetro de los agujeros no será superior al de los pernos más 1,60 mm.

La capacidad resistente última de las uniones se calculará en base al mayor espesor a unir (t), al diámetro del perno (D) medidos en milímetros y al peso específico seco de la madera (G) medido en daN/dm³.

b.1) Uniones en que los ejes de las piezas a unir son colineales.

b.1.1) *Caso base:* Unión de tres piezas en que las piezas exteriores tienen por lo menos la mitad del espesor de la pieza central. Su “capacidad última” en decanewtons se obtiene de:

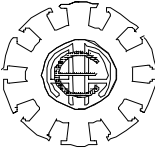
$$R_{c1} = 2,24 G k_1 D t \quad (A)$$

Donde G es el peso específico seco, D es el diámetro del perno en mm y t es el espesor del miembro central en milímetros. El valor de k₁ depende de la relación t/D y se da en la Tabla 12.5.6 (a).

TABLA 12.5.6 (a) - Valores de k₁ para la fórmula (A)

t/D	k ₁	t/D	k ₁
1	1.00	8	0,57
2	1.00	9	0,51
3	1.00	10	0,46
4	0.97	11	0,41
5	0,88	12	0,38
6	0,76	13	0,35
7	0,65		

La fórmula de R_{c1} está basada en los ensayos. Se aprecia en la tabla precedente que el factor k₁ disminuye a medida que aumenta la relación t/D. Esto se debe a que los giros de

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

los extremos del perno aumentan al disminuir el diámetro en relación con el grueso de la pieza principal.

En el caso que las piezas exteriores se reemplacen por platabandas metálicas, la “capacidad última” de la unión se puede incrementar en un 25%.

b.1.2) Unión de tres piezas, en que las piezas exteriores tiene un espesor menor que la mitad de la pieza principal. La capacidad de carga se toma igual a la del caso base tomando t igual a dos veces el espesor menor.

b.1.3) Unión de dos piezas. La capacidad de carga se toma igual a la mitad del caso base, considerando t como dos veces el espesor de la pieza más delgada.

b.2) Uniones en que los ejes longitudinales de las piezas por unir son perpendiculares.

Caso base: Unión de tres piezas en que las piezas exteriores tienen por lo menos la mitad del espesor de la pieza central. La “capacidad última” en decanewtons se obtiene de:

$$R_{c2} = 0,70 G k_2 k_3 \cdot D t \quad (B)$$

En donde G tienen el significado y las unidades dadas en el punto (a) anterior. Los valores de k_2 y k_3 se dan en la Tabla 12.5.6 (b) en función de t/D y D , respectivamente.

TABLA 12.5.6 (b) - Valores de k_1 y k_3 para la fórmula (B)

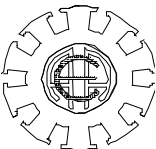
t/D	K_2	D cm (pulg)	K_3
1	1.00	0.64(1/4)	2,50
2	1.00	9.5(3/8)	1,95
3	1.00	12.7(1/2)	1.68
4	1.00	15.9(5/8)	1.52
5	1.00	19.1(3/4)	1.41
6	1.00	22.2(7/8)	1.33
7	1.00	25.4(1)	1.27
8	0.96	31.8(1-1/4)	1.19
9	0.86	38.1(1-1/2)	1.14
10	0.76	44.5(1-3/4)	1.10
11	0.68	50.8(2)	1.07
12	0.61	59.2(2-1/3)	1.03
13	0.55	76.2(3)	1.00
		y mayores	

Para otros casos se calculan las “Resistencias últimas” de acuerdo con el punto (1) y considerando el caso base del presente punto (2).

- b.3) Uniones en que los ejes longitudinales de las piezas por unir forman un ángulo θ entre sí.

La capacidad resistente última de estas uniones se calculará usando la fórmula de Hankinson, utilizando las capacidades de carga para $\theta = 0^\circ$ y $\theta = 90^\circ$.

$$R_\theta = \frac{R_0}{1 + \left(\frac{R_0}{R_{90}} - 1 \right) \sin^2 \theta}$$

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

c) Espaciamientos en uniones con pernos

Para que sean aplicables las recomendaciones anteriores en uniones a base de pernos, deben respetarse los siguientes espaciamientos mínimos:

c.1) Cuando la fuerza actúa en la dirección de las fibras:

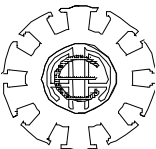
- 4.0 D entre pernos adyacentes en la dirección de las fibras.
- 1.5 D entre hileras de pernos alternados.
- 2.5 D entre hileras de pernos alineados.
- 7.0 D del extremo cargado.
- 4.0 D del extremo no cargado.
- 1.5 D de los bordes.

c.2) Cuando la fuerza actúa perpendicularmente a la dirección de las fibras:

- 4.0 D entre pernos adyacentes en la dirección de las fibras.
- 4.0 D de los extremos
- 4.0 D del borde cargado.
- 1.5 D del borde no cargado.
- 5.0 D entre hileras de pernos para $t/D > 6$.
- 2.5 D entre hileras de pernos para $t/D = 2$ (Interpolar entre los dos últimos valores para $2 < t/D \leq 6$).

12.6 Estructuras de hormigón armado y pretensado.

La ejecución de las estructuras de hormigón armado y o pretensado cumplirán con las especificaciones que establece el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia, en cuanto a la calidad de los materiales componentes, procedimientos de fabricación y, montaje y metodología de control de calidad de los materiales y elementos fabricados. Todos los aceros a emplear en la fabricación de las estructuras deberá tener certificado de

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

procedencia y los resultados de los ensayos físico-químicos que garanticen la calidad y aptitud del material a emplear.

12.6.1 Materiales:

a) Hormigones

La calidad mínima de los hormigones, medida como resistencia característica en MN/m², será la que se detalla:

- a.1) Postes premoldeados de hormigón armado H-21.
- a.2) Postes premoldeados de hormigón pretensado H-25
- a.3) Elementos premoldeados en general H-21
- a.4) Elementos hormigonados in-situ H-17

Solamente se admitirá el hormigonado in situ de los huecos entre piezas premoldeadas y el relleno de vínculos o empotramientos.

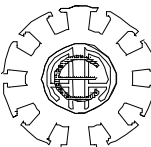
El agua empleada en la preparación y curado de los hormigones no deberá ser agresiva a los materiales componentes. El agua de amasado deberá cumplir con los requerimientos de la Norma IRAM 1601.

El fabricante deberá contar con un registro de las resistencias de los hormigones empleados en la construcción de los premoldeados.

La superficie de los elementos deberá ser lisa, sin marcas de encofrados y libre de grietas; las únicas fisuras permitidas serán las capilares y aquellas cuya abertura bajo carga no superen el ancho establecido en el punto 12.6.1.a.

b) Aceros

Los aceros de las armaduras pasivas deberán cumplir con la Norma IRAM- IAS-U500-528 o con IRAM-IAS-U500-671.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Solamente se permitirán empalmes soldados cuando los aceros a unir tengan certificado de soldabilidad garantizada, o cuando se demuestre experimentalmente que la resistencia de la unión soldada es como mínimo igual a la de la barra sin soldar.

Los alambres de pretensar deberán cumplir con las Normas IRAM-IAS-U 500-07 ó IRAM-IAS-U 500-517.

Los estribos y armaduras transversales deberán ejecutarse con aceros preferentemente conformado, que cumplan con la Norma IRAM-IAS U 500/26.

La armadura transversal mínima de los postes prefabricados será la establecida por las Normas IRAM 1586, 1603 ó 1605, con una separación máxima de 10 cm.

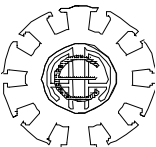
Todos los elementos tendrán inmersos armaduras de puesta a tierra y los morsetos normalizados según IRAM-NIME 1586, para asegurar la continuidad eléctrica y puesta a tierra de las estructuras.

Las cuantías de acero, y las longitudes de anclaje y empalme, deberán cumplir con los valores mínimos que establece la Reglamentación CIRSOC 201 en vigencia. Cuando la obra se implante en zona sísmica, las armaduras deberán cumplir con los requerimientos complementarios para el detalle de armadura que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 en vigencia.

12.6.2 Cargas y tensiones límites de proyecto:

a) Cargas límites mínimas (empíricas)

Las cargas límites mínimas (últimas) a utilizar en el diseño o selección de postes, tendrán como máximo los valores establecidos en la Norma IRAM

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

1603 (Tabla II) e IRAM 1605 (Tabla II). El fabricante de los elementos premoldeados deberá justificar analíticamente o mediante ensayos de carga, que sus elementos son capaces de resistir los valores mínimos detallados en dichas Normas.

Las solicitaciones resultantes de las cargas límites establecidas por las Normas IRAM, se consideran resistencias características nominales de los postes (R_c).

b) Cargas límites determinadas analíticamente.

Las resistencias características nominales (R_c) también se podrán determinar en forma analítica aplicando el método de los “estados límites” que establece el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia, según se trate de secciones de hormigón armado ò pretensado, para lo cual se emplearán las tensiones últimas de proyecto que se detallan en el punto 12.6.3.

12.6.3 Tensiones últimas de Proyecto:

a) Para los elementos sometidos a flexión simple ó compuesta, se considerará como máxima tensión de cálculo del hormigón (β_R) los valores detallados en la Tabla 12.6.3.A, en función de la tensión característica de compresión del hormigón (σ'_{bk}) a emplear en la fabricación y del comportamiento estructural ante cargas eventuales ó cuasi-permanentes.

TABLA 12.6.3.A - TENSIONES DE COMPRESIÓN ÚLTIMAS

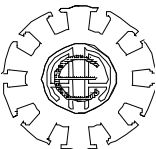
ESTRUCTURA TIPO	MAXIMA TENSIÓN DE COMPRESIÓN
Suspensión de Línea	$\beta_R = \sigma'_{bk}$
Suspensión angular; retenciones de línea y angulares y terminales	$\beta_R = 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$

b) Para determinar las resistencias características últimas correspondientes a las sollicitaciones de corte y torsión, se utilizarán los valores de las tensiones tangenciales bajo cargas de rotura que se detallan en la Tabla 12.6.3.B.

TABLA 12.6.3.B - TENSIONES TANGENCIALES ÚLTIMAS

Tensiones principales de tracción o tensiones tangenciales bajo cargas de rotura (daN/cm^2) sin necesidad de verificación de armaduras					
Solicitud	Elemento	Tensiones Máximas			
		H-21	H-30	H-38	H-47
Esfuerzo de Corte	Postes, ménsulas y crucetas	14	18	20	22
Torsión	Postes	14	18	20	22
	Ménsulas y crucetas	8	10	12	14
Torsión + Corte	Postes	18	24	27	30
	Ménsulas y crucetas	14	18	20	22
Valores máximos de tensiones tangenciales bajo cargas de rotura (daN/cm^2), a partir del cual se deben aumentar los espesores de las secciones de hormigón					
Solicitud	Elemento	Tensiones Máximas			
		H-21	H-30	H-38	H-47
Corte	Postes, ménsula y crucetas	55	70	80	90
Torsión	Postes	55	70	80	90
	Ménsulas y crucetas	32	42	48	52
Torsión + Corte	Postes	55	70	80	90
	Ménsulas y crucetas	55	70	80	90

c) Para las tensiones del acero de hormigón armado ó pretensado, se considerarán las tensiones nominales de fluencia garantizadas por el fabricante, estos valores serán avalados con los correspondientes certificados de control de calidad emitidos por la planta siderúrgica proveedora.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.6.4 Factores de resistencia (φ):

Los factores de resistencia (φ) que se emplearán para minorar la resistencia característica nominal (R_C) teórica o empírica, serán los que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 12.6.4 - Valores de los factores globales de resistencia (φ)

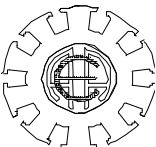
Elemento	Solicitud	(φ)	Observaciones
Postes	Flexión	0,90	Postes simples
	Flexo-Tracción		Patas traccionadas de pórticos
	Flexocompresión	0,75	Postes múltiples
	Compresión		Patas comprimidas de pórticos
	Corte. Torsión	0,85	En General
	Torsión+Corte		
Ménsulas Crucetas	Flexión	0,90	
	Corte	0,85	
	Torsión		
	Torsión+corte		
Riendas y herrajes	Tracción	0,50	Tiene la finalidad de limitar la flexibilidad del conjunto de sujeción
	Corte		

12.6.5 Condiciones de serviciabilidad:

Se entienden como tales las condiciones de fisuración y desplazamientos admisibles, que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones cuasi-permanentes con valores inferiores a la máxima solicitud última factorizada de servicio.

Las condiciones de serviciabilidad se establecen para una carga ó solicitud de “frecuencia normal” (FN), cuyo valor mínimo se determinará a partir de la resistencia nominal (R_C) con la siguiente expresión:

$$FN = 0,40 \cdot R_C$$

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

La carga límite de abertura de fisuras nominal (E) y la carga a la cual debe verificarse la flecha garantizada (D), que establecen las Normas IRAM 1603 y 1605, se pueden equiparar a la carga de “frecuencia normal” anteriormente definida.

a) Máximo estado de fisuración admisible

- a.1) Bajo la acción de las cargas ó solicitaciones de “frecuencia normal” (FN), las aberturas máximas admisibles de las fisuras serán las que se detallan a continuación:

TABLA 12.6.5 A - MÁXIMAS ABERTURAS DE FISURAS

Estructura Tipo	Aberturas de fisuras	
	Máxima (mm)	Residual (mm)
Suspensiones de hormigón pretensado y suspensiones urbanas	0,10	0,00
Suspensiones de hormigón armado	0,20	0,05
Retenciones de Líneas	0,10	0,05
Angulares y terminales	0,00	0,00

- a.2) El grado de pretensión se ajustará, para poder cumplir con los requerimientos de fisuración especificados precedentemente.

b) Desplazamientos máximos admisibles.

- b.1) Las flechas máximas de las estructuras, ya sean monopostes o compuestas, sometidas a las cargas de “frecuencia normal” (FN), no deberán superar los siguientes valores:

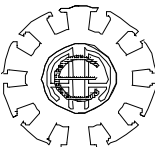
 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

TABLA 12.6.5.B - FLECHAS MÁXIMAS

TIPO	ESTRUCTURAS	FLECHA
A	Suspensión y suspensión angular.	0,04 H
B	Retenciones de línea angulares y retenciones	0,025 H

H: altura emergente de las estructuras respecto al nivel superior de la fundación.

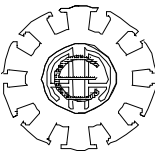
b.2) Los desplazamientos de las estructuras tipo B tendrán en cuenta las deformaciones debidas a la fluencia lenta.

Con la finalidad de calcular estas deformaciones de fluencia lenta, se puede emplear un módulo de elasticidad equivalente (Ebe) del hormigón:

$$Ebe = 7000 \cdot \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

donde Ebe y σ'_{bk} en valores de daN/cm², y el momento de inercia el correspondiente al Estado I (sin fisuras).

b.3) En las estructuras del tipo a), con una disposición coplanar vertical no simétrica de las fases, se deberán verificar las flechas que en los postes producen las cargas permanentes. Para el cálculo de estos desplazamientos se considerarán los efectos de la fluencia lenta.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.6.6 Consideraciones constructivas generales:

Serán las establecidas por las Normas IRAM 1586, 1603, 1605, 1720, 1723, 1725, 1726 y 1727 en vigencia, que no sean modificadas por el punto 12.6.7 de la presente Reglamentación.

12.6.7 Consideraciones constructivas especiales:

a) Empotramientos

a.1) Estructura monoposte.

$$E = 0,1 L$$

L = Longitud total del poste en m.

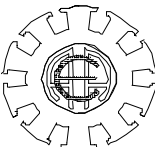
a.2) Estructuras compuestas

$$E = 0,09 H$$

H = altura emergente de la estructura en m.

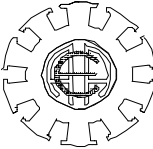
a.3) Solamente se permitirán empotramientos menores, cuando se verifiquen las tensiones tangenciales dentro de la zona del empotramiento y se calculen las armaduras de acero necesarias para resistir estas solicitaciones de corte.

a.4) Cuando los postes sean empotrados en fundaciones de hormigón, hormigón armado ó directamente dentro de una excavación realizada en roca, el huelgo existente entre el poste y el nicho de empotramiento se rellenará con un mortero cementicio (cemento y arena gruesa) de calidad igual o superior a la de la cimentación donde quedará empotrada; la calidad del mismo nunca será inferior a H-13.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

b) Prescripciones constructivas para los postes de hormigón

- b.1) Se minimizarán los empalmes de armaduras. Los empalmes de las barras podrán realizarse por soldadura, por yuxtaposición o con manguitos. En cada sección transversal sólo podrá haber una unión por cada cinco barras longitudinales. Las secciones transversales de los postes que estén provistas de empalmes, deben estar distanciadas entre sí, a no menos de 500 mm. En una misma barra, las soldaduras podrán estar distanciadas como mínimo a 1.000 mm. No se admitirá soldadura alguna en la zona del empotramiento. La longitud mínima de empalme por yuxtaposición será la que establece el CIRSOC 201 en vigencia.
- b.2) Los empalmes por soldadura son admisibles solamente en aceros cuya aptitud para la soldadura haya sido comprobada debidamente. Para el caso del acero dureza mecánica, debe verificarse que el límite de fluencia no sufra marcadas variaciones al procederse a soldar. Solamente para armaduras de acero dureza natural, puede aplicarse el método de la soldadura eléctrica a tope.
- b.3) Para fines de cálculo debe considerarse solamente el 90% de la sección de las barras de acero soldadas, salvo que se controle regularmente la calidad de la soldadura por ensayos de plegado.
- b.4) Para preparar un esqueleto de armadura rígida, puede unirse la armadura transversal con cada barra longitudinal mediante soldadura por arco, aunque no se permitirá efectuarla en

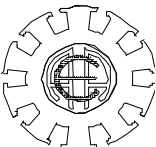
	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

correspondencia con los empalmes soldados de las barras longitudinales.

- b.5) El recubrimiento del hormigón sobre todas las armaduras incluyendo las transversales, debe ser como mínimo de 15 mm en la superficie exterior y de 10 mm en la interior. Para postes instalados en atmósferas agresivas, se deben cumplir con lo especificado en el punto 12.6.7.d.
- b.6) Las armaduras pasivas de los postes tendrán continuidad eléctrica. Los postes tendrán bloques de puesta a tierra soldados a la armadura.

c) Crucetas y ménsulas para postes de hormigón

- c.1) Las crucetas y ménsulas para sostén de aisladores, deben ser de hormigón armado vibrado o centrifugado, previstas para su colocación por el procedimiento de enchufe, con un ojo de forma circular en el caso de postes simples, con dos ojos en el caso de postes dobles. Tendrán una disposición especial de armaduras, para resistir las cargas correspondientes a las hipótesis de contención de falla y de construcción y mantenimiento que se detalla en el apartado 12.2 de la presente Sección.
- c.2) Las perforaciones para fijación de aisladores o cadena de aisladores estarán construidas por caños metálicos de 20 mm de diámetro interior, libres de rebajas o curvas, que permitan el paso de un perno de un diámetro de 19.7 mm. Estos caños estarán ligados a la armadura en forma tal de obtener continuidad eléctrica. En caso de emplearse dos perforaciones, para horquillas, éstas estarán separadas entre

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

sí en 80 mm de ojo a ojo y situadas sobre el eje principal de la ménsula o cruceta.

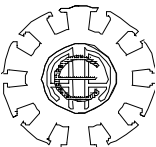
- c.3) El recubrimiento mínimo sobre la armadura será de 10 mm. Para elementos instalados en atmósferas agresivas, se debe cumplir con lo especificado en el punto 12.6.7.d de la presente Sección.

d) Protecciones antiagresivas

- d.1) En el caso que la obra atraviese ambientes muy agresivos como áreas de alta salinidad, proximidad a costas marinas, o atmósferas industriales contaminantes, los elementos componentes de las estructuras serán construidos con cemento portland altamente resistente a los sulfatos (IRAM 1669) o cemento portland puzolánico (IRAM 1651), con hormigones de alta impermeabilidad y tendrán recubrimientos mínimos de 20 mm (medidos sobre los estribos de los postes, vínculos, crucetas y ménsulas).
- d.2) En el caso que los postes sean empotrados directamente contra suelos agresivos, la parte enterrada del poste será protegida mediante un revestimiento, membrana o película protectora capaz de resistir en el tiempo el efecto de la agresión química.

12.6.8 Transporte y Montaje:

Con la finalidad de no sufrir daños durante las operaciones de transporte, izaje, estiba y montaje, los postes deberán resistir en “estado límite” las solicitaciones producidas por las cargas de peso propio multiplicadas por un factor mínimo de mayoración de cargas igual a 1,50. Este factor de mayoración de cargas tiene en

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

cuenta los efectos de impacto que se producen durante operaciones normales de izaje y descarga.

Los postes deberán verificarse analíticamente, minorando las resistencias con los factores de resistencia (φ) que se detallan en el punto 12.6.4. Para la determinación de estas solicitaciones, el fabricante deberá establecer los puntos de izaje de los postes; que deberán ser respetados en todas las operaciones de obra, desde su estiba en fábrica hasta su emplazamiento definitivo.

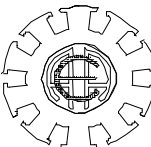
12.7 ESTRUCTURAS DE ACERO

12.7.1. Materiales:

a) Calidad mínima de elementos componentes

La calidad mínima de los materiales a emplear será la siguiente:

- a.1) Perfiles laminados en caliente y planchuelas F-24 (tensión de fluencia nominal 2400 daN/cm²).
- a.2) Chapas de nudos y presillas F-22 (tensión de fluencia nominal 2200 daN/cm²).
- a.3) Chapas para estructuras tubulares F-24 (tensión de fluencia nominal 2400 daN/cm²).
- a.4) Perfiles de chapa plegada en frío F-22 (tensión de fluencia nominal 2200 daN/cm²).
- a.5) Tubos estructurales T-22 (tensión fluencia nominal 2200 daN/cm²).
- a.6) Bulones 5.6 (según Norma DIN 267) ó ASTM A-394 Tipo 0.
- a.7) Pernos de anclaje F-22 (tensión nominal de fluencia 2200 daN/cm²).

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

b) Espesores y anchos mínimos

- b.1) Barras principales; montantes, cordones de mástiles, de vigas y ménsulas de hilo de guardia: 4 mm.
- b.2) Diagonales y arriostramientos: 3 mm.
- b.3) Chapas de nudos: 4,75 mm.

c) Vinculaciones que incluyan barras principales del reticulado

En todos los casos de chapas de nudos que vinculen a barras principales de reticulado, el espesor debe exceder como mínimo en 1,5 mm al mayor espesor de la barra conectada.

- c.1) Chapas de estructuras tubulares: Según el procedimiento de soldadura y no inferior a 4 mm.
- c.2) Elementos empotrados en el hormigón: 6,35 mm.
- c.3) Lado mínimo de alas de perfiles de alas iguales o desiguales: 35 mm.
- c.4) Diámetro mínimo de bulones: 12 mm.

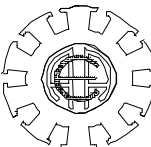
12.7.2. Estructuras reticuladas:

Se diseñarán de acuerdo a las prescripciones de la Norma ANSI/ASCE 10-90 (9/12/1991) con las limitaciones que se indican a continuación:

a) Esbelteces

Las esbelteces se calcularán de acuerdo a las Recomendaciones de la Norma ASCE 10-97 (Punto 3.7.4 – Longitudes efectivas).

La esbeltez de una barra componente de un reticulado, según se define, no superará los valores indicados:

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

(kL/r): Esbeltez

L: Longitud teórica de la barra.

K: Coeficiente que tiene en cuenta la restricción del giro y la excentricidad de las cargas aplicadas, en las conexiones de la barra.

r: Radio de giro en la dirección de pandeo considerada.

a.1) Barras comprimidas:

a.1.1) Barras principales, cordones de vigas y montantes de torres o puntales:

Esbeltez = 150.-

a.1.2) Diagonales, travesaños ó cualquier otra barra sometida a solicitaciones de compresión determinadas por cálculo:

Esbeltez = 200.-

a.1.3) Barras secundarias, arriostramientos, o barras sin solicitaciones de compresión determinadas por cálculo:

Esbeltez = 250.-

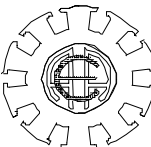
a.2) Barras traccionadas

a.2.1) Barras de cordones de ménsulas, que en cualquier estado de carga estén siempre traccionadas:

Esbeltez = 300.-

a.2.2) Barras secundarias que estén siempre traccionadas:

Esbeltez = 350.-

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

b) Tensiones últimas de diseño

Con la finalidad de calcular la resistencia característica nominal (R_c) de los elementos estructurales y el de sus uniones, se emplearán las siguientes tensiones últimas de diseño:

FY: tensión característica de fluencia del material (daN/cm²).

FU (*): tensión característica de rotura del material (daN/cm²).

FT: tensión de tracción última de diseño (daN/cm²).

(*): FU es la mínima resistencia de los elementos vinculados (barra ó bulón).

Tabla 12.7.2-b - Tensiones últimas de diseño

ELEMENTO	SOLICITACIÓN	TENSIÓN ULTIMA
Barra	Tracción	$F_T = (0.9 F_Y)$ (Angulos vinculados por un ala) F_Y (Area bruta) F_U (Area neta)
		$F_T =$
	Compresión	F_Y (Area bruta)
	Flexión	F_Y
	Corte	$0.60 F_Y$
		$0,60 F_U$ (Rotura en bloque)
Unión	Corte	$0,60 F_U$ (Area bruta o del núcleo)
	Tracción	$0,75 F_U$ (Area del núcleo)
	Aplastamiento	$1.80 F_U$ (*)

c) Resistencia de diseño

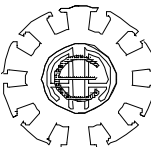
A los efectos del dimensionamiento de los elementos estructurales y sus correspondientes uniones, a las resistencias teóricas de cálculo (R_c) determinadas de acuerdo a la Norma ANSI/ASCE 10-90 (puntos 5 y 6), se las deberá reducir por los siguientes factores globales de resistencia (ϕ):

Tabla 12.7.2-C - Factores globales de resistencia (ϕ)

ELEMENTO SOLICITACIÓN	VERIFICACIÓN	(ϕ)
Barra traccionada	a) Tracción basada en la fluencia del material (F_Y) y referida a la sección bruta (A_b)	$\phi_T = 0,90$
	b) Tracción basada en la rotura del material (F_u) y referida a la sección neta (A_n)	$\phi_T = 0,75$
	c) Rotura en bloque de la unión (block-shear)	$\phi_T = 0,75$
Barra comprimida	Referido a la sección bruta (A_b) del elemento	$\phi_C = 0,85$
Barra flexionada ó flexotraccionada	Referida a la sección de la máximas solicitaciones	$\phi_b = 0,90$
Corte	Para elementos componentes de la estructura; no es válido para uniones	$\phi_S = 0,90$
Uniones	a) Corte de bulones	$\phi_S = 0,75$
	b) Aplastamiento de bulones y agujeros	$\phi_C = 0,75$
	c) Tracción de bulones referidos a la Sección neta del núcleo roscado	$\phi_T = 0,75$

d) Dimensionamiento de los elementos

Las estructuras serán proyectadas de manera que las solicitaciones resultantes en las diferentes secciones de las barras y sus uniones, no superen

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

los valores de las resistencias factorizadas ($\phi \cdot R_c$). Los valores de las resistencias se determinarán en base a las tensiones últimas definidas en el punto 12.7.2-b y los factores de resistencia detallados en el punto 12.7.2-c.

e) Barras sometidas a tracción

- e.1) Se diseñan en base a la sección neta (A_n) y a su sección bruta (A_b). La resistencia factorizada a utilizar en el diseño será el menor de los siguientes valores:

$$\phi \cdot R_c = (0.9) \cdot F_T \cdot A_b$$

$$\phi \cdot R_c = (0.75) \cdot F_u \cdot A_n$$

donde F_T es la tensión de tracción última de diseño, que depende de la forma de vinculación del elemento:

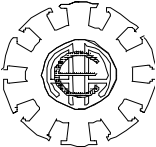
$F_T = F_Y$ para placas, perfiles angulares vinculados en ambas alas y secciones compuestas.

$F_T = 0,90 F_Y$ para elementos cargados constituidos por un perfil angular conectado por una sola ala. Esta disminución de la tensión tiene en cuenta la flexión inevitable producida por la excentricidad de la carga en la conexión.

- e.2) La sección neta se determinará según se detalla.

e.2.1) Cálculo de la sección neta (A_n) en uniones abulonadas en ambas alas.

La tensión de tracción se considerará uniformemente repartida en la sección neta; para bulones dispuestos

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

en Zig-Zag o tresbolillo, la sección neta se calculará de la siguiente manera:

Se restará a la sección bruta (A_b), la suma de los diámetros multiplicados por el espesor de todos los agujeros en cualquier recorrido que atraviese la pieza, y se sumará para cada espacio de gramil en ese recorrido la cantidad:

$$\left(\frac{S^2 * t}{4 * g} \right)$$

t: espesor del elemento

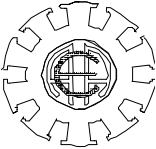
D: diámetro de agujero

S: paso de agujeros ubicados en gramiles adyacentes.

g: separación entre gramiles

$$A_n = A_b - \sum_i^n (D * t) + \sum_j^Z \left(\frac{S^2 * t}{4 * g} \right)$$

De todas las cadenas posibles de agujeros, la que debe considerarse es la que resulte de dar una sección neta más pequeña y ubicada en la zona en la cual la barra posee aproximadamente el 100 % de la carga de tracción. En ningún caso la sección neta así calculada podrá ser mayor al 85 % de la sección bruta

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

(Ab). Para los perfiles ángulos, el ancho bruto será la suma de los anchos de alas menos el espesor.

La separación (gramil) entre agujeros que estén en las alas opuestas, será la suma de las distancias hasta la arista común de ambas alas menos el espesor. (Fig. 12.1)

e.2.2) Cálculo de la sección neta en uniones abulonadas sobre una de las alas del perfil.

Si se usan perfiles ángulos de alas desiguales y se conectan mediante el ala corta, el ancho neto será determinado como para un perfil de alas iguales utilizando las dimensiones del ala corta para ambas alas.

Uniones de simple bulón:

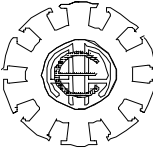
$$A_n = A_b / 2 - D_t$$

Uniones de hasta 3 bulones alineados o en trebolillo:

$$A_n = (A_b - D_t) \cdot 0,75 < 0,85 \cdot A_b$$

Uniones de cuatro y cinco bulones alineados o en trebolillo:

$$A_n = (A_b - D_t) \cdot 0,90 < 0,85 \cdot A_b$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

e.2.3) Para los elementos angulares vinculados por una sola ala, siempre deberá verificarse la rotura en bloque de la conexión (block-shear)

$$R_c = \tau_u A_v + A_t F_Y = (0,60 F_u) A_v + A_t F_Y$$

R_c = resistencia de la “rotura en bloque”

F_u = resistencia característica a tracción

F_Y = fluencia característica

A_v = área neta al corte en la dirección de la carga (Fig. N°12.2)

A_t = área neta a tracción del perfil, medida desde el borde del agujero al borde longitudinal del perfil (Fig. N° 12.2).

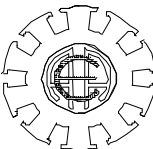
f) Barras sometidas a compresión

La resistencia característica nominal a compresión se determinará, en base a el área al área bruta de la sección (A_b) y a la tensión crítica de compresión (F_c).

$$R_c = F_c \cdot A_b$$

La resistencia factorizada se determinará como:

$$\phi \cdot R_c = 0,85 \cdot (F_c \cdot A_b)$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

f.1) Tensión crítica (F_c) de barras angulares comprimidas:

La tensión crítica de compresión (F_c) tendrá en cuenta la posibilidad de pandeo flexional y local de los perfiles.

W : ancho libre efectivo de un perfil.

t : espesor asociado al ancho W .

r : radio de giro del perfil, correspondiente al plano de pandeo considerado.

E : módulo de elasticidad (2030000 daN/cm²)

$$\lambda = \left(\frac{kL}{r} \right) \text{ esbeltez.}$$

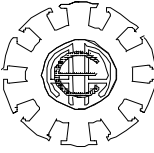
La máxima relación (W/t) será 25.

$$\left(\frac{W}{t} \right)_{\text{lim.}} \leq 25.$$

f.1.1) Pandeo flexional

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t} \right) \leq \left(\frac{W}{t} \right)_{\text{Lim}} \quad F_Y \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$$\left(\frac{W}{t} \right)_{\text{Lim}} = \frac{670}{\sqrt{F_Y}}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$C_C = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_Y}}$$

$$F_C = \left[1 - 0,50 \cdot \left(\frac{\lambda}{C_C} \right)^2 \right] \cdot F_Y \quad \text{si } \lambda \leq C_C$$

$$F_C = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \text{si } \lambda \geq C_C$$

f.1.2) Pandeo local

$$\text{Si } \frac{670}{\sqrt{F_Y}} < \left(\frac{W}{t} \right) \leq \frac{1200}{\sqrt{F_Y}}$$

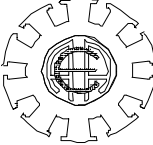
$$\left(\frac{W}{t} \right)_{\text{Lim}} = \frac{670}{\sqrt{F_Y}}$$

$$F_{Cr} = \left[1,667 - 0,667 \frac{(W/t)}{(W/t)_{\text{Lim}}} \right] \cdot F_Y$$

$$C_{Cr} = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_{Cr}}}$$

$$F_C = \left[1 - 0,50 \left(\frac{\lambda}{C_{cr}} \right)^2 \right] F_{cr}$$

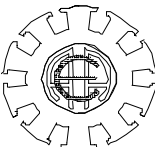
$$\text{Si } \frac{1200}{\sqrt{F_Y}} < \left(\frac{W}{t} \right) \leq 25 \quad F_Y \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$F_{cr} = \frac{0,0332 \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{W}{t}\right)^2}$$

$$C_{cr} = \pi \sqrt{\frac{2E}{F_{cr}}}$$

$$F_c = \left[1 - 0,50 \left(\frac{\lambda}{C_{cr}} \right)^2 \right] F_{cr}$$

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

f.2) Diagonales Cruzadas Comprimidas

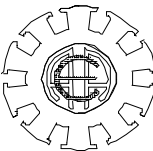
En el caso que se proyecten diagonales cruzadas vinculadas solidariamente con algún dispositivo de unión, y que para alguna hipótesis de cálculo se encuentran simultáneamente comprimidas, se deberá calcular el incremento de la esbeltez original de la barra que produce este estado singular de solicitaciones. La nueva esbeltez se calculará aplicando los principios de la Estabilidad Elástica, a partir de los momentos de inercia, longitudes y solicitaciones de compresión de las barras que se cruzan.

Como método simplificado, en el caso que no se realice la verificación exacta indicada precedentemente, se puede utilizar la metodología detallada en la RECOMENDACIÓN CIRSOC 302-1 / Año 1982 (punto 3.4 Longitudes de pandeo de montantes y diagonales); para esta verificación se utilizará un valor v_k igual a 1,67

f.3) Mástiles flexocomprimidos:

Los mástiles reticulados flexocomprimidos se proyectarán con Teoría de 2° Orden, como una viga-columna de eje curvo, que tenga una flecha constructiva inicial del 0,2% de su longitud.

Como método simplificado, en el caso que no se realice la verificación exacta con la flecha constructiva especificada precedentemente, se podrá emplear la verificación detallada

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

en la Norma ANSI/ASCE 10-90 punto 5.12 (Compresión axial y Flexión).

Donde:

$M_x; M_y =$ Momentos flectores de las cargas exteriores según la dirección considerada, calculados con Teoría de 1° Orden, a los que se le adicionarán los momentos flectores debidos al efecto de la flecha constructiva del 0,2%.

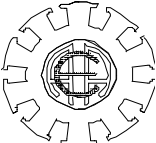
$P_{ex}; P_{ey} =$ Cargas de Euler según la dirección considerada. La longitud ó la esbeltez del mástil se deberá incrementar considerando que la estructura tiene una conformación en celosía y que la sección compuesta puede ser variable con la altura.

f.4) Barras compuestas comprimidas:

Se podrán vincular perfiles mediante bulones de conexión o con un mínimo de 2 presillas intermedias unidas cada una por dos bulones alineados en la dirección de la carga ó con cordones estancos de soldadura.

La esbeltez teórica de la barra compuesta se calculará aplicando la Teoría de la Estabilidad Elástica.

Para la esbeltez de la barra compuesta, constituida por presillas que están unidas con bulones, se tomará un valor 110% de la esbeltez teórica. La esbeltez de los perfiles individuales vinculados por presillas, no podrán superar la esbeltez máxima teórica de la barra compuesta en el caso de

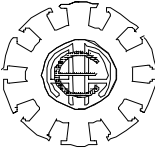
 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

presillas soldadas ó el 75% de la esbeltez máxima teórica de la barra compuesta en el caso de presillas abulonadas.

Para las barras vinculadas con bulones y arandelas de conexión, la esbeltez de la barra compuesta no podrá ser superior a la de cada perfil componente según la dirección de pandeo considerada; la esbeltez de los perfiles individuales vinculados por estos bulones no deberá superar el 75% de la esbeltez máxima teórica de la barra compuesta.

f.5) Arriostramientos

Los elementos estructurales principales (montantes, cordones y diagonales) podrán estar arriostrados con la finalidad de disminuir su longitud de pandeo. Estos elementos secundarios deberán ser capaces de resistir como mínimo, a tracción y compresión, el 2% de la mayor "solicitud factorizada" ($0,02 \cdot K_E \cdot K_C \cdot S$) del elemento arriestrado.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.7.3. Estructuras tubulares:

Comprende todas aquellas estructuras conformadas por miembros de secciones cerradas de forma circular ó de polígono regular. También se incluyen dentro de esta categoría, a los elementos de secciones rectangulares y elípticas con una relación entre el lado (diámetro) mayor y lado (diámetro) menor inferior a dos (2).

Los elementos resistentes podrán ser fabricados con piezas de chapa roladas ó plegadas en frío, y luego unidas con cordones de soldadura ó por acoplamiento por el enchufe de tramos cónicos.

Los tramos estructurales, de diferente diámetro exterior, se vincularán con piezas de transición de forma tronco-cónica ó tronco-piramidal que tendrán una pendiente máxima de acuerdo con los ejes de la piezas de (1:3).

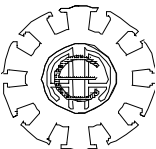
a) Materiales

Deberán cumplir con las especificaciones establecidas en los puntos 12.7.1 (a) y (b) del presente Reglamento.

Adicionalmente y con la finalidad de asegurar el comportamiento dúctil de las estructuras, para cualquier combinación de tensiones de tracción debidas a temperatura y discontinuidades geométricas de fabricación que no puedan ser precisadas en el diseño, las chapas deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

a.1) Energía de impacto

Medida con el ensayo de Charpy, según la Norma ASTM A370, en la dirección longitudinal de las chapas.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los valores mínimos de la energía de impacto son los establecidos en la siguiente tabla:

TABLA 12.7.3.a – Mínima energía de impacto

Tensión Fluencia F_Y (daN/cm²)	Espesor Chapa (mm)	Energía Absorbida (Joules)	Temperatura (°C)
≤ 2800	$\leq 12,7$	Sin requerimiento	Sin requerimiento
	$> 12,7$	20	4
> 2800	$\leq 12,7$	20	-20
	$> 12,70$	20	-30

a.2) Soldabilidad del material

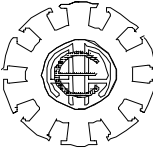
Se controlará la soldabilidad del material base, de acuerdo al contenido del carbono y carbono equivalente.

b) Diseño

b.1) Estructuras de montante único con y sin riendas.

Por tratarse de estructuras muy flexibles, los momentos flectores se calcularán aplicando Teoría de 2° Orden para tener en cuenta las deflexiones que producen las cargas actuantes sobre la geometría indeformada, y el efecto de las solicitaciones normales sobre la geometría deformada de la estructura.

Como método simplificado y para montantes que tengan una altura no superior a 40 m, en el caso que no se realice una verificación más exacta, las solicitaciones de 2° Orden se podrán estimar a partir de las solicitaciones calculadas con

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Teoría de 1° Orden, multiplicando a éstas por el factor de amplificación A que se define como:

$$M2 = A \cdot M1$$

$$A = \left(\frac{1}{1 - \frac{N}{P_E}} \right)$$

M1; M2: momentos flectores de 1° y 2° Orden en la sección considerada.

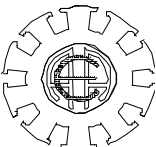
N: sollicitación última “factorizada” de compresión en la sección considerada, con signo positivo.

P_E: Carga de Euler del montante, con signo positivo. En la determinación de su valor se considerará la influencia de la inercia de los tramos componentes.

b.2) Estructuras aporticadas con ó sin riendas

Las sollicitaciones en este tipo de estructuras se pueden estimar a partir de las calculadas con teoría de 1° orden, multiplicándolas por el factor de ampliación A definido en el punto 12.7.3.b.1.

En el diseño se considerará la influencia que, sobre el valor de las sollicitaciones, tienen los giros de las fundaciones producidos por cargas últimas factorizadas que sean asimétricas. A los efectos del proyecto, se podrán considerar giros impuestos del 1,5% (0,015) cuando se proyecten

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

fundaciones con macizos, pilotes cortos ó bloques de cimentación; para el caso de fundaciones con zapatas ó pilotaje, no resultará ser necesario calcular el efecto de los giros de apoyo.

c) Verificación tensional

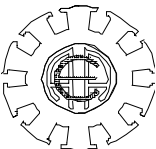
Para el material base las máximas tensiones de flexión, de corte y las tensiones combinadas de corte y normal (calculadas con la teoría de máxima energía de distorsión ó de Von Mises) no superarán los valores de tensiones máximas establecidas en el punto 12.7.2.(b) multiplicados por los correspondientes factores de resistencia (ϕ) que se definen en el punto 12.7.2 (c). Tampoco se superarán las “máximas tensiones factorizadas” de abollamiento (ϕF_a ; ϕF_{ac} ó ϕF_{ab} según sea la forma de sección tubular) que se detalla en el punto 12.7.3.(d).

Para las uniones soldadas se verificarán que las máximas tensiones de flexión, de corte y las tensiones combinadas de corte y normal (calculadas con la teoría de máxima energía de distorsión), no superen los valores de tensiones especificados en el punto 12.7.4.(b) multiplicados por los correspondientes factores de resistencia (ϕ).

Con la finalidad de limitar la posibilidad de una “falla laminar”, las tensiones de tracción normales a las superficies planas ó curvas de las chapas se limitarán a 2500 kg/cm² para cualquier calidad de acero.

d) Abollamiento (Pandeo local)

Se deberán limitar las relaciones entre el lado efectivo de la cara y su espesor (W/t), ó diámetro exterior y espesor (D/t), para que las tensiones máximas de

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

compresión ó flexión no superen las tensiones críticas de abollamiento de las chapas. Las tensiones normales de flexión y compresión, multiplicadas por el correspondiente factor de resistencia (φ), no deberán superar las especificadas en este punto.

Las tensiones extremas en un elemento flexocomprimido podrán tener el valor ($\varphi.F_Y$) siempre que no se superen las relaciones (W/t) mínimo. Si estas relaciones son superadas y se cumple que son menores que (W/t) límite, las tensiones de borde no podrán superar los valores de máximos de las “tensiones de abollamiento factorizadas” que se calculan según se detalla:

Fa: tensión crítica de abollamiento (daN/cm²).

φ = 0,85: factor de resistencia al abollamiento

($\varphi.F_a$): “tensión de abollamiento factorizada”.

E: módulo de elasticidad (2030000 daN/cm²).

F_Y : fluencia característica (daN/cm²).

D: diámetro exterior del círculo.

W: lado “efectivo” del polígono.

W_O: lado geométrico del polígono.

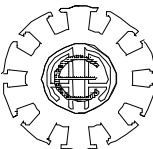
t: espesor de la chapa.

$$W \leq (W_o - 4 \cdot t)$$

d.1) Polígono rectangular y octogonal (8 lados)

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t} \right) \leq \left(\frac{W}{t} \right)_{\text{mínimo}} = \frac{2180}{\sqrt{F_Y}}$$

$$(\varphi \cdot F_a) = (\varphi \cdot F_Y)$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{mínimo}} < \left(\frac{W}{t}\right) \leq \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{límite}} = \frac{3060}{\sqrt{F_Y}}$$

$$(\varphi \cdot Fa) = (\varphi \cdot F_Y) \cdot 1,42 \left[1 - 0,000136 \cdot \sqrt{F_Y} \cdot \left(\frac{W}{t}\right) \right]$$

d.2) Polígono dodecagonal (12 lados)

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t}\right) \leq \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{mínimo}} = \frac{2010}{\sqrt{F_Y}}$$

$$(\varphi \cdot Fa) = (\varphi \cdot F_Y)$$

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{mínimo}} < \left(\frac{W}{t}\right) \leq \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{límite}} = \frac{3060}{\sqrt{F_Y}}$$

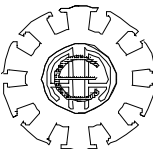
$$(\varphi \cdot Fa) = (\varphi \cdot F_Y) \cdot 1,45 \left[1 - 0,000154 \cdot \sqrt{F_Y} \cdot \left(\frac{W}{t}\right) \right]$$

d.3) Polígono hexadecagonal (16 lados)

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t}\right) \leq \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{mínimo}} = \frac{1800}{\sqrt{F_Y}}$$

$$(\varphi \cdot Fa) = (\varphi \cdot F_Y)$$

$$\text{Si } \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{mínimo}} < \left(\frac{W}{t}\right) \leq \left(\frac{W}{t}\right)_{\text{límite}} = \frac{3060}{\sqrt{F_Y}}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$(\varphi \cdot Fa) = (\varphi \cdot F_Y) \cdot 1,42 \left[1 - 0,000164 \cdot \sqrt{F_Y} \cdot \left(\frac{W}{t} \right) \right]$$

d.4) Sección Circular

Fac: tensión límite de “abollamiento por compresión”.

d.4.1) Compresión:

$$\text{Si } \left(\frac{D}{t} \right) \leq \left(\frac{D}{t} \right)_{\text{mínimo}} = \frac{266000}{F_Y}$$

$$(\varphi \cdot Fac.) = (\varphi \cdot F_Y)$$

$$\text{Si } \left(\frac{D}{t} \right)_{\text{mínimo}} < \left(\frac{D}{t} \right) \leq \left(\frac{D}{t} \right)_{\text{límite}} = \frac{840000}{F_Y}$$

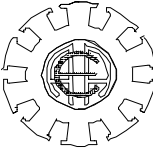
$$(\varphi \cdot Fac.) = (\varphi \cdot F_Y) \cdot \left[0,75 + 0,0328 \cdot \left(\frac{E \cdot t}{F_Y \cdot D} \right) \right]$$

d.4.2) Flexión:

Fab: tensión Límite de “abollamiento por flexión”.

$$\text{Si } \left(\frac{D}{t} \right) \leq \left(\frac{D}{t} \right)_{\text{mínimo}} = \frac{420000}{F_Y}$$

$$(\varphi \cdot Fab) = (\varphi \cdot F_Y)$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$\text{Si } \left(\frac{D}{t}\right)_{\text{mínimo}} < \left(\frac{D}{t}\right) \leq \left(\frac{D}{t}\right)_{\text{límite}} = \frac{840000}{F_Y}$$

$$(\varphi \cdot F_{ab}) = (\varphi \cdot F_Y) \cdot \left[0,70 + 0,0621 \cdot \left(\frac{E \cdot t}{F_Y \cdot D} \right) \right]$$

d.4.3) Flexocompresión:

Se debe verificar la siguiente desigualdad:

$$\frac{\sigma_c}{(\varphi \cdot F_{ac})} + \frac{\sigma_f}{(\varphi \cdot F_{ab})} \leq 1$$

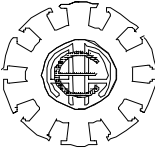
donde:

σ_c y σ_f son las tensiones de compresión y flexión, en la dirección del eje de la pieza, debidas a las solicitaciones últimas factorizadas.

$(\varphi \cdot F_{ac})$ y $(\varphi \cdot F_{ab})$ tensiones de abollamiento factorizadas debidas a solicitaciones de compresión y flexión.

e) Limitación de desplazamientos horizontales

Las desviaciones horizontales de los montantes, para cualquier estado de carga última factorizada de servicio, calculadas con Teoría de 1° Orden y sin

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

tener en cuenta la influencia del giro de la cimentación en los corrimientos, no deberán superar los siguientes valores:

Postes de suspensión y suspensión angular: 6% de la altura total de la estructura.

Postes de retención de línea, retenciones angulares y terminales: 3,50% de la altura total del poste.

f) Aberturas:

Cuando se debilite la sección portante mediante recortes para apertura de puertas y aberturas similares, se debe realizar una verificación estática de la sección debilitada, utilizando el valor de la sección realmente existente.

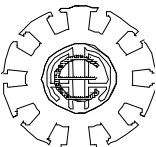
g) Uniones Acopladas:

Las juntas en el fuste de postes de alma llena de sección circular ó poligonal pueden realizarse como uniones acopladas sin emplear medios de unión y sin verificación numérica, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

Longitud de solape $\geq 1,5 \text{ dm}$

dm: es en el caso de postes circulares, el diámetro exterior de la sección inferior del tubo envolvente.

En postes poligonales dm es el valor medio de los diámetros de los círculos inscritos y circunscripto en la pared exterior de la sección inferior del tubo envolvente.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Conicidad del poste $\geq 10 \text{ mm/m}$

Espesor de chapa $\leq 16 \text{ mm}$.

En estos postes no estancos, se debe garantizar la protección anticorrosiva de la pared interior.

h) Vinculación a las fundaciones:

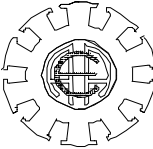
Las estructuras podrán estar vinculadas a sus fundaciones mediante placas bases y bulones de anclaje ó por empotramiento directo de un tramo de la estructura.

h.1) Anclajes con barras roscadas

Esta solución requerirá la ejecución de placas bases con cartelas de rigidez ó de bridas de apoyo.

Las tensiones radiales que introduzcan las costillas de rigidez no deberán comprometer el estado tensional de los fustes, ni superar la máxima tensión laminar establecida en el punto 12.7.3.(c).

En todos los casos se deberá verificar el estado múltiple de tensiones, y que los valores de tensiones de tracción y corte máximos no superen los especificados en el punto 12.7.2.(b) multiplicados por los correspondientes factores de resistencia especificados en el punto 12.7.2. (c).

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

En caso de emplearse anclajes pretensados, se considerará que la transmisión del esfuerzo de corte se realiza por fricción a través de la superficie de apoyo de la placa base. La sección del núcleo roscado (A_n) de los anclajes no será inferior al siguiente valor:

$$A_n = \frac{1}{\phi_T \cdot F_Y} \left(T + \frac{V}{0,85 \cdot \mu} \right)$$

Donde:

A_n : sección neta del núcleo roscado del anclaje (cm²). Esta sección es independiente que la rosca del perno esté ubicada ó excluida del plano de corte.

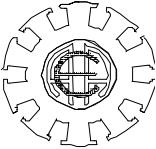
T : máxima fuerza de tracción del anclaje, debida a las reacciones últimas factorizadas de apoyo (daN).

V : fuerza de corte del anclaje, debida a las reacciones últimas factorizadas de apoyo (daN). Esta carga corresponde al anclaje más traccionado.

F_Y : tensión de fluencia real ó convencional del acero del anclaje (daN/cm²).

μ : coeficiente de fricción acero-cimiento.

$\mu=0,55$ cuando se interpone un mortero de nivelación, entre la superficie del cimiento y la placa base.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

$\mu=0,70$ cuando se apoya directamente la placa base sobre una superficie nivelada de mortero u hormigón.

ϕT : 0,75, factor de resistencia a tracción del anclaje (Tabla 12.7.2.c – Uniones)

El factor de disminución 0,85 que afecta el término de corte (V) de la fórmula, es el factor de resistencia del hormigón al corte por fricción (Tabla 12.6.4 – Corte). Este método de diseño, también es de aplicación cuando se emplean placas bases con agujeros holgados para facilitar el montaje de las estructuras.

Estos anclajes tendrán una carga de pretensado inicial, tal que produzca una tensión de tracción que no sea inferior al setenta y cinco por ciento de su fluencia real ó convencional ($0,75 F_Y$) ni superior al setenta por ciento de su resistencia a rotura ($0,70 F_U$).

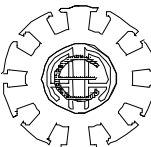
El recubrimiento mínimo de hormigón (mV) de los anclajes independientemente que estén ó no pretensados, solicitados a cargas de tracción y corte, medido desde el eje del anclaje al borde de hormigón no debe ser inferior a:

$$m_v = 0,62.d \sqrt{\frac{F_U}{\sqrt{\sigma'_{bk}}}}$$

Donde:

mV: recubrimiento mínimo (cm).

d: diámetro de la barra de anclaje (cm)

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

F_U : resistencia ó tensión de rotura del anclaje (daN/cm²)

σ'_{bk} : resistencia característica del hormigón (daN/cm²).

El recubrimiento mínimo no debe ser inferior a 10 cm.

h.2) Empotramiento directo:

En este caso, el tramo empotrado dispondrá de rigidizadores ó anillos de rigidez, ubicados en el interior del fuste, que eviten el ovalamiento de las secciones y puedan resistir las reacciones horizontales de la cimentación.

Alternativamente, el interior del fuste del tramo empotrado se podrá rellenar con hormigón ó mortero cementicio colado a través de aberturas especiales realizadas en el fuste.

12.7.4. Uniones soldadas:

a) Materiales y procedimientos:

La ejecución, calificación e inspección de las uniones soldadas se realizará según las especificaciones de la Norma ANSI/AWS D1.1-88 (Structural Welding Code-Steel).

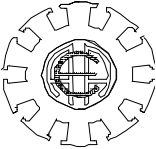
De los diferentes procedimientos de soldadura, los siguientes cuatro métodos son los aceptables para fabricar estructuras soldadas de acero:

Soldadura de arco metálico protegido (SMAW).

Soldadura de arco metálico protegido con gas (GMAW).

Soldadura de arco sumergido (SAW).

Soldadura de arco con núcleo fundente (FCAW)

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Todos ellos están basados en la ejecución de la soldadura por fusión, debido a un arco eléctrico, que funde simultáneamente un electrodo y el acero adyacente de las partes a ser unidas.

La Norma ANSI/AWS D1-1-88 especifica las clases de electrodos y los procedimientos de soldadura para obtener una junta denominada “unión metálica pareja” (Tabla 4.1.1 Requerimientos para una unión metálica pareja); este tipo de unión tiene la propiedad que la resistencia nominal a tracción del metal soldado (FEXX) es similar a la del material base (FBM) que ha sido conectado.

Las uniones estructurales pueden ser de los siguientes tipos: cordones a tope (de penetración completa ó parcial) y filetes ó cordones de cuello (longitudinales ó transversales).

b) Diseño de uniones:

En el diseño de las uniones se tendrá en cuenta la resistencia del material base a unir (FBM) y la resistencia nominal de la unión soldada (FEXX) a partir de la calidad de los elementos y procedimientos de soldadura empleados.

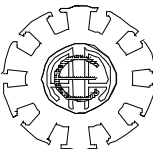
La resistencia de diseño de la unión soldada, será el menor de los siguientes valores:

Resistencia del material base = $\phi \cdot FBM \cdot ABM$

Resistencia de la unión = $\phi \cdot FW \cdot AW$

Donde:

ABM: Area del metal base (soldadura penetración total).

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

AW: “Area efectiva” de la soldadura, en función del tipo de cordón y espesores a unir, según ANSI/AWS D.1.1-88 – Capítulo 2. Diseño de conexiones soldadas – Punto 2.3.

F_Y : Mínima resistencia de fluencia, de las partes a unir.

F_{EXX} : Resistencia nominal a tracción del metal soldado.

F_{BM} : Resistencia nominal del material base.

F_W : Resistencia nominal del electrodo de soldadura.

ϕ : Factor de resistencia según el tipo de soldadura y solicitaciones actuantes.

$\phi.F_{BM}$: Resistencia de diseño del material base.

$\phi.F_W$: Resistencia de diseño del electrodo de soldadura.

Para el cálculo de las uniones soldadas, los valores de ϕ ; F_{BM} y F_W se extraerán de la Tabla 12.7.4.b.

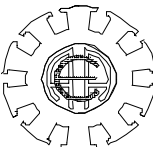
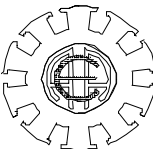
	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Tabla 12.7.4.b – Tensiones y Factores de resistencia de las uniones soldadas

Tipo de soldadura y tensión	Material	Factor de Resistencia (ϕ)	Resistencia nominal ó característica F_{BM} ó F_W	Nivel de Resistencia requerido para la unión
SOLDADURA A TOPE CON PENETRACIÓN COMPLETA				
Tracción normal al “Area Efectiva” (Tracción por flexión)	Base	0,90	F_Y	Debe ser empleada una “Unión metálica pareja”
Compresión normal al “Area Efectiva”	Base	0,90	F_Y	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la “Unión metálica pareja”
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura				
Corte sobre el “Area efectiva”	Base	0,90	$0,60 F_Y$	
	Electrodo de Soldadura	0,80	$0,60 F_{EXX}$	

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

Tipo de soldadura y tensión	Material	Factor de Resistencia (ϕ)	Resistencia nominal ó característica F_{BM} ó F_W	Nivel de Resistencia requerido para la unión
-----------------------------	----------	-------------------------------------	--	--

SOLDADURA A TOPE CON PENETRACIÓN PARCIAL				
Compresión normal al “Area efectiva”	Base	0,90	F_Y	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la “Unión metálica pareja”
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura				
Corte paralelo a la dirección del cordón de soldadura	Base Electrodo de soldadura	0,75	0,60 F_{EXX}	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la “Unión metálica pareja”
Tracción Normal al “Area Efectiva” (Tracción por flexión)	Base Electrodo de soldadura	0,90	F_Y	
		0,80	0,60 F_{EXX}	

SOLDADURA DE FILETES O CORDONES DE CUELLO				
Tensión Normal ó de corte sobre el “Area Efectiva”	Base Electrodo de soldadura	0,75	0,60 F_{EXX}	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la “Unión metálica pareja”
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura	Base	0,90	F_Y	

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

c) Verificación de uniones soldadas sometidas a estado múltiple de tensiones:

Cuando los cordones de soldaduras estén sometidos a los siguientes estados tensionales combinados, también se verificará que las tensiones compuestas cumplan con lo indicado en los puntos (c.1) y (c.2)

c.1) Uniones a tope con penetración total ó incompleta

Si:

σ_N : tensión de tracción ó compresión normal a la sección longitudinal del cordón.

σ_P : tensión de tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón.

τ : tensión tangencial en la sección longitudinal de la soldadura.

$$\sigma_C: \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_P^2 - \sigma_N \cdot \sigma_P + 3\tau^2} < (\varphi F_{BM})$$

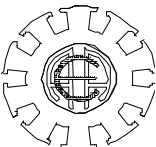
ó

$$< (\varphi F_W)$$

c.2) Tensiones angulares ó de garganta:

σ_v : tensión de tracción ó compresión normal a la sección del cordón abatido de soldadura.

τ_p : tensión tangencial paralela a la sección del cordón abatido de soldadura.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

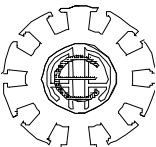
τ_N : tensión tangencial normal a la sección del cordón abatido de soldadura.

$$\sigma_C = \sqrt{\sigma_V^2 + \tau_p^2 + \tau_N^2} < (\varphi F_w)$$

12.7.5. Riendas:

a) Material

- a.1) Las riendas estarán constituidas por alambres ó por cables de cordones galvanizados, de acero de alta resistencia. Cuando las condiciones de corrosión atmosférica sean extremadamente severas se deberán emplear riendas de alumoweld. En todos los casos, el conjunto Rienda-Herraje-Barra de anclaje tendrá protección catódica, independientemente que los elementos metálicos enterrados dispongan de protección pasiva mediante algún revestimiento anticorrosivo.
- a.2) Se deben disponer los valores normales de su límite elástico convencional (Fe), su resistencia de tracción última (Fu) y su “módulo de elasticidad efectivo” (ES). A los efectos del diseño se puede adoptar para los cables como “módulo elástico efectivo” el valor de 1.600.000 daN/cm²; en el caso de alambres se adoptará el valor del módulo de elasticidad del acero.
- a.3) Para el caso de torres angulares ó terminales arriendadas, la tensión de tracción máxima de servicio de la rienda se limitará al valor de 3000 daN/cm² para el Estado de “Tensión Media Anual”, con el objeto de limitar el efecto de “corrosión bajo tensión” de la misma. Igual previsión se adoptará en las

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

riendas de las estructuras del tipo Cross-Rope, cuando estén sometidas al estado de cargas permanentes.

b) Consideraciones de diseño

- b.1) Para estructuras de altura menor a 40 m, ó longitudes de rienda inferior a 60 m, las cargas de hielo y viento sobre las riendas podrán ser ignoradas. En esta situación también se puede despreciar el efecto de la temperatura sobre la tensión de las riendas.
- b.2) El comportamiento de la rienda se podrá asumir como lineal, es decir con un módulo de elasticidad constante. Para que se pueda cumplir esta condición y asegurar una adecuada rigidez de la estructura frente al efecto dinámico de las ráfagas de viento, las estructuras deberán estar pretensadas al 15% ($\pm 5\%$) de su resistencia última de tracción.

c) Factores de resistencia

Los factores de resistencia a emplear en el diseño y selección de las riendas, dependerán del tipo estructural de la torre de acero, según se detalla en la Tabla 12.7.5.c.

Tabla 12.7.5.c – Factores de resistencia de riendas (φ)

Tipo Estructural	Factor de Resistencia (φ)	Resistencia de diseño Fe ó Fu
Hiperestáticas, tipo pórticos, arriendadas, interna ó exteriormente	0,65	F_u
Isostáticas, Tipos V, Y ó Cross-Rope	0,85	F_u
	0,90	F_e

12.7.6. Herrajes para sujeción de riendas:

Las conexiones que se pueden utilizar para la fijación de las riendas, pueden ser de los siguientes tipos. Para los mismos valen los factores de resistencia que se detallan en la Tabla 12.7.6.

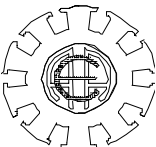
Tabla 12.7.6. - Factores de resistencia de herrajes (φ)

Tipo de Herraje	Factor de Resistencia (φ)	Resistencia de diseño R_e ó R_u
Terminal con Resina Epoxi ó Zinc fundido; abiertos ó cerrados	0,90	R_e
	0,75	R_u
a) Terminales a compresión autorregulables.	0,90	R_e
b) Terminales a compresión abiertos y cerrados	0,75	R_u
Manguito preformado	0,75	R_u
Amarre con cuña	0,80	R_e
	0,67	R_u
Terminal con grampa de amarre con un mínimo de tres bulones en U	0,72	R_e
	0,60	R_u
Amarre con guardacabo y manguito de aluminio ó de acero trefilado	0,72	R_e
	0,60	R_u

Donde:

R_e : resistencia elástica del herraje, como carga máxima para la cual no se produce ninguna deformación residual del mismo.

R_u : resistencia última del herraje, como carga mínima para la cual se produce la falla del herraje como conjunto ó de cualquier elemento componente.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

12.7.7. Barras de anclaje:

Estos elementos estructurales transmiten las cargas de las riendas a los respectivos anclajes, ya sea del tipo tradicional (vigas placas, cilindros, etc.) ó mediante anclajes no tradicionales (autoperforantes; helicoidales; inyectados; etc.).

a) Material:

Estarán construidas con acero de dureza natural ó escalón de fluencia garantizado.

En todos los casos tendrán protección catódica y se deberá evitar el empleo de puestas a tierra de cobre ó de acero revestido con cobre. Cuando los terrenos donde sean instaladas estén caracterizados por ser “muy agresivos al acero” por los altos contenidos salinos, la acidez y conductividad del suelo, las barras además estarán protegidas mediante un revestimiento anticorrosivo (polietileno, poliuretano ó caucho vulcanizado, etc.)

b) Factores de resistencia de barras de anclaje:(φ)

En el diseño se emplearán los factores de resistencia que se detallan en la Tabla 12.7.7.b.

Tabla 12.7.7.b – Factores de resistencia de barras de anclaje (ϕ)

Elemento	ϕ	Resistencia de diseño F_Y ó F_u
Anclaje tradicional de hormigón armado:		
a) Barra	0,75	$F_Y (R_Y)$
b) Placa de anclaje		
c) Tuerca Fijación	0,67	$F_u (R_u)$
Anclaje No tradicional:		
a) Anclajes autoperforantes, con barra incluida en la fundación.		
b) Anclajes inyectados en roca y suelo	0,67	$F_Y (R_Y)$
c) Anclajes helicoidales (simple hélice ó múltiple hélice)		

F_Y : tensión de fluencia.

F_u : tensión de rotura.

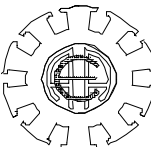
R_Y : carga de fluencia (resistencia a fluencia)

R_u : carga de rotura (resistencia a rotura).

12.8 ENSAYOS DE CARGA

En caso que el comportamiento de la estructura sea verificado con ensayos de carga sobre un prototipo representativo de las estructuras a instalar en la obra, la misma deberá resistir las “cargas factorizadas” de diseño según se detalla en el apartado 12.4, sin daño ó falla alguna de sus elementos componentes.

$$C_E = \frac{D}{1 + \frac{D}{3}}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

C_E : carga mínima de ensayo correspondiente a la hipótesis de cálculo que es reproducida en la prueba.

$K_C.C$: carga última correspondiente al “tipo de estructura” ensayada, que produce la sollicitación última factorizada ($K_C \cdot S$) en los elementos estructurales, para la hipótesis de cálculo ensayada.

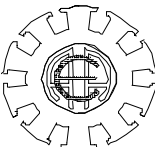
φ_E : factor de minorización de resistencia a emplear en la determinación de las cargas del ensayo.

Valores de φ_E

MATERIAL	TIPO ESTRUCTURA		φ_E
MADERA	Estructura completa ensayada como un conjunto		0,50
	Postes ensayados como elementos		0,50
	Ménsulas y crucetas ensayadas como elementos		0,25
ACERO	Estructuras reticuladas y tubulares completas		0,85
HORMIGÓN ARMADO ó PRETENSADO	Postes	Torsión	0,85
		Flexión	0,90
	Estructura completa ensayada como un conjunto		0,75

La carga de ensayo se incrementará en escalones de 20%, 40%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95% y 100% de la carga de ensayo C_E ; estos escalones de carga se mantendrán el tiempo necesario que permita medir los desplazamientos y poder observar la ocurrencia de daños estructurales. Para todos los estados de carga, que se hayan seleccionado reproducir en las pruebas, el 100% de la carga de ensayo C_E deberá ser mantenida como mínimo 5 minutos.

Los ensayos de estructuras ó elementos estructurales de hormigón armado y pretensado, se realizarán con los ciclos de carga y descarga que especifican las

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

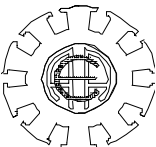
Normas IRAM 1603 y 1605, con la finalidad de medir la abertura de fisuras y los desplazamientos residuales.

En el caso de ensayarse estructuras con uniones abulonadas, en el armado y erección de las mismas no se podrán emplear pares de apriete superiores a los mínimos especificados para su instalación en la obra. Con la finalidad de evitar la fricción residual en las uniones, los prototipos de estas estructuras deberían estar galvanizados.

12.9 ESTRUCTURAS DE MATERIALES NO CONVENCIONALES

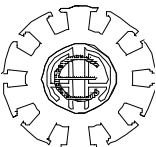
La presente Sección desarrolla los métodos de diseño y procedimientos generales de fabricación y montaje que son de aplicación a los materiales más usuales empleados en las estructuras para líneas de transmisión.

Otros materiales podrán ser utilizados en la fabricación de las estructuras, cuando los antecedentes sobre el comportamiento de obras ejecutadas y en explotación comercial, los análisis sobre modelos teóricos representativos del funcionamiento resistente y el comportamiento mecánico comprobado con prototipos ensayados hasta la carga de falla, demuestren que los nuevos materiales son aptos para resistir las cargas de diseño y que tienen durabilidad comprobada para resistir las condiciones de agresividad del medio ambiente.

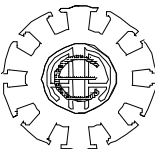
 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

REFERENCIAS Y MATERIAL DE CONSULTA:

- 1) Reglamento INPRES CIRSOC 201 – Tomos 1 y 2 – Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado.
- 2) Reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte I – Normas: Argentinas de Construcciones sismorresistentes.
- 3) ASCE – Guide for the Design and Use of CONCRETE POLES – April 1987
- 4) ASCE N°52 – Guide for Design of Steel Transmission Towers – 2ed – Año 1988.
- 5) ANSI-ASCE 10-90. Design of Latticed Steel Transmission Structures – 9/12/1991.
- 6) ASCE N°91 – Design of Guyed Electrical Transmission Structures – Año 1997.
- 7) ASCE N°72 – Design of Steel Transmission Pole Structures – 2ed – Año 1990.
- 8) Steel Design Handbook – LRFD Method – Akbar R. Tamboli – Año 1997.
- 9) Design of Welded Structures – O.W Blodgett – 12ed – Año 1982.
- 10) ANSI/AWS D1.1-88. Structural Welding Code Steel – American Welding Society (1/1/88).
- 11) Recomendación CIRSOC 302-1 – Métodos de cálculo para problemas de Estabilidad del Equilibrio en las Estructuras de Acero (Capítulo N°3).
- 12) Teoría de la Estabilidad Elástica - S. Timoshenko.
- 13) Manual de cálculo de Estructuras Tubulares de Acero – Fundación Facultad de Ingeniería de Buenos Aires – Eduardo Juarez Allen – Año 1994.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- 14) Pressure Vessel Design Manual – Dennis R. Moss – 2ed (Chapel 3: Support structures/Chapel 5: Local Loads).
- 15) Transmission Line Manual – Rural Electrification Administration – U.S. Department of Agriculture – REA Bulletin 62-1 / September 1972.
- 16) DIN-VDE 0210/12.85 Construcción de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de Tensiones Nominales mayores de 1 kV.
- 17) Estructuras de Madera – Robles y Echenique.
- 18) Wood Handbook. U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory.
- 19) Diseño y Construcción de Estructuras de Madera: Norma Técnica Complementaria del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal – Instituto de Ingeniería UNAM – México.
- 20) Diseño de Acero Estructural. Joseph Bowles (1997).
- 21) Structural Steel Design (Load and Resistance Factor Method) – Abraham J. Rokach (Chapter 11: Connections).
- 22) Diseño de Estructuras de Acero – Gaylord y Gaylord (2º Edición– 1980).
- 23) Diseño de Estructuras de Acero – Bresler, Lin y Scalzi (2º Edición– 1978).
- 24) ASCE 10-97. Design of Latticed Steel Transmission Structures (Edición 2000).
- 25) Diseño de Estructuras de Concreto conforme al Reglamento ACI 318-83-Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto – Tomos 1, 2 y 3 (Edición 1990).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

13 COMPONENTES Y ACCESORIOS

13.1 COMPONENTES

13.1.1 ELEMENTOS CONDUCTORES (en general conductores)

a) Cuerda (desnuda, protegida o aislada) formada por varios alambres, tendida entre los piquetes de una línea y destinada a transportar o a distribuir la energía eléctrica.

b) En general los conductores protegidos:

b.1) Deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

b.1.1) Estar provistos de capa interna semiconductor para uniformar el campo eléctrico.

b.1.2) Ser resistentes a la exposición prolongada de radiación ultravioleta.

b.1.3) Poseer bloqueo longitudinal a la entrada de humedad.

b.1.4) Ser resistentes al encaminamiento eléctrico superficial.

b.1.5) Poseer suficiente rigidez dieléctrica para ser considerados de tal forma.

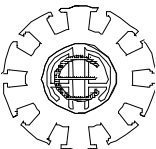
b.2) Serán considerados a los fines de la explotación y el mantenimiento como desnudos.

b.3) Podrán ser dispuestos sobre soportes aislantes, fijados a tensores portantes libres de potencial.

13.1.2 CABLE

a) Conjunto (preensamblado) de conductores aislados, inclusive su eventual tensor portante, tendido entre los piquetes de una línea.

b) La aislación, para poder ser considerada como tal, debe ser confinante del campo eléctrico, siempre compacta, continua y adecuada al tipo de material aislante. Serán resistentes a la radiación ultravioleta.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

13.1.3 HILO DE GUARDIA

a) Conductor desnudo tendido entre los piquetes de una línea aérea eléctrica, permanentemente conectado a tierra y destinado a proteger los conductores para el transporte de energía eléctrica de los efectos destructivos de las descargas por arco de potencia debidas a sobretensiones de origen atmosférico, y además mejorar las condiciones de puesta a tierra de los soportes.

13.1.4 FIBRA OPTICA

a) Destinada al transporte de señales, propias o no del sistema o línea aérea de energía, bajo la configuración de un conductor dieléctrico separado o integrada a los conductores o cables de energía y/o a los hilos de guardia.

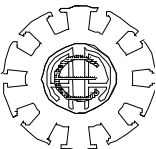
13.1.5 AISLACIONES

a) Los conductores, desnudos o protegidos, deben estar sostenidos por medio de aisladores.

b) Aisladores rígidos: Los aisladores rígidos y los pernos correspondientes en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión máxima de los conductores y con los mismos íntegros en todos los vanos, deben trabajar con un tiro horizontal no superior al 33% de su carga de rotura completa.

c) Cadenas de aisladores: La cadena de aisladores en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión máxima de los conductores, y con los mismos íntegros en todos los vanos debe trabajar con un tiro de tracción no superior al 40% de su carga crítica.

d) Fijaciones con aislación reforzada: El dispositivo de fijación/aislación de los conductores de energía a los sostenes se define como reforzado cuando está

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

predispuesto en forma tal que se evite la caída del conductor en el caso de rotura de un aislador.

e) Deben ser empleados aisladores rígidos o suspendidos de características no inferiores a los otros aisladores de la línea en la misma situación (suspensión o retención).

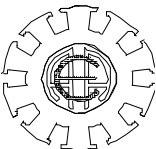
f) En las líneas con aisladores a perno rígido puede ser realizada fijando el conductor con dos aisladores distintos, que asuman los mismos esfuerzos, o mediante otro dispositivo y/o técnica aprobada por autoridad competente, que ofrezca garantías de seguridad equivalentes a las de las disposición anterior.

g) En las líneas con conductores suspendidos o retenidos, la fijación reforzada puede ser realizada con suspensión de doble cadena, con retención de doble cadena o con otro dispositivo y/o técnica aprobada por autoridad competente, que ofrezca garantías de seguridad equivalentes a las de las disposiciones anteriores.

h) Empleo de la fijación reforzada en las líneas clase "B": Solo se requerirá en caso de emplear aisladores a perno rígido del tipo a campanas superpuestas. De emplear aisladores de cuerpo macizo (tipo Line Post) no será necesario su empleo.

i) En líneas de clase "C" y de tensiones superiores no se reglamenta el empleo de la aislación reforzada, salvo requerimientos de seguridad especiales a consideración del ente de jurisdicción local.

j) Se usará doble cadena de aisladores en retención en los vanos de cruces para los cuales no está prevista una reducción de la tensión mecánica máxima de trabajo para los conductores.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

13.2 ACCESORIOS

13.2.1 ELEMENTOS PARA SUJECION MECANICA

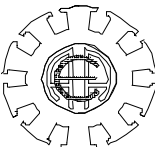
- a) Accesorios o herrajes: Los accesorios o herrajes deben ser contruidos con material resistente a las acciones del medio ambiente y/o sometidos a recubrimientos resistentes a ellas.
- b) Las tensiones mecánicas en los accesorios, para fijar los conductores, en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión máxima de los conductores y con los mimos íntegros en todos sus vanos, no deben superar el 33% de la correspondiente a carga de rotura.

13.2.2 SISTEMAS AMORTIGUANES DE VIBRACIONES

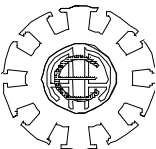
- a) Los elementos amortiguadores de vibraciones están destinados a mejorar las condiciones de protección de los conductores contra los daños debidos a la vibración eólica. Debe ser prevista la utilización de éstos dispositivos principalmente en los casos de grandes vanos situados en regiones planas, cruces de ríos o lagos o también donde las características de los vientos locales predominantes conjuntamente con la tensión mecánica y la sección de los conductores favorecen la ocurrencia de la vibración eólica.
- b) La fijación de éstos elementos a los conductores se realizará de forma tal que se evite el daño a los alambres del mismo.

13.2.3 ELEMENTOS PARA CONEXION ELECTRICA.

- a) Conectores: Los conectores de derivación y los empalmes de los conductores deben realizarse sin aumentar la resistencia eléctrica del conductor o su sollicitación térmica en dicho punto.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- b) En el caso de cable aéreo no debe disminuir su aislación en dichos puntos.
- c) En los empalmes la resistencia mecánica de la unión no debe ser inferior al 90% de la carga de rotura del conductor.
- d) Para las líneas de cable aislado suspendido esta última prescripción no se aplica a los empalmes del cable, sino a los empalmes del tensor portante.
- e) El material y el tipo de la pieza para el empalme debe ser de tal naturaleza que en ningún caso tenga lugar su deterioro por efectos electrolíticos.
- f) Los empalmes para alambres de acero deben protegerse contra la oxidación mediante galvanización en caliente de origen, salvo que sean de acero inoxidable.
- g) En los vanos que cruzan ferrocarriles, líneas de trolebús, funiculares, alambres - carriles, autopistas, rutas nacionales y sus conexiones al interior de poblados y líneas de telecomunicación, no se admiten empalmes de los conductores autoportantes o tensores.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

14 FUNDACIONES

14.1 GENERALIDADES

14.1.1 Sostenes: Los sostenes de las líneas de transmisión deberán transmitir sus reacciones al terreno mediante fundaciones, ya sea empotramientos o apoyos anclados.

14.1.2 Cimentación: Estas obras de cimentación se ejecutarán de hormigón armado o sin armar, y excepcionalmente con grillas metálicas cuando situaciones de montaje hagan inviables las anteriores.

14.1.3 Empotramiento directo: No obstante, los sostenes podrán empotrarse directamente en el suelo en los siguientes casos:

a) Postes de madera cuando se rellene el huelgo de la excavación con material granular cuidadosamente compactado o suelo cemento vertido, de forma que asegure la estabilidad de acuerdo a lo especificado por esta Reglamentación.

En el caso de los postes de madera queda prohibido el relleno de los huelgos de excavación (lateral y fondo) con hormigón.

b) Postes de hormigón para líneas de media tensión

En los casos (a) y (b) los postes se apoyarán sobre una superficie firme del suelo, (no alterado por la excavación, sin agua ni fango); caso contrario los postes se apoyarán sobre una capa de material granular compactado que tenga un espesor mínimo de 20 cm.

14.2 Estudio Geotécnico

14.2.1 Diseño: Para el diseño de fundaciones, en líneas de clase “C” o superiores, se deberá ejecutar un estudio geotécnico constituido por sondeos y calicatas, que permita conocer los parámetros de resistencia (cohesión no drenada, ángulo de

fricción interna, densidad, coeficientes de reacción lateral y de fondo) de los suelos afectados por la traza de la obra y la posición de la napa freática.

En líneas de clase “B” bastará conocer la tipificación del suelo y solo será necesario realizar estos estudios ante casos de marcada disminución de las características resistentes del mismo. En general para una resistencia admisible de 2 kG/cm², correspondiente a un terreno vegetal consistente con arcillas y pedregullos, no es necesario estudio particular alguno.

14.2.2 Densidad y profundidad: La densidad y profundidad mínimas de los estudios de suelos se detalla en la Tabla 14.1

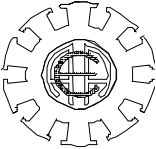
Tabla 14.1 – Cantidad y profundidad mínima de estudios geotécnicos

Tipo de Obra	MT	AT	EAT
Espaciamiento	vértices	vértices Y 1 sondeo c/ 10 estructuras	vértices 1 sondeo c/ 4 estructuras
Profundidad	4 m	6 m	9 m

a) En cada ubicación de sondeos se realizarán ensayos geoquímicos de suelos de los estratos característicos y napas freáticas con los cuales se determinará como mínimo el contenido de sales totales, PH, cloruros y sulfatos solubles.

b) Los ensayos geoquímicos tendrán la finalidad de determinar la agresividad potencial del subsuelo a las cimentaciones y al sistema de puesta a tierra de los sostenes. Además, permitirán definir el grado de agresión y las protecciones anticorrosivas necesarias.

c) En base a los resultados de estudios de suelos se realizará una “tipificación de suelos” y “tipificación de fundaciones” de la obra. Los suelos típicos estarán caracterizados por tener los menores valores de los parámetros mecánicos que corresponden a dicho suelo típico.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

d) Cuando en la traza de la obra se presenten suelos que tengan un comportamiento mecánico inestable frente a cambios de su contenido de humedad (suelos expansivos y colapsables), de temperatura (suelos sometidos a congelamiento y deshielo) y vibraciones (suelos licuables o fluidos), deberán ser analizados mediante ensayos especiales.

e) Módulo de reacción ó coeficiente de balasto.

La definición de los valores de módulos de reacción lateral y de fondo resulta de fundamental importancia en el proyecto de las cimentaciones.

Estos valores se pueden determinar en forma directa mediante ensayos ó indirecta a través de propiedades mecánicas conocidas del suelo.

e.1) Ensayos con plato de carga vertical y lateral

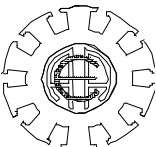
En todos los casos los resultados obtenidos tendrán validez si el suelo tiene “propiedades homogéneas”, verificadas con sondeos, dentro del bulbo de tensiones de la fundación.

Existen diferentes metodologías para determinar los módulos de reacción del suelo, que pueden ser de aplicación: Recomendaciones del Comité Francés de Cimentaciones, Norma Suiza SNV 670317 (Módulo de Elasticidad), Norma DIN 18134 (ANEXO 1). Con estos ensayos se determina el “módulo de reacción del plato (kS1)” que debe ser reducido ajustándolo a los anchos de diseño de las cimentaciones (B)

$$kS = kS1 \left(\frac{d_1}{B} \right) \text{coeficiente de reacción vertical u horizontal.}$$

d1 = diámetro ó ancho del plato.

B = ancho expuesto (lado ó diagonal) mínimo del cimiento.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- e.2) Correlaciones empíricas con otras propiedades mecánicas del suelo

Este es el método más usual y de aplicación sistemática en las obras de gran extensión, como son las líneas de transmisión, desarrolladas en ambientes geológicos diferentes. Sólo requiere saber aprovechar los datos geotécnicos disponibles y aplicarlos adecuadamente en el diseño.

A continuación se indica un procedimiento que relaciona el módulo de elasticidad del suelo E_s (Tabla 14.2) con el módulo de reacción del suelo.

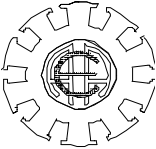
	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

Tabla 14.2 – Valores medios del módulo de elasticidad vertical de suelos y rocas. E_s (MN/m²)

Tipo de terreno	Clase y consistencia ó compacidad del terreno				
	No plástico	Con finos plásticos			
		IC = 1	IC = 0,5	IC = 0	
Grava fina	300-200/350-250	200/300	200-100/230-140	120-40/140-55	
	No plástico				
	Denso	Compacto		Suelto	
Arena gruesa y media	220-160/240-190	160-120		120-50/150-80	
Arena húmeda fina	170-120/200-150	120-90/150-120		90-35/120-60	
Arena húmeda limosa	150-110/170-130	110-180/130-95		80-30/90-45	
	Consistencia				
	IC > 1	IC=1	IC=0,75	IC=0,5	IC=0
Arena arcillosa	180/220	180-120/220-150	120-75/150-95	75-45/95-60	45-7/60-12
Arcilla arenosa	150/180	150-95/180-130	95-60/130-80	60-40/80-50	40-7/50-12
Arcilla plasticidad media ó baja	180/220	180-100/220-130	100-60/130-80	60-30/80-40	30-3/40-7
Arcilla de alta plasticidad	220/240	220-120/240-130	120-70/130-90	70-30/90-40	30-3/40-7
	Compacidad				
	Densa	Media		Suelta	
Arena orgánica	80-60	60-35		35-0	
Limos orgánicos		70-5			
Turba		40-5			
Rocas:					
Arenisca	Hasta 50.000	Es/Cu = 400			
Creta	De 5000 a 20000	Es/Cu = 2000			
Caliza	De 25000 a 100000	Es/Cu = 600			
Basalto	De 15000 a 100000	Es/Cu = 600			

NOTA: IC = Índice de Consistencia = (Límite líquido – Humedad natural) / Índice de plasticidad.

- Las cifras ubicadas en la izquierda de cada casilla responden a capas de espesor mínimo 2 m y las ubicadas a la derecha responden a capas de espesor mínimo 5 m.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- $[1 \text{ MN/m}^2] = 10 \text{ daN/cm}^2$
- en arcillas de consistencia blanda a muy duras se puede considerar $E_s/C_u = 300$.

Nótese que los valores de E_s varían bastante para cada tipo de suelo, dependiendo de las condiciones físicas y químicas del suelo en cuestión. Por lo tanto, los amplios intervalos que aparecen anteriormente para el valor de E_s , suministran solamente una orientación antes de que se disponga de los resultados de las pruebas geotécnicas. La relación E_s/C_u puede ser de utilidad si se conoce la resistencia al cortante C_u , aunque el valor de esta relación varía también con el tipo de suelo o roca de que se trate.

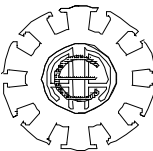
Los valores de E_s detallados en la tabla 9.2 corresponden a cargas de corta duración; para el caso de sostenes angulares y terminales instalados en arcillas saturadas, ó con un “índice de consistencia” (IC) inferior a 0,50, los valores tabulados se multiplicarán por 0,30 para tener en cuenta la consolidación del suelo adyacente y subyacente.

En caso de cimentaciones instaladas en suelos granulares (arenas y gravas); que puedan estar sumergidas por encima del plano de cimentación, los valores tabulados se multiplicarán por 0,60.

E_s/C_u (en unidades homogéneas).

$$k_{sv} = \frac{E_s}{B} \text{ (módulo de reacción vertical).}$$

$$k_{sh} \leq \frac{k_{sv}}{1,20} \text{ (módulo de reacción horizontal).}$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

También resulta factible correlacionar el “módulo de reacción vertical” con el número de golpes N a partir de un ensayo estándar de penetración (SPT), a través de formulaciones ó tablas ampliamente experimentadas.

f) Parámetros medios de resistencia al corte

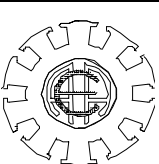
En la Tabla 14.3 se detallan parámetros medios de resistencia al corte (cohesión, ángulo de fricción, densidades naturales y sumergidas).

Debido a que las propiedades resistentes dependen de las condiciones físicas y químicas de los suelos, estos valores suministran solamente una orientación antes que se dispongan los resultados de los estudios geotécnicos.

Tabla 14.3 - Valores medios de parámetros resistentes de suelos

Resistencia a corto plazo en arcillas saturadas

Consistencia	Angulo de rozamiento Φ	Cohesión Cu (daN/cm ²)
Muy blanda	0	< 0,12
Blanda		0,12-0,25
Media		0,25-0,50
Firme		0,50-1,0
Muy firme		1,0-2,0
Dura		> 2,0

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	--	---	---

Densidad y Resistencia a largo plazo en arenas y arcillas

1) Arenas y Gravas

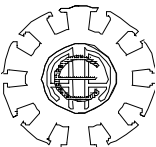
S u e l o s	Densidad (daN/dm ³)		Resistencia	
	Sobre el agua	Bajo el agua (sumergido)	Angulo de rozamiento Φ	Cohesión C'
Arena suelta grano redondeado	1,8	1,0	30°	0
Arena suelta grano angular	1,8	1,0	32,5°	
Arena compacta grano redondeado	1,9	1,1	32,5°	
Arena compacta grano angular	1,9	1,1	35°	
Arena densa ó muy densa grano redondeado	1,95	1,15	35°	
Arena densa ó muy densa grano angular	1,95	1,15	37,5°	
Grava sin finos plásticos	1,7-1,95	0,9-1,15	35-37,5°	

2) Arcillas

Consistencia	Plasticidad				Densidad (daN/dm³)	
	Baja a media		Media a alta			
	Cohesión C' (daN/cm²)	Angulo de rozamiento	Cohesión C' (daN/cm²)	Angulo de rozamiento	Sobre el agua γ_h	Bajo el agua γ'
Muy blanda	0	20	0	17	< 1,4	< 0,9
Blanda	0	21	0	18	1,5	0,95
Media	0,05	22	0,05	19	1,6	1,0
Fina	0,1	22	0,1	20	1,7	1,05
Muy fina	0,15	21	0,15	21	1,8	1,10
Dura	0,25	25	0,25	22	1,9	1,15

$$[1 \text{ daN/cm}^2] \cong 1 \text{ kgf/cm}^2$$

$$[1 \text{ daN/dm}^3] \cong 1 \text{ kgf/dm}^3$$

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Suelo gravante asociado al cuerpo de la fundación en condiciones de vuelco
(Angulo β)

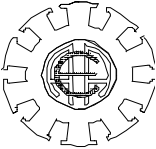
β = ángulo con la vertical según K. GIRKMANN

Suelo	Angulo β (o)	
	Suelo Natural Adyacente	Suelo de relleno Posterior
Turbas; arcillas muy blandas	5°	3°
Suelos sueltos sin compactar	5°	3°
Arenas finas saturadas		
Arcillas blandas Limos blandos		
Arcillas o limos secos consolidados	8°	6°
Arenas finas y medianas secas		
Arcillas ó limos Compactos	12°	10°
Arena gruesa Gravas arenosas		
Arenas gruesas muy compactas	15°	12°
Gravas muy compactas y rodados	20°	20°

Estos valores se deberán ajustar con la identificación “in visu”, los ensayos de penetración (SPT) y la clasificación de suelos (S.U.C.S.) obtenida en laboratorio

14.3 Procedimiento de diseño

Las fundaciones deben ser verificadas con las mismas hipótesis de cálculo adoptadas para el diseño de los sostenes. En cada hipótesis, la verificación de estabilidad del sistema de cimentación se efectuará de acuerdo a los procedimientos que se detallan a continuación, considerando el comportamiento de las cargas aplicadas y del tipo de fundación.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

El diseño de las fundaciones se basará en la aplicación del “Método de factorización de cargas y resistencias” (LRFD); debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot F \leq \sum \phi_i \cdot R_i \text{ (fundaciones indirectas)}$$

$$K_E \cdot K_C \cdot F \leq \phi \cdot R \text{ (fundaciones directas)}$$

Donde:

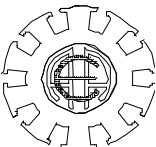
F: Es una reacción última que resulta la reacción máxima de la estructura (correspondiente a cargas aleatorias con un período de retorno T, a cargas de montaje, ó a cargas especiales) calculada según se establece en el presente Reglamento (Apartado 12), en función del destino y condiciones de exposición de la obra, y de acuerdo a las hipótesis de proyecto.

K_C: Factor de carga que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

φ; φ_i: “Factor global de resistencia” (fundaciones directas) ó “Factores parciales de resistencia” (fundaciones indirectas) que dependen del tipo de sollicitación a que está sometido el cimiento (momento de vuelco, carga de hundimiento ó de tracción), del tipo de fundación y de su montaje.

R, R_i = Resistencia teórica calculada para un determinado “suelo típico”, a partir de los valores geotécnicos mínimos que identifican a dicho “suelo típico” (ángulo de fricción, densidad, cohesión, grado de saturación e índice de consistencia).

K_E = Factor de carga que tiene en cuenta la verificación experimental del comportamiento del cimiento, mediante ensayos con prototipos a escala natural.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

$K_E = 1,0$ – Para solicitaciones de vuelco y compresión. Para solicitaciones de tracción cuando el comportamiento de los anclajes es verificado mediante ensayos de prototipos.

$K_E = 1,10$ – Para cimentaciones sometidas a tracción cuando el comportamiento de las mismas no es verificado mediante ensayos de prototipos.

14.3.1 Tipo de cargas sobre fundaciones

Con la finalidad de determinar los factores de carga (K_C) a emplear en el diseño de fundaciones, se considerarán los siguientes tipos de cargas actuantes sobre las mismas:

a) Fundaciones con cargas instantáneas o cuasi-instantáneas

Dentro de estas fundaciones se incluyen los cimientos de los sostenes de suspensión y retención de línea, cualquiera fuere su topología estructural.

$K_C = 1$ para estructuras de suspensión y retenciones de Líneas.

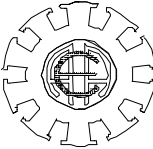
b) Fundaciones con cargas permanentes o cuasi-permanentes

Dentro de estas fundaciones se incluyen los cimientos de los sostenes de retención angular, los sostenes terminales y las estructuras especiales para cruces de vías navegables.

$K_C = 1,2$ – Retenciones angulares y terminales de línea.

$K_C = 1,30$ – Estructuras especiales para cruces de ríos navegables ó de frontera.

Pórticos de estaciones transformadoras y soporte del equipamiento eléctrico.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

14.3.2 Topología estructural de la cimentación

Con la finalidad de determinar los “factores de resistencia” a emplear en el diseño de las fundaciones, se consideran los siguientes tipos de cimentaciones:

- a) Cimentaciones con macizos simples y/o escalonados, de hormigón simple o con armadura de refuerzo, sometidos preponderante-mente a momentos de vuelco

Se trata del caso que la estructura tenga una única cimentación, es decir del tipo monobloque.

La calidad mínima del hormigón a utilizar será H-13.

Estas fundaciones deberán ser verificadas a las siguientes condiciones cinemática y mecánicas.

- a.1) Condición cinemática:

La rotación “límite” máxima respecto a la vertical, que resulte de aplicar el método de Sulzberger (basado en el comportamiento elástico del suelo hasta su estado “límite” ó de falla), será 0,015 (1,50%). Esta condición cinemática límite será válida para todos los tipos de sostenes.

- a.2) Condición resistente al vuelco:

Se deberá calcular el factor de vuelco (K_v) para poder aplicar el Método de Sulzberger hasta el estado “límite” ó de falla del suelo adyacente; este factor varía según el tipo de material de la estructura, en función de la relación de los momentos de encastramiento lateral y de fondo calculados para una

rotación “límite” (Tabla 14.4). El “factor de resistencia al vuelco (ϕ_V)”, se determina a partir de K_v como se indica:

$$\phi_V = \frac{1}{K_v}$$

Tabla 14.4 – Valores de factores de vuelco K_v

Estructura	$K_v =$
Acero	$= 1,30 - 0,60 \left(\frac{M_s}{M_b} \right) + 0,30 \left(\frac{M_s}{M_b} \right)^2$ $= 1 \quad \text{si} \quad \left(\frac{M_s}{M_b} \right) \geq 1$
Hormigón armado ó pretensado	$= 1,45 - 0,90 \quad 1 < \left(\frac{KL}{b} \right) \leq \lambda r$ $= 1 \quad \text{si} \quad \left(\frac{M_s}{M_b} \right) \geq 1$
Madera	$= 1$ (se desprecia el momento de fondo M_b para postes empotrados directamente en el suelo).

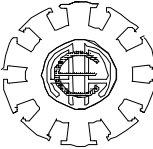
Donde:

M_s y M_b : Momentos de encastramiento lateral y de fondo que resultan de aplicar el Método de Sulzberger, calculados para una rotación “límite” de 0,015 (1,5%).

$M_R = M_s + M_b$

$K_v = K_v \left(\frac{M_s}{M_b} \right)$ función según Tabla 14.4.

M : máximo momento de vuelco en el centro instantáneo de giro, en la dirección considerada, correspondiente a reacciones de las Hipótesis de cálculo definidas en el Apartado 12.2.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

K_C : factor de carga definido en el Apartado 9.3.1.

Se debe verificar que:

$$K_C \cdot M \leq \varphi_V \cdot M_R = \varphi_V \cdot M_S + \varphi_V \cdot M_b$$

Cuando se proyecten plateas de cimentación, prescindiéndose de la resistencia lateral del suelo circundante, la seguridad al vuelco estará garantizada cuando las excentricidades de la resultante de cargas verticales (N_b), calculadas a nivel del plano de fundación, cumplan con la siguiente condición:

$$\left(\frac{e_x}{a}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b}\right)^2 \leq \frac{1}{(2 \cdot K_V)^2}$$

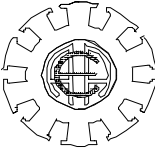
$$e_x = \frac{M_x}{N_b}$$

$$e_y = \frac{M_y}{N_b}$$

e_x ; e_y : excentricidades de la resultante de cargas verticales (N_b) en la dirección del lado mayor y menor del cimiento, a nivel del plano de fundación.

a ; b : lados mayor y menor del cimiento.

K_V : factor de vuelco según Tabla 14.4 (para $M_S = 0$).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

M_x ; M_y : momentos de vuelco últimos factorizados a nivel del plano de fundación, en la dirección de los lados mayor y menor del cimiento.

a.3) Máximas tensiones

Se verificará que para las “reacciones últimas factorizadas” de apoyo, no se superarán las “tensiones de plastificación” ó falla del suelo multiplicadas por el factor de minorización de resistencia (ϕ_C) correspondiente.

Las “tensiones de plastificación” ó falla del suelo, ya sea del tipo general ó local, se determinarán mediante la utilización de alguna fórmula de “capacidad de carga” internacionalmente reconocida, que sea de aplicación al tipo de suelo donde se implantará el cimiento (Terzaghi; Brinch-Hansen; Meyerhoff; Caquot; etc.).

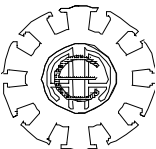
a.3.1) Tensiones máximas verticales en el plano de cimentación

Se deberá verificar que las máximas tensiones últimas verticales (q_b) y (q_m), correspondientes a las “reacciones últimas factorizadas”, cumplan con las siguientes condiciones:

$$q_b \leq 1,3 (\phi_C \cdot q_u) \text{ en el borde del cimiento.}$$

$$q_m \leq (\phi_C \cdot q_u) \text{ en el centro del cimiento.}$$

donde:

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

q_b ; q_m son las presiones últimas verticales máxima y media de fondo, determinadas a partir del momento de fondo de cálculo cuyo valor es el de Sulzberger (M_b para un giro "límite" de 1,5%) multiplicado por el factor (ϕ_V) y la carga vertical N_b .

$N_b = K_c \cdot \sum V_i$ (sumatoria de todas las cargas verticales: estructura, cimiento y suelo gravante).

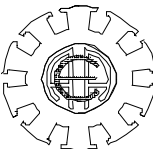
$\phi_V \cdot M_b =$ momento de cálculo de fondo, con el cual se calculan las presiones últimas verticales máxima y media de fondo.

$q_u =$ presión de hundimiento determinada mediante alguna fórmula de capacidad de carga internacionalmente reconocida que sea de aplicación al tipo de suelo donde se instalará la cimentación.

$\phi_C = 0,50$ factor de minorización de resistencia al hundimiento que tiene la finalidad de limitar los asentamientos de la fundación.

$\phi_V =$ factor de resistencia al vuelco.

Para el caso especial de las plateas de cimentación, el momento de fondo de cálculo ($\phi_V \cdot M_b$), se reemplazará por los momentos de vuelco últimos factorizados (M_x y M_y) a nivel del plano de fundación en la dirección de los lados mayor y menor de la platea. Con estos momentos de vuelco se calcularán las presiones últimas verticales máxima (q_b) y media (q_m) de fondo.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

a.3.2) Tensión máxima horizontal en los paramentos de la cimentación

Las máximas tensiones factorizadas horizontales ($\phi_V \cdot q_L$), ubicadas sobre el eje de rotación del macizo (zona superficial de menor resistencia del suelo) y en correspondencia con el fondo, no deberán superar la tensión de plastificación horizontal de dicho suelo.

$$(\phi_V \cdot q_L) \leq \frac{4}{\cos \Phi} (\gamma \cdot h \cdot \text{tg} \Phi + C_u) \cdot \eta$$

donde:

q_L : presión horizontal máxima determinada a una profundidad igual a la tercera parte de la altura encastrada del monobloque y en la profundidad, a partir del momento lateral M_S (Momento de encastramiento de Sulzberger para un giro "límite" de 1,5%).

C_u : cohesión no drenada no consolidada.

γ : densidad del suelo (natural ó sumergido).

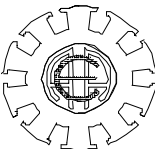
Φ : ángulo de fricción del suelo.

h : profundidad donde se produce la máxima presión lateral q_L

ϕ_V : factor de resistencia al vuelco.

η : factor de forma que tiene en cuenta el comportamiento espacial de la cimentación, según se detalla:

$\eta=1$; pantallas verticales.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

$$\eta = \left(1 + 0,5 \cdot \frac{L}{B} \right) \leq 1,50; \text{ macizos rectangulares de lados}$$

B y L.

$$\eta = 1,70; \text{ macizos cilíndricos.}$$

B = ancho del paramento del macizo sobre el que se ejerce la presión q_L .

b) Cimentaciones con zapatas de hormigón simple ó con armadura de refuerzo

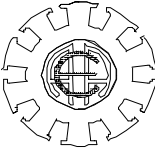
Se trata del caso que la estructura sea autosoportada y tenga una cimentación por cada apoyo de la misma.

La calidad mínima del hormigón a utilizar será H-13.

Las zarpas de las zapatas podrán ser de hormigón simple cuando la relación entre la altura y el vuelo de la zarpa no sea inferior a 1,60 para hormigones H-13 y 1,2 para hormigones H-17.

Los fustes de las cimentaciones de las torres de línea podrán no estar armados, cuando el montante se prolongue hasta el fondo de la zapata, y se dispongan traviesas dentro de ésta que puedan resistir el 100% de las cargas de tracción de las torres. Los fustes de las cimentaciones de obras que atraviesen zonas de elevada y muy elevada sismicidad (zonas sísmicas 3 y 4) deberán tener armaduras que cumplan las cuantías mínimas de flexión ó flexotracción; para las zonas sísmicas moderadas (zona sísmica 2) podrán armarse solamente los fustes de las cimentaciones de torres angulares y terminales.

Cuando la estructura soportada no sea capaz de resistir los corrimientos horizontales relativos entre apoyos, correspondientes al sismo de diseño de la

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

zona atravesada, los fustes deberán vincularse superiormente con vigas de arriostramiento.

Las secciones y armaduras de los elementos de hormigón armado, se dimensionarán siguiendo las especificaciones para las estructuras de hormigón armado establecidas en el Apartado 12.6.

Las fundaciones estarán dimensionadas para resistir las máximas reacciones de hundimiento ó arrancamiento de la torre, más las correspondientes reacciones horizontales.

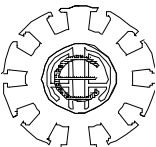
La “capacidad de carga al hundimiento” (F_H) se determinará a partir de fórmulas de capacidad de carga internacionalmente reconocidas, que tengan en cuenta: los parámetros de resistencia al corte del suelo, la inclinación y excentricidad de las reacciones, la forma y profundidad del cimiento y la inclinación del terreno (efecto de ladera en terrenos montañosos).

La “capacidad de carga al arrancamiento” (F_A) se podrá determinar mediante “métodos empíricos” (Fig. 14.1) a partir del ángulo de arrancamiento β y el peso de suelo gravante sobrepuesto (en condición de terreno seco ó sumergido) ó con “métodos racionales” internacionalmente reconocidos a partir de las propiedades geotécnicas del suelo adyacente al cimiento.

El ángulo de arrancamiento β no podrá ser superior a las dos terceras partes del ángulo de fricción interno (Φ) del suelo, y en ningún caso será mayor a 30° .

$$\beta \leq \frac{2}{3} \Phi < 30^\circ.$$

Cuando se empleen diseños basados en “métodos racionales” basados en los parámetros geotécnicos del suelo, los procedimientos de cálculo empleados deberán estar fundamentados por una amplia verificación experimental (por ejemplo: Meyerhof y Adams, Hidro-Ontario, CIGRE, Martín y Cochart; Vanner;

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

etc.). En el diseño se deberá tener en cuenta cómo el proceso constructivo afecta las propiedades mecánicas del suelo (C ; Φ y γ); se deberán distinguir los siguientes tres casos (Fig. 14.2):

- b.1) En el caso que se use la excavación como encofrado del cimiento, ó que el “sellado” del cimiento con el suelo circundante tenga una resistencia mayor a éste, de forma que las posibles superficies de falla se desarrollen en el suelo inalterado. En esta situación se podrán emplear los valores de la cohesión inalterada (C_u) y la fricción inalterada (Φ_u) del suelo natural.
- b.2) En el caso que la superficie de falla se desarrolle dentro de un suelo de relleno compactado, sobrepuesto al cimiento, ó en las interfaces entre el relleno y el suelo natural adyacente. En este caso se considerará la pérdida de resistencia por “remoldeo” del suelo natural y se usarán los siguiente parámetros residuales (C_r y ϕ_r) de resistencia al corte.

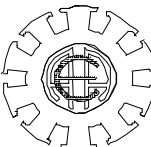
$$C_r = 0,5 C_u$$

$$\Phi_r = 0,75 \Phi_u$$

γ_r (valor de densidad correspondiente al mínimo grado de compactación exigido y de valor asegurado en obra).

- b.3) En el caso de rellenos sueltos donde, por problemas constructivos ó de accesibilidad al lugar, resulta inviable la ejecución de una compactación cuidadosa y con material adecuado del terreno ó de préstamo. En este caso se considerará la disminución de las propiedades mecánicas del relleno y se usarán los siguientes parámetros de diseño (C_d ; Φ_d)

$$C_d = 0$$

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$\Phi_d = 0,5 \Phi_u$$

γ_d (valor de densidad medido en el relleno suelto).

Dentro de esta categoría se considerarán los rellenos constituidos por pedraplenes arrojados o mampuestos, y los ejecutados con broza resultante del desmonte de laderas.

c) Cimentaciones con grillas metálicas

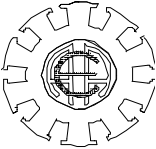
Se limitará el empleo de esta solución a aquellos lugares donde la dificultosa accesibilidad, por la topografía de la traza de la obra, hagan inviable la construcción de otro tipo de cimentación.

En todos los casos, los elementos metálicos enterrados estarán protegidos de la corrosión mediante protección catódica; en los suelos muy altamente agresivos llevarán una protección superficial mediante pintura epoxi-bituminosa de un espesor no menor a 300 micrones.

En estas cimentaciones metálicas, la solera de apoyo puede asimilarse a una lámina continua siempre que los espacios que queden entre traviesas ó fajas de apoyo no superen un tercio (1/3) del ancho de las traviesas de apoyo.

La grilla también puede asimilarse a una lámina continua cuando quede inmersa en una losa de hormigón simple, cuyo espesor no sea inferior a tres veces el lado del perfil de la solera de apoyo. Caso contrario, la capacidad de carga (al hundimiento ó arrancamiento) se considerará como la suma de las capacidades de carga individuales de cada faja componente.

d) Cimentaciones ancladas en roca

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En caso de ejecutarse cimentaciones empotradas en la roca subyacente, mediante pernos de anclaje, la longitud de los mismos no será inferior a 3 m en roca sana y 4,50 m en roca alterada.

La relación entre el diámetro de la perforación en roca, y el diámetro de la barra de anclaje variará entre 2,00 a 3,00. En caso que esta relación supere el valor 3,00, el anclaje tendrá una tuerca terminal en su extremo inferior.

Se debe reconocer la calidad y el grado de intemperismo de la roca mediante perforaciones. Cuando no se dispongan de valores de resistencia al corte, se recomienda tomar como “resistencia última” a la adherencia, el 10% del valor de la resistencia a la compresión simple de la roca; valor que no debe superar 40 kg/cm² para rocas masivas ó no alteradas.

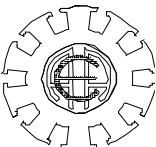
En todos los casos la mezcla cementicia debería tener una resistencia no inferior a H-17, una relación agua-cemento no superior a 0,50 y aditivos expansores aprobados, libres de cloruros.

e) Anclajes de estructuras arriendadas

Estas cimentaciones serán empleadas para resistir esencialmente fuerzas de tracción y eventualmente fuerzas de corte producidas por las riendas de la estructura sustentada.

e.1) Anclajes tradicionales

Se denominan como “tradicionales” a los anclajes que puedan ser construidos y montados mediante las técnicas constructivas convencionales, sin necesidad de emplear tecnologías especializadas, de forma que la ejecución pueda ser inspeccionada en todas sus etapas “in visu”.

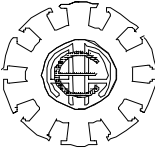
 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Estos anclajes pueden estar constituidos por elementos premoldeados (vigas placas, cilindros, etc.) ó elementos hormigonados “in situ” contra las excavaciones.

El procedimiento de diseño dependerá del tipo de estructura, de las cargas y ángulo de la rienda, de las condiciones del subsuelo y de la topografía de la traza.

Los valores de los parámetros geotécnicos de resistencia al corte (c ; Φ), a emplear en el dimensionamiento, dependerán de las condiciones de construcción ó metodología de montaje de estos elementos según se detalla en el punto b) del Apartado 14.3.2.

Debido a la gran cantidad de factores que influyen en la “capacidad de carga a tracción” de los anclajes, resulta dificultoso realizar un diseño teórico que sea efectivo para cualquier “suelo típico”. Por lo tanto, en todos los casos, el comportamiento mecánico de estos anclajes se verificará mediante ensayos con cargas de arrancamiento, sobre prototipos a escala real. Los lugares de ensayo serán representativos del “suelo típico” donde se pretenda instalar estas fundaciones, y estará caracterizado por tener los menores valores de los parámetros geotécnicos correspondientes al “suelo típico” asignado.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En ningún caso el desplazamiento medido en el ensayo correspondiente a la carga factorizada ($K_C \cdot F_A$) será superior a los 4 cm y además, en todos los casos se verificará la convergencia a cero de los desplazamientos residuales correspondientes a la carga factorizada ($K_C \cdot F_A$).

e.2) Anclajes no tradicionales

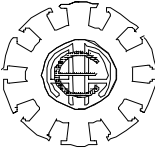
Se denominan como “no tradicionales” a los anclajes que se construyen ó instalan mediante técnicas especiales no convencionales, que requieren una cuidadosa calidad de ejecución, y que se caracterizan porque su construcción sólo puede ser controlada ó inspeccionada en forma indirecta.

Dentro de estos anclajes se incluyen todos los del tipo inyectados (activos ó pasivos), explosivos, helicoidales, tubulares y los micropilotes de diámetro menores a 30 cm.

Debido a la gran cantidad de factores que influyen en la “capacidad de carga” a tracción de estos anclajes, cualquier diseño teórico tendrá solamente la validez de “anteproyecto”.

En el caso eventual de micropilotes sometidos a cargas de compresión, los mismos serán verificados al pandeo considerándolos como barras inmersas en un medio elástico. En ningún caso a estos elementos se los considerará capacitados para resistir solicitaciones de flexión.

Debido a la gran dispersión que pueden llegar a tener los valores de resistencia a tracción de estos anclajes, si el procedimiento de instalación no resulta el adecuado para el

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

“suelo típico” donde se pretende construirlos, los “anteproyectos” deberán ser “convalidados” previo a su ejecución en obra.

El procedimiento de “convalidación” consiste en verificar el comportamiento mecánico del anclaje en el “suelo típico” donde se proponga su ejecución y determinar su resistencia en forma estadística a través de los resultados de ensayos de una muestra pequeña, no menor de 6 especímenes instalados en un mismo lugar:

$P_K = (P_M - t \cdot \sigma)$ resistencia característica de falla al arrancamiento (probabilidad del 95% de ser superada).

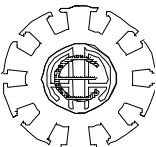
$P_M =$ resistencia media de n resultados de ensayos.

$\sigma =$ desviación standard de n resultados de ensayos.

$t =$ coeficiente de Student-Fisher ($t = 2,0$ si $n = 6$), que depende de la cantidad “n” de elementos a ensayar.

Se verificará que los componentes mecánicos del anclaje (tensores, conexiones, empalmes, cáncamos, etc.) tengan una resistencia no inferior a la resistencia (P_K) del mismo como un conjunto estructural.

Estos anclajes deberán verificar que para la carga factorizada ($K_C \cdot F_A$) los desplazamientos no superen 4 cm y además, en todos los casos se verificará la convergencia a cero de los desplazamientos residuales correspondientes a la carga factorizada ($K_C \cdot F_A$).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Además, los anclajes ejecutados en la obra deben ser controlados con ensayos no destructivos de arrancamiento al 130% del valor de la carga factorizada ($K_C \cdot F_A$), para detectar las probables disminuciones en las resistencias por apartamientos de montaje, respecto a las técnicas constructivas empleadas en los ensayos de convalidación. Estos ensayos se realizarán sobre una cantidad de elementos no inferior al 5% de los anclajes instalados; se verificará que los corrimientos totales y residuales sean semejantes ó inferiores, a los de la curva carga-desplazamiento patrón del “ensayo de convalidación” realizado en el “suelo típico” correspondiente.

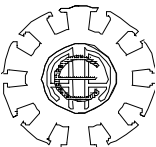
f) Fundaciones Indirectas

Se denominan los compuestos por pilotes de diámetro mayor a 30 cm, de acero (tubulares o perfiles laminados), u hormigón armado; éstos podrán ser instalados mediante hincas, barrenado y perforados hormigonados “in situ”.

Las cimentaciones indirectas pueden estar compuestas por un único pilote ó por varios pilotes vinculados entre sí mediante cabezales.

Los pilotes tubulares de acero serán especialmente protegidos de la corrosión del medio circundante, mediante sobreespesores, pinturas epoxi-bituminosa ó protección catódica, ó combinación de éstas en función del grado de agresividad del suelo ó napa freática.

Este sistema de fundación se empleará cuando deba transmitirse cargas al subsuelo sin que se produzcan excesivos asentamientos.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

La capacidad resistente de los pilotes dependerá de la capacidad portante de los estratos de suelo atravesados, del tipo de pilote, y de la metodología de instalación empleada.

La cantidad de pilotes por cada apoyo de la estructura no será inferior a dos; se podrá instalar un solo pilote hormigonado “in situ” cuando su diámetro sea como mínimo de 60 cm y se pueda asegurar la correcta instalación y hormigonado de los dispositivos de anclaje ó empotramiento en los apoyos.

En cada lugar donde se instale una fundación indirecta, se deberá realizar una investigación geotécnica que tenga una profundidad no inferior a 5 veces el diámetro por debajo del nivel previsto para la fundación.

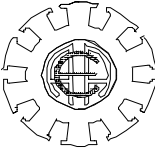
Las “fórmulas de hincá” no deberán emplearse para determinar la capacidad de carga de los pilotes, solamente servirán para controlar apartamientos en el proceso de hincado, tanto en profundidades como en la resistencia a la penetración de los estratos de suelo atravesados.

Los pilotes de hormigón tendrán calidad mínima H-30 para los prefabricados e hincados y H-21 para los “hormigonados in situ”.

La cuantía longitudinal mínima de armaduras será de 0,5% de la sección del pilote para los hormigonados “in situ” y para los prefabricados 1,5%. La sección de estribos no será inferior a la cuantía mínima de armadura de corte (0,15%) y la separación de los estribos no mayor a 20 cm.

Cuando el lado del pilote prefabricado supere los 30 cm, se colocará una armadura longitudinal entre cada vértice de la sección.

Las armaduras de los pilotes prefabricados deberán ser suficientes para resistir las flexiones producidas por los traslados e izajes, sin que se produzcan daños

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

ni fisuración excesiva. Las armaduras longitudinales serán de una sola pieza, ó estarán empalmadas mediante soldadura.

Los pilotes de acero, tendrán una calidad mínima F-22.

La carga última friccional ó de arrancamiento, se debe calcular como la suma de las resistencias friccionales actuantes sobre la superficie lateral de los pilotes, a lo largo de los estratos de suelo atravesados.

Para los pilotes comprimidos se considerará la resistencia de punta de los mismos, la que dependerá si el pilote está apoyado en una capa resistente de suelo sin penetrar en la misma (pilote columna), si la punta ha quedado empotrada en un estrato compacto con una ficha mínima (ocho diámetros) por encima de la punta (falla general), ó si la falla puede provocarse en una situación intermedia a las anteriores por punzonado del suelo bajo la punta (falla local).

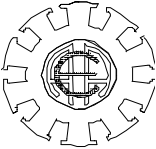
El dimensionamiento de las secciones de hormigón y las correspondientes armaduras de acero se realizará de acuerdo al Apartado 12.6.

De acuerdo a la disposición de los pilotes, las fundaciones indirectas se clasificarán como:

f.1) Fundaciones sobre un pilote único

Quando un sostén se empotre a un bloque de fundación que esté constituido por un pilote ó anclado a éste, la estabilidad lateral deberá estar asegurada por las propiedades mecánicas de los estratos atravesados (módulos de reacción horizontal, C_u y Φ).

El giro del pilote, en su extremo superior no deberá ser mayor a 0,01.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En el caso que postes tubulares de acero u hormigón sean alojados en cavidades construidas expresamente dentro de los pilotes, las paredes del hueco deben tener armaduras transversales cerradas, para resistir las cargas “en vacío” horizontales producidas por los postes. Las armaduras longitudinales estarán ancladas superiormente al 100%.

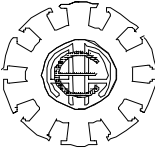
f.2) Fundaciones compuestas por un cabezal y varios pilotes

Los pilotes pueden estar dispuestos en forma vertical ó inclinados.

Los pilotes deberán tener una adecuada armadura para resistir las flexiones producidas por cargas horizontales y las solicitaciones de tracción. Los pilotes tendrán sus armaduras longitudinales ancladas al 100% dentro de los cabezales.

Se debe verificar una adecuada transmisión de las cargas de la estructura a los pilotes. Por tal motivo los cabezales estarán armados superior e inferiormente, y tendrán “armaduras de colgar” formados por estribos cerrados, para transmitir las solicitaciones de tracción mediante el modelo del “método de las bielas comprimidas”.

Cuando los pilotes se instalen en depósitos de suelos blandos en proceso de consolidación y próximos a terraplenes u obras recientes ó por construir, se considerará la pérdida de capacidad portante al hundimiento por efecto de la “fricción negativa” y las “flexiones parásitas” producidas por el escurrimiento horizontal de los estratos blandos.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Cuando se verifique la “capacidad de carga al hundimiento”, no se considerará el efecto equilibrante de la subpresión de la napa freática sobre el cabezal y los pilotes.

Cuando se verifique la “capacidad de carga al arrancamiento” se considerará la subpresión, para el caso de suelo totalmente sumergido hasta la superficie del terreno.

La separación mínima de los pilotes será de tres (3) veces el lado ó diámetro de los mismos. Para los pilotes inclinados la separación mínima corresponde a la punta ó extremo inferior de los mismos.

Cuando las capas superficiales del suelo sean muy blandas y con escaso ó nulo soporte lateral, ó cuando los pilotes emerjan respecto de la superficie del terreno, se verificarán al pandeo teniendo en cuenta las condiciones de movilidad de los apoyos de la estructura sustentada.

14.3.3 Factores de resistencia para el diseño de fundaciones (φ)

Los factores de resistencia que se establecen tienen la finalidad de limitar el daño de las obras orientando el comportamiento mecánico según una secuencia preferencial de falla, de forma que ante un evento donde se pudieran superar las cargas límites de diseño, las fundaciones sean los últimos elementos en fallar. Además, los valores indicados tienden a limitar las probabilidad de ocurrencia de daños estructurales por asentamientos excesivos (totales ó diferenciales) de las cimentaciones.

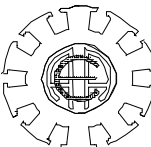
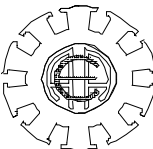
	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

TABLA 14.5 – FACTORES DE RESISTENCIA PARA EL PROYECTO DE FUNDACIONES

A) ESTRUCTURAS DE POSTES Y PÓRTICOS CON Y SIN RIENDAS CON FUNDACIONES DIRECTAS (Factor de resistencia global)			
Tipo Fundación	Material Estructura	Tipo carga En cimiento	ϕ
Postes directamente empotrados en el suelo	Madera Hormigón	Momento Vuelco	$\phi_V = 1$ Verificación tensiones horizontales
a) Macizos de cimentación; simples y escalonados b) Plateas de cimentación c) Zapatas	Acero Hormigón	Momento Vuelco	$\phi_V = \frac{1}{K_V}$ (K_V de de Tabla 14.4) Verificación tensiones horizontales
		Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
Anclajes para riendas	Madera	Arrancamiento	$\phi_A = 0,50$
	Hormigón armado ó pretensado	Arrancamiento	$\phi_A = 0,50$
	Acero Tubular	Arrancamiento	$\phi_A = 0,67$
Nota: Los postes arriendados, que estén directamente empotrados en el suelo, se verificarán como fundaciones indirectas (pilotes hormigonados “in situ”).			

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

B) ESTRUCTURAS RETICULADAS DE ACERO AUTOSOPORTADAS Y ARRIENDADAS (Factor de resistencia global)			
Tipo Fundación	Observaciones	Tipo carga En cimiento	ϕ
Bloque de Hormigón	Considerar peso muerto del bloque más el peso del suelo gravante	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,72$
Zapatas	Relleno bien compactado con control de compactación	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,62$
Zapatas en laderas	Relleno con material de desmonte acomodado	Arrancamiento	$\phi_A = 0,57$
Grillas metálicas	Con y sin losa solera de hormigón	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,57$
Zapatas y grillas con relleno sin compactar	Se considerará cohesión nula y la mitad del ángulo de fricción del suelo natural (material arrojado)	Arrancamiento	$\phi_A = 0,48$
Anclajes: a) Anclajes en roca. b) Anclajes “tradicionales” c) Anclajes “no tradicionales” (inyectados; helicoidales; micropilotes; etc.)	Se verificará la capacidad de carga a tracción mediante ensayos de prototipos. Los “anclajes no tradicionales” deberán convalidarse.	Arrancamiento	$\phi_A = 0,67$

C) ESTRUCTURAS CON FUNDACIONES INDIRECTAS (Factores de resistencia parciales)			
Tipo de Pilotaje	Observaciones	Tipo de carga en el cimiento	ϕ
Pilotes hincados de hormigón y tubulares de acero con inyección secundaria	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,52$
Pilotes perforados ó barrenados hormigonados "in situ"	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,67$
Micropilotes inyectados, con y sin inyección secundaria (deberán "convalidarse" previo a su empleo en obra)	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,67$
Pilotes tubulares de acero hincados sin inyección secundaria	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional para hundimiento y arrancamiento	Estructuras de suspensión	$\phi = 0,23 (*)$
		Estructuras de retención, angulares y terminales	$\phi = 0,33 (*)$

Donde:

ϕ_V : Factor de resistencia al vuelco.

ϕ_A : Factor de resistencia al arrancamiento.

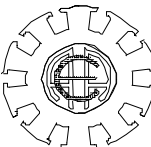
ϕ_H : Factor de resistencia al hundimiento.

ϕ : Factor de resistencia friccional, tanto para arrancamiento como para hundimiento.

(*) : Valor de factor de resistencia que tiene en cuenta el decrecimiento de la fricción por efecto alternativo de las cargas (entre arrancamiento y hundimiento).

14.3.4 Asentamientos

Cuando el terreno de implantación de una estructura esté compuesto por suelos normalmente consolidados (suelos cohesivos blandos, arenas sueltas y limos bajo la napa freática) en profundidad, con aproximadamente una penetración igual ó menor a 5 golpes (medidos con un ensayo SPT), la cimentación se resolverá

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

mediante fundaciones indirectas para limitar los asentamientos totales y diferenciales. Con el fin de evitar asentamientos excesivos, se emplearán pilotes ó micropilotes apoyados en estratos de suelos consistentes ó compactos.

Bajo la acción de las reacciones últimas factorizadas de hundimiento ($K_C F_H$) ó de arrancamiento ($K_C F_A$), los valores de los corrimientos de apoyos, de riendas, y los corrimientos diferenciales entre apoyos no superarán los valores indicados en la Tabla 14.6.

Tabla 14.6 Asentamientos máximos para “reacciones factorizadas”

Tipo Estructura	Tipo suelo	Asentamientos ó corrimientos	
		Diferenciales	Totales
Pórticos, Hormigón, Acero y Madera	Arenas ó arcillas compactas	0,0015.L	10 cm
	Arcillas blandas ó plásticas	0,002.L	10 cm
Estructuras autosoportadas de acero	Arenas ó arcillas compactas	0,0045.L	10 cm
	Arcillas blandas ó plásticas	0,006.L	10 cm
Estructuras arriendadas: a) Apoyos b) Riendas	Todos los suelos	Sin límite	8 cm (*) 4 cm (*)

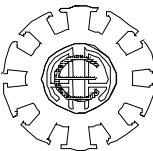
Donde:

L : Distancia entre puntos de apoyo de la estructura, considerados para evaluar los asentamientos diferenciales.

(*) : Tienen la finalidad de evitar el destesado de las riendas.

Valores superiores de asentamientos diferenciales podrán ser aceptables, cuando se demuestre que las solicitaciones que producen los mismos combinadas con las resultantes de las cargas, no produzcan el fallo ó daño parcial de la estructura soportada.

14.4 Ensayos de Carga

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

El comportamiento mecánico de los anclajes, tanto tradicionales como “no tradicionales”, será verificado mediante ensayos de carga a tracción.

Para el caso de anclajes tradicionales, en un determinado “suelo típico” de la traza, esta verificación podrá omitirse cuando se dispongan de antecedentes de ensayos ya realizados sobre el tipo de cimiento a construir.

En el caso de anclajes “no tradicionales” y micropilotes, la comprobación de su capacidad de carga al arrancamiento es obligatoria.

Dentro de los ensayos se deben destacar los siguientes:

14.4.1 Ensayos de verificación del proyecto

Tiene la finalidad de verificar que el diseño teórico es capaz de resistir las cargas de proyecto. Se deberá comprobar que:

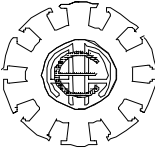
a) Para una carga de ensayo $C_E = (K_C \cdot F_A)$ se produzca la convergencia de los desplazamientos residuales y que el desplazamiento correspondiente a dicha carga no sea superior a 4 cm.

La cantidad de ciclos de carga y descarga no será inferior a 3.

b) Que el anclaje falle a una carga de ensayo C_E superior a $(1,5 \cdot K_C \cdot F_A)$.

Se entiende como fallo la condición de grandes desplazamientos sin incrementos notorios de carga. La carga de falla puede determinarse a partir de la intersección de las tangentes a la curva de carga-desplazamientos ($F_A : \delta$) en su origen y tramo final (Fig. 14.3).

Para cada “suelo típico”, la cantidad de prototipos de “anclajes tradicionales” a ensayar no será inferior a tres (3).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los resultados de estos ensayos serán utilizados como “curva patrón” para el control de las ejecuciones de obra.

14.4.2 Ensayos de convalidación

Estos ensayos se realizarán sobre prototipos de anclajes “no tradicionales” similares a los propuestos para instalar en la obra.

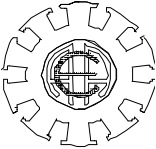
Se verificarán las condiciones establecidas precedentemente en el Apartado 14.4.1 de acuerdo al procedimiento detallado en el punto e.2 del Apartado 14.3.2, en cuanto a la cantidad de ensayos a realizar en un determinado “suelo típico” y al tratamiento estadístico de los resultados para determinar la resistencia característica de falla al arrancamiento (P_K).

14.4.3 Ensayos de rutina ó de aceptación

Tienen la finalidad de detectar apartamientos en el comportamiento mecánico de los anclajes instalados, respecto al comprobado en los ensayos de verificación del proyecto ó de convalidación.

El anclaje será sometido a dos ciclos de carga, un primer ciclo a una carga de ensayo C_E igual a $(K_C \cdot F_A)$ y un segundo ciclo a $(1,3 \cdot K_C \cdot F_A)$.

Los desplazamientos totales medidos en dichos ciclos serán semejantes ó inferiores a los correspondientes de la “curva patrón”. Además, los desplazamientos residuales tendrán valores que no superen al 60% de los desplazamientos totales correspondientes a cada ciclo de carga.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

14.5 Consideraciones constructivas

14.5.1 Especificaciones de calidad: Para la construcción de las cimentaciones de hormigón armado, como para los materiales componentes, son de aplicación las especificaciones de calidad y procedimientos constructivos establecidos en el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia.

14.5.2 Ejecución de los rellenos: Teniendo en cuenta la influencia que tiene el grado de compactación de los rellenos en el incremento de la capacidad resistente y en la rigidez a las cargas de arrancamiento, los rellenos se deben ejecutar en forma cuidadosa para poder considerar los parámetros de resistencia al corte indicados en el punto b del Apartado 14.3.2

La compactación se realizará con equipos mecánicos operados manualmente, en capas de espesor no superior a 15 cm. Las características de los equipos a emplear dependerán de las propiedades mecánicas de los suelos a compactar (planchas vibratorias ó placas de impacto).

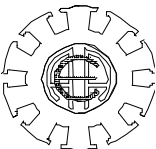
Se prestará especial atención en compactar el relleno contra las paredes laterales de la excavación, de forma de asegurar un contacto efectivo del relleno con el suelo natural.

El grado de compactación mínimo no será menor al 90% de la densidad seca máxima para suelos cohesivos (AASHTO T-99); para los suelos friccionales la densidad relativa (DIN 4015) no será inferior al 75%.

Durante las tareas de compactación las paredes se mantendrán humedecidas, y las capas del relleno se compactarán con una humedad próxima a la óptima.

Cuando se compacten suelos arcillosos muy plásticos, se agregará un porcentaje de cal no inferior al 2% para reducir la plasticidad de dichos suelos y poder desmenuzar los terrones arcillosos.

- a) Los anclajes metálicos de las estructuras (stubs, traviesas, barras de anclajes) deberán cumplir con los requerimientos especificados en la Norma

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

ANSI/ASCE 10-90 Apartado 9 (Structural Members and Connections used in foundations). En las fórmulas de verificación, la tensión de fluencia F_y será reemplazada por la tensión de fluencia factorizada ($0.9 \cdot F_y$).

Cuando se usen vinculaciones con bulones de anclajes, los mismos deben ser preferentemente pretensados al 70% de su carga elástica límite. En caso de no pretensarse, los pernos de anclaje deberán verificarse a las solicitaciones combinadas de tracción y corte que produzcan las reacciones de apoyo.

b) Cuando en los macizos de cimentación, sean simples ó escalonados, la relación entre la profundidad de la fundación y la altura del empotramiento (E) supere el valor 1,25, los fustes de hormigón simple deberán armarse en toda su longitud con barras longitudinales y estribos horizontales cerrados. Estas armaduras tienen la finalidad de resistir las solicitaciones de flexión y corte producidas por las cargas horizontales “en vacío” del poste.

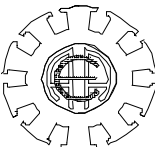
Cuando, cumpliéndose la relación indicada precedentemente, si el espesor del recubrimiento lateral es mayor ó igual al espesor del recubrimiento de fondo no se requerirá el empleo de armadura.

Los recubrimientos, lateral y de fondo, tendrán un espesor mínimo de 20 cm.

c) Las zapatas de hormigón armado tendrán altura uniforme ó variable. La altura mínima de las plateas de apoyo ó de las zarpas, será de 20 cm.

Las zapatas sometidas a cargas últimas factorizadas de arrancamiento, ó a momentos últimos factorizados de vuelco con desprendimiento de la superficie de apoyo, tendrán armaduras superiores para resistir los momentos flectores negativos producidos por el suelo sustentado por las zarpas.

d) Cuando los montantes de las torres queden anclados dentro de los fustes de las zapatas, estos elementos tendrán armaduras longitudinales que se dimensionarán para resistir las solicitaciones combinadas de flexión y tracción

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

que producen las reacciones de apoyo. En la determinación de estas armaduras no se tendrá en cuenta la eventual reducción de momentos flectores por una posible reacción horizontal del suelo circundante.

e) Todo elemento metálico empotrado en el hormigón podrá estar galvanizado, sin que este tratamiento superficial signifique pérdida alguna de su adherencia con el hormigón en el que está inmerso.

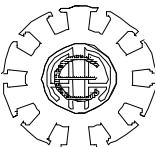
14.6 Durabilidad de las Cimentaciones

Las cimentaciones deberán tener una adecuada durabilidad para resistir las agresiones físicas y corrosiones electroquímicas, químicas y bacteriológicas a que estarán sometidas durante su vida útil, sin que las mismas produzcan una disminución significativa de su resistencia mecánica. Además, los componentes de los hormigones no deberán tener elementos reactivos ó perjudiciales que produzcan la corrosión de las armaduras ó atenten contra la integridad de las cimentaciones construidas (expansiones anormales, agrietamientos y pérdida de resistencia).

Al respecto se deberán tener en cuenta las siguientes protecciones mínimas:

14.6.1 Protección anticorrosiva: Todos los elementos metálicos enterrados (grillas, barras de anclaje, etc.) estarán galvanizados en caliente y contarán con una protección catódica acorde al terreno donde estén instalados.

14.6.2 Reactividad: Las cimentaciones de hormigón armado se construirán con materiales minerales no reactivos. Se verificará que los agregados componentes no sean reactivos con los cementos a emplear (reacción alcali-agregado) ni con el agua de amasado (estabilidad de basaltos). Se deberán realizar exámenes cuidadosos de los agregados para detectar el contenido de impurezas reactivas y su grado de peligrosidad.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

14.6.3 Temperaturas extremas: Se deberán adoptar precauciones especiales cuando se ejecuten cimentaciones de hormigón bajo temperaturas extremas (colocación del hormigón en climas calurosos ó en climas fríos).

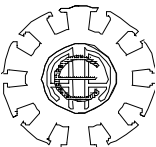
14.6.4 Sustancias agresivas: Los hormigones de las cimentaciones y sus armaduras deben ser resistentes a la exposición de sustancias químicas agresivas (naturales o resultantes de la contaminación industrial) presentes en el suelo ó en la napa freática.

En caso que el terreno adyacente al cimiento sea “extremadamente agresivo”, se evitará el contacto prematuro del cimiento con el medio ambiente; en este caso se construirán preferentemente cimentaciones prefabricadas de hormigón armado. Cuando en medios “extremadamente agresivos” se realicen construcciones “in situ”, éstas se protegerán superficialmente con revestimientos de comportamiento anticorrosivo comprobado (láminas de PVC, pinturas epoxi bituminosas, epoxi reforzado con fibra de vidrio, poliuretano, etc.).

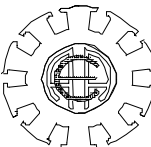
14.6.5 Corrosión bajo tensión mecánica: En los “anclajes no tradicionales” activos con armadura de pretensado, se prestará especial atención a la “corrosión bajo tensión”; estas armaduras deberán estar protegidas con envainados de PVC.

REFERENCIAS Y MATERIAL DE CONSULTA:

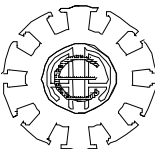
- 1) “Les fondations des supports de Lignes electriques aériennes et leur calcul” – G. Sulzberger – Bulletin N° 10 (16/5/1945) Association Suisse des Electriciens.
- 2) “Stabilite des Massifs de Fondation soumis a un moment de renversement” – Dembicki, Bolt, Odrobinski – ANNALES ITBTP N° 360 (30/4/1978) INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS.
- 3) GEOTECNIA Y CIMIENTOS – TOMO III – 1° PARTE – Capítulo 2: Cimentaciones semiprofundas. Manuel Llorens Alcon, José Gimenez Salas (1980).
- 4) Foundations in Tension; Ground Anchors – Thomas H. Hanna (1° Edicion 1982).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- 5) Curso “Proyecto y Construcción de Fundaciones para Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica y de Telecomunicaciones” – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario – Escuela de Postgrado y Educación Continua – Año 1995 – V. Sosa – D. Weber y H.D. González Horrach.
- 6) Curso “Proyecto y Construcción de Fundaciones Especiales” – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Escuela de Postgrado y Educación Continua – Universidad Nacional de Rosario – Año 1996 – V. Sosa – D. Weber y H.D. González Horrach.
- 7) Cimentaciones – Schulze y Simmer.
- 8) Foundation, Analysis and Design – J.E. Bowles (5° Edición – 1996).
- 9) Foundations for transmission Line Towers – ASCE – Geotechnical Special Publication N°8 (April 1987).
- 10) Foundation, soils and substructures – (Chapter VII: Deep Foundations) V.Berezantzev.
- 11) Tratado de Mecánica de Suelos – A. Caquot y J. Kerizel.
- 12) Normas ACI 336.3R-93/Design and Construction of Drilled Piers. ACI-543R-74 (1980)/Recomendations for Design, Manufacture, an Installation for concrete piles.
- 13) Ground Anchorages and Anchored Structures – Institucion of CIVIL ENGINNERS – Proceeding of Internacional conference organized by ICE (London 21/3/1997).
- 14) Norma DIN-VDE 0210/12.85 – Construcción de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de Tensiones Nominales Mayores de 1 kV (Versión Española) – Capítulo 9: Fundaciones.
- 15) Comisión Electrotécnica Internacional – Comité N°11: Recomendaciones para Líneas Aéreas. Anteproyecto – Cargas y resistencias mecánicas de las Líneas de Transmisión (Junio 1985).
- 16) International Electrotechnical Commision – Technical Committee N°11: Recommendations for Overhead Lines – Draft Chapter IX: Design criteria (January 1986).
- 17) Recommendations, concernant la conception, le calcul, L'exécution et le controle, des TIRANTS D'ANCRAGE – T.A. 86 (Janvier 1986).
- 18) Norma DIN 4125 – Ground anchorages – Design, constrution and testing – November 1990.

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

- 19) Gaceta Oficial del Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos (paginas N°47 a N°69) – Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Cimentaciones (27 de Febrero de 1995).
- 20) Pali e Fondazioni su Pali (Capitolo XVII – Condizioni di stabilità dei pali sottoposti a forze normali all'asse) – Renato Sansoni (3° Edición – Milán 1972).
- 21) Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M.Das (4° Edición – 2000). Estructuras Marítimas (Capítulo 6 – Análisis de Estructuras Comunes) – Torres Herejon.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

15 - PUESTA A TIERRA

15.1. TOMA DE TIERRA

Conjunto de dispositivos que permiten vincular a potencial de tierra, y entre si, las masas metálicas de los sostenes, aparatos, equipos y el hilo de guardia.

15.2 TIERRA DE PROTECCIÓN

Toma de tierra destinada a evitar la aparición de tensiones peligrosas entre partes de instalaciones que normalmente están sin tensión, pero que en caso de falla la pueden tomar, y otras partes vecinas que se encuentren al potencial de tierra.

15.3 TENSIONES MÁXIMAS ADMISIBLES

La instalación de puesta a tierra de protección debe estar diseñada para que en caso de falla, la tensión de paso y la de contacto, en cualquier punto accesible a las personas que puedan circular o permanecer, no supere el valor determinado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{ca} = K / t^n$$

donde:

V_{ca} : tensión máxima de contacto [V]

K y n: coeficientes

t: tiempo de accionamiento de la protección eléctrica asociada

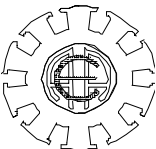
Siendo:

K = 72 y n = 1 para tiempos inferiores a 0,9 segundos

K = 78,5 y n = 0,18 para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos

Para tiempos comprendidos entre 3 y 5 segundos la tensión V_{ca} no debe sobrepasar los 64 V y para tiempos superiores a 5 segundos la tensión V_{ca} no superará los 50 V (ver Gráfico 1).

En caso de instalaciones con reenganche automático rápido (no superior a 0,5 segundos) el tiempo a considerar en la expresión será la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de falla.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Partiendo de la expresión anterior se pueden determinar las máximas tensiones de paso y contacto admisibles en una instalación, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito.

15.4 COMPROBACIÓN

El proyectista de la instalación de tierra debe comprobar, mediante el empleo del procedimiento de cálculo según Norma IRAM 2188 – Parte I, que los valores que calcule de las tensiones de paso V_P y de contacto V_C para la instalación proyectada, en función de su geometría, de la corriente de falla (corriente de cortocircuito máxima I_f , que es el máximo valor eficaz correspondiente a la componente simétrica subtransitoria de la corriente de falla fase-tierra) y de la resistividad del terreno, no supere en las condiciones más desfavorables y en ninguna zona del terreno afectada por la instalación de tierra, las calculadas por las expresiones siguientes:

Tensión de paso:

$$V_P = (10 K / t^n) (1 + 6 * \rho_s / 1000) [V]$$

Tensión de contacto:

$$V_C = (K / t^n) (1 + 1,5 * \rho_s / 1000) [V]$$

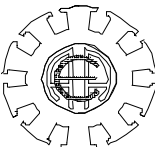
donde ρ_s es la resistividad superficial del terreno.

Dichas expresiones responden a una simplificación del circuito al despreciar la resistencia de la piel y del calzado, suponer que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 Ω , y asimilando cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 centímetros cuadrados de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N.

15.5 CONDICIONES DIFÍCILES DE PUESTA A TIERRA.

Cuando por los valores de la resistividad del terreno, de la corriente de falla o del tiempo de accionamiento de la protección, no sea técnicamente posible o resulte económicamente desproporcionado mantener los valores de las tensiones aplicadas de paso y contacto dentro de los límites fijados en 10.4, se debe recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes.

Tales medidas podrán ser, entre otras, las siguientes:

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- a) Hacer inaccesibles las zonas peligrosas.
- b) Disponer suelos o pavimentos que aíslen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- c) Aislar todas las partes metálicas con las que se pueda tomar contacto.
- d) Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma.

En las zonas peligrosas se dispondrán de suficiente número de carteles de advertencia con instrucciones adecuadas y existirá a disposición del personal de servicio medios de protección tales como: calzado aislante, guantes, banquetas, alfombras aislantes.

15.6 REQUISITOS DE LA INSTALACIÓN

15.6.1 Continuidad

La tierra de protección debe ser eléctricamente continua y tener capacidad de soportar la corriente de falla, durante el tiempo de accionamiento de la protección eléctrica asociada.

La toma deberá realizarse mediante un conductor, sin uniones intermedias, conectado por soldadura exotérmica o compresión irreversible, al dispersor (jabalina o malla, con o sin placas) enterrado, cuya configuración y material deberá cumplir con la norma IRAM N° 2281 Parte I.

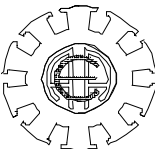
15.6.2 Accesibilidad

Los conductores de conexión a tierra, con sus conexiones y uniones en la parte no enterrada, deben ser accesibles para facilitar su control y mantenimiento, y estar protegidos contra daños mecánicos y químicos.

15.6.3 Efecto del medio ambiente

Se deberá tener en cuenta la variación de humedad del suelo, cuando esta varíe considerablemente durante distintas épocas del año.

En zonas donde el suelo pueda alcanzar temperaturas inferiores a 0°C los electrodos se deberán enterrar a una profundidad adecuada para que no bajen de esa temperatura.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los efectos anteriores se deberán salvar mediante instalaciones adecuadas o ser tenidos en cuenta en el cálculo.

Se deben aislar los conductores de tierra en su punto de entrada en el terreno

15.7 MEDICIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

Se realizará la comprobación de los valores de resistencia de puesta a tierra respecto de los calculados, por medición directa de todas las estructuras que se estime necesario, con el cable de tierra desconectado.

Las mediciones serán hechas de acuerdo a la Norma IRAM 2281 – Parte II.

15.8 REVISIONES

Las instalaciones de puesta a tierra deberán ser revisadas, al menos, una vez cada tres años a fin de comprobar que su estado de conservación se mantenga a través del tiempo.

15.9 CONEXIONES

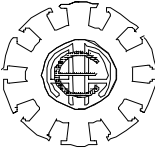
Las conexiones a la tierra de protección podrán hacerse con conductores desnudos con protección mecánica aislante (grado IPxx9), de sección mínima determinada según lo indicado en el punto 15.13 y sin uniones intermedias.

a) Sostenes reticulados

A los efectos de la puesta a tierra una estructura reticulada será considerada como monoposte.

b) Sostenes de hormigón

En las estructuras de hormigón las conexiones desde el punto de sujeción del hilo de guardia y desde el punto de sujeción de las cadenas o pernos de aisladores, al correspondiente bloque de puesta a tierra de la estructura, podrán hacerse con cable de cobre estañado, de acero cobre o de acero galvanizado. Independientemente de estas conexiones, se unirán los bloques de las crucetas y/o ménsulas con los respectivos de la estructura.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

Los conductores de conexión a los bloques inferiores de los sostenes deberán llegar a través de un caño de material sintético, incluido en el hormigón de la fundación.

La puesta a tierra de sostenes de hierro autoportantes o arriendados, columnas tubulares o postes de cemento, deberá tener como mínimo un conductor de puesta a tierra.

Si la base es de hierro y de superficie mayor de 1 m^2 , serán localizadas como mínimo dos conexiones a la puesta a tierra, opuestas diametralmente o por la diagonal mayor.

15.10 PUESTA A TIERRA DE PARTES METÁLICAS

Las masas de toda envolvente metálica o aparato de seccionamiento o protección deberán ser conectadas a una tierra de protección local en el piquete que corresponda. En este caso se deberá cumplimentar lo indicado en el punto 10.9 y tomar las precauciones a fin de mantener las tensiones de paso y contacto por debajo de los niveles indicados en 10.3.

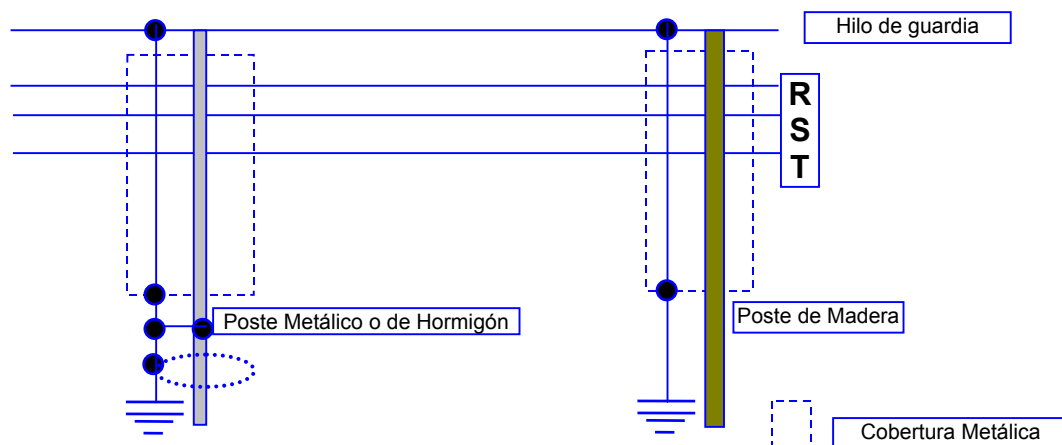


Fig. 1

15.11 CONEXION CON LA ESTRUCTURA

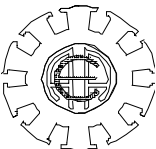
15.11.1 Conductores

Los requerimientos para el conductor de conexión de la estructura con la puesta a tierra (jabalina o malla) son los siguientes:

- Deberá ser de cobre estañado, acero galvanizado o acero-cobre, cableado y dimensionado según 15.13.
- Deberá estar soldado o unido mediante compresión irreversible.
- Deberá ser de una longitud tan corta como sea posible.
- Se montará con un mínimo de exposición a riesgos de daños mecánicos.
- Deberá estar sujeto a la estructura por grapas adecuadas en los puntos que fuere necesario para asegurar su fijación.
- La porción de conductor que quede enterrada deberá ser igual o mayor a 30 cm.
- Será conectado a la estructura por medio de un conector especialmente dedicado a ese fin.

15.11.2 Derivaciones

Las derivaciones de conductores para la puesta a tierra de componentes de estructuras o equipos deberán estar dimensionadas según 15.13.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

15.12 PUESTA A TIERRA DEL HILO DE GUARDIA

Debe estar conectado a tierra a intervalos no mayores de 300 metros o en cada piquete y extremos de línea o de seccionamiento de ella.

15.12.1 Puesta a tierra de portantes

Los tensores portantes de líneas de líneas de clases “B y C” requieren ser puestos a potencial de tierra, conjuntamente con sus estructuras soporte metálicas o de hormigón armado.

En zonas de alto nivel isoceraúnico (mayor a 25 días de tormenta con actividad eléctrica por año) los portantes de Al-Ac o de Ac recubierto en Aluminio, se pondrán a potencial de tierra cada 400 m, mientras que los de Ac cada 200 m. Por debajo de este nivel de actividad requieren ser puestos a potencial de tierra en los puntos característicos de la línea y a no más de 1000 m.

15.12.2 Riendas

Las riendas en general deberán estar aisladas de tierra, pero si fuera necesaria su vinculación a tierra, ésta se debe hacer en forma equipotencializada respecto al portante y su estructura soporte.

15.13 SECCION MÍNIMA DEL CONDUCTOR

La sección mínima del conductor de puesta a tierra de protección debe ser de:

Tipo de conductor	Sección [mm ²]
Cobre	25
Acero galvanizado	50
Acero – Cobre	35

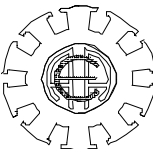
Esta sección debe ser verificada con la corriente de cortocircuito máxima, mediante la siguiente ecuación:

$$I_f = S \times \sqrt{K}$$

Donde :

If: Corriente de cortocircuito máxima [kA]

S: Sección del conductor [mm²]

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

$$K = \frac{C_t}{C_{rt} \cdot Re \cdot t_c} 10^{-4} \times I_N \left[\geq \right]$$

Donde :

T_{max} : Temperatura máxima admitida por el conductor [°C]

T_a : Temperatura ambiente [30 °C]

T_c : Tiempo de flujo de corriente [s]

CONSTANTES DEL MATERIAL	COBRE	ACERO	ACERO / COBRE
Ct : Capacidad térmica [Joule /cm ³ /°C]	3,422	3,931	3,846
Crt : Coeficiente de resistividad térmica, a 20 °C [1/°C]	0,00393	0,00320	0,00378
Re : Resistividad [μΩ/cm]	1,7241	20,1	5,862
Tr = (1/Crt) - 20 °C [°C]	234,45	292,50	244,55

Nota : En forma simplificada se podrá emplear la siguiente expresión:

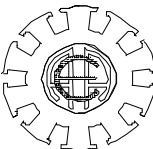
$$S = \frac{\sigma_c + \sigma_a}{k \cdot F_{ac} \cdot F_{at}}$$

donde k es un coeficiente que tiene en cuenta el material del conductor y su aislación, siendo:

TIPO CONDUCTOR	AISLACIÓN	T_{FINAL} [°C]	k
Cobre	Desnudo	250	0,175 kA/mm ² seg ^{0,5}
Acero galvanizado			
Acero – cobre		300	0,109 kA/mm ² seg ^{0,5}
Cobre	PVC (apto intemperie)	160	0,143 kA/mm ² seg ^{0,5}
Cobre	XLPE	250	0,176 kA/mm ² seg ^{0,5}

15.14 SEPARACIÓN ENTRE LA TOMA DE TIERRA Y OTRAS TIERRAS

A los fines de no interferir o inducir sobre otros sistemas eléctricos, la puesta a tierra debe mantener una distancia mínima de separación mayor o igual a dos veces la mayor longitud de los dispersores (jabalina) próximos de cada uno de ellos

	ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	---	---

15.16 DIRECTRICES EN CASO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Para disminuir las fallas debidas a tensiones residuales elevadas por descargas de rayos sobre la estructura o el hilo de guardia, el valor de la resistencia de transición de la puesta a tierra (con el conductor de tierra desconectado) debe ser menor que el determinado por:

$$R_A = U_{st} / I_{st}$$

donde:

R_A = resistencia de transición

U_{st} = Nivel de aislación de impulso [kV]

I_{st} = Valor de cresta de la corriente del rayo en el punto considerado [kA]

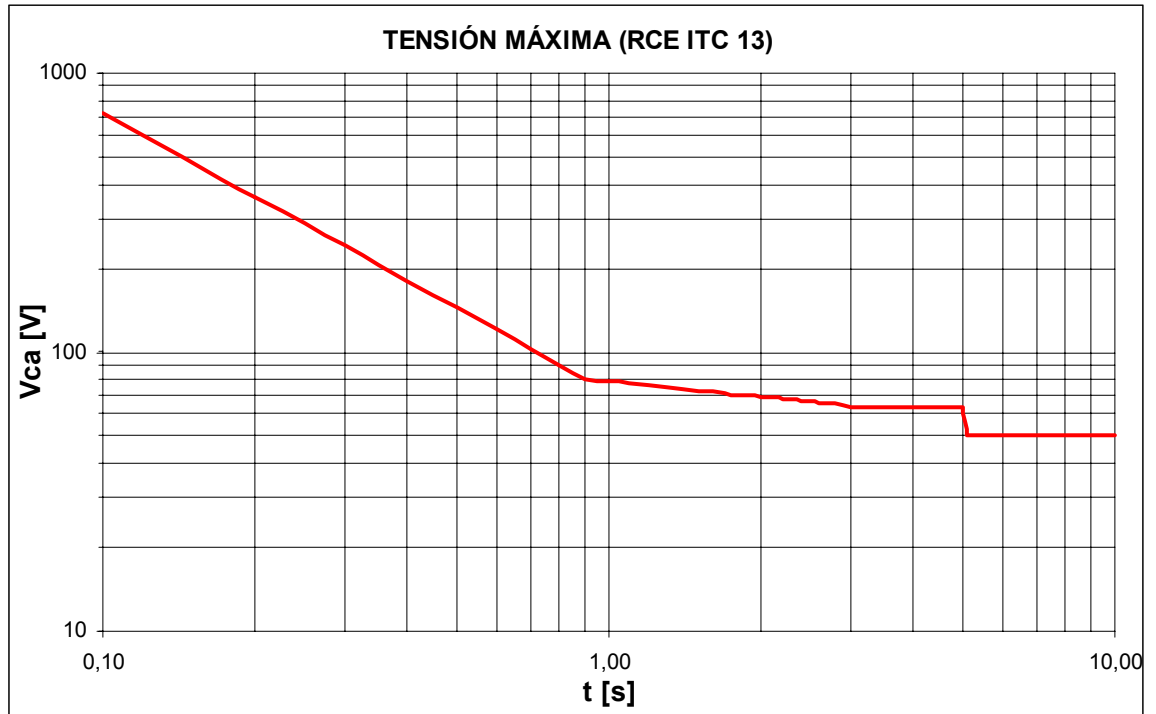
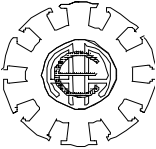


Gráfico 1

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

16.- IMPACTO AMBIENTAL

16.1. Generalidades

La preservación del medio ambiente, en el ámbito de la transmisión y distribución de la energía eléctrica, ha ocasionado una serie de condicionamientos para la realización de emprendimientos, motivada en la sensibilización de la población frente a la perturbación medioambiental que ellos suscitan.

Muchas veces esta genuina preocupación no tiene correlato con los perjuicios resultantes de la ejecución de las obras cuestionadas.

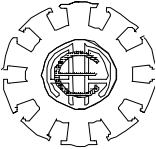
Todos los sectores vinculados al sector de la energía eléctrica son, así, los primeros interesados en esclarecer esta situación, propiciando un marco acorde con la experiencia propia e internacional.

Se propone asumir los requerimientos ambientales que se encuentran establecidos en la Resolución S.E. 77/98 de la Secretaría de Energía, donde se describen las condiciones que debe cumplir el proyecto, la ejecución y la explotación de instalaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica, a efectos de garantizar la compatibilidad de las instalaciones con el ambiente.

En dicha reglamentación se establecen los siguientes Parámetros Ambientales cuyo cumplimiento garantiza la compatibilidad mencionada:

- Ocupación del espacio.
- Impacto visual
- Radiointerferencia
- Ruido
- Campos de baja frecuencia (Campo eléctrico y Campo de inducción magnética)
- Limitación de la Corriente de Contacto

Se definen a continuación estos conceptos.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

16.1.1. Ocupación del espacio

Se refiere a la intrusión real, concreta y objetiva que cualquier instalación produce en los usos directos e indirectos, presentes y futuros, del espacio ocupado.

16.1.2. Impacto visual sobre el medio ambiente

Son los aspectos que se definen normalmente como “impacto visual de la instalación” y que en líneas generales son:

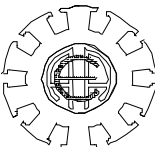
- * El punto de vista paisajístico.
- * La afectación de la flora y fauna.
- * El respeto a las condiciones de escurrimiento natural de las aguas.
- * La incidencia sobre el patrimonio histórico/cultural, etc.
- * La ocupación del espacio.
- * La interferencia con otras instalaciones

16.1.3. Radiointerferencia

Se debe al campo eléctrico intenso en las cercanías de los conductores y la morsetería, que se manifiesta en dos fenómenos distintos: el efecto corona y las microdescargas disruptivas

16.1.4. Efecto corona

Son descargas eléctricas parciales en el aire, en cercanías de los elementos conductores de una línea y sus accesorios. Depende básicamente de la intensidad del campo eléctrico en la superficie de los conductores, de las imperfecciones o suciedad de la misma y de las condiciones ambientales. La intensidad del campo eléctrico es función de la tensión aplicada y del diámetro de los conductores. El efecto se visualiza como una luminescencia que rodea al conductor. Por debajo de un cierto valor de tensión y/o diámetro de conductor son incidencia es nula.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

16.1.5. Descargas Parciales

Son microdescargas disrruptivas que ocurren en los intersticios de aire que pueden subsistir en el interior de los materiales aislantes no homogéneos.

16.1.6. Niveles de Radiointerferencia según resolución S.E. 77/98

De acuerdo con las Normas de la COMISIÓN NACIONAL DE COMUNICACIONES se fija un nivel máximo de RADIOINTERFERENCIA (RI) de 54 dB durante el 80% del tiempo en horarios diurnos, medidos a una distancia horizontal mínima de 5 veces la altura de la línea aérea respecto al suelo en los puntos de fijación de los conductores.

Se fija un valor de máxima interferencia de 30 dB para protección de señales radiofónicas, con calidad de recepción de interferencia no audible (Código 5 de CIGRE).

16.1.7. Ruido

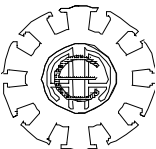
La exigencias mediambientales establecen que debe cumplirse con la Norma IRAM N° 4062 "Ruidos Molestos al Vecindario".

En esta norma se establecen los niveles de ruido máximo admitidos, y los criterios de aceptación de las mediciones realizadas en función del tipo de zona (urbana, rural, etc) el horario de la medición (diurno y nocturno), la ubicación de la finca, etc.

16.1.8. Campos de baja frecuencia

Se trata de los campos eléctricos y magnéticos generados por los conductores de las líneas, el equipamiento de alta y media tensión y los transformadores. Sus efectos indeseables se manifiestan a través de dos fenómenos claramente diferenciados:

- * La aparición de acoplamientos eléctricos y magnéticos que pueden inducir tensiones y eventual circulación de corrientes en elementos metálicos cercanos (alambrados, cercas, cañerías, líneas de baja tensión o comunicaciones, etc.).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

- * Experimentos de campo realizados en el curso del “Proyecto 1000 kV” y otros, acotaron de modo significativo la valoración de los efectos sobre la fisiología humana. La normativa internacional actual limita los valores de campo eléctrico y magnético asociados a las cercanías de las instalaciones eléctricas y ésta es la línea que sigue la Secretaría de Energía en su Resolución N°77/98, estableciendo los límites que se indican a continuación:

16.1.9. Campo eléctrico

Se establece el límite de 3 kV/m al borde de la franja de servidumbre, medido a 1 m del nivel del suelo.

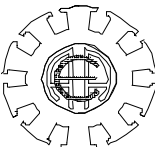
16.1.10. Campo magnético

Se adopta como valor límite para las condiciones de carga máxima 250 mG al borde de la franja de servidumbre, medido a 1 m del nivel del suelo.

16.1.11. Limitación de la Corriente de Contacto

En áreas donde la línea atraviere o se desarrolle paralela a lugares de posible estacionamiento, permanente o no de vehículos, ferrocarriles, construcciones en general, hay que tener en cuenta la aparición de tensiones inducidas que puedan originar el establecimiento de corrientes de contacto de niveles peligrosos. A tal fin se debe aplicar el siguiente criterio

Para tensiones máximas del sistema superiores a 98 kV fase - tierra, las las alturas deberán incrementarse (o el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, calculada según la Resolución 77/98 de la Secretaría de Energía (se transcribe el párrafo textual de dicha resolución: “*El nivel máximo de campo eléctrico, en cualquier posición, deberá ser tal que las corrientes de contacto para un caso testigo: niño sobre tierra húmeda y vehículo grande sobre asfalto seco, no deberán superar el límite de seguridad de CINCO MILI AMPERIOS*”).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

(5mA)”). De igual modo, los valores máximos de campo eléctrico calculados al borde de la franja de servidumbre estarán dentro de los límites impuestos por dicha resolución.

16.2.- CRITERIOS DE EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

16.2.1. Ocupación del espacio

La ocupación del espacio es inherente a la realización de cualquier obra. Los efectos a largo plazo sobre el ambiente son dos:

- * **Directos**. Es un obstáculo físico a la circulación terrestre y, en ciertas condiciones, aérea o fluvial. El proyectista debe evaluar cuidadosamente estas limitaciones.
- * **Indirectos**. Limita el uso futuro del espacio ocupado. Por lo tanto, se recomienda evitar las áreas destinadas a reserva de flora y fauna y en zonas pobladas respetar la trama urbana y no afectar el uso de los espacios públicos destinados a parques, recreación y turismo.

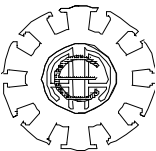
16.2.2. Impacto visual

El impacto visual, si bien tiene un fuerte componente de subjetivo, debe ponderarse básicamente por tres aspectos característicos:

- * **Visibilidad**. Es la apreciación visual, básicamente volumétrica, de la instalación.

Si no hay visibilidad no hay impacto visual permanente. Una instalación subterránea no tiene impacto visual.

- * **Contexto**. Ubicación en el ambiente en que se instala (usos, actividades y expectativas escénicas).

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
---	--	--

En áreas dedicadas a la recreación y en puntos de apreciación panorámicos la cercanía al observador de cualquier instalación significa una intrusión visual, que debe tender a evitarse o reducirse.

- * **Intensidad**. Relieve o prominencia de la posición que ocupa, contraste (forma - fondo), distancia desde donde se percibe la instalación, escala (tamaño relativo) y diseño (color, material, textura y forma).

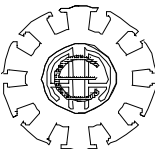
Las instalaciones tienen un grado de “transparencia” mayor o menor en función de las características arquitectónicas que las definen y la conveniencia de reducirla o incrementarla.

La esbeltez de cualquier estructura tiene impacto visual más favorable cuanto mayor es la relación entre las dimensiones longitudinales y transversales.

Aquellas estructuras que requieran ser pintadas, lo serán con colores y acabados tales que reduzcan su impacto visual respecto al medio local.

16.2.3. Metodología para la evaluación del impacto visual

- * La observación preliminar de la zona objeto de la implantación permite apreciar la incidencia de las obras y reducir el impacto transitorio y permanente de su instalación.
- * Debe asegurarse la libre circulación por calles y veredas con la instalación ya construida y minimizar las obstrucciones que se produzcan en el curso de la obra.
- * No se debe alterar bajo ninguna circunstancia el escurrimiento de aguas pluviales existente en la zona de influencia de la instalación.
- * Debe asegurarse, en todas las etapas de la obra y con la instalación terminada, la accesibilidad y la visibilidad de y desde los domicilios.
- * Las zonas arboladas deben tratarse con las siguientes premisas:
- * Los árboles, en general, no se deben talar.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

En particular podrán existir necesidades de realizarla, como el caso de traza única o emplazamientos en zonas boscosas que requieran crear picadas para su montaje.

- * Los árboles se pueden trasladar con los debidos recaudos.
- * Los árboles se pueden podar. Una poda racional no daña los árboles.

16.2.4. Evaluación de radio interferencia, ruido y campos de baja frecuencia

La reducción de este tipo de parámetros se tiene en cuenta en dos etapas:

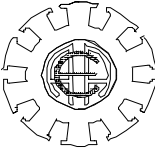
- a) Especificación de los materiales, proyecto cuidadoso y montaje respetando las normas y reglas del buen arte.
- b) Medición, que se realiza siguiendo procedimientos normalizados y verificando el cumplimiento de los niveles de referencia establecidos en las normas.

- * **Proyecto**: En el diseño de los elementos que conforman las instalaciones normalizadas y en el proyecto y montaje de las mismas están consideradas todas las medidas que impidan o limiten la aparición de los fenómenos perturbadores vinculados con el campo eléctrico (ausencia de ángulos vivos, prolijidad en las terminaciones, correcto ajuste de la morsetería, etc.) y con el campo magnético.
- * **Mediciones de campo**: Sean realizadas por instituciones de reconocido prestigio, que permiten verificar el cumplimiento de las exigencias establecidas.

16.2.5. Evaluación de la limitación de la corriente de contacto

La limitación de este parámetro se tiene en cuenta en dos etapas:

- a) En el proyecto a fin de lograr los valores normalizados, limitando la altura de los conductores sobre el suelo dentro de un diseño de estructura que limita la reducción del propio campo eléctrico.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA	REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS AÉREAS EXTERIORES	MEDIA TENSIÓN Y ALTA TENSIÓN
--	---	---

b) Medición, que se realiza siguiendo procedimientos normalizados y verifica el cumplimiento de los niveles de referencia establecidos en las normas.

Fin del documento.