

NORMA TÉCNICA SC-An.2-39.11

“Estructuras de Acero para Antenas”

BUENOS AIRES, 4 de noviembre de 1988

Visto el presente Expediente letra SC número 12838, año 1988, mediante el cual se gestiona la incorporación al RAMATEL de la Norma Técnica para “Estructuras de Acero para Antenas” y,

CONSIDERANDO:

Que la mencionada norma forma parte del “Sistema Reglamentario Argentino para Obras Civiles” (SIREA), aprobada por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos, según Resolución SOP N° 38 del 12 de julio de 1988.

Que la Secretaría de Comunicaciones fue representada por la Dirección General de Organización y Control, en la comisión que efectuó los estudios y redactó el reglamento citado en el primer considerando.

Que dicho reglamento, según el Artículo 2° de la Resolución SOP N° 38, es aplicación obligatoria en todas las Obras públicas nacionales a partir del 1° de agosto de 1988.

Que con fecha 16 de septiembre ppdo. el señor Representante de la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas (CADIE), ante el Comité Asesor de Normas de Equipos (CANE), propuso el mantenimiento –en el ámbito de las comunicaciones privadas- de la vigencia de la norma técnica SC-An.2-39.01 “Estructuras de Acero para Sistemas de Telecomunicaciones” aprobada por Resolución N° 250 SC/82, a fin de evitar perjuicios económicos a sus representantes.

Que el Comité Asesor de Normas de Equipos (CANE) propuso, en su reunión de fecha 15 de septiembre de 1988, incorporar la norma proveniente de la Secretaría de Obras Públicas al RAMATEL y, mantener la vigencia de la norma SC-An2-39.01 hasta que la última estructura actualmente homologada deba ser reinscripta, hecho que ocurrirá el 29 de julio de 1991.

Que el comité Asesor de Normas de Equipos (CANE) acordó, en la reunión citada en el considerando anterior, permitir a los fabricantes de estructuras, a medida que venzan las inscripciones, optar por reinscribirlas según la norma SC-An.2-39.01 (con validez hasta su derogación) u homologarlas por la norma que se incorpora mediante la presente Resolución.

Que no existe impedimento legal alguno para adoptar esta decisión, por cuanto el caso no encuadra en la obligación de reinscripción prevista en el ítem 9.2.c) de la Resolución N° 729 SC/80, pues la norma a incorporar no es norma técnica modificada por la Secretaría de Comunicaciones.

Que el suscripto es competente para adoptar esta medida, en virtud de lo prescripto en el Decreto N° 134/83, modificado por su similar N° 1145/85.

Por ello,

EL SECRETARIO DE COMUNICACIONES
RESUELVE:

ARTICULO 1° .- Hacer extensiva a la jurisdicción de la Secretaría de Comunicaciones la norma “Estructura de Acero para Antenas”, aprobada por Resolución SOP N° 38 del 12 de julio de 1988, bajo la codificación SC-An.2-39.11.

ARTICULO 2° .- Establecer la aplicación de esta norma a partir de la fecha de publicación de la presente Resolución.

ARTICULO 3° .- Mantener en vigencia, para el ámbito de las Comunicaciones privadas, la norma SC-An.2-39.01 “Estructuras de Acero para Sistemas de Telecomunicaciones” hasta el 29 de julio de 1991, permitiendo a las empresas fabricantes de estructuras la inscripción o renovación de sus materiales conforme a la misma. Las inscripciones o renovaciones tendrán en este caso validez hasta el 29/7/1991, únicamente para las obras privadas.

ARTICULO 4° .- Clasificar los materiales a inscribirse bajo la norma SC-An.2-39.11 dentro del ítem 8.2.1 b) del Anexo I de la Resolución N° 729 SC/80.

ARTICULO 5° .- Tómesese razón, publíquese, dése intervención a la Dirección Nacional del Registro Oficial y Archívese PERMANENTE.

Resolución N° 874 SC
Expediente N° 12838 SC/88

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El diseño, cálculo, fabricación y montaje de las estructuras de acero para antenas o que sean soportes de antenas de sistemas de comunicaciones, microondas, VHF, UHF, TV, etc., requiere el conocimiento adecuado de los métodos de cálculo, materiales utilizados, técnicas de fabricación y montaje de este tipo de estructuras.

Por ello, el proyecto, cálculo y dirección de los trabajos de construcción y montaje de la estructura deben ser realizados por profesionales de la Ingeniería con título habilitante y la fabricación y montaje por empresas con técnicos y operarios calificados, que garanticen la correcta ejecución de la obra.

La finalidad de esta Norma es establecer los principios fundamentales para el cálculo y dimensionamiento de las estructuras, los criterios generales de fabricación, las tolerancias, los lineamientos para la ejecución del montaje y las exigencias mínimas para la protección y la conservación de las estructuras durante su vida útil.

A los efectos de normalizar las estructuras con alturas menores a 60 m es recomendable utilizar la siguiente progresión: 12,18, 24, 30, 36, 42, 48, 54, 60 metros.

1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Esta Norma se aplica en el diseño, cálculo, construcción y montaje de los mástiles y de las torres de acero, usados como antenas o soportes de antenas de sistemas de comunicaciones, microondas, VHF, UHF, radiodifusión, etc. con excepción de las estructuras para antenas de radar especiales y antenas de uso doméstico. Se consideran de uso doméstico las antenas con una altura menor que 12 m y un momento de empotramiento no mayor que 1,3 kNm.

1.3. DOCUMENTOS TÉCNICOS

La documentación se presentará según las prescripciones del artículo 1.3 del R.A.2.2 "Reglamento Argentino de Construcciones de Acero". Primera parte (ex Reglamento CIRSOC 301 "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios") y según lo establecido en la presente Norma.

Además se presentarán los planos con las indicaciones acerca de la disposición cantidad y tipo de antenas, detalles de las suspensiones de los conductores de energía y ubicación de las escaleras y plataformas.

En lo que respecta a fundaciones, se requiere efectuar un estudio de suelos incluyendo como mínimo las características dadas en el artículo 8.2.

Cuando se trate de mástiles de altura no mayor de 60 m o torres autosoportadas con cargas por pata de compresión menores de 150 KN o de tracción menores de 100 kN la realización del estudio de suelo queda a juicio del profesional responsable.

En caso de no realizarse los estudios indicados se deberá adoptar para el terreno una tensión admisible no mayor de $0,05 \text{ MN/m}^2$ y un peso específico no mayor de 15 KN/m^3 y para el análisis de los anclajes al arranque un valor del ángulo de fricción no mayor de 5° .

En caso de levantarse mástiles o torres sobre edificios, se deberá presentar el cálculo y verificación de las partes del edificio afectadas por la instalación, conjuntamente con los planos de detalles constructivos y refuerzos a realizar.

1.4. DEFINICIONES

- Cables cerrados (cordón torsionado): consta de una o varias capas concéntricas de alambres perfilados, colocados helicoidalmente alrededor de un alma (núcleo) de acero. La capa exterior forma una superficie continua cerrada.

Para evitar la tendencia a la rotación del cable, conviene que el sentido del torsionado en cada capa de alambres, sea diferente.

- Cables de varios cordones: pueden disponerse concéntricamente varios cordones alrededor de un núcleo fibroso o de acero, formando así un cable único compuesto de varios cordones.

Para restringir las deformaciones, debe usarse el cable con núcleo de acero.

- Cable en espiral (cordón torsionado): están formados por capas de alambres redondos torsionándose cada capa, alternativamente, en sentido inverso (torsión derecha o torsión izquierda).
- Carga de rotura de cálculo: la carga de rotura de cálculo de cable, es la suma de las cargas de rotura de todos los alambres, obtenidos por el ensayo de tracción.
- Carga de rotura real o efectiva: la carga de rotura del cable, es la obtenida por la rotura de una probeta formada por la sección total del cable. Es inferior a la carga de rotura de cálculo.
- Cordón: es el conjunto de alambres dispuestos en capa concéntricas, helicoidalmente alrededor de un núcleo.
- Factor de pérdida por cableado: es el cociente entre la carga de rotura real y la carga de rotura de cálculo.
- Factor de conexión extrema: es el cociente entre la carga que corresponde al cable con conexiones extremas y la carga de rotura real.
- Mástiles: son estructuras de celosías o tubos de chapa de acero, arriostradas a tierra mediante cables tensados (vientos), generalmente de sección constante, cuadrada, triangular o circular. El extremo inferior del mástil puede estar articulado o empotrado en la fundación.

Los mástiles pueden cumplir una doble función: de estructura portante y de antena.

- Torres: son estructuras de celosía sin cables de tensado, empotradas en el suelo de fundación, que sirven de sostén a las antenas.

1.5. ACCESOS

El acceso a las estructuras se hará por medio de escaleras de 0,40 m de ancho ubicada en esquina interior con peldaños de hierro redondo, separados por una distancia máxima de 0,40 m.

En aquellas estructuras que por su dimensión no sea posible, se instalarán sobre el lado exterior de una cara, cuidando que travesaños y diagonales no interfieran el normal apoyo del pie en el escalín.

Para estructuras cuyas diagonales formen con la horizontal un ángulo menor de 30° y su peso sea inferior a 0,37 m se podrá utilizar el reticulado como escalera.

1.6. NORMAS COMPLEMENTARIAS

Son de aplicación directa las Normas IRAM o IRAM-IAS citadas en el texto de esta Norma(ver el anexo a este artículo).

ANEXOS AL CAPITULO 1

1.6. NORMAS COMPLEMENTARIAS

Las Normas IRAM citadas en el texto de la Norma Argentina N.A.2.2.2. “Estructuras de acero para antenas”(ex CIRSOC 306) son las siguientes:

- IRAM 599 “Cables de acero, método de ensayo para determinar la carga de rotura”
- IRAM 722 “Cordones de acero cincados para usos generales”
- IRAM 777 “Alambres de acero cincados para fabricación de riendas y cordones de guarda”
- IRAM 60712 “Productos siderúrgicos, métodos de ensayo del cincado”

CAPITULO 2. MATERIALES

2.1. Acero Estructural:

Los aceros a emplear en la construcción de los mástiles y torres de las antenas a los cuales se refiere el artículo 1.2., deben cumplir con lo establecido en el Capítulo 2 del R.A.2.2 "Reglamento Argentino de Construcciones de acero". Primera parte (ex CIRSOC 301), mediante lo cual se garantizan los valores mínimos de las propiedades mecánicas, la composición química del acero y sus aptitudes tecnológicas.

2.2. Cables Tensados de Acero:

Para la verificación de la carga de rotura de cálculo, el fabricante del cable debe comprobar, mediante certificado de taller o de recepción, la resistencia a la tracción de los alambres.

Si en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias se solicita la determinación de la carga de rotura real mediante ensayos se deberá hacer de acuerdo con la norma IRAM 599.

En general, al encarar el cálculo estático, aún no se ha calculado la carga de rotura real. En este caso, así como en los casos en que no se lo solicita en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias y si la resistencia del material no es mayor a 1800 N/mm^2 , la carga de rotura real puede obtenerse multiplicando la carga de rotura de cálculo por el factor de pérdida por cableado que se da en la tabla 1.

Si las diferencia entre los resultados de los ensayos y los que resultan de aplicar los valores de la tabla 1 superan el 5% se deberán corregir los cálculos.

Para el factor de conexión extrema se podrán utilizar, en el caso que no se realicen ensayos los valores de la tabla 2.

En el caso en que se lo requiera por particulares exigencias de deformación, en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias el fabricante del cable deberá garantizar, mediante ensayos, el módulo de elasticidad del cable. Para los cálculos se podrán utilizar los valores indicados en la tabla 3, pero si las diferencias entre los resultados de los ensayos y los indicados en la tabla 3 son mayores que el 10%, deben corregirse los cálculos realizados.

Para el coeficiente de dilatación térmica de los cables de acero adopta

$$\alpha_T = 1,2 * 10^{-5} \text{ cm/cm } ^\circ\text{C}$$

Los cordones de acero para cables de tensado deben cumplir con la norma IRAM 722 y los alambres que constituyen el cordón con la norma IRAM 777.

Se podrán utilizar cables no normalizados, pero se deberá demostrar mediante ensayos que provean a la estructura por lo menos la misma seguridad que aquellos.

Tabla 1. Factores de pérdida por cableado

Cantidad de capas de alambres por cordón dispuestas alrededor del alambre central.		1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de alambres por cordón, empleando exclusivamente alambres redondos de igual diámetro (esta cantidad no es válida para alambres cerrados)		7	19	37	61	91	127	169	217
Para		Factores de pérdida por cableado							
1	Cables cerrados	-	-	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87
2	Cables en espiral (un cordón)	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82	-	-	-
3	Cables de alambre con alma de acero 6+1=7 cordones	0,85	0,82	0,79	0,76	-	-	-	-

Tabla 2. Factores de conexión extrema k_e

Tipo de conexión extrema	K_e
Terminales cónica de acero con metal blanco fundido	1,00
Sujeción con grapa a presión	0,85
Sujeción con cable de alambre	0,80

Tabla 3 Módulo de elasticidad de los distintos tipos de cables de aceros

Tipos de Cable	Cantidad de capas de alambres por cordón dispuestas alrededor de alambre central	Módulo de elasticidad 10^5 N/mm^2
Cables cerrados (un cordón)	A elección	1,6
Cables en espiral (un cordón)	A elección	1,5
Cables de alambre con alma de acero 6+1=7 cordones	1	1,3
	2	1,2
	3	1,1
	4	1,0

Cuando la limitación de la fecha lo requiera, será necesario utilizar cables de reducida deformación. La deformación del cable depende del sistema de fabricación y del módulo de elasticidad.

Para evitar el efecto de torsión en los elementos de unión de los cables con el mástil y con la fundación, debe darse preferencia a los tipos de cables con poca tendencia a la rotación.

CAPITULO 3. ACCIONES A CONSIDERAR Y METODOS DE SUPERPOSICION DE ESTAS

3.1. ACCIONES A CONSIDERAR

3.1.1. Acciones permanentes

3.1.1.1. Cargas gravitatorias originadas por el peso propio de la estructura, de los estrados o descansos, plataformas o pedanas, escaleras y ductos.

3.1.1.2 Cargas gravitatorias originadas por antenas, conductores, alimentadores de antenas y los soportes correspondientes, tirantes, cañerías de energía, pararrayos, sistemas de balizamiento, etc.

Los valores de las cargas gravitatorias y la posición del centro de gravedad en los sistemas sin simetrías deben ser provistos por los fabricantes.

3.1.2. Sobrecargas

En las escaleras, ductos, pedanas, se supondrá actuando una carga de 1 KN en la posición más desfavorable. En descansos y plataformas se supondrá actuando una carga uniformemente distribuida de 1,50 KN/m².

Las barandas serán dimensionadas con una carga lateral concentrada horizontal de 0,5 KN actuando en el pasamanos hacia adentro o hacia fuera.

Todas las barras de la estructura con inclinación menor de 30° respecto de la horizontal, serán dimensionadas superponiendo a la sollicitación que resulta como miembro de la estructura, la flexión que origina una carga vertical de 0,70 KN en el punto medio de la barra.

3.1.3. Acción del viento

La acción del viento es en general predominante en el dimensionamiento de torres y mástiles para sistemas de comunicaciones. La determinación de la acción del viento sobre la torre o el mástil debe ser realizada según lo especificado en el R.A.3.2."Reglamento Argentino de Acciones del Viento" (ex CIRSOC 102 "Acción del viento sobre las construcciones" y en la N.A.3.2.1. "Acción dinámica del viento sobre las construcciones"(ex CIRSOC 102-1) y en la presente Norma.

En el caso de torres y otras estructuras no tensadas el efecto de ráfaga debe tenerse en cuenta cuando el período de oscilación T propio de la estructura es mayor que 1 segundo. El período de oscilación propio se puede calcular mediante el procedimiento indicado en el artículo 4.5.1.1 de la N.A.3.2.1. "Acción dinámica del viento sobre las construcciones (ex Recomendación CIRSOC 102-1).

En el caso de mástiles, el efecto de ráfaga se puede calcular sobre la sección que sobresale del extremo superior que se halla tensado considerando el empotramiento elástico y pudiendo considerar dicho extremo como indesplazable. Para las restantes secciones del mástil no es necesario considerar el efecto de ráfaga.

3.1.3.1 Coeficiente de velocidad probable c_p

El coeficiente de velocidad probable c_p que toma en consideración el riesgo y el tiempo de riesgo para la construcción debe ser adoptado según indicación del usuario sobre la importancia que el mástil o la torre tenga en el sistema de comunicaciones.

A tal efecto, y siempre que no se especifiquen otros valores en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias, se deben usar los siguientes:

- Mástiles o torres que forman parte de sistemas de comunicaciones para servicio público o privado: $c_p=1,65$
- Mástiles o torres para uso temporario (hasta 2 años) $c_p=1,20$ (cuando se instalen en zona urbana o sobre edificios se adoptará $c_p=1,65$).

3.1.3.2 Velocidad de referencia β

Debe ser determinada para el lugar de emplazamiento del mástil o torre, según el mapa de la figura 4 del R.A.3.2 “Reglamento Argentino de Acciones del viento” (ex Reglamento CIRSOC 102).

3.1.3.3 Coeficiente global de empuje c_E

Se deben emplear para torres y mástiles los coeficientes c_E que se establecen en el artículo 9.4 del R.A.3.2. “Reglamento Argentino de Acciones del viento” (ex Reglamento CIRSOC 102).

Para las riendas la acción del viento se debe determinar aplicando el coeficiente c_E que se indica en el artículo 10.2.3. del R.A.3.2 “Reglamento Argentino de Acciones del viento” (ex Reglamento CIRSOC 102).

3.1.3.4 Acción del viento sobre antenas

La acción del viento sobre el conjunto de antenas que forman parte del sistema estructural debe ser analizada considerando la acción más desfavorable del viento.

La acción sobre cada antena se tomará en cuenta por aplicación de coeficientes de forma que deben ser provistos por el fabricante. A título indicativo se dan esos coeficientes en el anexo a este artículo.

3.1.4. Acciones resultantes de la nieve y del hielo

3.1.4.1 Las acciones originadas por la nieve sólo deben ser consideradas actuando sobre las plataformas, pasarelas o toda superficie que forme con el plano horizontal un ángulo inferior a 45° y cuya superficie sea superior a 2 m^2 .

3.1.4.2 Las acciones originadas por la nieve deben ser calculadas según el R.A.3.1 “Reglamento Argentino de Cargas y Sobrecargas” Segunda parte (ex Reglamento CIRSOC 104 “Acción de la nieve y del hielo sobre las construcciones”).

3.1.4.3 Para el análisis de la carga de hielo sobre las torres, mástiles, riendas, cables, etc. deberá tenerse en cuenta lo indicado en los artículos 3.1 y 3.3 del R.A.3.1 “Reglamento Argentino de Cargas y Sobrecargas” segunda parte (ex Reglamento CIRSOC 104).

En tanto no se disponga de otra información confiable sobre el tipo de formación de hielo en la zona de emplazamiento, se deberán considerar los valores aproximados de las dimensiones de la capa de hielo y de los manguitos que se fijan en la tabla 4, según la zonificación de la figura 1 tanto para el cálculo de la carga de hielo como para considerar el incremento de las áreas expuestas al viento. El espesor e debe ser considerado actuando también en barandas, escaleras, pasarelas, etc.

Tabla 4

Zona	e (mm)* hasta 1000 m de altura	e(mm) de 1000 a 3000 m de altura
I	13	20
II	6	13
III	-	6

*Ver figuras 2a y 2b

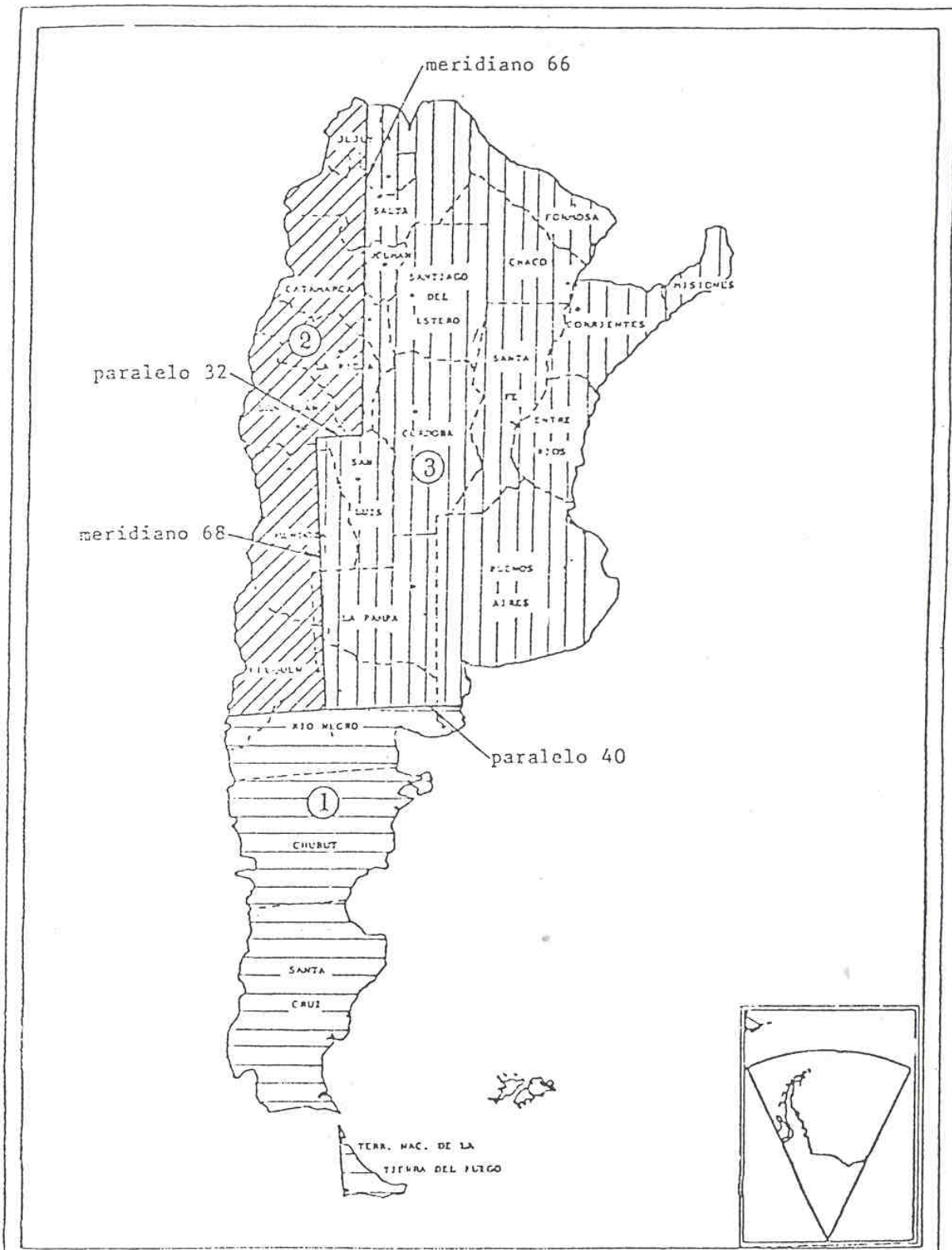


Figura 1.

En las zonas de alta montaña (altura superior a 3000 m), Sector Antártico e islas del Atlántico Sur el espesor de la capa de hielo y del manguito de hielo debe ser establecido en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias (pero no será menor de 30 mm). En estas zonas se debe considerar que la formación de hielo recubre la totalidad de la estructura (ver figuras 2c y 2d).

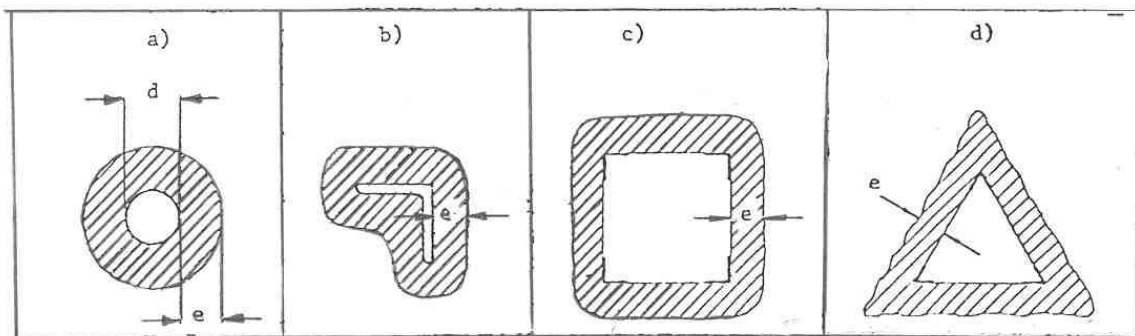


Figura 2.

3.1.5. Acciones sísmicas

Para la determinación de las sollicitaciones originadas por las acciones sísmicas y la verificación de la seguridad, rige lo establecido en el R.A.3.3. "Reglamento Argentino de Acciones Sísmicas" (ex Reglamento INPRES-CIRSOC 103: "Normas Argentinas para construcciones sismorresistentes").

3.1.6. Acciones térmicas

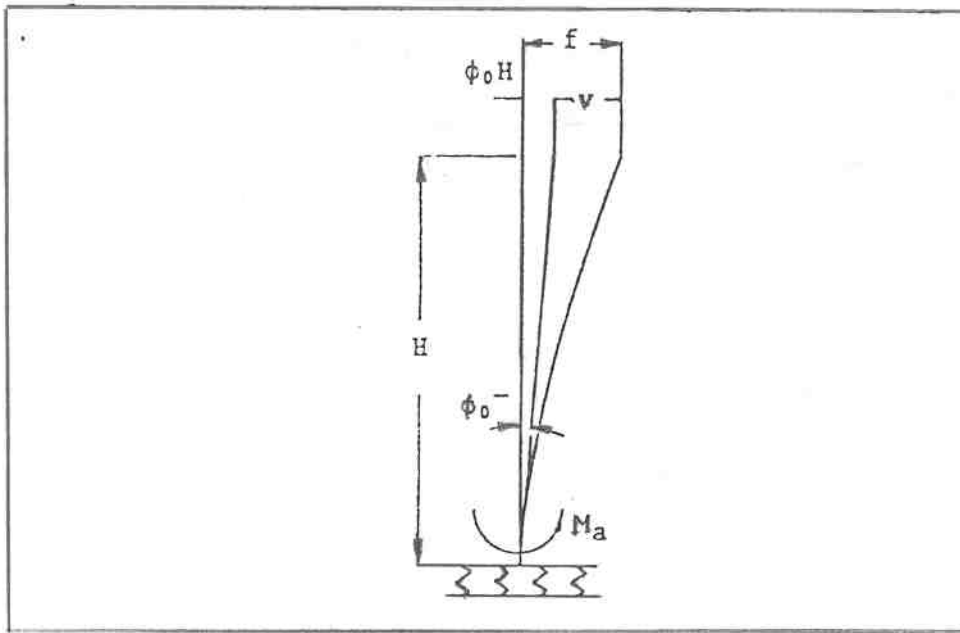
Se debe adoptar para el cálculo de la variación uniforme de la temperatura lo establecido en la N.A.3.1.1 "Acción térmica climática sobre las construcciones" (ex Recomendación CIRSOC 107). Y en el artículo 7.9 del R.A.2.2. "Reglamento Argentino de construcciones de acero" Primera parte (ex Reglamento CIRSOC 301).

Quedará a juicio del proyectista estructural considerar o no la acción térmica en las torres o mástiles individuales.

3.1.7. Acciones debidas a cambios de las condiciones de apoyo

Deberá preverse al elaborar el proyecto, una posible modificación de las condiciones de apoyo y anclaje, debido por ejemplo, al cedimiento del suelo de fundación, cambio en la ubicación de un anclaje, elevación del nivel freático, etc.

3.1.8. Influencia del empotramiento elástico de la fundación



siendo: ϕ_0 , el ángulo de giro de la cimentación;
 v , el desplazamiento elástico de la torre;
 $f = \phi_0 * H + v$, el desplazamiento total del extremo libre;
 M_a , el momento debido a las cargas aplicadas a la estructura deformada con el desplazamiento máximo f .

El ángulo de giro ϕ_0 puede determinarse mediante la expresión:

$$\phi_0 = \frac{M_a}{C_m * H} = \frac{M_a}{C_{din} * I_a * H}$$

siendo:

$C_m = C_{din} * I_a$, la rigidez de la cimentación;

$C_{din} = \frac{4 * E_{din}}{A}$, el coeficiente dinámico de asentamiento;

E_{din} , el módulo de elasticidad dinámico del suelo;

A , el área del cimienta;

I_a , el momento de inercia del área del cimienta.

No se admitiría un ángulo de giro ϕ_0 de la cimentación cuya tangente sea superior a 1/500.

3.2. Superposición de las acciones

3.2.1. El cálculo y la verificación de la resistencia se realizará para los siguientes estados:

- Peso propio del mástil o torre
Peso propio de antenas y accesorios
Peso propio de cables conductores
Acción del viento sobre el mástil o torre, antenas, cables, etc., sin considerar formación de hielo.

- b) Peso propio del mástil o torre, antenas y accesorios, cables conductores con formación del hielo.
 $\frac{3}{4}$ de las acciones resultantes del viento sobre el mástil, antenas, cables, etc. conformación de hielo.
- c) Peso propio del mástil o torre
 Peso propio de antenas y accesorios
 Peso propio de cables conductores
 Acciones resultantes de la nieve
 $\frac{1}{2}$ de las acciones resultantes del viento
- d) Peso propio del mástil o torre
 Peso propio de antenas y accesorios
 Peso propio de cables conductores
 Acciones sísmicas
 Peso del hielo

En los casos en que se deben considerar por requerimientos específicos las acciones térmicas:

- e) Peso propio del mástil o torre
 Peso propio de antenas y accesorios
 Peso propio de cables conductores
 Acciones térmicas
 $\frac{1}{2}$ de las acciones resultantes del viento

Para el estado de carga d el coeficiente de seguridad con el cual se debe calcular es $\gamma_e=1,1$ En los restantes estados de carga se tomará el coeficiente de seguridad que corresponda según el capítulo 4.

3.2.2. Cuando para las estructuras de reticulado se considere la superposición de hielo y de viento se deberá tener en cuenta la nueva relación de solidez (ver el artículo 9.3.1.2 del R.A. 3.2. "Reglamento Argentino de Acciones del Viento" (ex Reglamento CIRSOC 102 "Acción del Viento sobre las Construcciones").

ANEXOS AL CAPITULO 3

3.1.3.4. Coeficiente de Forma

- 1) En la figura A.1 se dan los coeficientes de forma para reflectores planos. Las acciones que se deben calcular son las siguientes:

$E = c_E * q_z * A$	Fuerza de arrastre o empuje
$L = c_L * q_z * A$	Fuerza de levantamiento
$R = c_R * q_z * A$	Fuerza resultante
$M = c_M * q_z * A * D$	Momento

siendo:

A, el área frontal del reflector;
 c_E , c_L , c_R , c_M , los coeficientes de forma;
 q_z , la presión dinámica de cálculo.

- 2) En las figuras A.2, A.3. y A.4. se dan los coeficientes de forma para las antenas parabólicas.

Se deberán calcular las siguientes acciones:

$E = c_E * q_z * A$	Fuerza de arrastre o empuje
$F = c_S * q_z * Z$	Fuerza lateral
$M = c_M * q_z * A * D$	Momento

siendo:

A, el área de la parábola;
D, el diámetro de la parábola;
 c_E , c_S , c_M , los coeficientes de forma;
 q_z , la presión dinámica de cálculo.

En los casos en que deba realizarse el cálculo de la presión dinámica q_z según la N.A.3.2.1. "Acción dinámica del viento sobre las Construcciones" (ex Recomendación CIRSOC 102-1), y esta sea mayor que la presión dinámica q_z deberá calcularse con la primera.

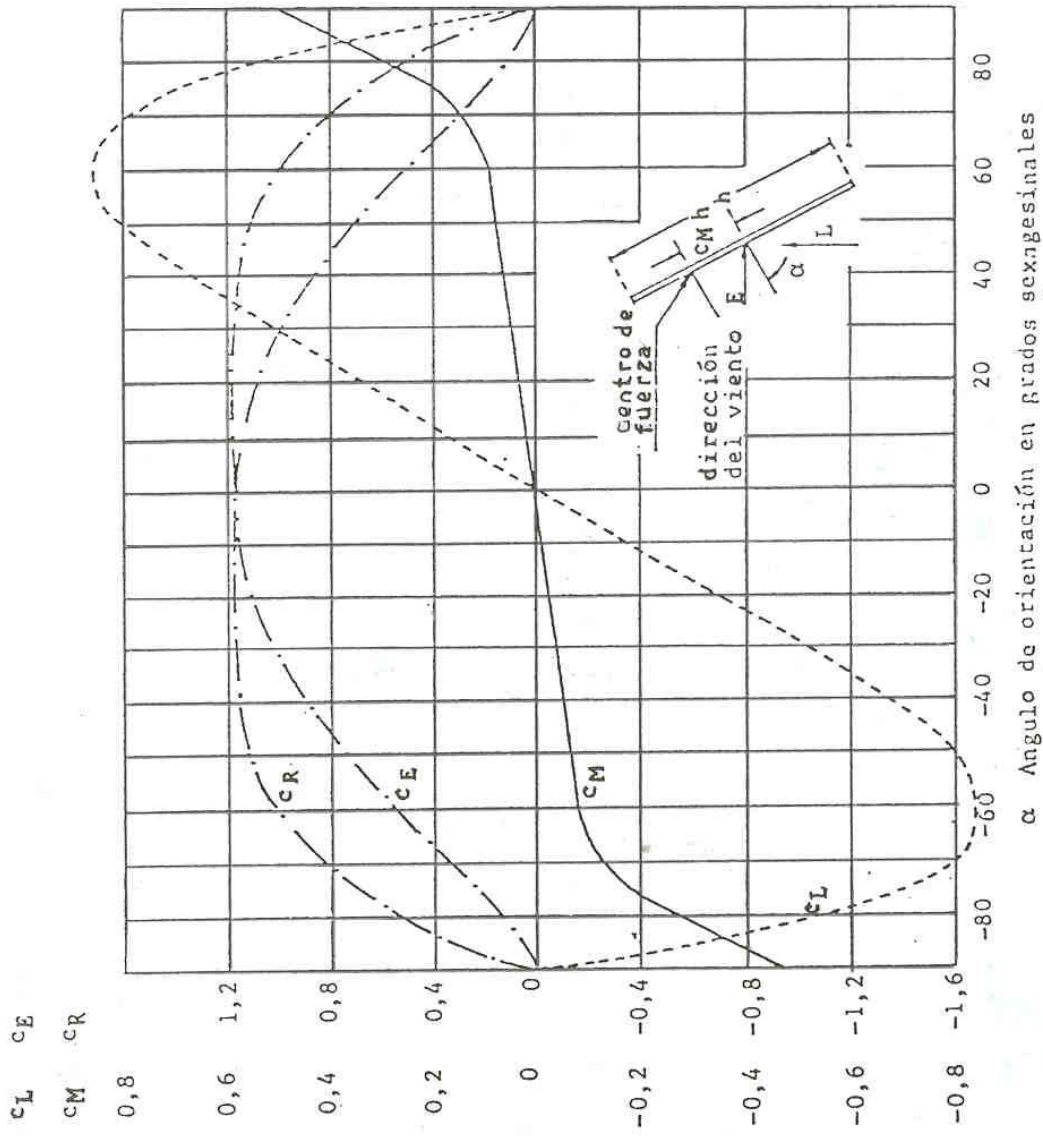


Figura A.1

Figura A.1. Coeficiente de forma para reflectores planos

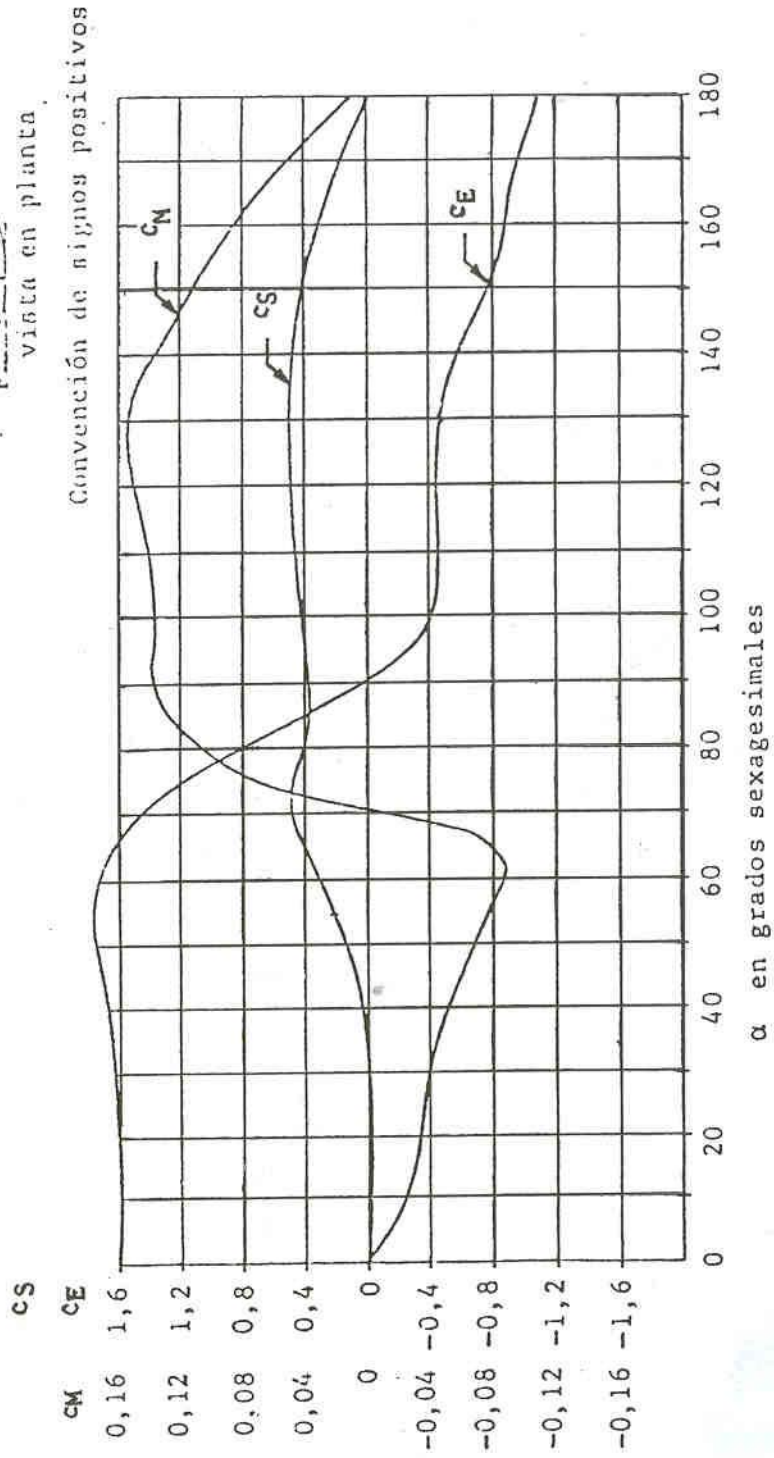
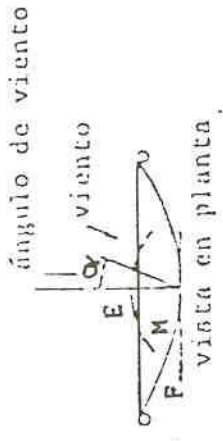


Figura A.2. Coeficiente de forma para antenas parabólicas

Figura A.2.

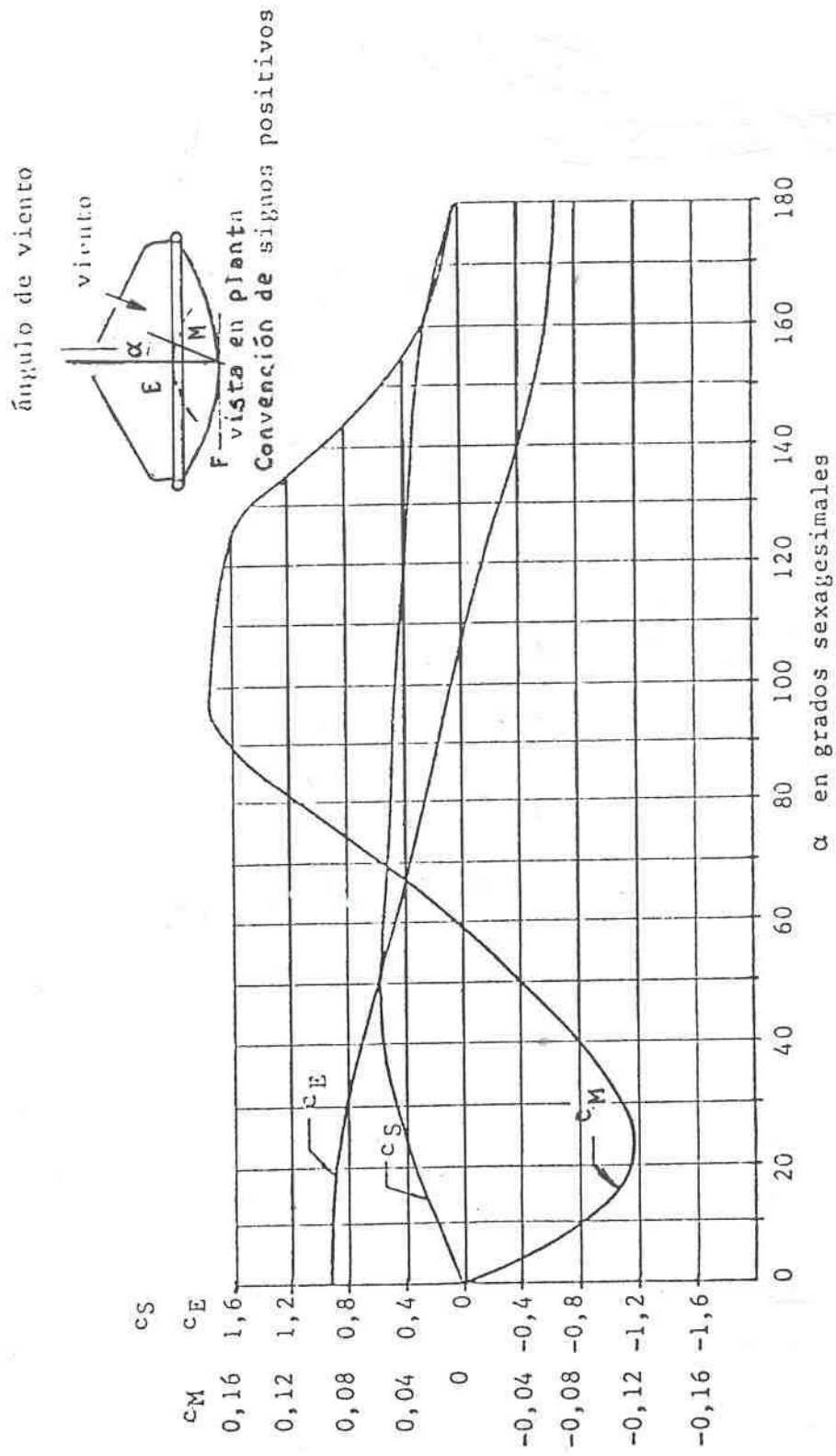
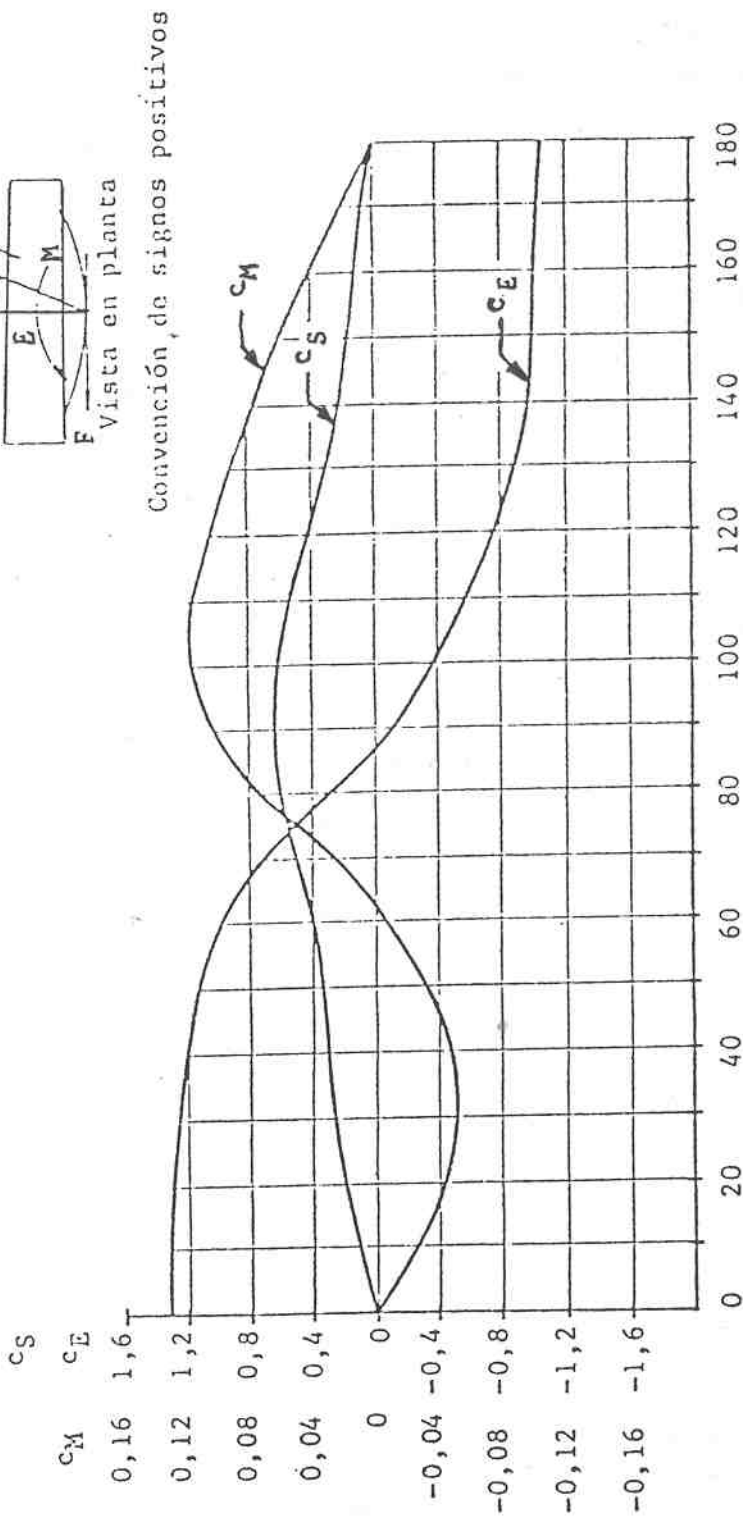
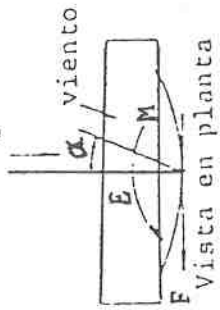


Figura A.3. Coeficientes de forma para antenas parabólicas con radame

Figura A.3.

ángulo de viento



α en grados sexagesimales

Figura A.4. Coeficientes de forma para antenas parabólicas de alta performanDe

Figura A.4.

CAPITULO 4. SEGURIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO PARA ANTENAS

4.1. El coeficiente de seguridad γ será obtenido de la tabla 6. Los factores de cálculo y construcción que se adoptan en la definición del coeficiente de seguridad son:

- 1) El destino de la construcción y la función de la estructura resistente.
El destino de la construcción y la función de la estructura resistente se determinará de acuerdo con la tabla 5.
- 2) Recaudos constructivos y adaptación al modelo de cálculo

Según los recaudos constructivos y la adaptación al modelo de cálculo, las estructuras se clasifican en I y II.

a) Una construcción será considerada clase I si se verifican las siguientes condiciones:

- Los sistemas serán considerados espaciales, salvo que verifiquen las condiciones de simetría geométrica, de vínculo y de carga que los sistemas planos requieren.

- Las uniones y apoyos verifiquen las condiciones de giro y desplazamiento que los modelos de vínculo adoptados imponen. En los casos de duda la verificación se realizará para las dos hipótesis más desfavorables (sin consideración de condición promedio).

- Se adopta como modelo representativo del mástil la viga continua sobre apoyos elásticos (nivel del cable de contraviento).

Para el cálculo del mástil se adopta la teoría de segundo orden.

- Se especificaran tolerancias dimensionales y de forma geométrica en los elementos constructivos de modo que las imperfecciones aleatorias no produzcan una disminución de más del 5% en la capacidad resistente de la estructura. Toda excentricidad de concurrencia de ejes de barras en vértices de un reticulado, falta de alineación, verticalidad o excentricidad en la aplicación de la carga previsible en el proyecto, debe ser tenida en cuenta en los cálculos.

- Deberán ser adoptados los recaudos de cálculo necesarios para considerar los casos que presenten de anisotropía constructiva, tensiones principales, etc. Se incluirá el análisis experimental de los modelos cuando la teoría resulte insuficiente.

- La construcción será realizada por personal altamente calificado y mediante el empleo de las máquinas y herramientas acordes con el estado del arte en todas las fases constructivas.

- Salvo condiciones de imposibilidad se deberá realizar el montaje previo en el taller.

- En los casos de duda de presunta falla en el material o medio de unión o cuando así lo establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias, se harán verificaciones mediante ensayos.

b) Una construcción de acero deberá ser considerada clase II cuando verificando las disposiciones de la presente Norma y cumpliendo las disposiciones de seguridad en ella

impuestas los cálculos o la construcción no cumplen o cumplen parcial o aproximadamente las condiciones indicadas para la clase I. Para torres o mástiles de destino A no se podrá aplicar este recaudo.

Tabla 5.

Destino de la torre o mástil	Clase de destino
Mástiles o torres que forman parte de sistemas de comunicaciones que brindan un servicio público	A
Mástiles o torres que forman parte de sistemas de comunicaciones para servicios privados (incluyen los mástiles o torres a utilizar en telefonía rural)	B
Mástiles o torres para uso temporario y altura menor de 60 m	C

Podrá fijarse en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias una clase por destino superior a la establecida en la tabla 5.

Cuando la estructura pertenezca a las clases de destino B ó C y esté emplazada en una zona urbana o sobre edificios se la deberá incorporar a la clase inmediatamente superior.

Las antenas colectivas o múltiples instaladas por sus usuarios para satisfacer la recepción de señales en edificios destinados a vivienda en zonas urbanas o rurales se deben incluir dentro de la clase de destino B.

Tabla 6. Coeficiente de seguridad γ

Clase de recaudo constructivo y de cálculo	Clase por destino	γ_e	γ_c
I	A	1,6	$1,4*\gamma_e$
	B	1,5	
	C	1,3	
II	B	1,6	$1,6*\gamma_e$
	C	1,4	

γ_e : coeficiente de seguridad de la estructura

γ_c : coeficiente de seguridad del cable

Se podrá calcular además el coeficiente de seguridad según la N.A.1.1.1 “Dimensionamiento del coeficiente de seguridad” (ex Recomendación CIRSOC 106), pero en ningún caso se podrá adoptar un valor inferior que el establecido en la tabla 6.

CAPITULO 5 CALCULOS Y VERIFICACIONES

5.1. CÁLCULO DE LOS MÁSTILES CONTRAVENTADOS

Se debe considerar la sollicitación de compresión originada por las cargas verticales y la sollicitación por flexión originada por las cargas horizontales.

El modelo de cálculo representativo del mástil es la viga continua sobre apoyos elásticos (en el nivel del cable de contraviento), debiéndose aplicar la teoría de segundo orden.

Puede adoptarse un comportamiento elástico lineal en los cables, siempre que se asegure el pretensado mínimo calculado, ver el anexo a este artículo.

Las constantes elásticas de los apoyos deben ser adoptadas teniendo en cuenta el módulo de elasticidad de los cables.

No obstante, los mástiles de altura menor de 60 m y clase de destino C, podrán calcularse como viga continua sobre apoyos fijos.

Para considerar la acción sísmica sobre los mástiles contraventados puede suponerse el mástil apoyado elásticamente en los cables. Aplicando en el centro de cada vano, la masa reducida de la parte de mástil correspondiente al vano, se obtiene como sistema estático una viga continua sobre apoyos elásticos con masas aplicadas en los centros de los vanos.

5.2. CALCULO DE LAS TORRES AUTOPORTANTES DE CELOSIA

Las torres de celosía deben calcularse como estructuras espaciales.

No obstante, podrán calcularse como sistemas planos si la pendiente de los montantes, respecto de la vertical, no supera el 10%.

5.3. VERIFICACION DE LAS TENSIONES

Para el dimensionamiento de las secciones y la verificación de las tensiones rige el R.A.2.2. "Reglamento Argentino de Construcciones de acero" Primera parte (ex Reglamento CIRSOC 301) con la superposición de acciones del artículo 3.2 y los coeficientes de seguridad γ_e del capítulo 4.

Cuando se calcule mediante la teoría de segundo orden, deben mayorarse las cargas, multiplicándolas por el coeficiente γ_e de acuerdo con el capítulo 4.

5.4. VERIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL EQUILIBRIO

La estabilidad del equilibrio de los mástiles y torres se comprobará según el R.A.2.2. "Reglamento Argentino de Construcciones de acero" Segunda parte (ex Reglamento CIRSOC 302 "Fundamentos de cálculo para los problemas de estabilidad del equilibrio en las estructuras de acero"). Y el Manual 2.2.2. "Métodos de cálculo para los problemas de estabilidad del equilibrio en las estructuras de acero (ex Recomendación CIRSOC 302-1).

Sería superflua una verificación de la estabilidad del equilibrio para la estructura como un todo si la verificación general de tensiones de según el artículo 5.3. se ha realizado considerando la teoría de tensiones de segundo orden.

Las máximas esbelteces admisibles para los elementos de torres y mástiles son los siguientes:

- Miembros principales sometidos a compresión (montantes) $\lambda_{\text{máx}}=140$
- Miembros secundarios sometidos a compresión (diagonales) $\lambda_{\text{máx}}=200$
- Miembros auxiliares secundarios sometidos a compresión (rompetramos) $\lambda_{\text{máx}}=250$

5.5. COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD FRENTE AL VUELCO, DESLIZAMIENTO Y LEVANTAMIENTO DE LOS APOYOS

La seguridad frente al vuelco, deslizamiento de la estructura y levantamiento de los apoyos debe ser igual como mínimo al valor del coeficiente de seguridad γ_e obtenido según el capítulo 4 y superior a 1,5, en torres y mástiles; para macizos de anclaje de cables ver el artículo 8.4.

Para la verificación de la estabilidad frente al levantamiento y al vuelco de la fundación, ésta se deberá considerar como libremente apoyada sobre el fondo de la excavación, lo que implica que no se debe considerar la fricción.

La fundación también deberá considerarse libremente apoyada sobre el fondo de la fundación para la verificación de la estabilidad contra el deslizamiento.

En este caso, tampoco se podrá considerar como resistencia al deslizamiento de la fricción entre el hormigón y el suelo en la zapata de fundación, aunque la fundación ha sido hormigonada apoyando directamente contra el suelo.

5.6. VERIFICACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

La deformación horizontal máxima, originada por la acción del viento, no será mayor que $h/200$, siendo h la altura de la torre o mástil, pudiéndose exigir en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias una deformación máxima menor por requerimientos particulares del sistema. Cuando sea necesario para el cálculo de esta deformación, se aplicará la teoría de segundo orden.

5.7 VERIFICACIÓN DE LOS CABLES TENSADOS

Se debe verificar que:

$$N \leq \frac{N_{rr}}{\gamma_c} * K_e \quad \text{o cuando no se realizan ensayos}$$

$$N \leq \frac{\sigma_r}{\gamma_c} * A_c * K_c * K_e$$

siendo:

- σ_r , la resistencia a rotura del acero del cable;
- A_c , el área de la sección metálica del cable;
- K_c , el factor de cableado que se obtiene de la tabla 1;
- K_e , el factor de conexión extrema que se obtiene de la tabla 2;

γ_c , el coeficiente de seguridad del cable según el capítulo 4:
 N_{rr} , la carga de rotura real.

Para la determinación del peso, el alma de acero debe considerarse con su sección completa; pero para la determinación de la carga de rotura de cálculo se debe considerar sólo el 50% de la sección del alma.

5.8. AISLADORES

Para la elección de los aisladores adecuados son determinantes las cargas eléctricas y mecánicas. En el Anexo de este artículo se indica el método a seguir para la verificación de la resistencia mecánica del aislador.

ANEXOS AL CAPITULO 5

5.1. PRETENSADO INICIAL

Para asegurar el comportamiento elástico lineal de los cables debe realizarse el siguiente pretensado mínimo:

$$\sigma_0 = 7100 * l^{2/3}$$

El pretensado será inferior al 40% de la tensión admisible del cable, siendo:

σ_0 la tensión de pretensado mínimo expresada en KN/m²;

l la proyección horizontal de la rienda medida desde el eje de la antena al punto de anclaje (Ver figura A.5), expresada en m.

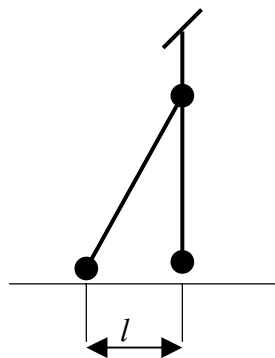


Figura A.5

5.8. AISLADORES

Se deben instalar aisladores en los extremos superiores de las riendas y distribuidos a lo largo de las mismas, así como en las bases de las estructuras aisladas de tierra, según los requerimientos establecidos en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

La carga de rotura mínima del aislador debe ser garantizada por el fabricante.

La carga admisible se tomará igual a la carga de rotura mínima dividida por $2,5 * \gamma_c$ (donde γ_c es el coeficiente de seguridad del cable). El aislador deberá estar sometido a una carga menor o igual que la carga admisible.

Los aisladores deben ser sometidos a ensayos de prueba con una carga igual al 50% de la carga de rotura no debiendo presentar daños de ningún tipo. La cantidad de ensayos a realizar se establecerá en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

CAPITULO 6. UNIONES

6.1. Medios de Unión

6.1.1. Las uniones con remaches y tornillos deben cumplir con lo que se establece en el R.A.2.2. "Reglamento Argentino de Construcciones de acero" Primera parte (ex Reglamento CIRSOC 301 "Proyecto, cálculo y ejecución de estructuras de acero para edificios"). En este tipo de estructuras se podrá utilizar un solo bulón para la unión de los elementos estructurales.

6.1.2. Todas las soldaduras de la estructura se deben realizar con equipo de potencial constante, con elementos de aporte a alimentación continua, bajo atmósfera de gas inerte.

Las uniones soldadas deben diseñarse de acuerdo con el R.A.2.2. "Reglamento Argentino de Construcciones de acero" Tercera parte (ex CIRSOC 304 "Construcciones de acero soldadas").

El diseño de las uniones soldadas para estructuras livianas de acero se debe realizar de acuerdo con la N.A.2.2.1. "Estructuras livianas de acero" (ex Recomendación CIRSOC 303).

6.1.3. No se permiten empalmes por uniones soldadas ni de cartelas soldadas en estructuras previamente cincadas o galvanizadas.

Las diagonales y travesaños de las torres y mástiles deben ser de perfiles enteros, sin empalmes entre nudos.

6.2. DISPOSICIONES DE BULONES

Los diámetros de agujeros están determinados por el ancho del ala y deberán tomarse de la tabla 7.

Tabla 7

Bulón tipo	Ancho mínimo ala (mm)	Diámetro agujero (mm)	Distancias al borde cortado (mm)		
			Para diagonales y travesaños	Para montantes y barras traccionadas	
				mínimo	mínimo
M12	35	13,5	22	30	35
M16	50	17,5	28	35	40
M20	60	21,5	33	40	45
M22	65	23,5	37	45	50
M24	70	25,5	40	50	55
M27	75	28,5	45	55	60

Las distancias mínimas entre los centros de los agujeros no serán inferiores a la $2,5*d$ y las distancias perpendiculares a la dirección de la fuerza entre el centro del agujero y el borde laminado del perfil serán como mínimo $1,2*d$, donde d es el diámetro del agujero.

CAPITULO 7. ANCLAJES Y EMPALME DE CABLES

7.1. Los cables deben vincularse entre sí o a la tilla con guardacabos mediante la realización de un lazo y su sujeción con mordazas (pinzas, cuñas, collares a presión de acero o metal ligero) o mediante el uso de moldes que se colocan alrededor del cable y en los que se vierte cinc siderúrgico o una aleación fundida de plomo y antimonio previo plegado 180° de los hilos del cable dentro del mismo. En este último caso se debe realizar la limpieza del cable y disponer los medios para que una buena penetración del fundente asegure la adherencia para la fuerza N a que se hallará sometido el cable.

Si se utilizan mordazas, su número se adoptará de la tabla 8.

Tabla 8.

Diámetro del cable mm	Número de mordazas
5 a 9	3
10 a 16	4
17 a 24	5

La separación entre mordazas debe ser igual a 5 ó 6 veces el diámetro del cable debiéndose realizar a continuación el remate hilo por hilo de un mínimo de 10 vueltas.

El extremo del cable debe tener una longitud de aproximadamente 6 veces el diámetro del cable para la conformación 1x19 (Ver figura 4). Para la conformación del cable 1x17 ver figura 5.

El extremo muerto del cable debe pasar siempre por la parte superior del ojal de las mordazas, con el objeto de lograr una eficiente fijación.

Deberá tener cuidado, al extender el cable, que no se formen lazos o bucles que originen deformaciones permanentes.

7.2. El tensado de los cables se debe realizar intercalando tensores a rosca de forma de horquilla u otros tipos especiales. Para la elección y el cálculo de los tensores y tillas de anclaje se debe emplear la fuerza N de cálculo del cable. Se podrá exigir en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias la determinación de la carga de rotura real del tensor por un ensayo de tracción.

Los cables, sus empalmes, elementos de anclaje (tillas, chapones, bulones de anclaje, etc.) y tensores deben tener igual coeficiente de seguridad. Deberá tensarse con una tensión igual a la prevista en el proyecto y cálculo según lo especificado en el artículo 5.1.

7.3. Se podrán utilizar uniones por medio de manguitos siempre que se demuestre mediante ensayos que su resistencia es superior a la del cable.

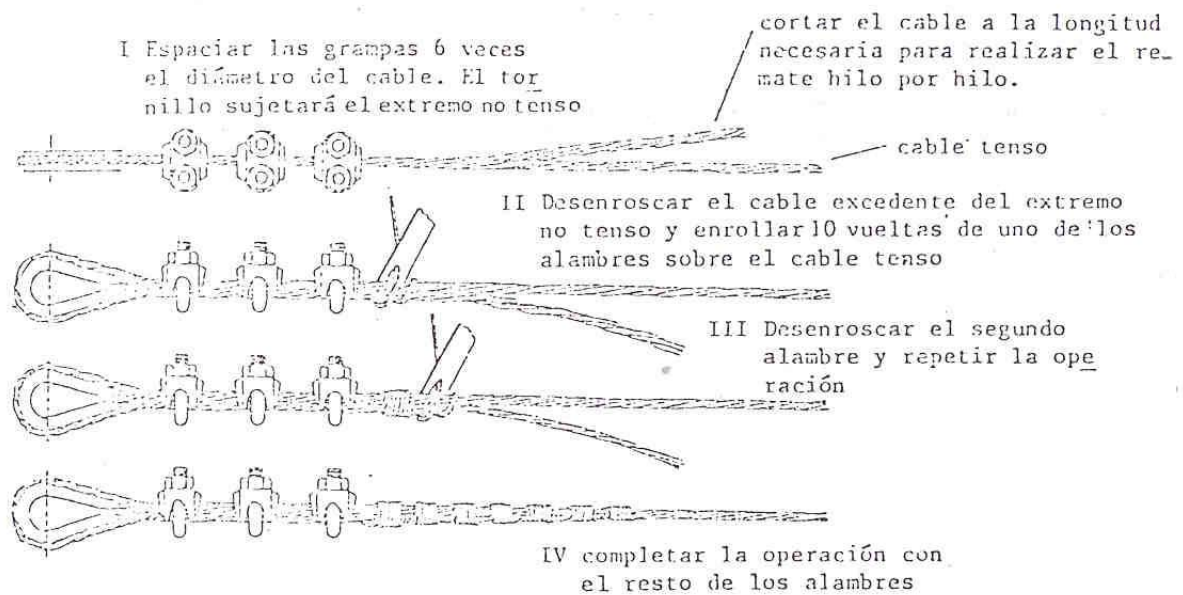
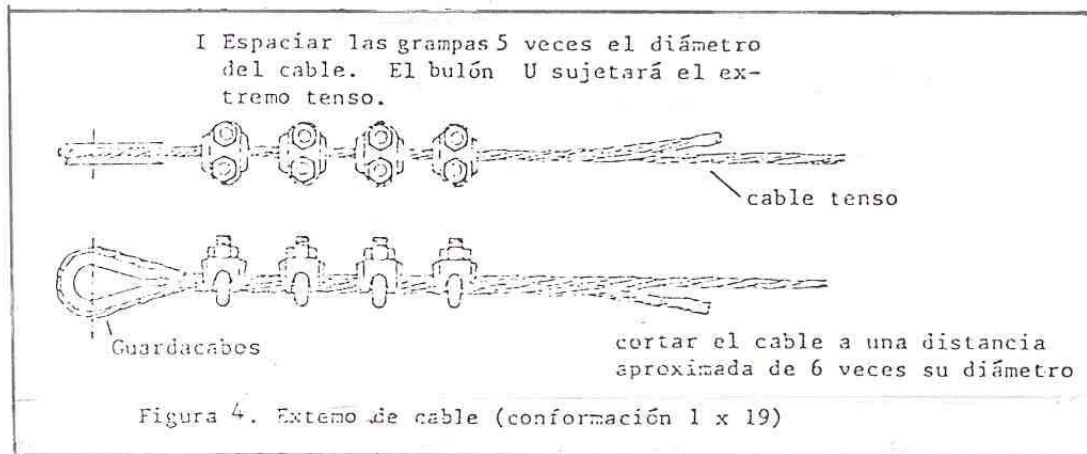


Figura 5. Extremo de cable (conformación 1 x 7)

Figuras 4 y 5

CAPITULO 8. FUNDACIONES

8.1. Las fundaciones se realizarán normalmente de hormigón armado. Podrán utilizarse otros materiales estructurales, como la mampostería de ladrillo o piedra, pilotes de madera o acero, materiales plásticos, etc., siempre que se garantice su inalterabilidad durante la vida útil de la estructura y un adecuado coeficiente de seguridad respecto de las distintas sollicitaciones a que se encuentren sometidas.

8.2. Las fundaciones deben ser dimensionadas de acuerdo con los valores que resulten del estudio del suelo que se realice en el lugar de emplazamiento de la estructura.

Se deben establecer como mínimo las siguientes características del suelo:

- a) Profundidad mínima de la fundación para alcanzar la capa portante del suelo
- b) Presión admisible sobre el suelo
- c) Nivel de la capa freática respecto de la superficie del terreno
- d) Peso volumétrico del suelo sobre y debajo de la capa freática
- e) Ángulo de fricción interna del suelo
- f) Cohesión del suelo
- g) Agresividad de aguas
- h) Ángulo de fricción interna entre el material de la fundación y el suelo.

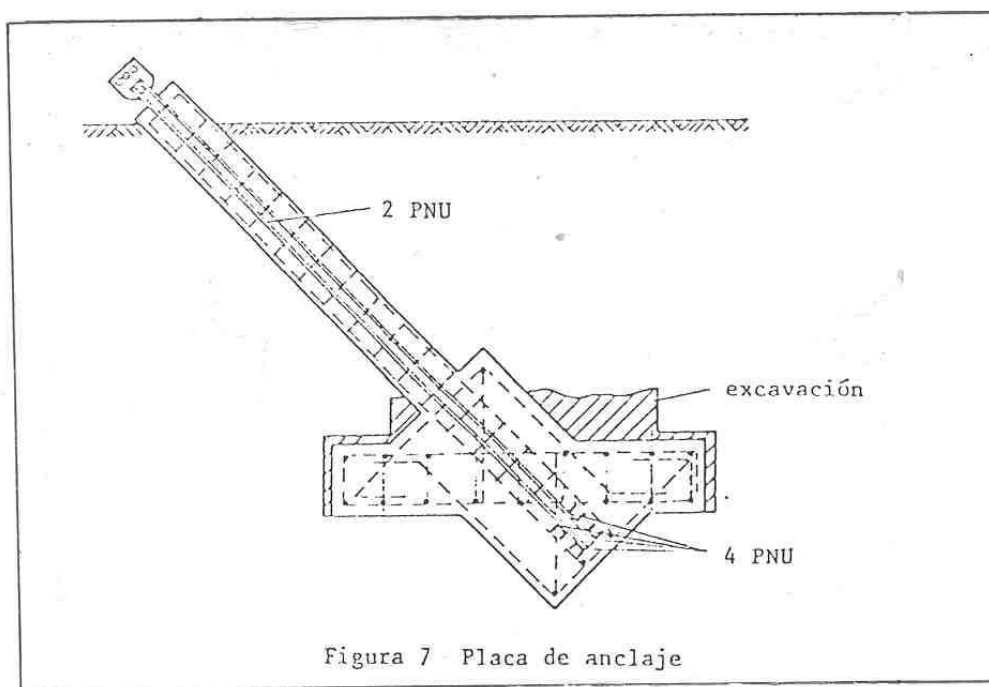
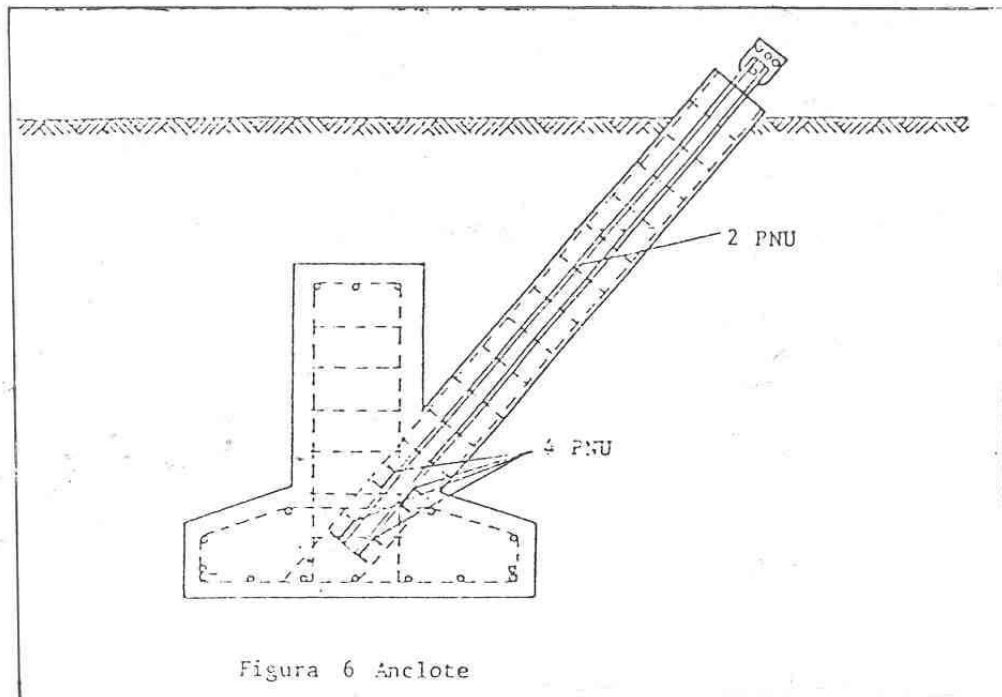
Si la fundación es de hormigón armado tendrá como mínimo la calidad correspondiente a la clase H-3, según la tabla 3 del R.A.2.1. "Reglamento Argentino de Construcciones de Hormigón" (ex Reglamento CIRSOC 201).

El diámetro mínimo de las armaduras de acero debe ser 8 mm y el recubrimiento mínimo de 50 mm.

8.3. El tipo de macizo de anclaje a emplear depende de las características del suelo, de la fuerza resultante N que transmiten el o los cables, del ángulo de N respecto de la horizontal y de la sobre elevación respecto del nivel del suelo del punto de aplicación de N .

8.4. Debe verificarse la estabilidad del macizo de anclaje al deslizamiento, al arrancamiento y al vuelco. El coeficiente de seguridad en ninguno de estos casos será inferior al γ_c obtenido según el capítulo 4 ni inferior a 2. Para el cálculo de la estabilidad de la estructura al arrancamiento puede tenerse en cuenta el ángulo de fricción interna que surja del ensayo de suelos, como así también el rozamiento entre el elemento estructural y el suelo, por ejemplo en el caso de pilotes de tracción, tablestacas, etc. Para el cálculo de la seguridad del macizo de anclaje al deslizamiento y en el caso en que el elemento esté sometido al arrancamiento, no puede tenerse en cuenta, además del empuje pasivo del suelo, la contribución del rozamiento entre el material adoptado para el anclaje y el suelo.

8.5. El diseño del macizo de anclaje dependerá de la intensidad y la dirección de la fuerza N y del tipo de terreno de emplazamiento adicionando según sea necesario, elementos tales como macizos de hormigón o placas de anclaje, etc., que aumenten la capacidad resistente de dirección vertical o lateral (ver las figuras 6 y 7).



Figuras 6 y 7

8.6. Los medios de anclaje deben ser protegidos de las heladas y de las aguas y suelos agresivos.

8.7. Cuando la envergadura de la estructura indique la necesidad se deberá efectuar un análisis mecánico en los suelos de la agresividad de aguas y suelos, de acuerdo con lo que se establezca en el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias.

8.8. No se permite el emplazamiento de macizos de anclaje y/o base de apoyos de mástiles o torres donde pudieran producirse impactos de vehículos. En caso de ser ineludible tal ubicación se deberán construir defensas perimetrales adecuadas.

CAPITULO 9. PROTECCION DE LAS ESTRUCTURAS

9.1. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Las estructuras incluidas en la clase de destino A deben protegerse mediante inmersión de todas sus partes (incluso accesorios) en cinc en estado de fusión con un espesor mínimo de 80 μm (560 gr/m^2).

Las estructuras de la clase B deben protegerse mediante cincado con espesor medio de 70 μm (500 gr/m^2).

Los requisitos que debe cumplir y los métodos de ensayos para la protección contra la corrosión en las estructuras de clase de destino A y B son los de la Norma IRAM 60712.

Las estructuras de la clase C deben tener como mínimo la protección que se indica en el R.A.2.2. "Reglamento Argentino de Construcciones de Acero" Primera parte (ex Reglamento CIRSOC 301).

Los tornillos y tuercas de diámetro nominal mayor o igual que 12 mm, deben tener un espesor de la capa de cinc de 50 hasta 70 μm .

Las rocas de las tuercas cincadas pueden trabajarse hasta que se muevan normalmente sobre los tornillos.

En general, debe evitarse el cincado de tornillos de diámetro nominal menor que 12 mm, debido al espesor insuficiente de la capa de cinc. Es conveniente utilizar en este caso, tornillos de material resistente a la corrosión. Las partes defectuosas de la capa de cinc pueden repararse mediante procedimientos adecuados como por ejemplo: soldaduras con estaño, sopleteado con cinc, capas de pintura de cinc de suficiente espesor.

En zonas de atmósfera muy agresiva (industrias, ciudades y costas marítimas) conviene aplicar capas adicionales de pintura que se adhieran bien al cinc.

9.2. PROTECCIÓN AERONAUTICA

Las limitaciones constructivas y las identificaciones para la seguridad del tráfico aéreo son las fijadas por la Fuerza Aérea Argentina.

9.3. PROTECCIÓN CONTRA RAYOS

Las estructuras a que se refiere esta Norma deben tener una efectiva toma de tierra. En general, se considera que las tomas de tierra son anulares.

Cada cordón de torre debe estar conectado a la toma anular. También deben estar conectados a tierra los extremos de los cables de tensado. Además se recomienda conectar a tierra la armadura de fundación.

En el Pliego de Especificaciones Técnicas Complementarias podrá exigirse la instalación de un cable de bajada.