

Reglamento CIRSOC 306
Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda
Secretaría de Planificación Territorial y
Coordinación de Obra Pública

INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Civiles



REGLAMENTO ARGENTINO DE
ESTRUCTURAS DE
ACERO
PARA ANTENAS

Julio 2018

***REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTRUCTURAS DE
ACERO PARA ANTENAS***

EDICIÓN JULIO 2018



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4779-3183**

**E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@fm.gob.ar**

INTERNET:

www.inti.gob.ar/areas/servicios-industriales/construcciones-e-infraestructura/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Estructuras Sismorresistentes: Ing. Daniel Yañez García

Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Diseño, Edición, Publicaciones y Secretarías Regionales: Sr. Néstor D. Corti

Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI

Reglamento argentino de estructuras de acero para antenas / adaptado por Juan Carlos Steigerwald ; coordinación general de Juan Carlos Steigerwald. - 1a ed. - General San Martín : Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2019.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-532-420-0

1. Construcción. I. Steigerwald, Juan Carlos, coord. II. Título.
CDD 693.71

© 2018

Editado por INTI

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.

ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Pública de la Nación
Secretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Vial Federal
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Portland
Instituto Argentino de Normalización y Certificación
Techint
Acindar – Arcelor Mittal

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil
Federación Argentina de la Ingeniería Civil

ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN DEL

***REGLAMENTO ARGENTINO
DE ESTRUCTURAS DE
ACERO PARA ANTENAS
CIRSOC 306***

COORDINADOR:

Ing. Juan Carlos Steigerwald

Ing. Gabriel Troglia

Ing. Alicia Aragno

Ing. Marcos Hernández

Reconocimiento Especial

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente a las Autoridades de la **TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION (TIA)** por habernos permitido adoptar como base para el desarrollo de este Reglamento, la norma **ANSI/TIA-222-G - Structural Standard for Antenna Supporting Structures and Antennas-***

Agradecimientos

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste , con quienes se firmó un convenio de Cooperación que permitió constituir el Grupo de Investigación del Proyecto : Análisis de la respuesta de estructuras lineales flexibles provocadas por eventos transitorios generados por viento atmosférico, dirigido por el Dr. Ing. Mario Eduardo De Bortoli y la Co-Dirección del Msc. Ing. Jorge Omar Marighetti y participación de la investigadora Maestranda Inga María Sandra Urizar Lezcano.

A la Inga Marta Rosales de la Universidad Nacional del Sur por sus investigaciones en el tema del comportamiento dinámico estructural de mástiles arriostrados, torres reticuladas y riendas con y sin aisladores reflejadas en trabajos presentados en congresos y revistas. Se defendió exitosamente una tesis doctoral titulada “Estática, Estabilidad y Dinámica de Mástiles Arriostrados con aplicación a Estructuras Arriostradas” del Dr. Alberto Marcelo Guzmán. Dicha producción contiene modelos simplificados y fórmulas de cargas críticas modificadas, factibles de ser incorporadas a las reglamentaciones pertinentes.

COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS ACERO PARA ANTENAS DE INTI-CIRSOC

Coordinador

Juan C. STEIGERWALD

IMC - INGENIERÍA

Integrantes:

Carlos Alberto AMURA

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES – Facultad de Ingeniería

José M. ANGULO BOCCO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA -
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales,
Departamento de Estructura - Estructuras
Metálicas y de Madera

Daniel ANTONIUTTI

TGN - Transportadora Gas del Norte

Alicia ARAGNO

INTI-CIRSOC

Oscar ARROYO

INTI-Construcciones

Ernesto BALDASSINI

SEIRE S.A. (Poliposte)

Victor BOIGUES

SISTEMAS IRRADIANTES S.R.L.

José BREA

SEAN METAL SRL

Ricardo BROWN

MINISTERIO DE SEGURIDAD - Policía de la
Provincia de Buenos Aires - Dirección de
Comunicaciones

Cristian CABRERA

GUZMÁN-NACICH S.A.I.C.

Néstor CAL

GUZMÁN-NACICH S.A.I.C

Gabriel CARVAJAL

CARVAJAL S.A.I.C.

Antonio CASCIARO

MOVISTAR

Ezequiel CASELLA

TELECOM PERSONAL

Pablo CASTRO

TELEFÓNICA DE ARGENTINA

COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS ACERO PARA ANTENAS DE INTI-CIRSOC

(Continuación)

Raúl CIRIMELLO	INVAP
Diego COLLADO	COLLADO COMUNICACIONES
JORGE DANZE	Profesional independiente
Gustavo DARIN	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, Facultad de Ingeniería / UTN- Facultad Regional Buenos Aires/ Centro Argentino de Ingenieros / Asociación de Ingenieros Estructurales
Mario E. DE BORTOLI	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE – Facultad de Ingeniería
Leonardo DIEGUEZ	TELEFONICA DE ARGENTINA
Luis DIMARE	SEAN METAL SRL
Fabrisio HEIB	MOVISTAR
Marcos HERNÁNDEZ	INTI-CIRSOC
Jorge LÓPEZ	Tecnología en Servicios Urbanos – TESUR S.A – Organización Techint
Alberto MARZORATI	GUZMÁN-NACICH S.A.I.C.
Marcelo MAZZARO	TELECOM PERSONAL S.A.
Nora Edith MONCADA	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Miguel NEVOT	NH CONSTRUCCIONES SRL
Ricardo REARTE	TELECOM PERSONAL S.A.
Esteban RODRÍGUEZ	DPI- Diseño para Ingeniería
Marta ROSALES	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR – Departamento de Ingeniería / CONICET
Daniel SEIJO	CLARO ARGENTINA

COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS ACERO PARA ANTENAS DE INTI-CIRSOC

(Continuación)

Claudio SILVA	TELECOM ARGENTINA
Germán SOSA	Tecnología en Servicios Urbanos - TESUR S.A – Organización Techint
Pedro TORRES	UTN-Facultad Regional Avellaneda
Gabriel TROGLIA	Coordinador Comisión Estructuras de Acero de INTI-CIRSOC
Daniel TROGLIA	Profesional independiente
María Sandra URIZAR LEZCANO	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE – Fa- cultad de Ingeniería
José Luis VACATELLO	TELECOM ARGENTINA S.A
Jorge Luis VILLANUEVA	CLARO ARGENTINA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. CAMPO DE VALIDEZ	2
1.3. ESTADOS LÍMITE DE RESISTENCIA	2
1.4. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	2
1.5. ANÁLISIS	2
1.6. DEFINICIONES	3
1.7. SIMBOLOGÍA	4
1.8. MATERIALES - NORMAS IRAM e IRAM-IAS DE APLICACIÓN	4
1.9. REGLAMENTOS Y RECOMENDACIONES DE REFERENCIA	6
1.10. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA	7
1.10.1. Documentación de Proyecto	7
1.10.1.1. Planos	7
1.10.1.2. Memoria de cálculo	8
1.10.1.3. Especificaciones	9
1.10.2. Documentación conforme a obra	9
1.11. UNIDADES	9

CAPÍTULO 2. CARGAS 11

2.1. CAMPO DE VALIDEZ	11
2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS	11
2.3. COMBINACIÓN DE CARGAS	12
2.3.1. Simbología	12
2.3.2. Combinaciones de carga para estados límite de resistencia	12
2.4. EFECTOS TÉRMICOS	13
2.5. CARGAS PERMANENTES	13
2.5.1. Definiciones	13
2.6. CARGAS DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO Y DEL HIELO	13
2.6.1. Definiciones	13
2.6.2. Simbología	14
2.6.3. Disposiciones generales	17
2.6.4. Velocidad básica de viento y espesor de hielo de diseño	18
2.6.4.1. Estimación de las velocidades básicas de viento y de los espesores	

de hielo de diseño a partir de datos climáticos regionales	18
2.6.5. Categorías de exposición	18
2.6.5.1. Disposiciones generales	18
2.6.5.2. Coeficiente de presión dinámica	19
2.6.6. Efectos topográficos	19
2.6.6.1. Incremento de la velocidad del viento sobre colinas, montañas y escarpas	19
2.6.6.2. Categorías topográficas	20
2.6.6.3. Estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras	21
2.6.6.4. Factor topográfico	22
2.6.7. Factor de efecto de ráfaga	26
2.6.7.1. Estructuras reticuladas autosoportadas	26
2.6.7.2. Mástiles atirantados	26
2.6.7.3. Estructuras monoposte	26
2.6.7.4. Estructuras instaladas sobre otras estructuras	26
2.6.8. Espesor de hielo de diseño	27
2.6.9. Carga de viento de diseño	29
2.6.9.1. Fuerza de viento de diseño sobre la estructura	31
2.6.9.1.1. Área proyectada efectiva de estructuras reticuladas	31
2.6.9.1.2. Área proyectada efectiva de los monopostes	33
2.6.9.1.3. Viento e hielo uniformes aplicados a una estructura	35
2.6.9.2. Fuerza de viento de diseño sobre accesorios	36
2.6.9.2.1. Tubos de montaje para antenas	37
2.6.9.2.2. Área proyectada efectiva para marcos de montaje	39
2.6.9.2.3. Área proyectada efectiva para plataformas simétricas aportadas o reticuladas	40
2.6.9.2.4. Área proyectada efectiva para plataformas de bajo perfil	41
2.6.9.2.5. Área proyectada efectiva para plataformas simétricas en forma de anillo circular	44
2.6.9.3. Fuerza de viento de diseño sobre las riendas	46
2.6.9.4. Reparación del viento	46
2.6.9.5. Líneas de transmisión de sección circular o elíptica instaladas en grupos o bloques	48
2.6.9.6. Presión dinámica	50
2.7. CARGAS DEBIDAS A ACCIONES SÍSMICAS	50
2.8. ESTADO LIMITE DE SERVICIO	50
2.8.1. Definiciones	50
2.8.2. Deformaciones en estado límite	50
2.8.3. Cargas de servicio	51
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS	
3.1. CAMPO DE VALIDEZ	53
3.2. DEFINICIONES	53
3.3. SIMBOLOGÍA	53
3.4. MODELOS PARA ANÁLISIS	53
3.4.1. Aplicación de las fuerzas de viento a estructuras reticuladas	54
3.5. EFECTOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS	55
3.6. DISTRIBUCIONES DE LA CARGA DE VIENTO	55

3.6.1. Torres reticuladas autosoportadas	55
3.6.2. Mástiles atirantados	58
3.7. RESPUESTA A CORTE Y TORSIÓN EN MÁSTILES ATIRANTADOS	60

CAPÍTULO 4. PROYECTO POR ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

4.1. CAMPO DE VALIDEZ	61
4.2. DEFINICIONES	61
4.3. SIMBOLOGÍA	62
4.4. ESPECIFICACIONES GENERALES	66
4.4.1. Mínima resistencia de diseño de los arriostramientos	66
4.4.2. Relaciones de esbeltez	68
4.4.3. Valores de cálculo para la tensión de fluencia y para la tensión de rotura a tracción del acero	69
4.4.4. Excentricidades normales en las uniones	69
4.4.4.1. Montantes	69
4.4.4.2. Elementos de arriostramiento	69
4.5. MIEMBROS SOLICITADOS A COMPRESIÓN AXIAL	70
4.5.1. Relaciones de esbeltez de montantes	70
4.5.2. Relaciones de esbeltez de elementos de arriostramiento	70
4.5.2.1. Arriostramientos en cruz	70
4.5.2.2. Arriostramientos con disposición en “K” quebrados o arriostramientos aporticados	71
4.5.2.3. Arriostramientos con disposición en “K” quebrados o arriostramientos aporticados quebrados	71
4.5.3. Relaciones de esbeltez y especificaciones particulares y constructivas de miembros armados	71
4.5.3.1. Relaciones de esbeltez	80
4.5.3.2. Especificaciones particulares y constructivas	83
4.5.4. Resistencia de diseño a la compresión axial	85
4.5.4.1. Resistencia de diseño a compresión axial para pandeo flexional	85
4.5.4.2. Resistencia de diseño a compresión axial para pandeo torsional y flexotorsional	91
4.6. MIEMBROS SOLICITADOS A TRACCIÓN AXIAL	91
4.6.1. Miembros armados	91
4.6.2. Elementos de arriostramiento solicitados exclusivamente a tracción	92
4.6.3. Resistencia de diseño a tracción axial	92
4.6.3.1. Área neta (A_n)	93
4.6.3.2. Área neta efectiva (A_e)	95
4.7. MIEMBROS SOLICITADOS A FLEXIÓN Y A CORTE	101
4.7.1. Resistencia de diseño a flexión de elementos de sección circular maciza	101
4.7.2. Resistencia de diseño a flexión de elementos tubulares de sección circular (CHS)	101
4.7.3. Resistencia de diseño a flexión de elementos tubulares de sección poligonal	102
4.7.4. Resistencia de diseño a flexión de elementos consistentes en un ÚNICO perfil angular de ALAS IGUALES	102

4.7.4.1. Estado límite de pandeo local	103
4.7.4.2. Estado límite de plastificación	105
4.7.4.3. Estado límite de pandeo lateral torsional	105
4.7.4.4. Flexión alrededor de los ejes principales	106
4.7.4.5. Flexión alrededor de los ejes geométricos	107
4.7.4.5.1. Casos con restricción torsional	107
4.7.4.5.2. Ángulos de alas iguales sin restricción torsional	107
4.7.5. Resistencia de diseño a flexión de miembros con otras formas seccionales	108
4.7.6. Resistencia de diseño a corte de elementos tubulares de sección circular (CHS)	108
4.7.7. Resistencia de diseño a corte de elementos tubulares de sección poligonal	109
4.7.8. Resistencia de diseño al corte de elementos consistentes en un ÚNICO perfil angular de ALAS IGUALES	109
4.7.9. Resistencia de diseño a corte de miembros con otras formas seccionales	110
4.8. MIEMBROS SOMETIDOS A SOLICITACIONES COMBINADAS	110
4.8.1. Estructuras reticuladas	110
4.8.1.1. Miembros de sección circular maciza	111
4.8.1.2. Miembros tubulares de sección circular (CHS)	112
4.8.1.3. Miembros consistentes en un UNICO perfil angular de ALAS IGUALES	112
4.8.1.4. Para miembros con otras formas de la sección	114
4.8.2. Estructuras tubulares tipo monoposte	115
4.9. UNIONES Y ELEMENTOS AUXILIARES DE UNA UNIÓN	116
4.9.1. Uniones abulonadas y bulones	116
4.9.2. Dispositivos fijadores de tuercas	117
4.9.3. Bulones pretensados	117
4.9.4. Tamaño y uso de agujeros y distancias a los bordes	117
4.9.5. Uniones tipo aplastamiento	118
4.9.6. Resistencia de las uniones	118
4.9.6.1. Resistencia de diseño a la tracción de los bulones y elementos roscados en uniones tipo aplastamiento	118
4.9.6.2. Resistencia de diseño al corte en uniones tipo aplastamiento	118
4.9.6.3. Combinación de corte y tracción en uniones tipo aplastamiento	119
4.9.6.4. Resistencia al aplastamiento de la chapa en los agujeros.	120
4.9.6.5. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico	121
4.9.6.6. Resistencia de elementos de una unión	121
4.9.7. Empalmes	122
4.9.7.1. Estructuras tubulares tipo monoposte	123
4.9.8. Placas de unión para riendas	123
4.9.9. Pernos de anclaje	124
4.9.10. Uniones soldadas	125
CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN	
5.1. CAMPO DE VALIDEZ	127
5.2. DEFINICIONES	127
5.3. SIMBOLOGÍA Y NOTACIÓN	127
5.4. ACERO ESTRUCTURAL	127
5.4.1. Disposiciones generales	127
5.4.2. Acero no precalificado	128
5.4.3. Informes de los ensayos	129

5.4.4. Tolerancias	129
5.5. FABRICACIÓN	129
5.6. CONTROL DE LA CORROSIÓN	130
5.6.1. Disposiciones generales	130
5.6.2. Acero estructural	130
5.6.3. Bulones y accesorios	130
5.6.4. Reparaciones	130
5.6.5. Cables de acero para riendas	130
5.6.6. Anclajes de las riendas	131
5.6.7. Postes embebidos en el terreno	131
CAPÍTULO 6. OTROS MATERIALES ESTRUCTURALES	
6.1. CAMPO DE VALIDEZ	133
6.2. DISPOSICIONES GENERALES	133
6.3. CARGAS	133
6.4. ANÁLISIS	133
6.5. RESISTENCIA DE DISEÑO	133
CAPÍTULO 7. RIENDAS	
7.1. CAMPO DE VALIDEZ	135
7.2. DEFINICIONES	135
7.3. CABLES	136
7.3.1. Cordones para riendas	136
7.3.2. Cordones estructurales	136
7.3.3. Cuerdas de acero	136
7.4. ACCESORIOS PARA FIJACIÓN DE LOS EXTREMOS	136
7.4.1. Guardacabos y accesorios equivalentes	136
7.4.2. Terminales preformadas para cables	137
7.4.3. Grapas prensacables	137
7.4.4. Casquillos	139
7.4.4.1. Accesorios de zinc colado	139
7.4.4.2. Accesorios de resina colada	139
7.4.4.3. Accesorios para riendas de fibra de aramida	139
7.4.5. Otras formas de terminación	139
7.4.6. Grilletes forjados	139
7.4.7. Dispositivos de tesado	13
7.4.7.1. Tensores forjados	140
7.4.7.2. Tensores en U o tipo puente	140
7.5. AMORTIGUADORES DE LAS RIENDAS	140
7.6. DISEÑO	140
7.6.1. Tensión inicial	140
7.6.2. Resistencia de diseño	141

7.6.2.1. Resistencia última a la rotura	141
7.6.2.2. Factor de eficiencia de los accesorios para fijación de los extremos	141
7.6.3. Módulo de elasticidad	142
7.6.4. Articulaciones	142
7.7. FABRICACIÓN	142
7.7.1. Carga de prueba	142
7.7.2. Pretensado	142
7.7.3. Mediciones de longitud	142
7.7.4. Aplicación de rayas	142
7.8. INSTALACIÓN	142
CAPÍTULO 8. AISLADORES	
8.1. CAMPO DE VALIDEZ	145
8.2. DISEÑO	145
8.3. FABRICACIÓN	146
CAPÍTULO 9. FUNDACIONES Y ANCLAJES	
9.1. CAMPO DE VALIDEZ	147
9.2. DEFINICIONES	147
9.3. ESTUDIO DEL SUBSUELO	147
9.4. RESISTENCIA DE DISEÑO	147
9.4.1. Resistencia de diseño del suelo o la roca	148
9.4.2. Resistencia de diseño de la subestructura	148
9.5. DESPLAZAMIENTOS	149
9.6. CONSIDERACIONES SÍSMICAS	149
9.7. CONSIDERACIONES RESPECTO DE LA PROFUNDIDAD DE LAS HELADAS	149
9.8. CONDICIONES SUMERGIDAS	149
CAPÍTULO 10. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN	
10.1. CAMPO DE VALIDEZ	151
10.2. DEFINICIONES	151
10.3. DISPOSICIONES GENERALES	151
10.4. RESISTENCIA ELÉCTRICA	152
10.5. MATERIALES PARA PUESTA A TIERRA	152
CAPÍTULO 11. BALIZAMIENTO	153

CAPÍTULO 12. INSTALACIONES PARA ASCENSO

12.1. CAMPO DE VALIDEZ	155
12.2. DEFINICIONES	155
12.3. DISPOSICIONES GENERALES	156
12.3.1. Dispositivos de seguridad para escalada	157
12.4. REQUISITOS DE RESISTENCIA	157
12.5. REQUISITOS DIMENSIONALES	158
12.6. ANCLAJES PARA ESCALADORES	160
12.7. PLATAFORMAS	160
12.8. CALIFICACIÓN DE LOS ESCALADORES	161

CAPÍTULO 13. PLANOS , TOLERANCIAS EN EL ARMADO Y SEÑALIZACIÓN

13.1. CAMPO DE VALIDEZ	163
13.2. PLANOS	163
13.3. TOLERANCIAS	164
13.3.1. Altura total	164
13.3.2. Tensiones en las riendas	164
13.3.3. Verticalidad	164
13.3.4. Torsión	
13.3.5. Empalme por encastre deslizante (embonados)	164
13.3.6. Linealidad	164
13.3.7. Mediciones	165
13.3.8. Dispositivos de tesado	165
13.4. MARCACIÓN	165

CAPÍTULO 14. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO Y CONDICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

14.1. CAMPO DE VALIDEZ	167
14.2. INTERVALOS MÁXIMOS	167

CAPÍTULO 15. ESTRUCTURAS EXISTENTES

15.1 CAMPO DE VALIDEZ	169
15.2. DEFINICIONES	169
15.3. CLASIFICACIÓN	169
15.4. MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES QUE REQUIEREN UN ANÁLISIS	

ESTRUCTURAL.	170
15.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	170
15.5.1. Análisis estructural de factibilidad	170
15.5.2. Análisis estructural riguroso	170
15.5.3. Fuentes de información	171
15.5.4. Informes de los análisis estructurales	171
15.6. EXCEPCIONES	171
15.7. MODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES	172
15.8. CRITERIOS PARA EL REFUERZO DE ESTRUCTURAS	172
CAPÍTULO 16. INSTALACIÓN	175
ANEXOS	
ANEXO A. LINEAMIENTOS PARA ADQUISICIÓN Y USO	177
A.1. CONSIDERACIONES GENERALES	177
A.2. CARGAS	177
A.2.2. Clasificación de las estructuras	177
A.2.3.2. Combinaciones de carga para estados límite de resistencia	178
A.2.4. Efectos térmicos	178
A.2.6.4. Velocidad básica de viento y espesor de hielo de diseño	178
A.2.6.5. Categorías de exposición	178
A.2.6.6.2. Categoría topográfica	178
A.2.6.6.3. Estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras	179
A.2.6.9.5. Líneas de transmisión instaladas en grupos o bloques	179
A.2.6.9.6. Presión dinámica	179
A.2.7.3. Cargas debidas a acciones sísmicas	180
A.2.8. Estado límite de servicio	180
A.5.6.6. Anclajes de las riendas (control de corrosión)	180
A.5.6.7. Postes embebidos en el terreno (control de la corrosión)	180
A.7.5. Amortiguadores de las riendas	180
A.9. Fundaciones y anclajes	181
A.10. Puesta a tierra de protección	181
A.11. Balizamiento aeronáutico	182
A.12. Instalaciones para ascenso y trabajo	182
A.15.3. Clasificación de las estructuras existentes	182
ANEXO B. VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO, ESPESOR DE HIELO Y ZONIFICACIÓN SÍSMICA	183
B.1. Mapa de velocidad básica del viento (sin hielo) en la República Argentina	183
B.2. Espesores de hielo de diseño en la República Argentina	194

B.3. Zonificación Sísmica	195
ANEXO C. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE ANTENAS	197
C.1. CARGA TÍPICA DE ANTENAS PARA OPERADORES INALÁMBRICOS	197
C.2. CARGAS SOBRE ANTENAS TÍPICAS DE MICROONDAS	198
ANEXO D. LIMITACIONES DE ROTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE LAS ANTENAS DE MICROONDAS	205
ANEXO E. EFECTOS OCASIONADOS POR LA ROTURA DE LAS RIENDAS	
E.1. CAMPO DE VALIDEZ	207
E.2. INTRODUCCIÓN	207
E.3. MÉTODO DE ANÁLISIS	208
ANEXO F. PARÁMETROS PRESUNTOS DEL SUELO	211
ANEXO G. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	213
ANEXO H. CONTROL ADICIONAL DE LA CORROSIÓN	215
ANEXO I. ACCESORIOS PARA EL ASCENSO	217
ANEXO J. MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS EXISTENTES	219
J.1. MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA ESTRUCTURA Y SUS ELEMENTOS Y ACCESORIOS	219
J.2. RELEVAMIENTO DE CAMPO	222
J.2.1. Relevamiento de los accesorios	222
J.2.2. Relevamiento de componentes estructurales	222
J.2.2.1. Estructuras autosoportadas reticuladas	222
J.2.2.2. Mástiles atirantados	223
J.2.2.3. Monopostes	224
J.2.2.4. Uniones	224
ANEXO K. MEDICIÓN DE LAS TENSIONES EN LAS RIENDAS	229
A. MÉTODO DIRECTO	229
B. MÉTODOS INDIRECTOS	229
ANEXO L. CONVERSIÓN DE VELOCIDADES DE VIENTO	235
BIBLIOGRAFIA	237

CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

Este Reglamento Nacional de Seguridad establece los requisitos mínimos para el proyecto, cálculo, fabricación, montaje, protección, control de calidad y conservación de las estructuras de acero para antenas o que sean soporte de antenas de sistemas de comunicación, microondas, radiodifusión, VHF, UHF, etc.

Este Reglamento requiere el conocimiento adecuado tanto de los métodos de cálculo, como de los materiales utilizados, y de las técnicas de fabricación y montaje de este tipo de estructuras.

Por esta razón, el proyecto, cálculo y dirección de los trabajos de construcción y montaje de las estructuras deberán ser realizados por profesionales con título habilitante y el montaje por empresas con técnicos y operarios calificados, que garanticen la correcta ejecución de la obra.

Este Reglamento está desarrollado en base a los lineamientos internacionales más reconocidos y representa, tanto a juicio de la Comisión Redactora como de la Comisión Permanente de Estructuras de Acero de INTI-CIRSOC las prácticas aceptadas por la industria en relación con los requisitos mínimos para el diseño de antenas y estructuras que soportan antenas.

Este Reglamento describe los requisitos mínimos para la mayoría de las tipologías estructurales de estructuras de acero para antenas y soporte de antenas, pero para aquellas estructuras poco habituales en cuanto a su altura o geometría, o en cuanto a la forma y tamaño de algunos de sus elementos individuales, o ubicadas en emplazamientos donde las condiciones geológicas o climáticas sean inusuales, se deberán requerir consideraciones adicionales. En estos casos se deberá realizar un diseño racional basado en la teoría, el análisis, el conocimiento de las condiciones locales y las buenas prácticas de la ingeniería.

El diseño deberá ser realizado por un profesional calificado en los métodos de diseño y materiales específicos a utilizar, y deberá proveer un nivel de seguridad y desempeño iguales o superiores a los implícitos en este Reglamento.

Este Reglamento contiene Anexos con información que permite optimizar la utilización del contenido de los distintos Capítulos.

El **Anexo A** contiene lineamientos para la especificación y uso de las estructuras contempladas en este Reglamento, y una guía para ayudar en la especificación de los requisitos de una determinada estructura. Cuando se conozcan los requisitos de carga específicamente aplicables al sitio de emplazamiento, éstos tendrán prioridad sobre los requisitos mínimos establecidos en este Reglamento. Los datos específicos del sitio de emplazamiento que difieran de aquellos contenidos en este Reglamento se deberán incluir en las especificaciones de la estructura.

1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento es de aplicación para el diseño, cálculo, construcción y montaje de estructuras de acero utilizadas como antenas o soportes de antenas.

Este Reglamento establece los requisitos para el diseño estructural y para la fabricación de estructuras nuevas así como para la modificación de estructuras existentes, además de especificar requisitos para el diseño estructural, la fabricación y la modificación de las estructuras, soportes, componentes estructurales, riendas, aisladores y fundaciones que soportan antenas.

Este ***Reglamento se basa en el diseño por estados límite***. Se aplica fundamentalmente a las estructuras de acero, pero en caso de ser requerido, también será de aplicación para otros materiales de manera de proveer un nivel de confiabilidad equivalente.

Este Reglamento ***no es de aplicación*** para aquellas estructuras que soportan antenas pero que han sido diseñadas principalmente para otras aplicaciones (tanques de agua, estructuras para líneas de transmisión eléctrica, estructuras para carteles, edificios, puentes, etc.) para las que se deberán utilizar los Reglamentos CIRSOC e INPRES-CIRSOC específicos.

Este Reglamento ***es de aplicación*** para el cálculo de las áreas efectivas proyectadas de los accesorios (antenas, soportes, cables, etc.) y para la determinación de los estados límite de servicio apropiados para las estructuras que soportan antenas.

1.3. ESTADOS LÍMITE DE RESISTENCIA

Una estructura diseñada de acuerdo con este Reglamento deberá tener la resistencia y estabilidad suficientes como para que, la ***resistencia de diseño, ϕR_n*** , definida en el Capítulo 4, sea mayor o igual que la resistencia requerida, ***$\alpha_i Q_i$*** , definida en el Capítulo 2, tal como se expresa en la siguiente expresión:

$$\phi R_n \geq \alpha_i Q_i$$

1.4. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Una estructura diseñada de acuerdo con este Reglamento deberá tener rigidez suficiente para que, bajo las cargas de servicio definidas en el artículo **2.8.3.**, no se superen las deformaciones en estado límite definidas en el artículo **2.8.2.**

1.5. ANÁLISIS

Las solicitaciones sobre los elementos estructurales individuales se deberán determinar mediante métodos de análisis estructural que consideren el equilibrio, la estabilidad general, la compatibilidad geométrica y las propiedades de los materiales de acuerdo con el Capítulo 3.

Los mástiles atirantados de más de **30 m** de altura, instalados sobre terrazas, con disposición simétrica en planta y en altura y que presenten una relación entre la distancia

hasta el anclaje más alejado y su altura inferior a **0,30**, o inferior a **0,50** en caso de **disposiciones fuertemente asimétricas**, serán considerados **Clase III** según el artículo 2.2 y deberán ser analizados considerando la influencia de los efectos de segundo orden en el interior de los elementos, según el artículo 3.5. Se considerará además, la necesidad de investigar la **rotura de las riendas** según el **Anexo E**.

1.6. DEFINICIONES

Antena estructural: Estructura diseñada para emitir o recibir ondas electromagnéticas, incluyendo los reflectores, directores y pantallas.

Carga mayorada: Producto entre la carga nominal y un factor de carga.

Cargas nominales: Magnitudes de las cargas especificadas en este Reglamento para cargas permanentes, sobrecargas de uso, de viento, de hielo, de viento sobre hielo, sísmicas, y correspondientes a los accesorios para ascenso e instalaciones de trabajo.

Diseño por resistencia: Método de dimensionamiento de elementos estructurales según el cual los esfuerzos calculados que las cargas mayoradas producen en los elementos no deben ser mayores que las resistencias de los elementos.

Estado límite: Condición más allá de la cual una estructura o elemento deja de ser apto para el servicio y se considera que ya no es útil para la función pretendida o es inseguro para dicha función.

Estructura que soporta antenas: Estructura que soporta antenas o arreglos de antenas, incluyendo sus riendas, los anclajes de las riendas y las subestructuras.

Factor de carga, α_i : Factor que toma en cuenta las desviaciones de la carga real respecto de la carga nominal, las incertidumbres en el análisis que transforma la carga en solicitaciones, y la probabilidad de que 2 o más cargas extremas ocurran simultáneamente.

Factor de resistencia, ϕ : Factor que toma en cuenta el modo de falla y sus consecuencias, además de las inevitables desviaciones respecto de la resistencia nominal calculada.

Resistencia de diseño, ϕR_n : Producto entre la resistencia nominal y un factor de resistencia.

Resistencia nominal, R_n : Capacidad de una estructura o elemento para resistir las solicitaciones.

Resistencia requerida, $\sum \alpha_i Q_i$: Sumatoria de las solicitaciones debidas a las cargas mayoradas y combinaciones de cargas aplicadas.

Solicitaciones: Respuestas de fuerza y deformación que las cargas mayoradas aplicadas producen en las estructuras y sus elementos.

1.7. SIMBOLOGÍA

ϕR_n resistencia de diseño (resistencia nominal multiplicada por un factor de resistencia).

$\sum \alpha_i Q_i$ resistencia requerida (solicitaciones debidas a las cargas y combinaciones de cargas mayoradas).

1.8. MATERIALES - NORMAS IRAM e IRAM-IAS de APLICACIÓN

Normas IRAM

IRAM 545	Fundición maleable de corazón negra, ferrítica.
IRAM 547	Cables de acero para usos generales.
IRAM 629	Fundición de hierro gris.
IRAM 722	Cordones de acero cincado para usos generales.
IRAM 777	Alambres de acero cincado para la fabricación de riendas y cordones de guardia.
IRAM 3605	Dispositivos de protección individual contra caídas de altura. (Dispositivo anticaída).
IRAM 3622-1	Protección individual contra caídas de altura. Parte 1: Sistemas anticaídas. Requisitos y métodos de ensayo.
IRAM 3622-2	Protección individual contra caídas de altura. Sistemas de sujeción y posicionamiento.
IRAM 3626	Protección individual contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y métodos de ensayo.
IRAM 5336	Tornillos, bulones, espárragos, tuercas y arandelas. Requisitos del cincado por inmersión en caliente.
IRAM 5334	Guardacabos para cables.
IRAM 5358	Grapa prensacables de caballete para cables de acero.

Normas IRAM-IAS:

IRAM-IAS 500-16-1	Acero. Método de ensayo a la flexión por impacto con péndulo Charpy sobre probeta con entalladura en V.
IRAM-IAS U 500-42	Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, para uso estructural.

IRAM- IAS U 500-115	Fundición de hierro gris austenítica.
IRAM- IAS U 500- 163	Fundición de hierro blanca resistente a la abrasión.
IRAM- IAS U 500-180	Flejes de acero al carbono, laminados en caliente, para uso estructural.
IRAM- IAS U 500-218	Tubos de acero sin costura para uso estructural y aplicaciones mecánicas en general.
IRAM- IAS U 500-219	Tubos de baja aleación y alta resistencia, con y sin costura para uso estructural.
IRAM- IAS U 500-503	Aceros al carbono para uso estructural.
IRAM- IAS U 500- 526	Fundición maleable de corazón negro.
IRAM- IAS U 500-531	Fundición maleable de corazón blanco.
IRAM- IAS U 500-558	Perfiles ángulo de acero, de alas iguales, laminados en caliente.
IRAM- IAS U 500-2592	Tubos de acero al carbono, con costura, para uso estructural.

Hasta tanto IRAM e IRAM – IAS no redacten las normas nacionales correspondientes, se podrán utilizar los siguientes documentos internacionales:

ASTM A27 / A27M - 10	Standard Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application
ASTM A148 / A148M - 08	Standard Specification for Steel Castings, High Strength, for Structural Purposes
ASTM A53/A53M - 12	Especificación Normalizada para Tubos de Acero Negro e Inmersos en Caliente, Galvanizados, Soldados y Sin Costura.
ASTM A153 / A153M - 09	Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.
ASTM A370 - 12a	Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
ASTM A603 -2009	Standard Specification for Zinc-Coated Steel Structural Wire Rope.
ASTM A 780	Standard Practice for repair of damaged and uncoated areas of hot-dip galvanized coatings.
ASTM B6 - 13	Standard Specification for Zinc.

ASTM B415 - 98(2013)	Standard Specification for Hard-Drawn Aluminum-Clad Steel Wire.
ASTM B416 - 98(2013)	Standard Specification for Concentric – Lay – Stranded Aluminum - Clad Steel Conductors.
ASTM B 695 - 04(2009)	Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel.
ASTM E23 - 12c	Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials

1.9. REGLAMENTOS y RECOMENDACIONES DE REFERENCIA

Además de las normas IRAM e IRAM-IAS especificadas en el artículo **1.8.** serán de aplicación los Reglamentos y Recomendaciones CIRSOC e INPRES-CIRSOC que se detallan a continuación:

CIRSOC 101-2005	<i>Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras.</i>
CIRSOC 102-2005	<i>Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones.</i>
INPRES-CIRSOC 103 - 2013	<i>Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte I: "Construcciones en General".</i>
INPRES-CIRSOC 103-2005	<i>Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes. Parte IV: "Construcciones de Acero. "</i>
CIRSOC 104-2005	<i>Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones.</i>
CIRSOC 108-2007	<i>Reglamento Argentino de Cargas de Diseño para las Estructuras durante su Construcción.</i>
CIRSOC 201-2005	<i>Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.</i>
CIRSOC 302-2005	<i>Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios.</i>
CIRSOC 303-2009	<i>Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Acero de Sección Abierta Conformados en Frío.</i>
CIRSOC 304-2007	<i>Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras de Acero.</i>
CIRSOC 305-2007	<i>Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia.</i>

CIRSOC 307-2018 **Guía para la Construcción Metálica .**

CIRSOC 308-2007 **Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular.**

CIRSOC 309-2017 **Reglamento Argentino de Estructuras Mixtas (en preparación).**

1. 10. DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO Y DOCUMENTACIÓN CONFORME A OBRA

1.10.1. Documentación de Proyecto

La **documentación de Proyecto** es el conjunto de planos generales y de detalles básicos, memoria de cálculo y especificaciones de materiales, fabricación, protección anticorrosiva, otras protecciones, montaje y construcción de la estructura.

1.10.1.1. Planos

Los planos se deben ejecutar en escala adecuada a la información que presentan. Deberán contener toda la **información necesaria para la ejecución de los planos de taller y de montaje** y para la ejecución de la estructura como ser:

- (a)** Dimensiones, formas seccionales y ubicación relativa de todos los elementos estructurales; deben estar acotados niveles de pisos, ejes de vigas, centros de columnas; rigidizaciones y arriostramientos.
- (b)** Tipo o tipos de estructura adoptados .Cuando así correspondiera en los planos generales y de detalles básicos, se indicarán cargas y requerimientos necesarios para la preparación de los planos de fabricación, incluyendo los esfuerzos requeridos de corte, axil y flexión de las barras y sus uniones.
- (c)** Especificación de los aceros a utilizar en los elementos estructurales.
- (d)** Detalle de las uniones; de las dimensiones y tipos de acero a utilizar en remaches y bulones; cuando se proyecten uniones con bulones de alta resistencia se indicará el tipo de unión proyectada , detalle de las uniones soldadas según las especificaciones del reglamento correspondiente, indicando calidad de electrodos.
- (e)** Dimensiones, detalles y materiales de todo otro elemento constructivo que forme parte de la estructura.
- (f)** Contraflechas de cerchas, vigas y vigas armadas.
- (g)** En los casos en que fuera necesario, el esquema previsto para el montaje de la estructura, con indicación de los puntos de izaje o eslingado de los elementos a montar; de las posiciones que ocuparán temporariamente los equipos principales o auxiliares de montaje; de los arriostramientos provisionales necesarios y su anclaje; etc.
- (h)** Planos de andamios y apuntalamientos que requieran cálculos estructurales.

- (i) En casos en que las longitudes de los elementos puedan ser afectadas por variaciones de temperatura durante el montaje, se indicará la amplitud de variación térmica prevista.
- (j) Protección contra la corrosión adoptada.
- (k) Indicación de los revestimientos u otros medios de protección contra el fuego previstos.
- (l) Dimensiones, detalles y materiales de bases y fundaciones de la estructura.
- (m) Listado aclaratorio de la simbología especial empleada en los planos.
- (n) Toda información complementaria que el o los Proyectistas o Diseñadores Estructurales estimen conveniente para facilitar la interpretación del proyecto o resguardar su responsabilidad.

1.10.1.2. Memoria de cálculo

La **memoria de cálculo** debe presentar en forma clara todo el proceso de cálculo empleado para el dimensionamiento y verificación de la resistencia y estabilidad de la estructura, sus elementos estructurales y sus uniones. En ella se debe incluir:

- (a) Memoria descriptiva de la estructura, con indicación de materiales a utilizar, síntesis del proceso de cálculo y dimensionamiento adoptado para su proyecto y tecnología prevista para su construcción.
- (b) Acciones y combinaciones de acciones consideradas con indicación de los valores nominales adoptados para las acciones y los Reglamentos aplicados. En el caso de estructuras sobre las que se instalarán equipos se deberán indicar las cargas consideradas para dichos equipos.
- (c) Tipos de estructura adoptados y métodos de cálculo empleados para determinar las resistencias requeridas para los estados límites considerados.
- (d) Resistencias requeridas para los estados límites últimos considerados, para la estructura en su conjunto y para cada elemento estructural y sus uniones.
- (e) Resistencia de diseño determinada para cada estado límite último considerado para los distintos elementos estructurales, sus uniones y la estructura en su conjunto, con indicación del tipo de recaudo constructivo y los materiales adoptados con sus características mecánicas.
- (f) Estados límites de servicio considerados.
- (g) Desarrollo de los detalles de uniones necesarios para la ejecución de los planos de taller.
- (h) Cuando correspondiera, procedimiento de montaje incluyendo verificación de resistencia y estabilidad de los elementos y del conjunto durante el proceso constructivo, determinación de los puntos de izaje de los elementos a montar, proyecto de los apuntalamientos temporarios, etc.
- (i) Capacidad portante del suelo de fundación en compresión y en tracción cuando corresponda.

- (j) Toda otra información complementaria que el o los Proyectistas o Diseñadores Estructurales consideren conveniente para clarificar el proceso de proyecto o resguardar su responsabilidad.

1.10.1.3. Especificaciones

Las especificaciones contendrán todas las indicaciones necesarias para la correcta fabricación, montaje, construcción y control de calidad de la estructura proyectada. Se podrán referenciar especificaciones contenidas en este Reglamento o en otros que sean de aplicación. Asimismo se deben indicar los aspectos básicos del plan de tareas de mantenimiento a realizar durante la vida útil de la estructura.

1.10.2. Documentación conforme a obra

La documentación conforme a obra debe contener la información técnica que describa como está proyectada y construida la estructura debiendo individualizar a los profesionales responsables de cada etapa. Constituye la certificación de la seguridad estructural durante la vida útil mientras se conserven las condiciones consideradas en el proyecto, y el antecedente cierto para toda cuestión técnica en litigio y para proyectar modificaciones, ampliaciones o refuerzos, y para analizar las condiciones de seguridad ante cualquier cambio que altere las hipótesis del proyecto original.

Ella deberá contener:

- (a) Planos de acuerdo con el artículo 1.10.1.1.
- (b) Memoria de cálculo de acuerdo con el artículo 1.10.1.2.
- (c) Informe sobre el suelo de fundación, sus características y su capacidad portante.
- (d) Especificaciones de acuerdo con el artículo 1.10.1.3.
- (e) Memoria descriptiva de la construcción de la estructura, con indicación de toda modificación introducida en el proyecto original con sus respectivos planos y memoria de cálculo.
- (f) Memoria con el proceso y resultados del control de calidad efectuado.
- (g) Memoria con indicación de la protección contra la corrosión y el fuego realizada.
- (h) Plan de tareas de mantenimiento a realizar durante la vida útil.
- (i) Toda otra información que el o los Profesionales intervinientes estimen necesaria para cumplir el objetivo de la documentación conforme a obra o resguardar su responsabilidad.

1.11. UNIDADES

Las unidades utilizadas en este Reglamento corresponden al **Sistema Métrico Legal Argentino** (SIMELA) según Ley 19511/72.

CAPÍTULO 2. CARGAS

2.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento utiliza criterios de carga que se basan en una probabilidad de ocurrencia anual y de ninguna forma pretende abarcar todas las condiciones ambientales que podrían existir en una ubicación particular, razón por la cual el Proyectista Estructural será quien defina las cargas actuantes en función de las condiciones de emplazamiento de la estructura.

Este Capítulo proporciona requisitos de carga mínimos para antenas y estructuras soporte de antenas.

2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

A los fines de determinar las cargas nominales de viento, nieve, hielo y sismo, las estructuras se clasificarán de acuerdo con la **Tabla 2.1**.

Tabla 2.1. Clasificación de las estructuras

Descripción de la estructura	Clase
Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un bajo peligro para la vida humana y daño a la propiedad en caso de falla y/o son usadas para servicios opcionales y/o donde una demora en el retorno de los servicios puede ser aceptable.	I
Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un peligro significativo para la vida humana y/o daño a la propiedad en caso de falla y/o son usadas para servicios que pueden ser provistos por otros medios.	II
Estructuras que debido a la altura, uso o ubicación representan un peligro considerable para la vida humana y/o daño a la propiedad en caso de falla y/o son usadas para comunicaciones esenciales.	III
Nota: Las estructuras que presenten relaciones excepcionalmente reducidas entre su dimensión en la base y su altura o entre su pie de riendas y su altura, y que se encuentren ubicadas en zonas urbanas, serán clasificadas en la categoría inmediata superior a la que les correspondería sin considerar tales relaciones.	

2.3. COMBINACIÓN DE CARGAS

2.3.1. Simbología

- D carga permanente de la estructura y accesorios, excluyendo las riendas.
- D_g carga permanente de las riendas.
- D_i peso del hielo debido al espesor de hielo mayorado.
- E carga sísmica.
- T_i efecto de cargas debidas a la temperatura.
- W_o carga de viento sin hielo.
- W_i carga de viento concurrente con el espesor de hielo mayorado.

2.3.2. Combinaciones de carga para estados límite de resistencia

Las estructuras y fundaciones se deberán diseñar de manera tal que su resistencia de diseño sea igual o mayor que los efectos de carga debidos a las cargas mayoradas para cada una de las siguientes combinaciones correspondientes al estado límite:

1. $1,2 D + 1,0 D_g + 1,6 W_o$
2. $0,9 D + 1,0 D_g + 1,6 W_o$
3. $1,2 D + 1,0 D_g + 1,0 D_i + 0,7 W_i + 1,0 T_i$
4. $1,2 D + 1,0 D_g + 1,0 E$
5. $0,9 D + 1,0 D_g + 1,0 E$

Excepciones:

1. **No es necesario** considerar los efectos de la temperatura para estructuras autosoportadas.
2. **No es necesario** considerar las cargas debidas a hielo y sismo para estructuras de **Clase I**.
3. **No se deberán aplicar factores de carga a la tensión inicial de las riendas.**
4. Las combinaciones **2** y **5** se deben aplicar solamente a **estructuras autosoportadas**.

Notas:

1. En el artículo 2.6.8. , al **espesor de hielo** se le debe aplicar un factor de conversión de estado límite para la carga de hielo.
2. En las **combinaciones 4 y 5**, para determinar las **cargas sísmicas E** se deberán usar las **cargas permanentes no mayoradas**.
3. Para el diseño de fundaciones, el peso del suelo y de la subestructura se deberán considerar como **cargas permanentes en todas las combinaciones de carga**.

2.4. EFECTOS TÉRMICOS

La tensión de diseño de las riendas se debe basar en la temperatura inicial de **15° C**.

En ausencia de datos más precisos correspondientes al sitio de emplazamiento, se debe considerar que se produce una reducción de **10° C** en la temperatura para las combinaciones de carga que incluyen hielo.

2.5. CARGAS PERMANENTES

2.5.1. Definiciones

Carga permanente, D : peso de la estructura y de los accesorios, excluyendo las riendas y, para el diseño de fundaciones, el peso del suelo y la subestructura.

Carga permanente de riendas, D_g : peso del conjunto de riendas, incluyendo las riendas propiamente dichas, accesorios de los extremos y aisladores.

2.6. CARGAS DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO Y DEL HIELO

2.6.1. Definiciones

Accesorios: elementos unidos a la estructura tales como antenas, soportes de antenas, líneas de transmisión, conductos, equipos de iluminación, escaleras, plataformas, carteles, dispositivos de protección, etc.

Accesorio lineal: accesorio que se puede modelar como una carga distribuida.

Accesorio puntual: accesorio que se puede modelar como carga concentrada.

Accesorio simétrico: accesorio para el cual el área proyectada efectiva (**EPA**) se considera constante para todas las direcciones del viento.

Altura de una estructura, h : altura de la estructura, incluyendo los voladizos (“pilones” de celosía o tubulares) instalados sobre la estructura, pero excluyendo los pararrayos y otros accesorios similares.

Área proyectada efectiva (EPA): área proyectada de un objeto multiplicada por un coeficiente de fuerza, (también llamado coeficiente de resistencia aerodinámica o coeficiente de empuje o factor de arrastre) que se utiliza en la determinación de las cargas de viento.

Colina: superficie de terreno que se caracteriza por un fuerte relieve en **todas** las direcciones horizontales.

Cordillera: cadena montañosa caracterizada por un fuerte relieve en **dos direcciones**.

Escarpa: superficie de terreno que presenta una pendiente pronunciada o un acantilado que generalmente separa dos niveles o áreas de pendiente suave.

Espesor de hielo de diseño, t_i : espesor uniforme radial de hielo liso a una altura de **10 m** sobre el nivel del terreno para una **categoría de exposición C** tal como se define en el artículo 2.6.5.1. para un intervalo de recurrencia de **50 años**.

Factor de importancia, I : factor que tiene en cuenta el grado de riesgo para la vida humana, los daños a la propiedad y la confiabilidad del servicio.

Fuerza de viento de diseño, F_w : fuerza estática equivalente que se utiliza para la determinación de las cargas de viento.

Hielo liso: acumulación de hielo que se supone tiene un peso unitario de **8,8 kN/m³**.

Peso de hielo, D_i : peso mayorado de hielo acumulado sobre la estructura, riendas y accesorios.

Presión dinámica, q_z : presión estática equivalente que se utiliza para la determinación de las cargas de viento.

Velocidad básica del viento, V : velocidad de una ráfaga de viento de **3 segundos** a una altura de **10 m** sobre el nivel del terreno para una **categoría de exposición C** tal como se define en el artículo 2.6.5.1. para un intervalo de recurrencia de **50 años**.

2.6.2. Simbología

α exponente de la ley potencial de la velocidad de ráfaga de **3 segundos**.

ε relación de solidez de la estructura sin accesorios.

θ ángulo relativo entre el azimut de un accesorio y la dirección del viento.

θ_g ángulo de incidencia del viento respecto de la cuerda de una rienda.

A_a área proyectada de un accesorio.

A_f área proyectada de los componentes estructurales planos.

A_{fs} área proyectada de los componentes planos que soportan un marco o conjunto de montaje (plataforma, soportes diversos con sus accesorios, etc.).

A_g área bruta de una cara de la torre o marco de montaje.

A_{iz} área de la sección transversal de hielo a la altura **z**, o marco de montaje.

A_p área proyectada de una estructura tipo monoposte.

A_r área proyectada de los componentes estructurales circulares.

A_{rs} área proyectada de los componentes circulares que soportan marcos de montaje.

C coeficiente de velocidad para elementos circulares, tubulares y poligonales.

C_a	coeficiente de fuerza para un accesorio lineal o puntual.
C_{as}	coeficiente de fuerza para un marco de montaje.
C_d	factor de arrastre para una rienda.
C_f	coeficiente de fuerza para una estructura.
d	diámetro de una rienda.
D	diámetro de una estructura tipo monoposte, un componente estructural circular o un accesorio circular.
D_c	mayor dimensión de extremo a extremo de la sección transversal de un elemento.
D_f	factor de dirección del viento para componentes estructurales planos.
D_i	peso del hielo.
D_r	factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares.
D_s	menor dimensión proyectada de un elemento.
$(EPA)_A$	área proyectada efectiva de un accesorio.
$(EPA)_{FN}$	área proyectada efectiva normal de los elementos que soportan un marco de montaje.
$(EPA)_{FT}$	área proyectada efectiva transversal de los elementos que soportan un marco de montaje.
$(EPA)_{MN}$	área proyectada efectiva normal de un marco de montaje.
$(EPA)_{MT}$	área proyectada efectiva transversal de un marco de montaje.
$(EPA)_N$	área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento normal al azimut de un accesorio.
$(EPA)_S$	área proyectada efectiva de la estructura.
$(EPA)_T$	área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento de un accesorio.
e	base de los logaritmos naturales.
f	factor de atenuación dependiente de la altura.
F_A	fuerza de viento de diseño sobre los accesorios.
F_G	fuerza de viento de diseño sobre las riendas.

F_{ST}	fuerza de viento de diseño sobre la estructura.
F_W	carga de viento de diseño.
G_h	factor de efecto de ráfaga.
h	altura de la estructura.
H	altura de la cima sobre el terreno circundante.
I	factor de importancia. (Tabla 2.3.).
K_a	factor de reparo del viento para los accesorios (o factor de interferencia de la estela).
K_d	factor de probabilidad de dirección del viento. (Tabla 2.2.).
K_e	constante de terreno.
K_h	factor de reducción dependiente de la altura.
K_{iz}	factor de incremento, dependiente de la altura, para el espesor de hielo.
K_t	constante topográfica.
K_z	coeficiente de presión dinámica.
K_{zmin}	valor mínimo para K_z .
K_{zt}	factor topográfico.
L_g	longitud de una rienda.
q_z	presión dinámica.
R_s	relación entre el área proyectada de los accesorios y el área proyectada del elemento estructural.
R_f	factor de reducción para un elemento circular en una cara de una torre.
R_{rf}	factor de reducción para un elemento circular en un marco de montaje.
t_i	espesor de hielo de diseño para el sitio de emplazamiento.
t_{iz}	espesor nominal del hielo liso radial a la altura z .
V	velocidad básica del viento.
z	altura sobre el terreno.
z_g	altura nominal de la capa límite atmosférica.

2.6.3. Requerimientos generales

Las antenas y estructuras que soportan antenas tienen geometrías y características de respuesta poco habituales frente a las cargas debidas a la acción del viento. Las disposiciones de este Reglamento consideran los efectos de amplificación de las cargas que provocan las ráfagas de viento, en resonancia con las vibraciones en el sentido del viento, en aquellas estructuras autosoportadas y atirantadas que soportan antenas, mediante el siguiente procedimiento:

1. Se debe determinar la velocidad básica del viento, V , y el espesor de hielo de diseño según el artículo 2.6.4.
2. Se debe determinar un factor de probabilidad de dirección del viento, K_d , según la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2. Factor de probabilidad de dirección del viento

Tipo de estructura	Factor de probabilidad de dirección del viento, K_d
Estructuras reticuladas con sección transversal triangular, cuadrada o rectangular incluyendo accesorios.	0,85
Monopostes, estructuras reticuladas con secciones transversales que no sean triangulares, cuadradas o rectangulares, diseño por resistencia de accesorios.	0,95

3. Se debe determinar un factor de importancia, I , de la **Tabla 2.3**, en base a la clasificación de la estructura obtenida de la **Tabla 2.1**.

Tabla 2.3. Factor de importancia

Clase de estructura	Carga de viento sin hielo	Carga de viento con hielo	Espesor de hielo
I	0,87	N/A	N/A
II	1,00	1,00	1,00
III	1,15	1,00	1,25
Nota: Las cargas de hielo no se aplican a estructuras de Clase I .			

4. Se debe determinar una categoría de exposición y un coeficiente de presión dinámica, K_z , para el sitio de emplazamiento según el artículo 2.6.5.
5. Se debe determinar una categoría topográfica y un factor topográfico, K_{zt} , según el artículo 2.6.6.
6. Se debe determinar un factor de efecto de ráfaga, G_h , según el artículo 2.6.7.
7. Se debe incrementar el espesor de hielo de diseño en función de la altura, según el artículo 2.6.8.

8. Se debe determinar la fuerza de viento de diseño según el artículo 2.6.9.

2.6.4. Velocidad básica de viento y espesor de hielo de diseño

La velocidad básica de viento y el espesor de hielo de diseño se indican en el **Anexo B**, salvo lo especificado en el artículo 2.6.4.1. Se debe considerar que el viento viene de cualquier dirección horizontal, y que el hielo es liso.

Se puede ignorar el hielo para estructuras ubicadas en regiones donde el espesor de hielo de diseño es menor o igual que **6 mm**.

2.6.4.1. Estimación de las velocidades básicas de viento y de los espesores de hielo de diseño a partir de datos climáticos regionales

Para las regiones no incluidas en el **Anexo B**, para las regiones especiales de viento y hielo indicadas en el **Anexo B**, y para los sitios de emplazamiento donde los registros existentes muestren que el congelamiento dentro de las nubes produce cargas significativas; se deberán utilizar los procedimientos de análisis estadísticos de valores extremos para establecer valores de cálculo consistentes con este Reglamento, en base a datos climáticos disponibles que representen la duración del registro, el error de muestreo, el tiempo promedio, la altura del anemómetro, la calidad de los datos y la exposición del terreno.

Los datos y procedimientos de análisis empleados para la obtención de velocidades del viento especiales se ajustarán a lo indicado en el artículo 5.4.2. del **Reglamento CIRSOC 102-2005**.

Los datos y procedimientos de análisis empleados para la obtención de cargas de nieve especiales se ajustarán a lo indicado en el artículo 1.1. del **Reglamento CIRSOC 104-2005**.

2.6.5. Categorías de exposición

2.6.5.1. Disposiciones generales

Se debe determinar una categoría de exposición que refleje adecuadamente las características de las irregularidades superficiales del terreno en el sitio de emplazamiento.

Se deben tener en cuenta las variaciones de rugosidad superficial del terreno que surjan como consecuencia de la topografía natural y la vegetación, así como las construcciones existentes. Las estructuras se deben evaluar según una de las categorías de exposición siguientes:

1. **Exposición B:** áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas u otros terrenos con numerosas obstrucciones poco separadas entre sí, de tamaño igual o mayor que el de una vivienda unifamiliar. El uso de esta exposición se debe limitar a aquellas áreas en las cuales la estructura esté rodeada en todas direcciones por terrenos representativos de la **Exposición B** en una distancia, como mínimo, de **800 m** o **veinte veces la altura de la estructura; de ambos el valor que resulte mayor**.
2. **Exposición C:** terreno abierto con obstrucciones dispersas de altura generalmente inferior a **10 m**. Esta categoría incluye campo abierto y prados. Los emplazamientos localizados dentro de la **Exposición B** a una distancia mayor que **1600 m**, pero

menor que **20 veces la altura** de la estructura, del límite con una **Exposición D** serán considerados **Exposición C**.

3. **Exposición D:** franjas costeras planas sin obstrucciones expuestas a vientos provenientes de aguas abiertas en una distancia de al menos **1600 m**. Las franjas costeras de **Exposición D** incluyen los cursos de agua interiores, lagos y áreas costeras. La **Exposición D** se extiende tierra adentro en una distancia de **200 m** o **veinte veces la altura de la estructura**, el valor que resulte mayor. Las marismas, salinas y otros terrenos similares, se deben considerar como **Exposición D**.

2.6.5.2. Coeficiente de presión dinámica

En base a la categoría de exposición determinada en el artículo 2.6.5.1, se debe calcular un coeficiente de presión dinámica (K_z) de la siguiente manera:

$$K_z = 2,01(z/z_g)^{2/\alpha}$$

$$K_{zmin} \leq K_z \leq 2,01$$

siendo:

- z la altura sobre el nivel de terreno en la base de la estructura.
 z_g, α, K_{zmin} los valores tabulados en la **Tabla 2.4**.

Tabla 2.4. Coeficientes de categoría de exposición

Categoría de exposición	z_g [m]	α	K_{zmin}	K_e
B	370	7,0	0,70	0,90
C	270	9,5	0,85	1,00
D	210	11,5	1,03	1,10

2.6.6. Efectos topográficos

2.6.6.1. Incremento de la velocidad del viento sobre colinas, montañas y escarpas

El efecto acelerador del viento sobre colinas, montañas y escarpas aisladas que representan cambios bruscos en la topografía general, cualquiera sea la categoría de exposición en la que se encuentren, se debe incluir en el cálculo de las cargas de viento de diseño bajo las siguientes condiciones:

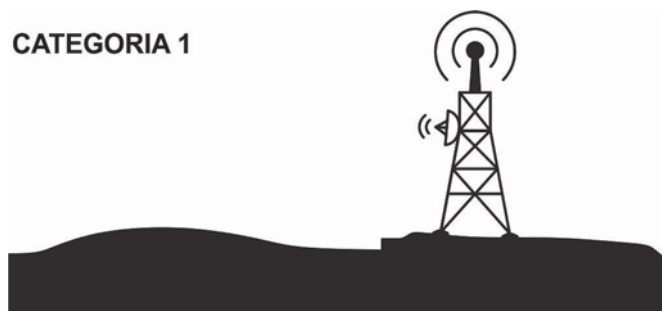
1. la colina, montaña o escarpa está aislada y no está obstruida por ninguna otra característica topográfica similar de altura comparable en un radio de **3200 m**, medido horizontalmente a partir del punto en el cual se determina la altura de la colina, montaña o escarpa, y
2. la colina, montaña o escarpa sobresale por un factor de dos o más por encima de la altura promedio de las características del terreno circundante en un radio de **3200 m**, y

3. la pendiente (relación vertical/horizontal) de la característica topográfica es mayor que **0,10**, y
4. la altura de la característica topográfica es mayor o igual que **5 m** para exposiciones **C** y **D** y mayor o igual que **20 m** para exposición **B**.

2.6.6.2. Categorías topográficas

La categoría topográfica que se asigna a una estructura, se debe determinar en función de la siguiente clasificación:

1. **Categoría 1:** Terrenos que no presentan cambios abruptos en elevación en su topografía general, por ejemplo terrenos llanos u ondulados. No es necesario considerar el efecto acelerador del viento.



Terreno plano o levemente ondulado: Terreno que no presenta cambios bruscos en elevación.

2. **Categoría 2:** Estructuras ubicadas en la cima de una escarpa o cerca de ella. Se debe considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una escarpa u horizontalmente a una distancia mayor que **8 veces la altura de la escarpa a partir de su cima**, se pueden considerar como pertenecientes a la categoría topográfica 1.



Escarpa: Terreno que presenta una pendiente pronunciada o un largo acantilado que separa dos áreas de diferentes elevaciones.

3. **Categoría 3:** Estructuras ubicadas en la mitad superior de una colina. Se debe considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una colina, se pueden considerar como pertenecientes a la **categoría topográfica 1**.



Colina: Una elevación natural bien definida más pequeña que una montaña.

4. **Categoría 4:** Estructuras ubicadas en la mitad superior de una montaña. Se debe considerar que se produce un efecto acelerador del viento en todas las direcciones. Las estructuras ubicadas verticalmente en la mitad inferior de una montaña, se pueden considerar como pertenecientes a la **categoría topográfica 1**.



Cordillera: Cadena larga y estrecha de colinas o montañas.

5. **Categoría 5:** Criterios para el efecto acelerador del viento basados en la investigación en el lugar específico de emplazamiento.

2.6.6.3. Estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras

El efecto acelerador del viento no se deberá utilizar para explicar el aumento de las cargas de viento requeridas debido a la altura de las estructuras apoyadas en edificios u otras estructuras. La **altura z**, por encima del nivel del suelo se deberá medir con respecto al nivel de la planta baja del edificio (o nivel del terreno natural) u otra estructura de soporte.

2.6.6.4. Factor topográfico

El **efecto acelerador del viento** se debe incluir en el cálculo de las cargas de viento de diseño mediante el uso del factor K_{zt} :

$$K_{zt} = \left[1 + \frac{K_e K_t}{K_h} \right]^2$$

siendo:

K_h el factor de reducción de altura dado por la siguiente expresión $K_h = e^{\left(\frac{f \cdot z}{H}\right)}$.

e la base de los logaritmos naturales = 2,718.

K_e la constante del terreno dada en la **Tabla 2.4**.

K_t la constante topográfica dada en la **Tabla 2.5**.

f el factor de atenuación de altura dado en **Tabla 2.5**.

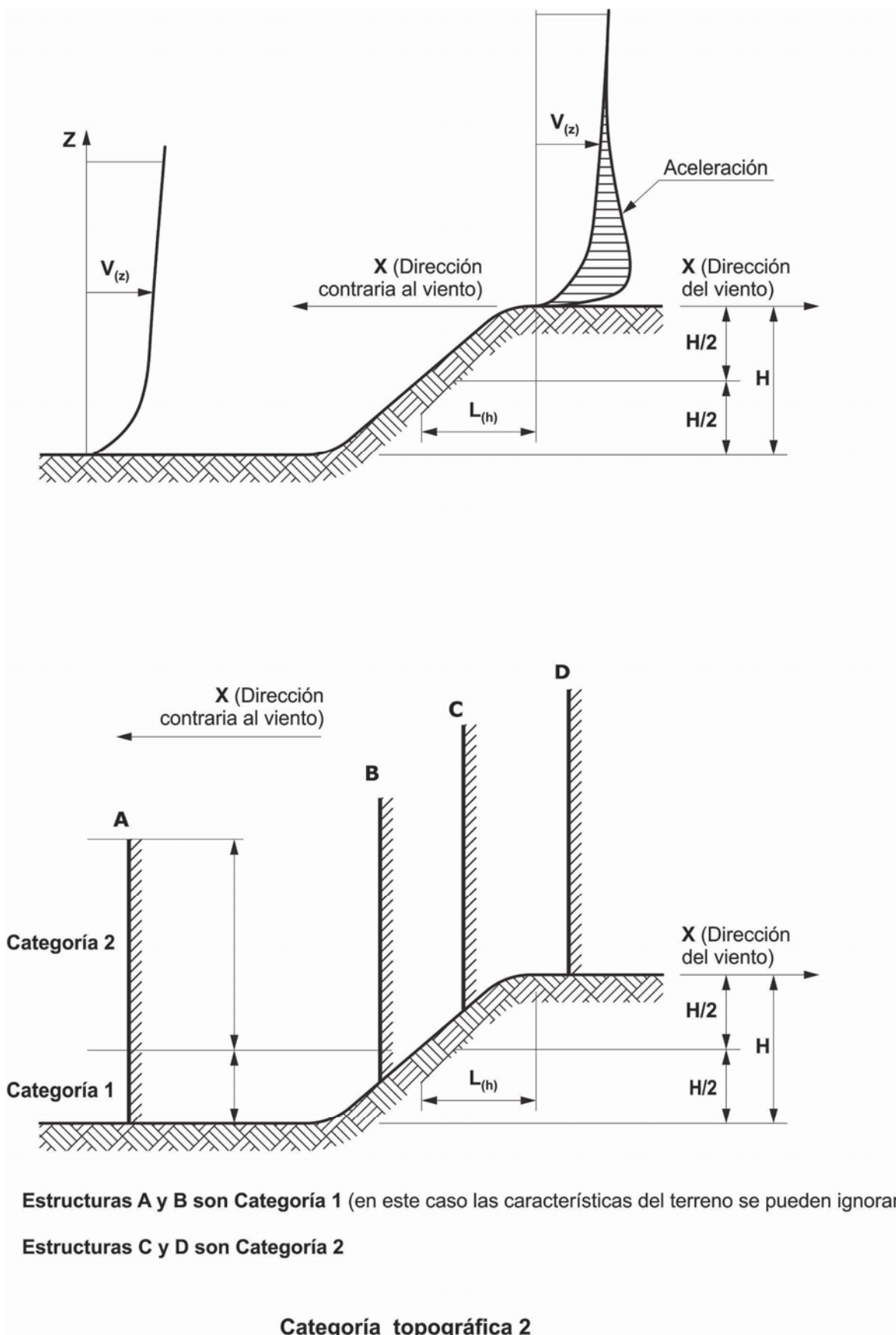
z la altura sobre el nivel del terreno en la base de la estructura.

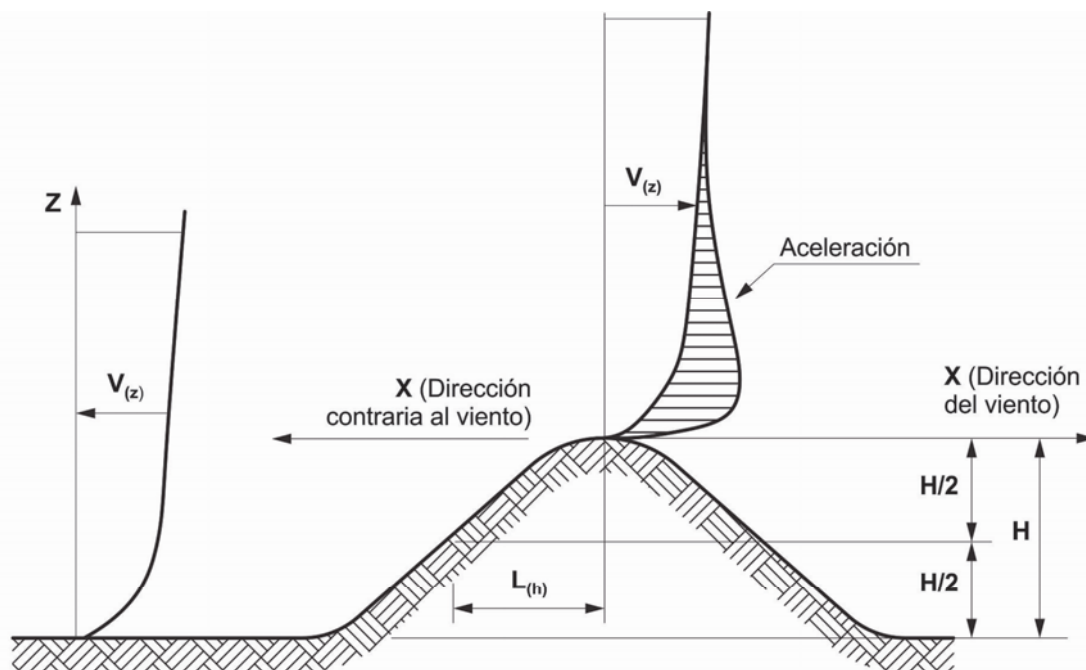
H la altura de la cima sobre el terreno circundante.

K_{zt} para la **categoría topográfica 1**; $K_{zt} = 1,0$. Para otras categorías su valor se deberá determinar en función de los coeficientes dados en la **Tabla 2.5**.

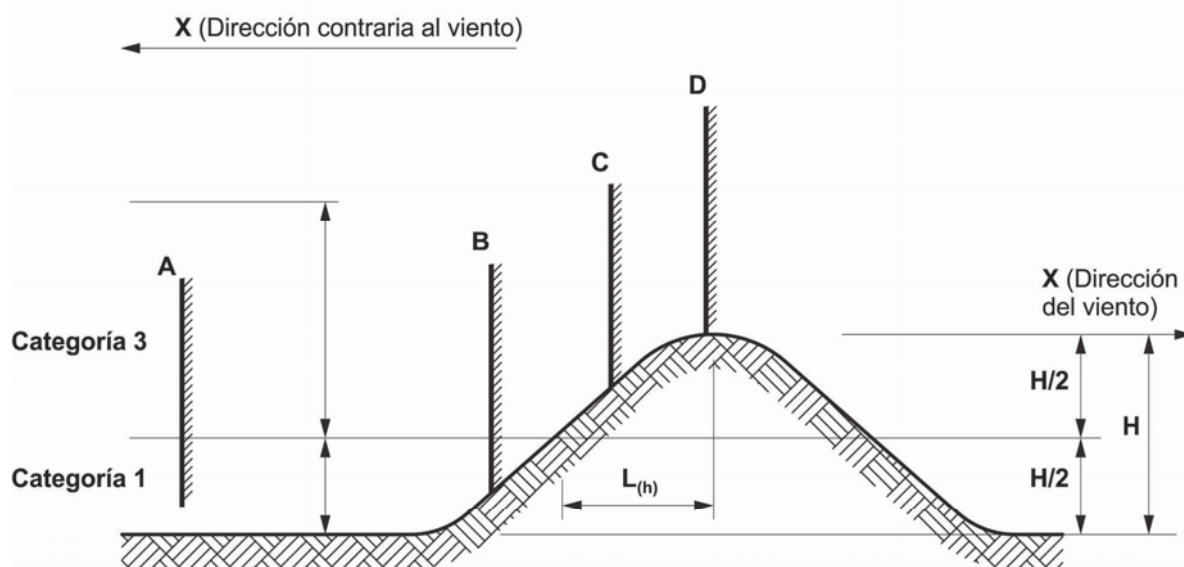
Tabla 2.5. Coeficientes de categoría topográfica

Categoría topográfica	K_t	f
2	0,43	1,25
3	0,53	2,00
4	0,72	1,50
Para la categoría topográfica 5 , el valor de K_{zt} se debe basar en bibliografía internacional de reconocido prestigio o en resultados de investigación.		





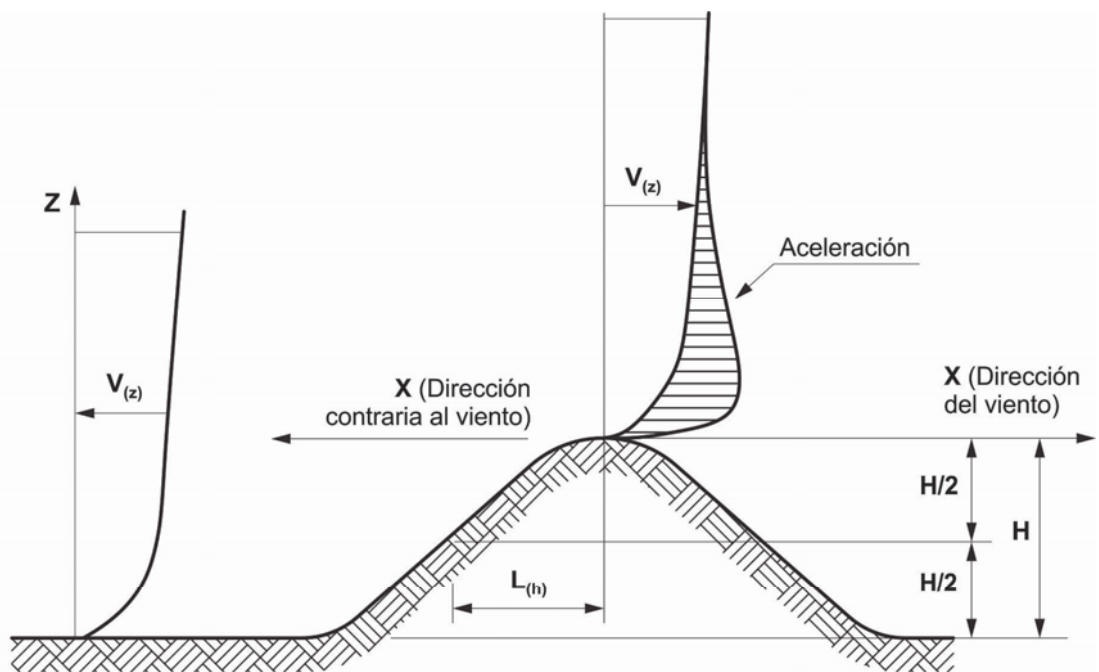
Una colina presenta un aumento de nivel por encima del nivel medio del terreno en todas las direcciones



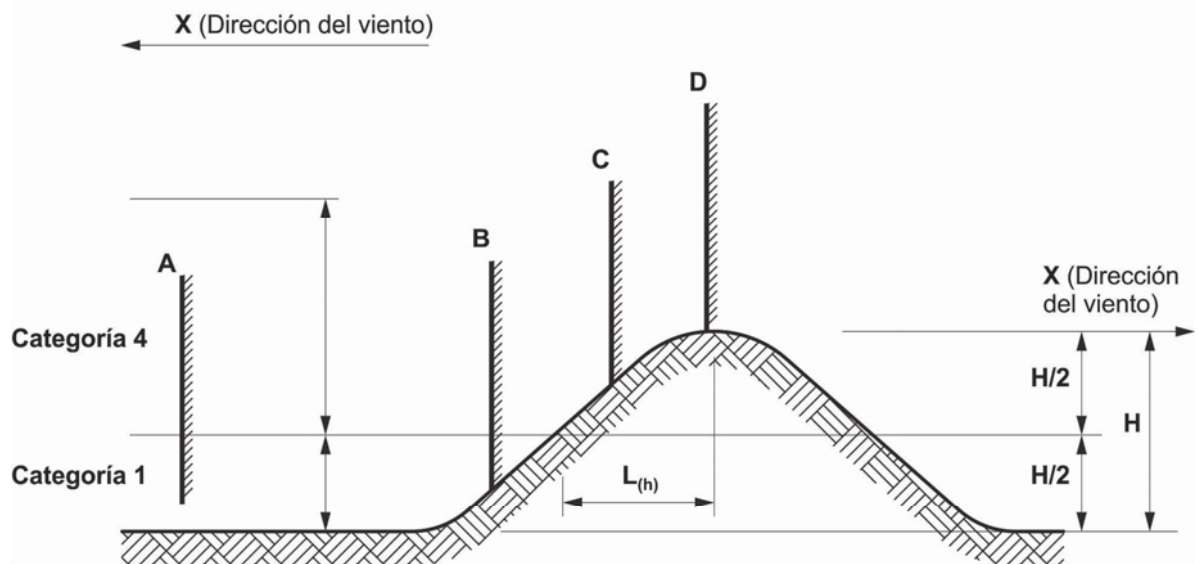
Estructuras A y B son Categoría 1 (En este caso las características del terreno se pueden ignorar)

Estructuras C y D son Categoría 3

Categoría topográfica 3



Una cordillera (o cadena montañosa) presenta un aumento de nivel por encima del nivel medio del terreno en dos direcciones



Estructuras A y B son Categoría 1 (En este caso las características del terreno se pueden ignorar)

Estructuras C y D son Categoría 4

Categoría topográfica 4

2.6.7. Factor de efecto de ráfaga

2.6.7.1. Estructuras reticuladas autosoportadas

Para **estructuras reticuladas autosoportadas** cuya altura sea mayor o igual que **180 m**, el factor de efecto de ráfaga debe ser igual a **1,00**. Para estructuras cuya altura sea menor o igual que **135 m**, el factor de efecto de ráfaga debe ser igual a **0,85**. Para estructuras cuya altura esté comprendida entre **135 y 180 m**, el factor de efecto de ráfaga se debe interpolar linealmente.

Estas condiciones se expresan mediante las siguientes expresiones:

$$G_h = 0,85 + 0,15 \left[\frac{h}{45,7} - 3,0 \right] \quad h, \text{ en m}$$

$$0,85 \leq G_h \leq 1,00$$

siendo :

h la altura de la estructura, en m.

Nota: para estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras, **la altura de la estructura, *h*, no debe incluir la altura de la estructura soporte.**

2.6.7.2. Mástiles atirantados

Para mástiles atirantados el factor de efecto de ráfaga debe ser **0,85**.

2.6.7.3. Estructuras monoposte

Para estructuras monoposte el factor de efecto de ráfaga debe ser **1,10**.

2.6.7.4. Estructuras instaladas sobre otras estructuras

Para el diseño por resistencia y de uniones de ménsulas esbeltas tubulares o reticuladas en voladizo, monopostes o estructuras similares (frecuencia fundamental menor que **1,1 Hertz**) montadas sobre mástiles atirantados, estructuras autosoportadas reticuladas o edificios flexibles (relación altura/ancho mayor que **5**), el **factor de efecto de ráfaga** que se debe considerar es **1,35**.

Los **factores de efecto de ráfaga** para mástiles atirantados y estructuras autosoportadas reticuladas que sirvan de soporte a otras estructuras deberán ser determinados de acuerdo con lo especificado en los artículos 2.6.7.1. ó 2.6.7.2. utilizando las cargas del voladizo basadas en un **factor de efecto de ráfaga de 1,35**.

Notas

1. El diseño de las uniones debe incluir el diseño de todos los elementos y componentes que transfieren las cargas de la ménsula esbelta a los elementos principales de la estructura soporte o estructura de transición.

2. En el caso de estructuras que soportan ménsulas esbeltas, la altura de la estructura debe incluir la altura de la ménsula esbelta.

2.6.8. Espesor de hielo de diseño

Al calcular el peso del hielo y las cargas de viento sobre hielo, el espesor de hielo de diseño, t_i , se debe incrementar con la altura, de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$t_{iz} = 2,0 t_i I K_{iz} (K_{zt})^{0,35}$$

$$K_{iz} = \left[\frac{z}{10} \right]^{0,10} \leq 1,4 \quad [z \text{ en m}]$$

siendo:

- 2,0** el factor de conversión para el estado límite.
- t_{iz} el espesor mayorado de hielo liso radial a la altura **z**.
- t_i el espesor de hielo de diseño de acuerdo con el Anexo B.2.
- I** el factor de importancia de la estructura según la **Tabla 2.3**.
- K_{iz} el factor de amplificación debido a la altura para el espesor de hielo.
- z** la altura sobre el nivel del terreno en la base de la estructura.
- K_{zt} el factor topográfico según el artículo 2.6.6.4.

Para el cálculo del área de hielo proyectada adicional se debe considerar que el hielo se acumula con un espesor uniforme alrededor de las superficies expuestas de la estructura, riendas y accesorios (ver la **Figura 2.1.**). Para calcular las cargas de viento sobre hielo se considerará que el área de hielo proyectada es circular cuando el elemento sea circular y que el área de hielo proyectada es plana cuando el elemento sea plano.

Para el cálculo del peso del hielo, el área de la sección transversal de hielo se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_{iz} = \pi t_{iz} (D_c + t_{iz})$$

siendo:

- A_{iz} el área de la sección transversal de hielo a la altura **z**.
- D_c la mayor dimensión de extremo a extremo de un elemento (ver la **Figura 2.2.**).

El peso del hielo se debe basar en un peso unitario de **8,8 kN/m³**.

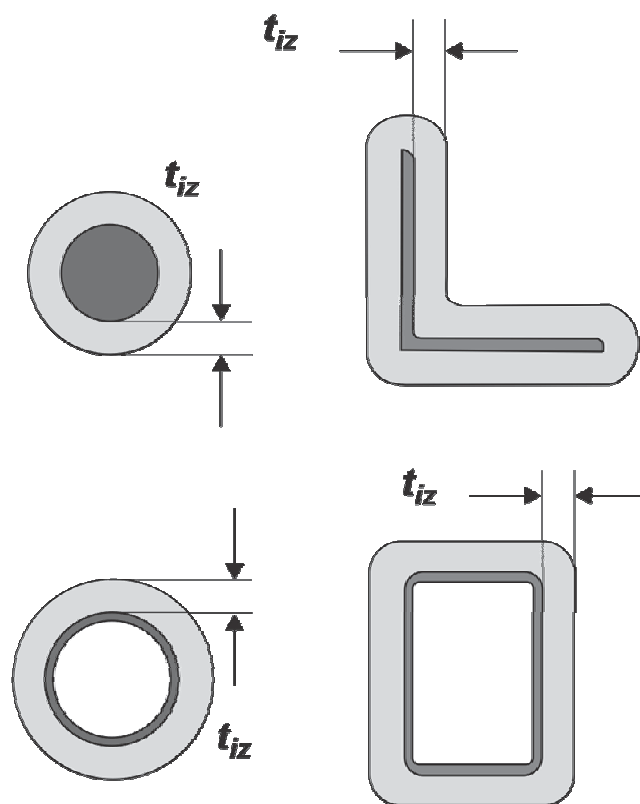


Figura 2.1. Área proyectada del hielo.

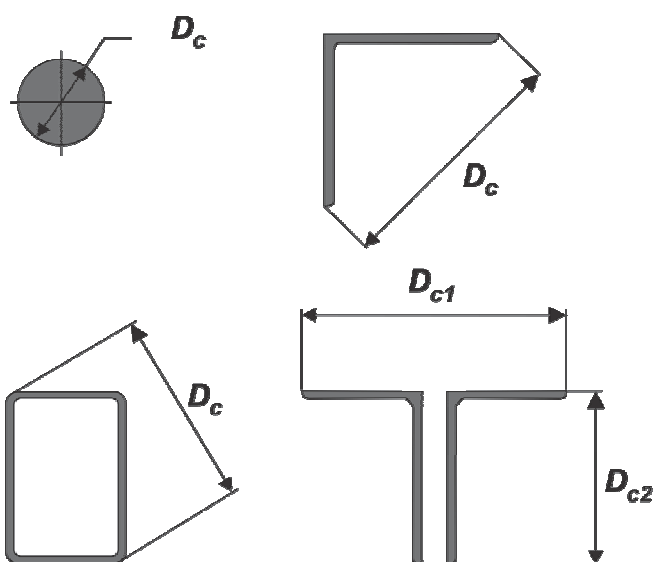


Figura 2.2. Dimensiones de extremo a extremo para el cálculo del peso de hielo.

2.6.9. Carga de viento de diseño

La carga de viento de diseño debe incluir la suma de las fuerzas de viento de diseño horizontales aplicadas a la estructura en la dirección del viento, más las fuerzas de viento de diseño sobre las riendas y accesorios. Se debe suponer que todos los accesorios, incluyendo antenas, soportes y cables permanecen intactos y unidos a la estructura.

El diseño por resistencia se debe basar en las direcciones de viento que provoquen las máximas respuestas. En el caso de estructuras reticuladas, para cada cara se deben considerar cada una de las direcciones de viento indicadas en la **Tabla 2.6**.

Tabla 2.6. Factores de dirección del viento

Sección transversal de la torre	Cuadrada		Triangular		
Dirección del viento	Normal	45°	Normal	60°	±90°
D_f	1,0	1+0,75ε (1,2 máx.)	1,0	0,80	0,85
D_r	1,0	1+0,75ε (1,2 máx.)	1,0	1,0	1,0
Las direcciones del viento se miden con respecto a una línea normal a la cara de la estructura.					

La fuerza de viento de diseño horizontal para el diseño por resistencia de los accesorios y sus uniones a las estructuras soporte, se debe determinar usando un factor de efecto de ráfaga de **1,0** y un factor de direccionalidad determinado según la **Tabla 2.2**. No se debe considerar protección (reparo) por parte de la estructura ($K_a = 1,0$ ver el artículo 2.6.9.2.).

La fuerza de viento de diseño horizontal para el diseño por resistencia de una ménsula esbelta tubular o reticulada en voladizo, monoposte, u otra estructura similar, instalada sobre un mástil atirantado, estructura autosoportada reticulada, o edificio flexible, se debe determinar usando un factor de efecto de ráfaga según el artículo 2.6.7.4. y un factor de direccionalidad determinado según la **Tabla 2.2** para la estructura en voladizo.

Nota: el factor de direccionalidad para determinar la carga de viento de diseño para la totalidad de la estructura, incluyendo el voladizo, se debe determinar según la **Tabla 2.2** en base al tipo de estructura de soporte.

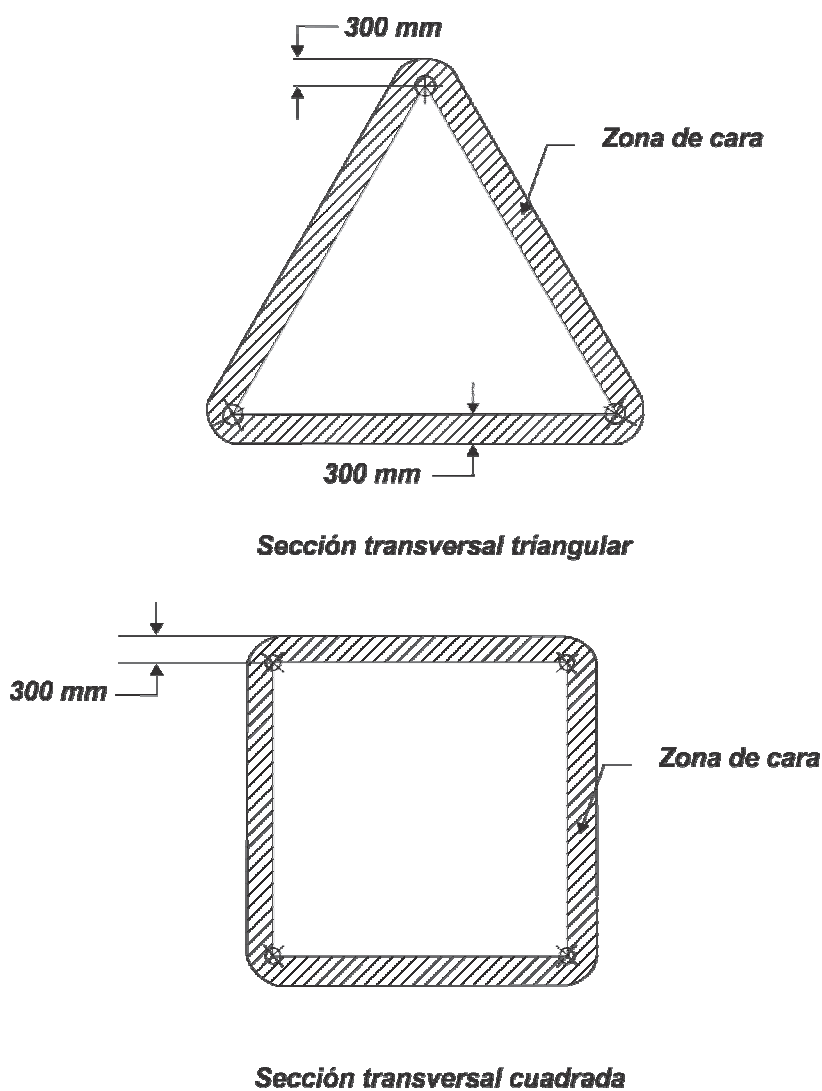


Figura 2.3. Zona de cara para accesorios.

La carga del viento de diseño se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_W = F_{ST} + F_A + F_G$$

siendo:

F_{ST} la fuerza de viento de diseño sobre la estructura según el artículo 2.6.9.1.

F_A la fuerza de viento de diseño sobre los accesorios según el artículo 2.6.9.2.

F_G la fuerza de viento de diseño sobre las riendas según el artículo 2.6.9.3.

No es necesario que las fuerzas de viento de diseño, $F_{ST} + F_A$, sean mayores que la fuerza de viento calculada para una estructura usando una relación de solidez de **1,0** (cara sólida) más la carga de viento sobre los accesorios montados externamente que estén fuera del área proyectada normal de la estructura en la dirección del viento.

2.6.9.1. Fuerza de viento de diseño sobre la estructura

La fuerza de viento de diseño, F_{ST} , aplicada a cada sección de la estructura se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_{ST} = q_z G_h (EPA)_s$$

siendo:

F_{ST} la fuerza de viento de diseño horizontal sobre la estructura en la dirección del viento.

q_z la presión dinámica según el artículo 2.6.9.6.

G_h el factor de efecto de ráfaga según el artículo 2.6.7.

$(EPA)_s$ el área proyectada efectiva de la estructura según los artículos 2.6.9.1.1. ó 2.6.9.1.2.

2.6.9.1.1. Área proyectada efectiva de estructuras reticuladas

El área proyectada efectiva $(EPA)_s$, de los componentes estructurales de una sección, se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$(EPA)_s = C_f [D_f \Sigma A_f + D_r \Sigma (A_r R_r)]$$

siendo:

$C_f = 4,0 \varepsilon^2 - 5,9 \varepsilon + 4,0$ (secciones transversales cuadradas).

$C_f = 3,4 \varepsilon^2 - 4,7 \varepsilon + 3,4$ (secciones transversales triangulares).

$\varepsilon = (A_f + A_r) / A_g$ relación de solidez.

A_f el área proyectada de los componentes estructurales planos en una cara de la sección.

A_r el área proyectada de los componentes estructurales circulares en una cara de la sección, incluyendo el área proyectada del hielo sobre los componentes estructurales planos y circulares en una cara para las combinaciones de carga que incluyan hielo.

A_g el área bruta de una cara como si dicha cara fuese sólida.

D_f el factor de dirección del viento para componentes estructurales planos, según la **Tabla 2.6**.

D_r el factor de dirección del viento para componentes estructurales circulares, según la **Tabla 2.6**.

R_r el factor de reducción para un elemento circular cuyo valor será:

$= 0,57 - 0,14 \varepsilon + 0,86 \varepsilon^2 - 0,24 \varepsilon^3 \leq 1,0$ cuando $C < 4,4$ y para todas las condiciones que incluyen hielo (flujo subcrítico).

$= 0,36 + 0,26 \varepsilon + 0,97 \varepsilon^2 - 0,63 \varepsilon^3$ cuando $C > 8,7$ para las condiciones sin hielo (flujo supercrítico).

siendo:

$$C = [I K_z K_{zt}]^{1/2} V D$$

I el factor de importancia según la **Tabla 2.3**.

K_z el coeficiente de presión dinámica según el artículo 2.6.5.2.

K_{zt} el factor topográfico según el artículo 2.6.6.4.

V la velocidad básica del viento para la condición de carga que se investiga (m/s).

D el diámetro exterior del componente estructural sin hielo (m).

Notas:

1. El área proyectada de los componentes estructurales debe incluir el área proyectada de las placas de unión en la cara de una sección.
2. Para que un componente estructural sea considerado como circular, sus lados a barlovento y sotavento deben tener un perfil circular. Los perfiles plegados en **U**, **L** o los elementos en **forma de canal** se deben considerar como componentes estructurales planos.
3. No es necesario incluir elementos de arriostramiento en caras adyacentes ni riostras interiores planas y dobladas en el área proyectada de los componentes estructurales.
4. Para condiciones sin hielo, se puede usar la interpolación lineal para determinar R_r cuando $4,4 \leq C \leq 8,7$. Para condiciones con hielo, R_r se debe basar en el flujo subcrítico para todos los valores de C .
5. Cuando sobre un elemento estructural circular haya accesorios tales como pernos para peldaños (escalines) o irregularidades lineales semejantes, el valor de R_r se debe calcular de la siguiente manera:

(a) cuando $R_a \leq 0,1$, se pueden ignorar las áreas proyectadas de los accesorios,

(b) cuando $0,1 < R_a \leq 0,2$, el valor de R_r se debe multiplicar por $1,0 + 3 (R_a - 0,1)$ y las áreas proyectadas de los accesorios se pueden ignorar,

(c) cuando $R_a > 0,2$, o alternativamente, para cualquier valor de R_a , se debe usar el valor de R_r para flujo subcrítico. Las áreas proyectadas de los accesorios

se deben considerar separadamente además del elemento estructural usando coeficientes de fuerza apropiados para estos accesorios.

R_a es la relación entre el área proyectada de los accesorios y el área proyectada del elemento estructural sin los accesorios para el segmento que se está considerando. Para condiciones con hielo, no es necesario incluir el espesor de hielo en la determinación de R_a .

6. Cuando a un elemento estructural plano se fijan accesorios tales como pernos para peldaños o irregularidades similares, las áreas proyectadas de los accesorios se deben considerar separadamente del elemento estructural usando coeficientes de fuerza apropiados para estos accesorios, excepto cuando $R_a \leq 0,1$ en cuyo caso las áreas proyectadas de los accesorios se pueden ignorar.

2.6.9.1.1.1. Área proyectada de las estructuras con montantes reticulados

Con el propósito de determinar el área proyectada efectiva, $(EPA)_s$, de estructuras con montantes reticulados, dichos montantes reticulados se deben considerar como elementos circulares equivalentes.

El área proyectada efectiva de un montante reticulado individual se debe determinar según el artículo 2.6.9.1.1. con R_r basado en el flujo subcrítico y los factores de dirección D_f y D_r iguales a $1,0$. El diámetro del elemento circular equivalente se debe determinar dividiendo la $(EPA)_s$ del montante reticulado individual por $1,2$ veces su longitud. El área bruta, A_g , de la estructura se debe basar en el ancho total de la estructura incluyendo el ancho de los montantes reticulados y del hielo cuando corresponda.

El factor de reducción, R_r , para el elemento circular equivalente se debe basar en el flujo subcrítico.

Para determinar las áreas proyectadas efectivas en las condiciones de carga que incluyen hielo, el espesor de hielo mayorado, t_{iz} , se debe considerar uniformemente distribuido alrededor de cada elemento del montante reticulado (no es necesario sumar el espesor de hielo al elemento circular equivalente). El peso del hielo se debe determinar considerando cada elemento del montante reticulado según el artículo 2.6.8.

2.6.9.1.2. Área proyectada efectiva de los monopostes

El área proyectada efectiva, $(EPA)_s$, de una sección de monoposte se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$(EPA)_s = C_f A_p$$

siendo:

C_f el coeficiente de fuerza para una estructura monoposte en voladizo según la **Tabla 2.7**.

A_p el área proyectada real en base al:

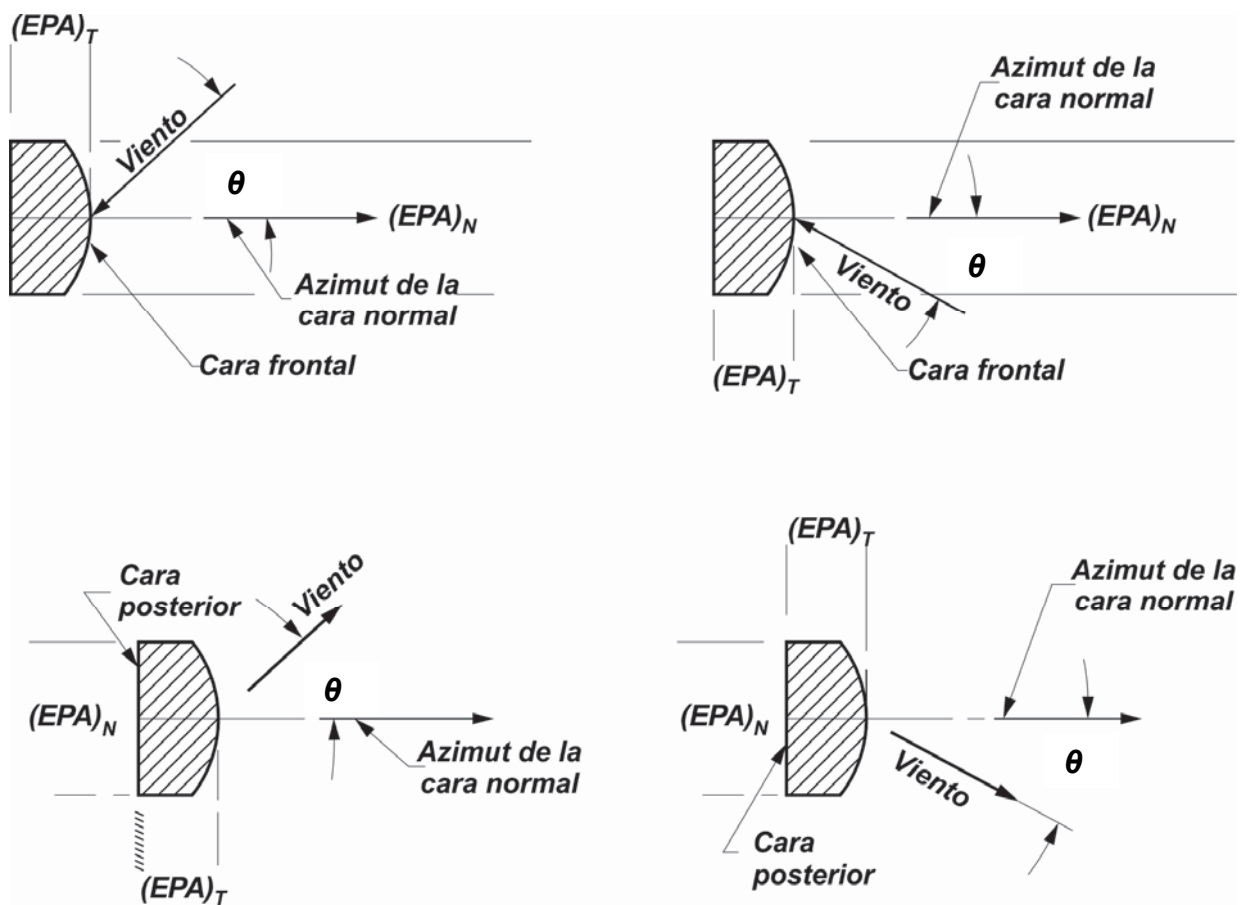
- diámetro exterior del monoposte para secciones circulares,
- diámetro exterior máximo entre aristas para secciones poligonales, o

- ancho total, incluyendo el espesor de hielo para las combinaciones de carga que lo incluyan.

Nota: En ausencia de información detallada acerca de las líneas de transmisión y radios de doblado de instalación de las líneas, el diámetro mínimo de un monoposte no debe ser menor que el diámetro que resulte en una utilización del **45%** de la sección transversal para la colocación de líneas de transmisión internas.

Tabla 2.7. Coeficientes de fuerza, C_F , para monopostes

C[m/s.m]	Circular	18 lados	16 lados	12 lados	8 lados
< 4,4 flujo subcrítico	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
4,4 a 8,7 flujo transicional	$5,23/(C)^{1,0}$	$4,42/(C)^{0,885}$	$3,26/(C)^{0,678}$	$1,77/(C)^{0,263}$	1,2
> 8,7 flujo supercrítico	0,60	0,65	0,75	1,0	1,2
siendo: $C = (I K_{zt} K_z)^{0,5} (V) (D)$ V la velocidad básica de viento para la condición de carga que se investiga, en m/s. D el diámetro exterior del monoposte para postes circulares, o el diámetro exterior entre aristas para postes poligonales, en m.					
Notas: 1. Cuando hay accesorios lineales tales como escaleras, guías de onda, coaxiales, cartelas u otras salientes similares unidas a la parte exterior del fuste del monoposte, las áreas proyectadas efectivas se deben calcular de la siguiente manera: a. Cuando $R_a \leq 0,1$ las áreas proyectadas de los accesorios se pueden ignorar. b. Cuando $0,1 < R_a \leq 0,2$ el valor de CF se debe multiplicar por $1,0 + 3 (R_a - 0,1)$, y las áreas proyectadas de los accesorios se pueden ignorar. c. Cuando $R_a > 0,2$ o alternativamente para cualquier valor de R_a, se debe usar el valor de CF para flujo subcrítico. Las áreas proyectadas de los accesorios se deben considerar separadamente agregados a la estructura usando coeficientes de fuerza apropiados para esos accesorios. R_a es la relación entre el área proyectada de los accesorios (perpendicular a la dirección del viento) y el área proyectada de la estructura sin accesorios para tramo o vano considerado. Para condiciones con hielo, no es necesario considerar el espesor del hielo en la determinación de R_a. 2. Para condiciones con hielo, C_F se debe basar en flujo subcrítico para todos los valores de C. 3. Para otras secciones transversales, se puede interpolar linealmente entre los valores indicados, en base al ángulo inscripto de cada lado. El ángulo inscripto para una sección transversal circular es 0 grados.					



Notas:

$(EPA)_N$ y $(EPA)_T$ representan las áreas proyectadas efectivas del accesorio para las caras a barlovento normal y transversal del accesorio.

Figura 2.4. Fuerza de viento sobre los accesorios.

2.6.9.1.3. Viento e hielo uniformes aplicados a una estructura

La fuerza de viento y el espesor de hielo de diseño aplicados a una sección de una estructura se pueden determinar en función de la presión dinámica y del espesor de hielo en la altura media de un segmento o vano.

La longitud del segmento o vano que se considere que tiene presión dinámica y espesor de hielo uniformes no debe ser mayor que:

- a) **18 m** para estructuras reticuladas
- b) **6 m** para monopostes

2.6.9.2. Fuerza de viento de diseño sobre accesorios

La fuerza de viento de diseño sobre accesorios (ya sea puntuales o lineales pero excluyendo antenas de microondas), F_A , se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$F_A = q_z G_h (EPA)_A$$

siendo:

- q_z la presión dinámica a la altura del eje baricéntrico del accesorio según el artículo 2.6.9.6.
- G_h el factor de efecto de ráfaga según el artículo 2.6.7. Para el diseño por resistencia de los accesorios, se debe utilizar el valor de G_h especificado en el artículo 2.6.9.
- $(EPA)_A$ área proyectada efectiva del accesorio, incluyendo hielo, para las combinaciones de carga que lo incluyen.

La fuerza de viento de diseño, F_A , se debe aplicar en el baricentro del área proyectada efectiva del accesorio en la dirección del viento. Para accesorios lineales, la longitud que se considera que tiene presión dinámica y espesor de hielo uniformes no debe ser mayor que la longitud especificada en el artículo 2.6.9.1.3.

En ausencia de datos más precisos, la fuerza de viento de diseño sobre antenas de microondas se debe determinar de acuerdo con el **Anexo C**.

En ausencia de datos más precisos que especifiquen los valores de área proyectada efectiva para cada dirección crítica de viento, el área proyectada efectiva de un accesorio, $(EPA)_A$, se debe determinar según la siguiente expresión:

$$(EPA)_A = K_a [(EPA)_N \cos^2(\theta) + (EPA)_T \sin^2(\theta)]$$

siendo:

- $K_a = 1,0$ para accesorios circulares, independientemente de su ubicación, cuando se consideren coeficientes de fuerza transicional o supercrítico.
- = $(1 - \varepsilon)$ para accesorios cuando se consideren coeficientes de fuerza subcríticos, ubicados completamente dentro de la sección transversal de una estructura reticulada o fuera de la sección transversal pero enteramente dentro de la “zona de cara para accesorios” tal como se define en la **Figura 2.3.**, donde ε es la relación de solidez mínima del segmento o vano de estructura que contiene al accesorio, considerando cada cara. No es necesario que K_a sea mayor que 0,6.
- = 0,8 para antenas y configuraciones para montajes de antenas que no se encuentren por sobre el tope de la estructura (cuando solo se consideran los coeficientes de fuerza subcríticos) tales como brazos laterales, brazos en T, separadores, etc., cuando tres o más soportes se ubican a la misma altura relativa (se excluye el reparo debido a la configuración del montaje y el reparo de los elementos de montaje debida a las antenas, según el artículo 2.6.9.4.)

= 1,0 para otros accesorios a menos que se especifique otra cosa en este artículo.

Notas:

1. $K_a = 1,0$ se puede usar de manera conservadora para cualquier accesorio.
2. El valor de K_a es constante para todas las direcciones del viento.
3. Los valores de K_a especificados más arriba no se deben aplicar agregados a los valores de K_a aplicables especificados en los artículos 2.6.9.2.2. a 2.6.9.2.5.

θ ángulo relativo entre el azimut asociado con la cara normal del accesorio y la dirección del viento. Ver la **Figura 2.4**.

$(EPA)_N$ área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento normal al azimut del accesorio.

$(EPA)_T$ área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento perpendicular al azimut del accesorio.

Se puede usar el mayor valor entre $(EPA)_N$ y $(EPA)_T$, de manera conservadora, como $(EPA)_A$ para todas las direcciones de viento.

En ausencia de datos más precisos, se debe considerar que un accesorio está formado por componentes planos y circulares de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$(EPA)_N = \Sigma (C_a A_A)_N$$

$$(EPA)_T = \Sigma (C_a A_A)_T$$

siendo:

C_a el coeficiente de fuerza según la **Tabla 2.8**.

A_A el área proyectada de un componente del accesorio. Para las combinaciones de carga que incluyen hielo, el área proyectada adicional de hielo se debe considerar como circular si el componente es circular o plana si el componente es plano.

Cuando no haya información específica disponible acerca de la antena y soporte, el $(EPA)_A$ total para un operador inalámbrico se debe determinar de acuerdo con el **Anexo C**.

2.6.9.2.1. Tubos de montaje para antenas

El área proyectada efectiva de un tubo de montaje por encima y por debajo de la porción resguardada del tubo se debe incluir en el término $\Sigma (C_a A_A)_N$. El área proyectada efectiva de la totalidad del tubo de montaje se debe incluir en el término $\Sigma (C_a A_A)_T$.

Tabla 2.8. Coeficientes de fuerza, C_a , para accesorios

Tipo de elemento		Relación de aspecto $\leq 2,5$	Relación de aspecto = 7	Relación de aspecto ≥ 25
		C_a	C_a	C_a
Plano		1,2	1,4	2,0
Circular	$C < 4,4$ flujo subcrítico	0,70	0,80	1,2
	$4,4 \leq C \leq 8,7$ flujo transicional	$1,43/(C)^{0,485}$	$1,47/(C)^{0,415}$	$5,23/(C)^{1,0}$
	$C > 8,7$ flujo supercrítico	0,50	0,60	0,60
siendo: $C = (I K_{zt} K_z)^{0,5} (V) (D)$ V la velocidad básica de viento para la condición de carga que se investiga, en m/s. D el diámetro exterior del accesorio, en m. La relación de aspecto es la relación largo/ancho global en el plano normal a la dirección del viento. La relación de aspecto es independiente de la separación entre puntos de soporte de un accesorio lineal, y de la longitud del segmento que se considera que tiene carga de viento uniforme.				
Notas: - Para accesorios cilíndricos, cuando hay irregularidades tales como bridas, suspensores, etc., las áreas proyectadas efectivas se deben calcular de la siguiente manera: - Cuando $R_a \leq 0,1$ las áreas proyectadas de las irregularidades se pueden ignorar. - Cuando $0,1 < R_a \leq 0,2$ el valor de C_a se debe multiplicar por $1,0 + 3 (R_a - 0,1)$, y las áreas proyectadas de las irregularidades se pueden ignorar. - Cuando $R_a > 0,2$ o alternativamente para cualquier valor de R_a, se debe usar el valor de C_a para flujo subcrítico. Las áreas proyectadas de las irregularidades se deben considerar separadamente además del accesorio usando coeficientes de fuerza apropiados. R_a es la relación entre el área proyectada de las irregularidades (perpendicular a la dirección del viento) y el área proyectada del accesorio sin las irregularidades para la porción considerada. Para condiciones con hielo, no es necesario considerar el espesor del hielo en la determinación de R_a. - Para accesorios planos, cuando hay irregularidades tales como bridas, suspensores, etc., las áreas proyectadas de las irregularidades se deben considerar separadamente además del accesorio usando coeficientes de fuerza apropiados, excepto cuando $R_a \leq 0,1$, en cuyo caso las áreas proyectadas de las irregularidades se pueden ignorar. - Para condiciones de hielo, C_a se debe basar en el flujo subcrítico para todos los valores de C. - Para relaciones de aspecto diferentes a las indicadas, se puede interpolar linealmente. - Los coeficientes de fuerza para flujo subcrítico, se pueden usar de manera conservadora, para cualquier valor de C.				

2.6.9.2.2. Área proyectada efectiva para marcos de montaje (Ver la Figura 2.5.)

El área proyectada efectiva asociada con la cara a barlovento normal al azimut de un marco de montaje (ménsula o viga reticulada), $(EPA)_N$, se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$(EPA)_N = (EPA)_{MN} + (EPA)_{FN}$$

siendo:

$$(EPA)_{MN} = C_{as} (A_f + R_{rf} A_r) \text{ el área proyectada efectiva del marco.}$$

$$C_{as} = 1,58 + 1,05 (0,6 - \varepsilon)^{1,8} \text{ para } \varepsilon \leq 0,6$$

$$C_{as} = 1,58 + 2,63 (\varepsilon - 0,6)^{2,0} \text{ para } \varepsilon > 0,6$$

Para marcos de montaje reticulados, cuadrados o triangulares (ver la **Figura 2.5.**) el valor de C_{as} debe ser igual a C_f de acuerdo con el artículo 2.6.9.1.1.

A_f el área proyectada de los componentes planos del marco de montaje.

$$R_{rf} = 0,6 + 0,4 \varepsilon^2$$

ε la relación de solidez del marco de montaje sin antenas y tubos de montaje.
 $\varepsilon = (A_f + A_r)/A_g$

A_r el área proyectada de los componentes circulares del marco de montaje.

A_g el área bruta del marco como si fuera sólido, definido por las mayores dimensiones exteriores de los elementos incluidos en A_f y A_r .

$(EPA)_{FN}$ el área proyectada efectiva en un plano paralelo a la cara del marco de montaje de todos los elementos que lo vinculan a la estructura.

$$(EPA)_{FN} = 0,5 [2,0 (\Sigma A_{fs}) + 1,2 (\Sigma A_{rs})].$$

A_{fs} el área proyectada de los componentes planos que vinculan el marco de montaje a la estructura, sin tener en cuenta el reparo o los elementos superpuestos.

A_{rs} el área proyectada de los componentes circulares que vinculan el marco de montaje a la estructura, sin tener en cuenta el reparo o los elementos superpuestos.

El **área proyectada efectiva asociada con el lado a barlovento de un marco de montaje**, $(EPA)_T$, se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$(EPA)_T = (EPA)_{FT} + 0,5 \Sigma (EPA)_{FTi} + 0,5 \Sigma (EPA)_{MT}$$

siendo:

$(EPA)_{FT}$ el área proyectada efectiva, en un plano transversal a la cara del marco de montaje, de las subestructuras o piezas que vinculan al marco con la estructura (la mayor de las si hay más de una).

$(EPA)_{FTi}$ el área proyectada efectiva, en un plano transversal a la cara del marco de montaje, de cualquier subestructura o pieza adicional que soporte al marco.

Nota: El área proyectada efectiva de las subestructuras o piezas se debe determinar de acuerdo con la expresión para $(EPA)_{MN}$. Alternativamente, se puede aplicar un coeficiente de arrastre igual a **2,0** a los elementos planos y un coeficiente de arrastre igual a **1,2** a los elementos circulares, sin considerar la protección o superposición de elementos.

$(EPA)_{MT}$ el área proyectada efectiva, en un plano transversal a la cara del marco de montaje, de todos los elementos del marco y de todos los demás elementos de fijación (por ejemplo retenciones, barras de azimuth), sin considerar el reparo o la superposición de elementos, determinada usando un coeficiente de arrastre de **2,0** para los elementos planos y un coeficiente de arrastre de **1,2** para los elementos circulares.

Cuando tres o más marcos de montaje estén instalados a la misma altura relativa, se puede aplicar un factor de reparo, K_a , de **0,80** a los valores de $(EPA)_N$ y $(EPA)_T$ del marco de montaje. Cuando los tres o más marcos de montaje están instalados en una disposición tal que generan reparo a la estructura y a otros marcos de montaje (ver la **Figura 2.6.**), el factor de reparo, K_a , se puede reducir a **0,75**. **Para la estructura no se debe considerar reparo.**

Las antenas y tubos de montaje instalados sobre marcos de montaje se deben considerar como accesorios genéricos usando un valor de K_a igual a **0,9**, excepto cuando tres o más marcos de montaje estén instalados a la misma altura relativa, en que se puede usar un valor de K_a igual a **0,8**.

2.6.9.2.3. Área proyectada efectiva para plataformas simétricas aporticadas o reticuladas

El área proyectada efectiva, $(EPA)_A$, de plataformas simétricas rectangulares o cuadradas aporticadas o reticuladas (ver la **Figura 2.7.**) que son continuas alrededor del perímetro de la estructura (o con una luz horizontal entre las esquinas de caras adyacentes menor o igual que **10%** del ancho de la plataforma) se debe determinar como si la plataforma fuera un segmento de una estructura reticulada según el artículo 2.6.9.1., usando factores de direccionalidad D_F y D_R igual a **1,0**. El área proyectada de todas piezas estructurales de la **plataforma completa** se debe determinar proyectando todas las piezas sobre un plano paralelo a una cara sin considerar el reparo ni la superposición de las piezas de la plataforma ni de la estructura.

A las áreas proyectadas de las piezas estructurales se les debe aplicar un coeficiente de arrastre igual a **2,0** para elementos planos y un coeficiente de arrastre de **1,2** para elementos circulares. Al área proyectada efectiva de la plataforma se le debe sumar el **50%** del área proyectada efectiva total de las piezas estructurales. **El área proyectada efectiva total resultante se debe usar para todas las direcciones del viento.** Para la estructura de

la torre, mástil o monoposte no se debe considerar ningún tipo de reparo. Las antenas y tubos de montaje instalados sobre la plataforma se deben considerar como accesorios genéricos usando un valor de K_a igual a **0,75**.

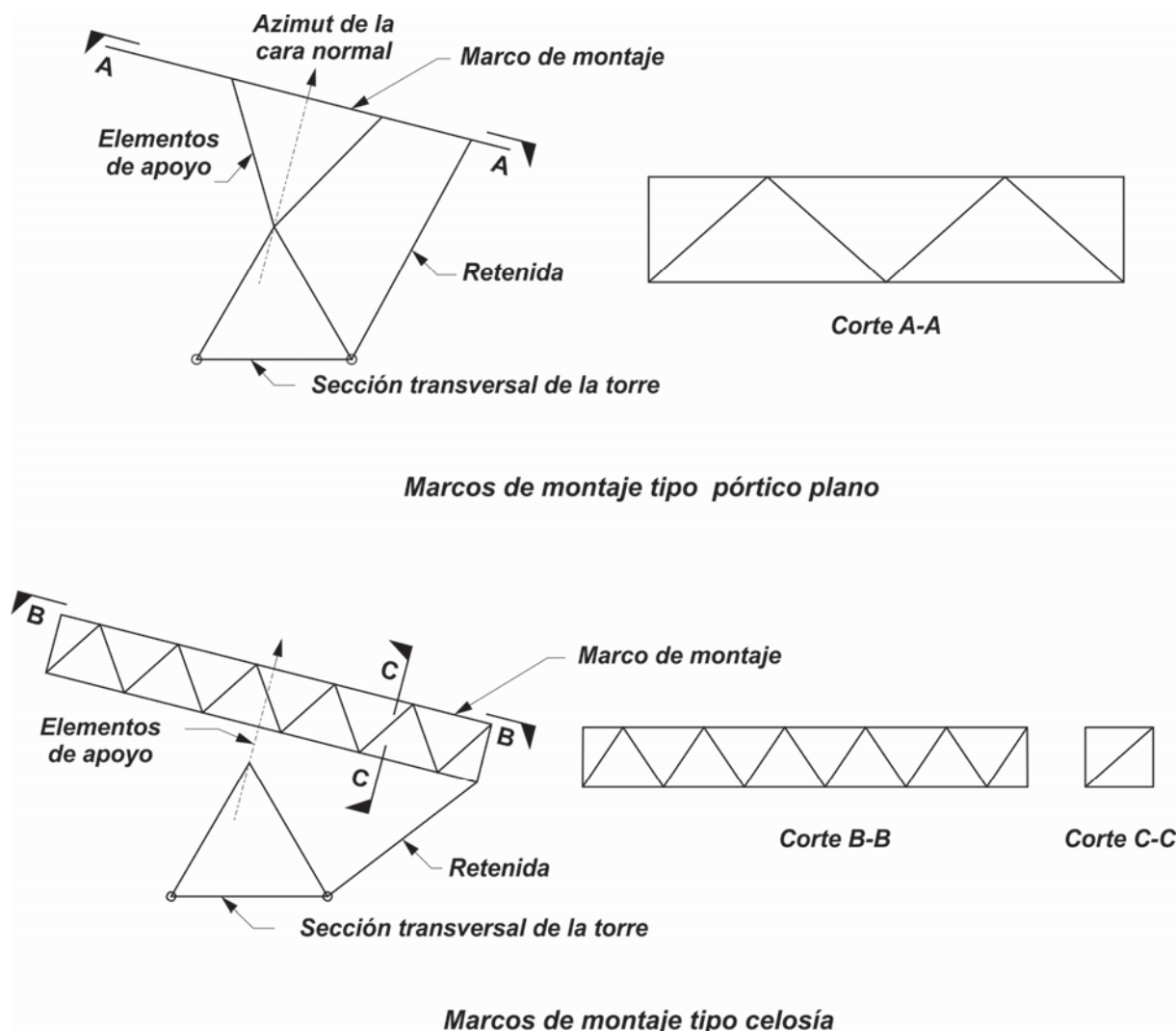


Figura 2.5. Marcos de montaje.

2.6.9.2.4. Área proyectada efectiva para plataformas de bajo perfil

El **área proyectada efectiva**, $(EPA)_A$, de plataformas simétricas de bajo perfil (ver la **Figura 2.8.**) que son continuas alrededor del perímetro de la estructura (o con una luz horizontal entre las esquinas de caras adyacentes menor o igual que **10%** del ancho de la plataforma) se debe determinar sumando las áreas proyectadas de todos los elementos de la plataforma sobre un plano paralelo a una cara de la plataforma sin considerar el reparo o superposición de los elementos de la plataforma o de la estructura. A las áreas proyectadas de todos los elementos se les debe aplicar un coeficiente de arrastre igual a **2,0** para elementos planos y un coeficiente de arrastre de **1,2** para elementos circulares.

El **área proyectada efectiva total** se debe multiplicar por un factor igual a **0,75** para plataformas cuadradas e igual a **0,67** para plataformas triangulares. **El área proyectada efectiva resultante se debe usar para todas las direcciones del viento.** No se debe considerar reparo para la estructura de la torre, mástil o monoposte. Las antenas y tubos de montaje instalados sobre la plataforma se deben considerar como accesorios genéricos usando un valor de K_a igual a **0,8**.

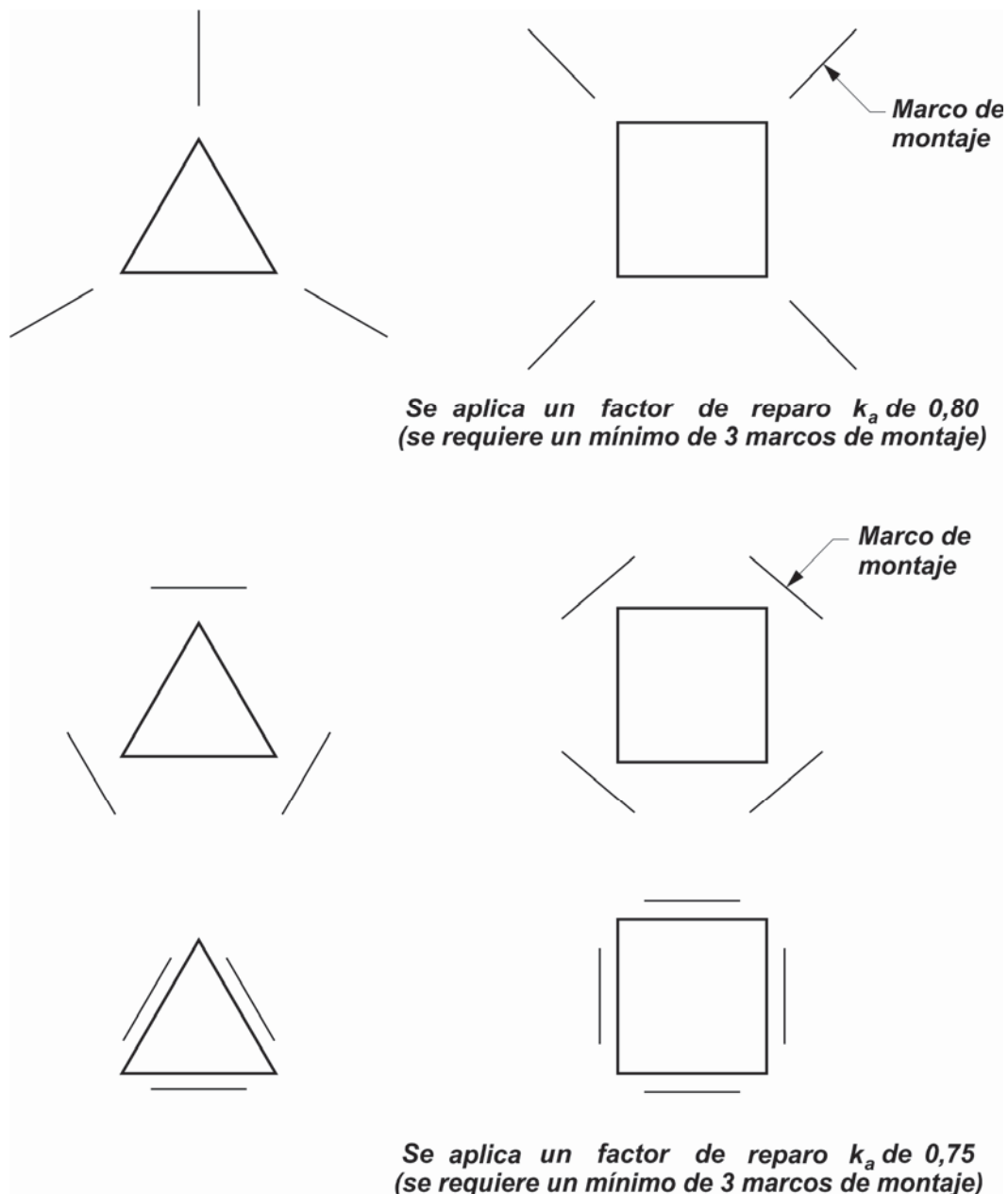


Figura 2.6. Marcos de montaje múltiples.

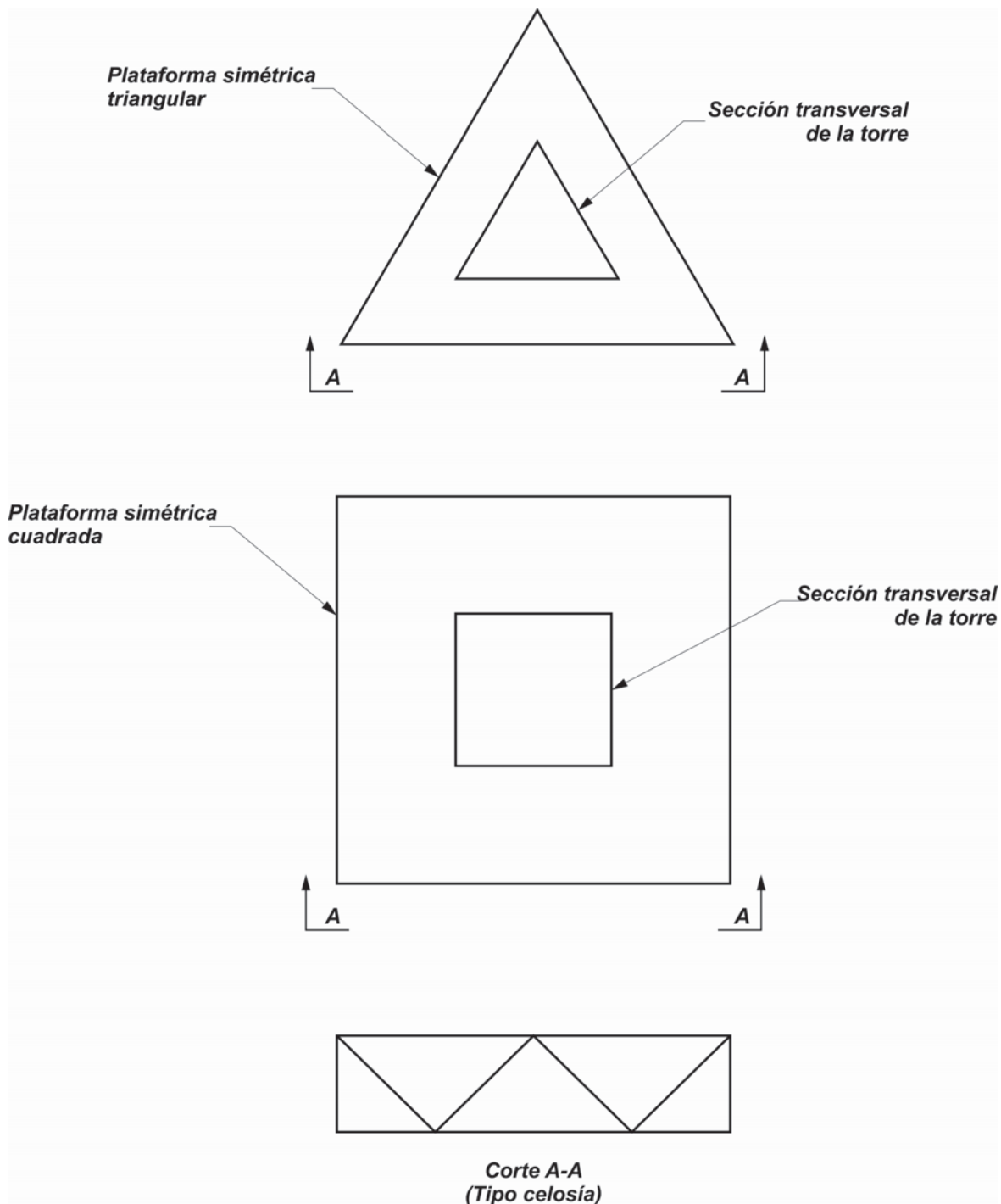


Figura 2.7. Plataformas simétricas tipo aporticadas o reticuladas.

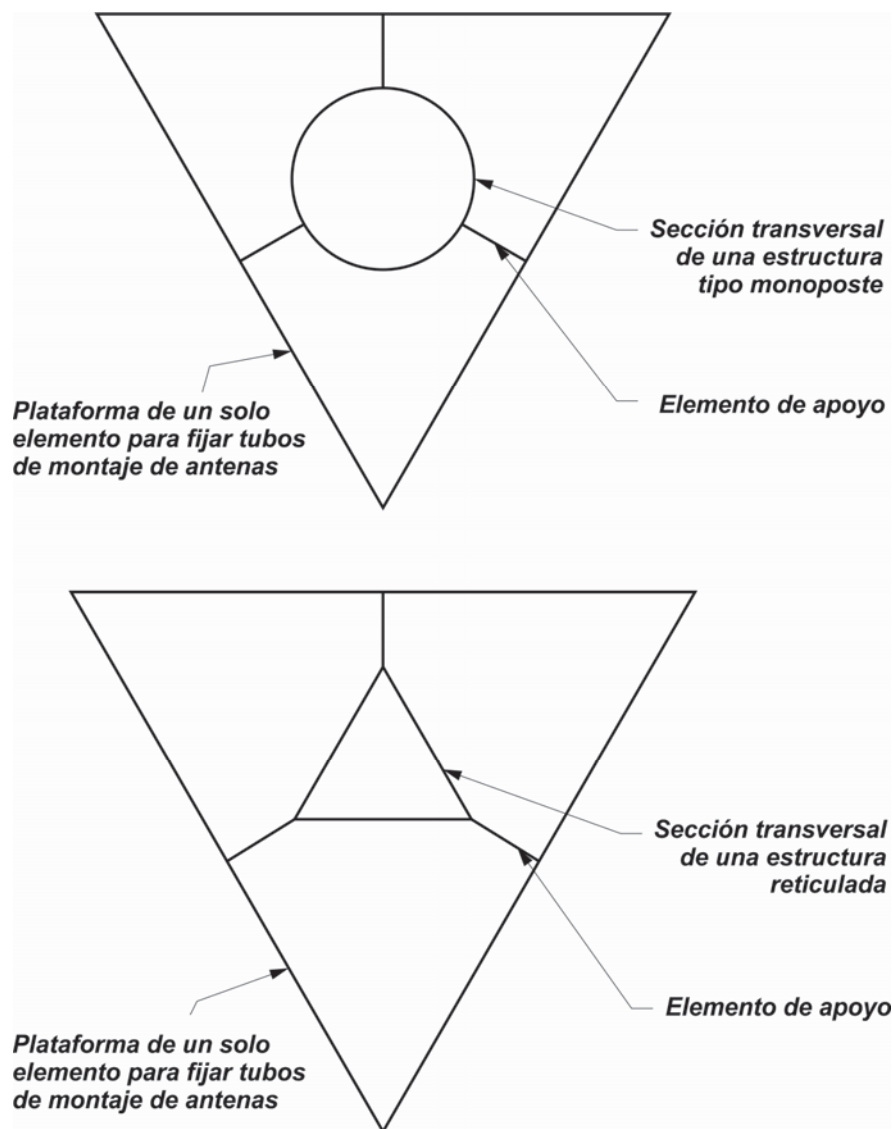


Figura 2.8. Plataforma de bajo perfil.

2.6.9.2.5. Área proyectada efectiva para plataformas simétricas en forma de anillo circular

El área proyectada efectiva (EPA)_A de plataformas simétricas en forma de anillo circular (ver la **Figura 2.9.**) que son continuas alrededor del perímetro de la estructura, se debe determinar considerando los elementos de sostén de la plataforma y los elementos del anillo como elementos individuales. El área proyectada de cada elemento del anillo debe ser igual al producto entre el diámetro del anillo y la dimensión vertical proyectada del elemento del anillo expuesto al viento. El área proyectada de todos los elementos de sostén de la plataforma completa se debe determinar proyectando todos los elementos de sostén sobre un plano vertical sin considerar la protección o superposición de los elementos de la plataforma o de la estructura de la torre, mástil o monoposte.

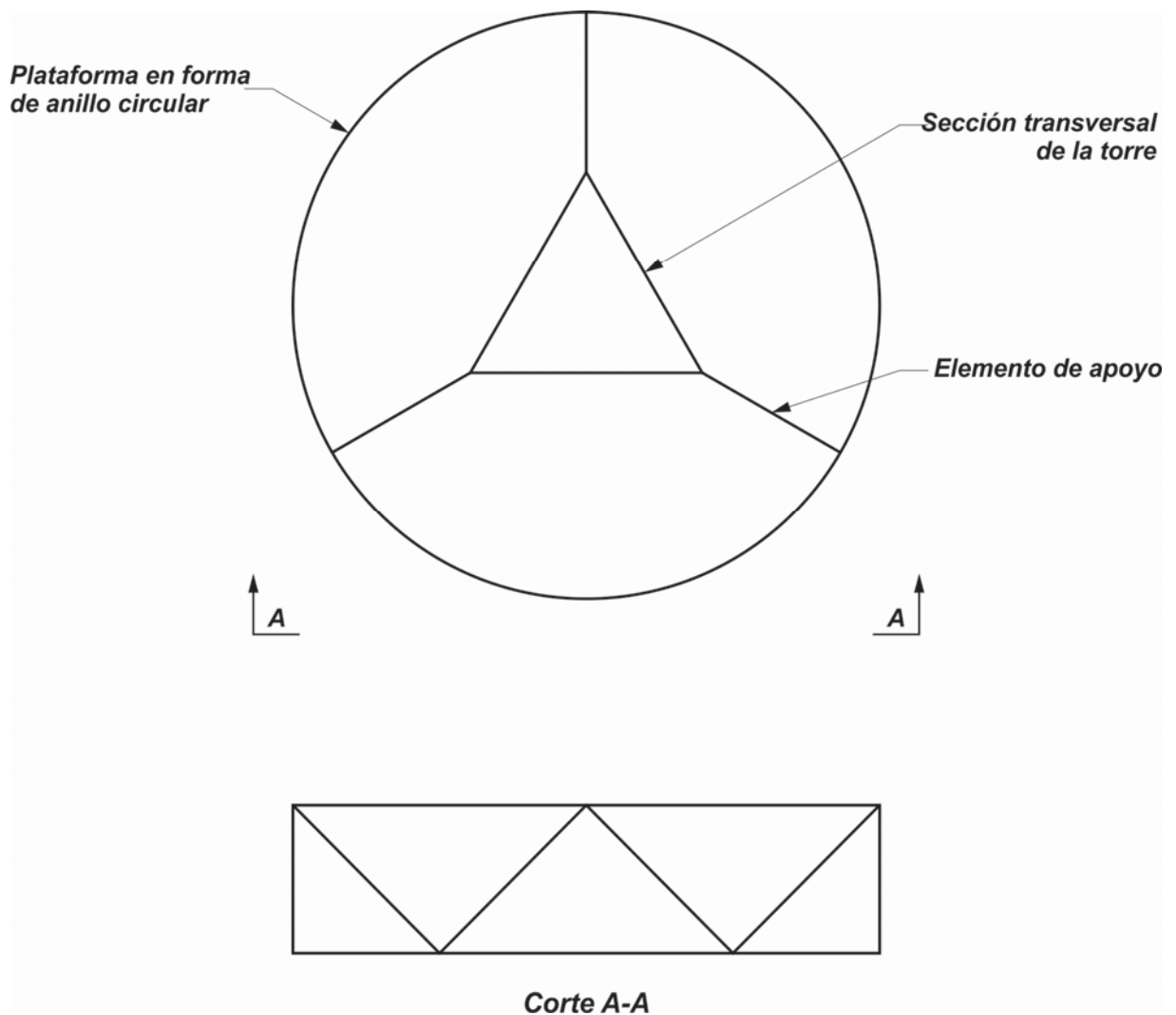


Figura 2.9. Plataformas en forma de anillo circular.

A las áreas proyectadas de los elementos de sostén y de los elementos del anillo se les debe aplicar un coeficiente de arrastre igual a **2,0** para elementos planos y un coeficiente de arrastre de **1,2** para elementos circulares. Al área proyectada efectiva total de los elementos de sostén se le debe aplicar un factor de **0,50**, mientras que al área proyectada efectiva total de los elementos del anillo se le debe aplicar un factor de **1,75**. **El área proyectada efectiva total resultante se debe usar para todas las direcciones del viento.** No se debe considerar reparo para la estructura de la torre, mástil o monoposte. Las antenas y tubos de montaje instalados sobre la plataforma se deben considerar como accesorios genéricos usando un valor de K_a igual a **0,8**.

Notas para todos los tipos de plataforma/marco de montaje:

1. Para antenas y tubos de montaje de antenas bajo condiciones de flujo transicional o supercrítico, K_a debe ser igual a **1,0**.
2. No es necesario incluir pisos y otras superficies horizontales de trabajo en el área proyectada efectiva.

2.6.9.3. Fuerza de viento de diseño sobre las riendas

La fuerza del viento de diseño sobre las riendas, F_G , se debe determinar de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F_G = C_d d L_G G_h q_z \text{sen}^2 \theta_g$$

siendo:

F_G la fuerza aplicada, normal a la cuerda de la rienda, en el plano que contiene a la cuerda de la rienda y al viento. Ver la **Figura 2.10**.

C_d el coeficiente de arrastre para riendas. $C_d = 1,2$.

d el diámetro de la rienda incluyendo la acción debida al hielo para las combinaciones de carga que lo incluyen.

L_G la longitud de la rienda.

G_h el factor de efecto de ráfaga según el artículo 2.6.7.2.

q_z la presión dinámica a la altura media de la rienda según el artículo 2.6.9.6.

θ_g el ángulo verdadero de incidencia del viento respecto de la cuerda de la rienda.

Nota: Si hay accesorios tales como deflectores, aisladores, marcadores, etc. fijados a una rienda, puede resultar necesario un coeficiente de arrastre, C_d , más elevado o un mayor diámetro efectivo de la rienda.

Se puede suponer que la fuerza de viento y el espesor de hielo de diseño son uniformes en base a la presión dinámica y al espesor de hielo en la altura media de cada rienda o segmento de rienda. La longitud de cada rienda o segmento de rienda se supone igual a la longitud de la cuerda. La fuerza de viento de diseño se debe considerar como una fuerza uniformemente distribuida normal a la cuerda de la rienda.

Para estructuras apoyadas directamente sobre el terreno, la altura media se debe medir con referencia a la cota del terreno en la base de la estructura. En el caso de estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras de sostén, la altura media de una rienda se debe medir desde la cota de la altura media de la rienda hasta el nivel de piso del edificio u otra estructura sostén. La altura z para un segmento de rienda nunca debe ser menor que cero.

2.6.9.4. Reparo del viento

Salvo las excepciones que se especifican en este artículo, se puede considerar reparo para aquellos elementos que se intersectan o son paralelos entre sí. El elemento sin reparo se debe considerar plano, a menos que ambos elementos sean circulares. Se puede considerar que existe reparo total cuando la distancia libre entre los elementos en la dirección considerada para determinar las áreas proyectadas efectivas, (**EPA**), es menor o igual que **2,0** veces la menor dimensión proyectada del elemento en la dirección considerada. No existe reparo cuando la relación de distancia libre es mayor que **4,0**. Para relaciones comprendidas entre **2,0** y **4,0** se puede interpolar linealmente. Ver la **Figura 2.11**.

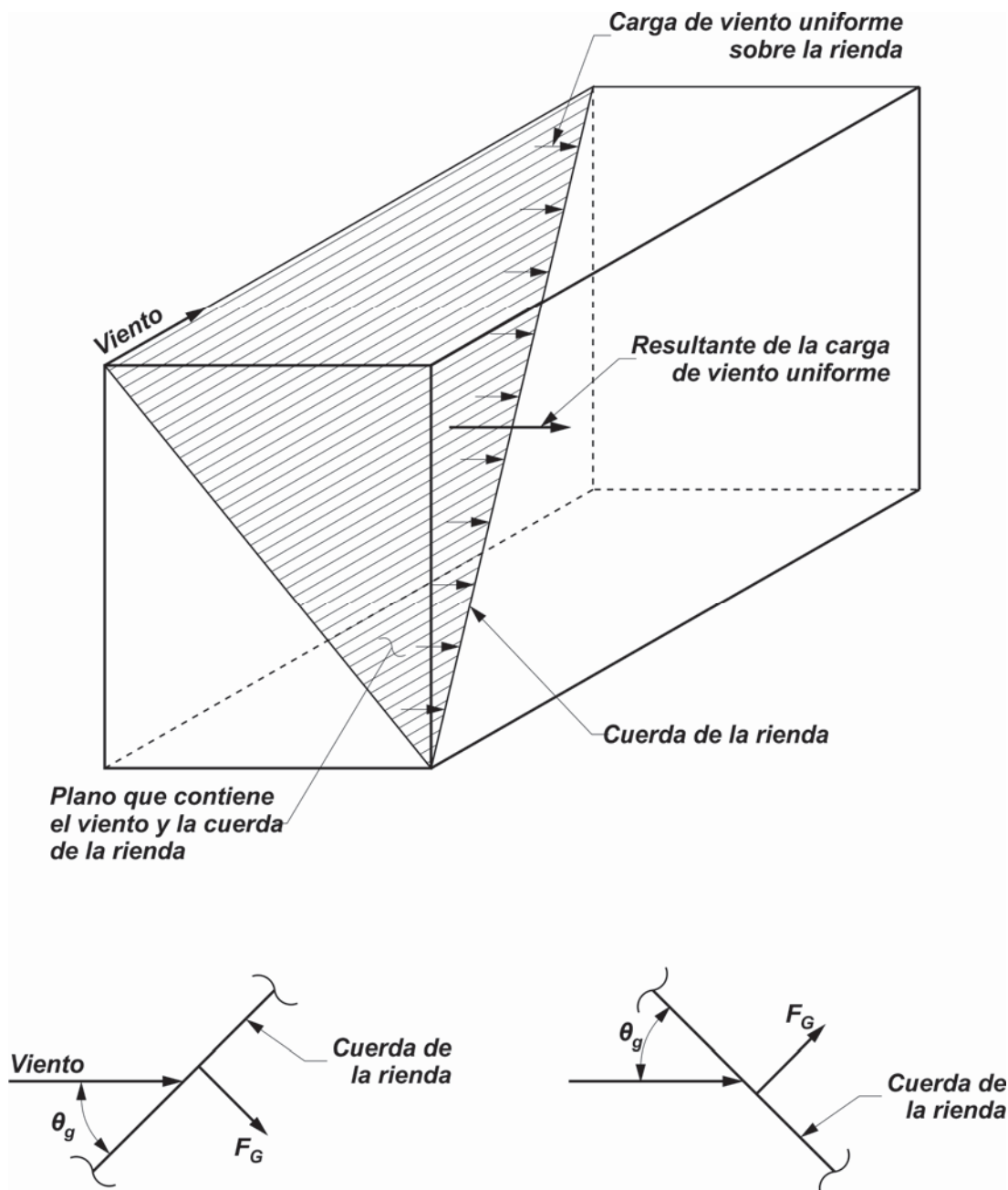


Figura 2.10. Fuerza de viento sobre las riendas.

No se debe considerar el reparo ofrecido por un accesorio cuando se usa un valor de K_a menor que **1,0** para determinar la fuerza de viento de diseño sobre el accesorio según el artículo 2.6.9.2., con la excepción de lo establecido en el artículo 2.6.9.2.1.

Nota: Las consideraciones sobre reparo varían con la dirección del viento.

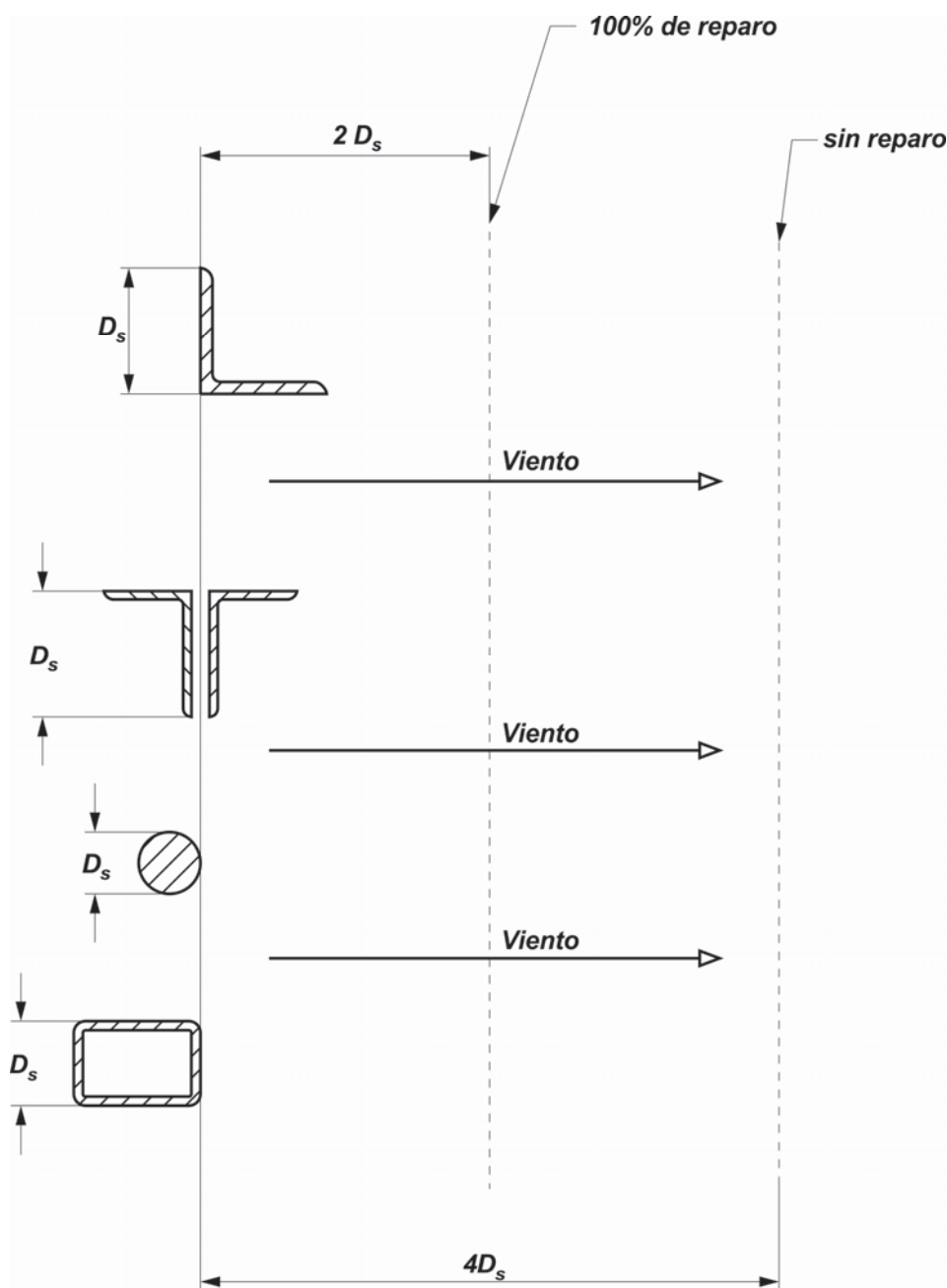
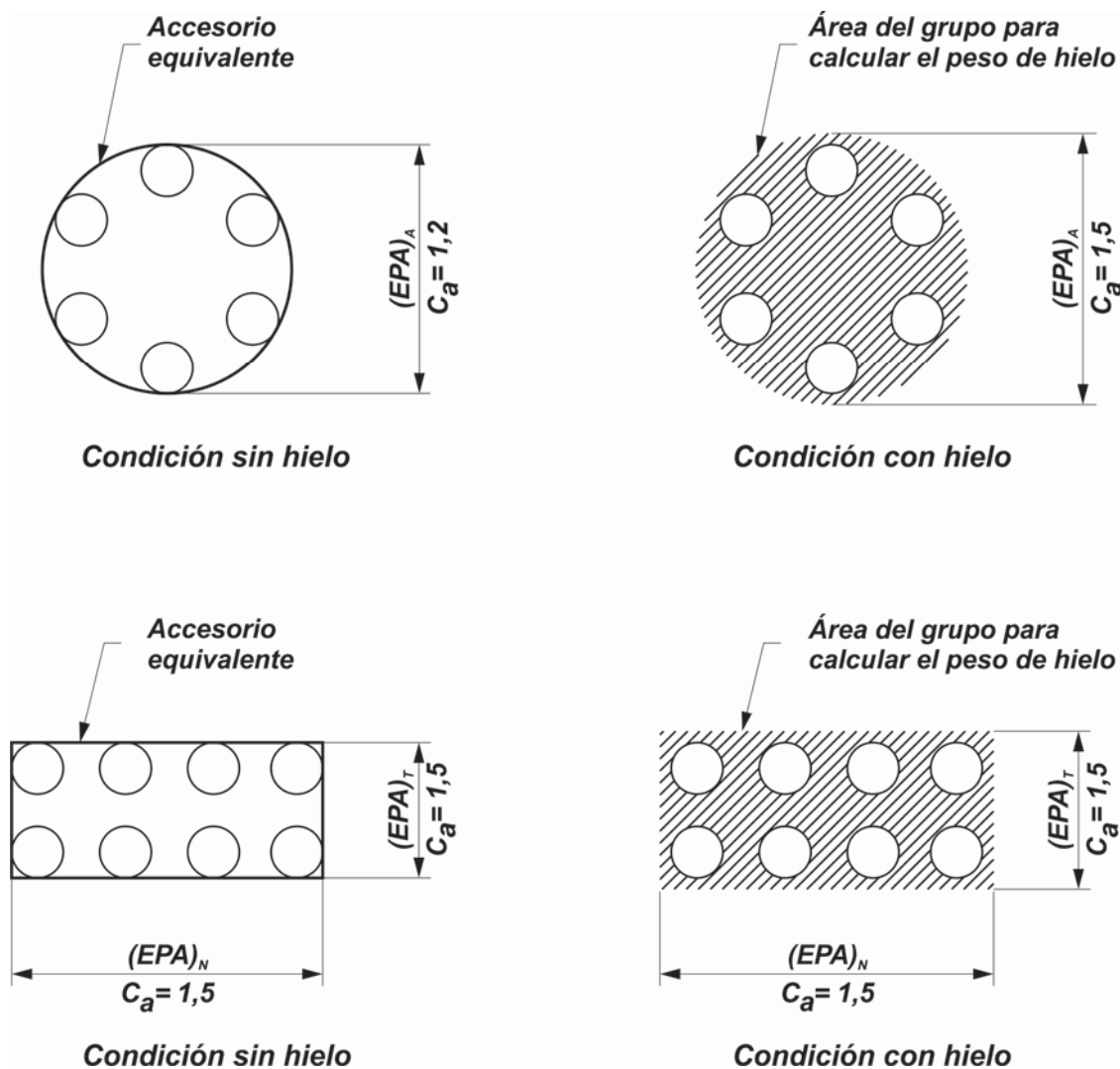


Figura 2.11. Limitaciones del reparo del viento.

2.6.9.5. Líneas de transmisión de sección circular o elíptica instaladas en grupos o bloques

El área proyectada de cada línea que forma parte de un grupo o bloque, independientemente de su separación o ubicación dentro del grupo (es decir, sin considerar el reparo de las líneas ni la reducción del espesor de hielo) se debe incluir en el cálculo de las cargas de viento usando un coeficiente de fuerza, C_a , igual a **1,2** (líneas circulares y elípticas) excepto que no es necesario considerar al grupo de líneas mayor que un accesorio equivalente con un ancho igual a la máxima dimensión de extremo a extremo del grupo, tanto para caras normales como transversales, con un coeficiente de fuerza, C_a , igual a **1,5** para los grupos cuadrados o rectangulares y **1,2** para grupos circulares. Ver la **Figura 2.12**.



Nota:

$(EPA)_A$, $(EPA)_N$ y $(EPA)_T$ representan las áreas proyectadas efectivas del accesorio equivalente en base a la dimensión de extremo apropiada del grupo (incluyendo el hielo para aquellas combinaciones de cargas que lo incluyen).

Figura 2.12. Líneas de transmisión instaladas en grupos o bloques.

Para condiciones de carga que incluyen hielo, se debe aplicar un coeficiente de fuerza, C_a , igual a **1,5**, tanto para grupos circulares como cuadrados o rectangulares.

Nota: Se puede usar el ancho del accesorio equivalente para determinar el reparo según el artículo 2.6.9.4.

Para los propósitos de cálculo del peso del hielo, se debe considerar el espesor radial del hielo sobre cada línea individual, excepto que no será necesario que la sección transversal total de hielo sea mayor que el área de un grupo, tal como se indica en la **Figura 2.12**.

2.6.9.6. Presión dinámica

La presión dinámica, q_z , evaluada a la altura z se debe calcular de acuerdo con la siguiente expresión:

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \text{ [N/m}^2\text{]}$$

siendo:

K_z el coeficiente de presión dinámica de acuerdo con el artículo 2.6.5.2.

K_{zt} el factor topográfico de acuerdo con el artículo 2.6.6.4.

K_d el factor de probabilidad de dirección del viento de acuerdo con la **Tabla 2.2**.

V la velocidad básica del viento para la condición de carga que se investiga, en m/s.

I el factor de importancia de acuerdo con la **Tabla 2.3**.

2.7. CARGAS DEBIDAS A LAS ACCIONES SÍSMICAS

Se deberá cumplimentar lo requerido en el **Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes, INPRES-CIRSOC 103, parte IV, Construcciones de Acero**, y todo aquello que publique el INPRES referido a este tema.

2.8. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

2.8.1. Definiciones

Cargas de servicio: Combinación de cargas que se utiliza para calcular las deformaciones en el estado límite de servicio.

Curvatura: Rotación angular bajo las cargas de servicio del haz de una antena en el plano vertical local de la antena, respecto de su posición correspondiente a la situación de carga sin viento, no mayorada.

Desplazamiento: Desplazamiento horizontal de un punto bajo las cargas de servicio respecto de su posición correspondiente a la situación de carga no mayorada, sin viento.

Torsión: Rotación angular bajo las cargas de servicio del haz de una antena en el plano horizontal local de la antena, respecto de su posición correspondiente a la situación de carga sin viento, no mayorada.

2.8.2. Deformaciones en estado límite

A menos que en el pliego de especificaciones particulares del proyecto se incluya otro requerimiento más exigente, en ningún punto de una estructura las deformaciones bajo las cargas de servicio superarán los siguientes límites:

1. Una rotación de **4 grados** respecto del eje vertical (torsión) o de cualquier eje horizontal (curvatura) de la estructura.
2. Un desplazamiento igual al **3%** de la altura de la estructura (tomado entre dos puntos cualesquiera de la estructura).
3. Para los voladizos tubulares o de celosía, pilones o estructuras similares instaladas sobre estructuras de celosía, un desplazamiento horizontal relativo igual a **1,5%** de la altura del voladizo medido desde el tope del voladizo hasta su base.

2.8.3. Cargas de servicio

Las cargas de servicio se deberán definir de acuerdo con la siguiente combinación de cargas:

$$1,0 D + 1,0 D_g + 0,7 W_o \quad (\text{Ver definiciones en el artículo 2.3.1.})$$

Las fuerzas de viento horizontales que se utilicen para determinar las cargas de servicio se deberán basar en un factor de importancia I , un factor de direccionalidad, K_d , un coeficiente de presión dinámica, K_z , un factor de ráfaga, G_h , y un factor topográfico, K_{zt} , iguales a los correspondientes al estado límite de resistencia.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS

3.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo define: *(i)* las características mínimas aceptables de modelos y técnicas de análisis, y *(ii)* los requisitos para tener en cuenta los efectos dinámicos de las ráfagas de viento.

3.2. DEFINICIONES

A los fines de este Reglamento, se aplican las siguientes definiciones.

Factor de conversión de viento medio, m : factor usado para determinar la presión media horaria de viento.

Mástil atirantado o arriendado: estructura reticulada o tubular cuyos apoyos laterales, salvo el de la base, se constituyen con cables de acero u otro material.

Vano de un mástil: distancia entre la base y el primer nivel de riendas, distancia entre dos niveles sucesivos de riendas, o la distancia por encima del nivel de rienda superior hasta el borde superior de la estructura (segmento en voladizo).

3.3. SIMBOLOGÍA

F_A fuerza de viento de diseño horizontal para accesorios;

F_{ST} fuerza de viento de diseño horizontal para la estructura;

f_{wl} ancho de un segmento de estructura;

h altura de un mástil atirantado;

h_i altura de un segmento de estructura;

m factor de conversión de viento medio;

$P-\Delta$ efectos del desplazamiento en las fuerzas de los elementos;

q_z presión dinámica.

3.4. MODELOS PARA ANÁLISIS

Los modelos mínimos aceptables para análisis son los siguientes:

(a) Torres reticuladas autosoportadas

1. Un modelo elástico, tridimensional, de reticulados formados por barras rectas con nudos articulados que solo produce fuerzas axiales en los elementos.
2. Un modelo elástico, tridimensional, de pórticos y reticulados en el cual los miembros continuos (montantes, travesaños horizontales con disposición en "**K**" sin arriostramiento en el plano) se modelan como barras tridimensionales tipo viga, obteniendo tanto momentos como fuerzas axiales en estos miembros, mientras que los elementos restantes, sujetos fundamentalmente a cargas axiales, se pueden modelar como barras rectas tridimensionales con nudos articulados, obteniéndose en ellos solo fuerzas axiales.

(b) Monopostes autosoportados

Modelo elástico, tridimensional, de barras tipo viga del cual se obtienen momentos, fuerzas de corte y fuerzas axiales en la estructura. A menos que el modelo de análisis considere los efectos de segundo orden dentro de cada miembro, el número mínimo de elementos **tipo viga** deberá ser igual a **cinco por cada segmento del monoposte** y la máxima longitud de los elementos tipo viga no deberá ser mayor que **2,00 m**.

Nota: debido a la complejidad que implica la generación de modelos de placas o cáscaras (el mallado, la interconexión de los elementos, etc.), las tensiones obtenidas de tales modelos **no deberán ser menores que las tensiones obtenidas mediante el modelo de barras arriba indicado**.

(c) Mástiles atirantados

1. Modelo elástico, tridimensional, de barras tipo viga en el cual el fuste se modela con barras equivalentes tridimensionales tipo viga, soportadas por cables representados ya sea como apoyos elásticos no-lineales, o bien como elementos tipo cable. Este análisis produce momentos, corte y fuerzas axiales en el fuste, los cuales dan por resultado fuerzas axiales en los elementos individuales (montantes y diagonales).
2. Modelo elástico, tridimensional, de reticulados en el cual los elementos individuales del fuste se modelan como elementos rectos conectados a nudos, produciendo solo fuerzas axiales en los elementos. Los cables se representan como elementos tipo cable.
3. Modelo elástico, tridimensional, de pórticos y reticulados en el cual los elementos continuos (montantes) del fuste se modelan como barras tridimensionales tipo viga que producen tanto momentos como fuerzas axiales, mientras que los demás elementos se pueden modelar como barras tridimensionales articuladas en los nudos que solo producen fuerzas axiales. Los cables se representan como elementos tipo cable.

3.4.1. Aplicación de las fuerzas de viento a estructuras reticuladas

En los modelos tridimensionales de reticulados, la fuerza de viento de diseño horizontal que actúa sobre la estructura, **FST**, se deberá distribuir por partes iguales entre los nudos de los montantes de la sección analizada.

La fuerza de viento de diseño horizontal, **F_A** , para los accesorios se deberá distribuir a cada nudo de un montante de acuerdo con la ubicación del accesorio (considerando la carga lateral y la torsión).

Para los miembros estructurales que soporten accesorios en su mitad central se deberá considerar la flexión localizada. Para los elementos de arriostramiento principales, bajo esta condición, se deberá considerar la flexión localizada para la condición de viento normal al plano de los elementos de arriostramiento, sin considerar ninguna carga axial en los elementos.

Nota: Las fuerzas debidas a pesos y sismo se deben distribuir y considerar de manera similar.

3.5. EFECTOS DE LOS DESPLAZAMIENTOS

El análisis de todas las estructuras, salvo lo que se presenta en este artículo, deberá considerar los efectos de los desplazamientos sobre las fuerzas que actúan en los elementos (efectos **$P-\Delta$**).

Para las estructuras atirantadas se deberán considerar los efectos de los desplazamientos de los puntos de vinculación de las riendas al fuste, así como los efectos de los desplazamientos entre los diferentes puntos de vinculación fuste-rienda.

Para los modelos de elementos tipo viga tridimensionales, usados para realizar análisis por elementos finitos, a menos que el modelo de análisis considere los efectos de segundo orden dentro de cada elemento, **el número mínimo de elementos tipo viga entre niveles de riostras deberá ser igual a cinco.**

No es necesario considerar los efectos **$P-\Delta$** para las torres autosoportadas reticuladas de menos de **150 m** de altura, siempre que las relaciones entre la altura y el ancho de cara, h_i/f_{wi} sean menores que **10** tal como se ilustra en la **Figura 3.1**.

3.6. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE VIENTO

Para tener en cuenta los efectos dinámicos de las ráfagas de viento, se deberán considerar las siguientes distribuciones de la carga de viento para la condición de estado límite de resistencia. Ver las **Figuras 3.2.** y **3.3.**

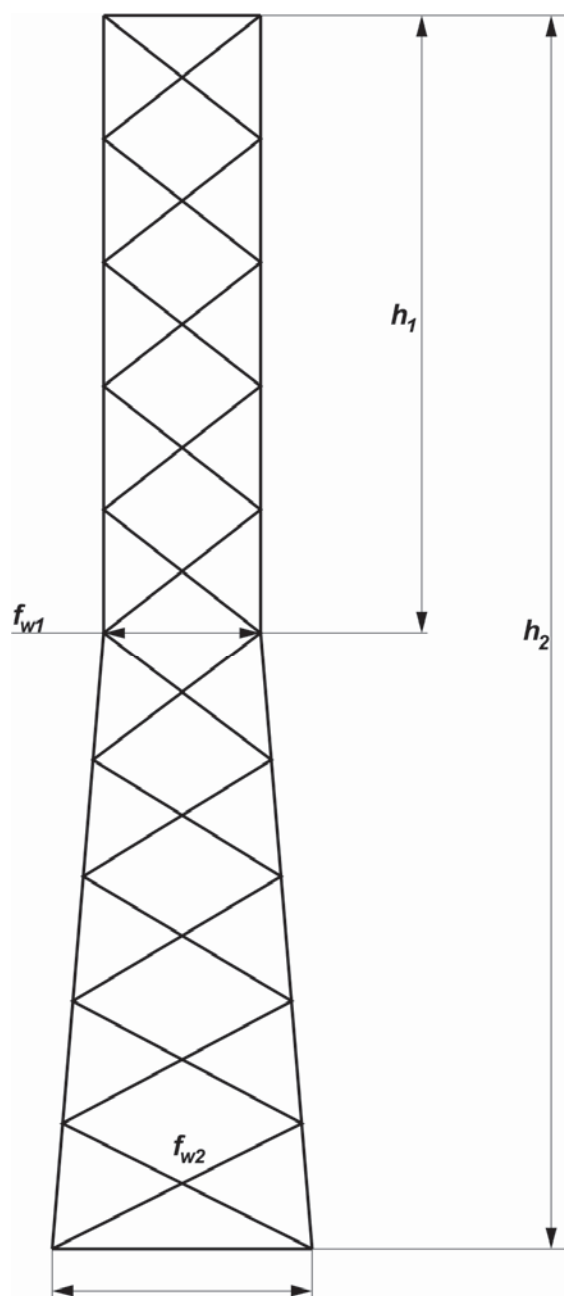
3.6.1. Torres reticuladas autosoportadas

Cuando el ápice definido por la proyección de los montantes inclinados de una torre reticulada autosoportada se encuentre dentro de la altura de la torre (ver la **Figura 3.2.**), se deberán investigar las siguientes **distribuciones de carga de viento para la combinación de carga 1**, tal como se especifica en el artículo 2.3.2., variando la presión dinámica de la siguiente manera:

1. Presión dinámica completa sobre toda la altura de la estructura.
2. Presión dinámica completa debajo del punto ápice y presión dinámica media por encima del punto ápice.
3. Presión dinámica completa por encima del punto ápice y presión dinámica media por debajo del punto ápice.

La presión dinámica media se debe determinar multiplicando la presión dinámica (q_z según el artículo 2.6.9.6.) por el factor de conversión de viento medio, m , de la **Tabla 3.1**.

Las distribuciones de carga precedentes se deberán aplicar para cada punto ápice en torres con montantes de múltiples pendientes que difieren por más de **un grado** entre segmentos adyacentes. **Se deben considerar todas las combinaciones de distribución de carga de viento, para determinar los máximos efectos de carga.**



Nota: Máx. relación $\frac{\text{altura}}{\text{ancho de cara}} = \text{máx. valor entre } \frac{h_1}{f_{w1}} \text{ y } \frac{h_2}{f_{w2}}$

Figura 3.1. Relaciones de altura / ancho.

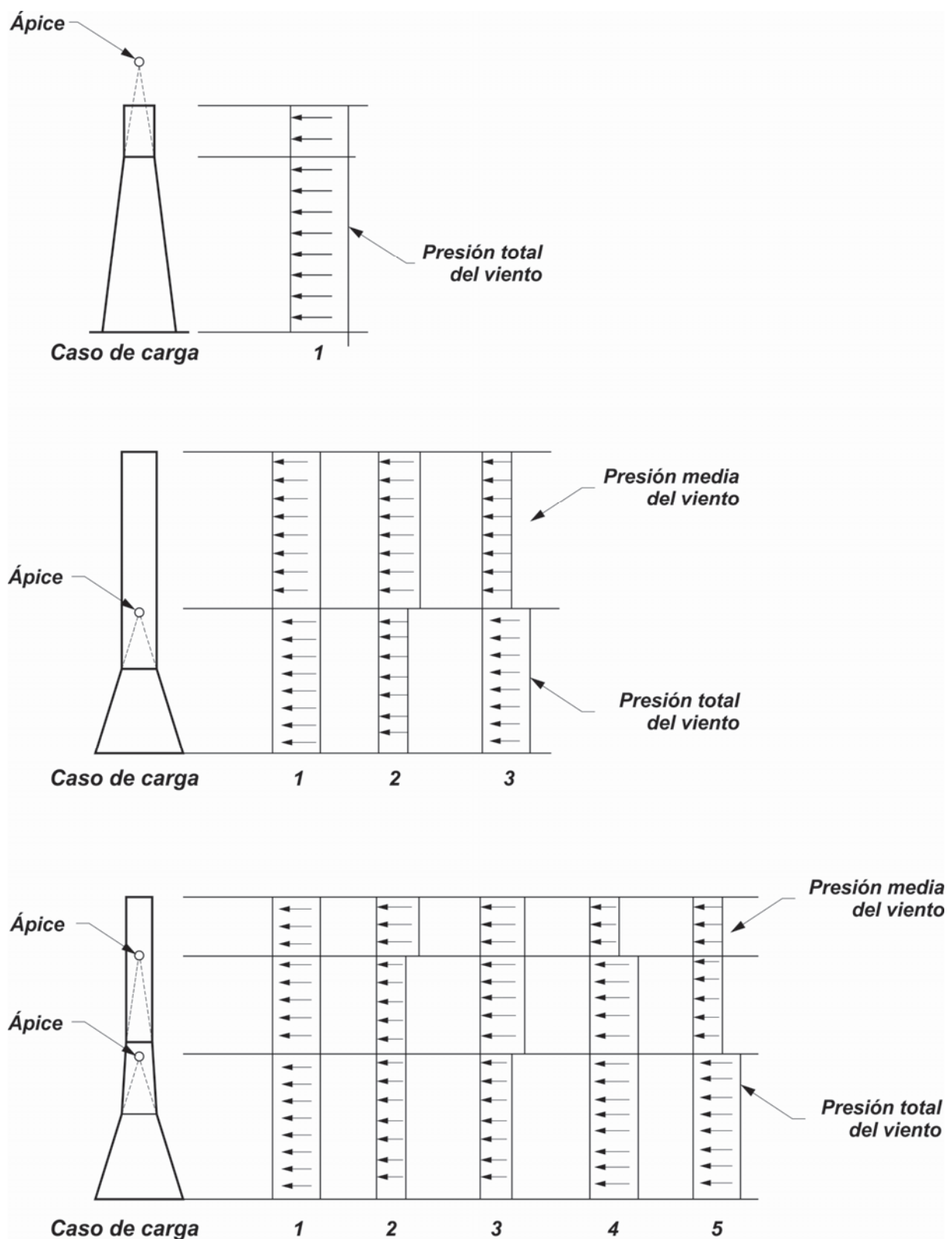


Figura 3.2. Distribuciones de carga para torres autosoportadas.

Tabla 3.1. Factor de conversión de viento medio.

Categorías de exposición	Factor de conversión de viento medio
B	0,55
C	0,60
D	0,65

3.6.2. Mástiles atirantados

Para mástiles atirantados con tres o más vanos y con al menos un vano de mástil mayor que **24 m** dentro del tercio superior de la altura de la estructura, se deberán investigar las siguientes distribuciones de carga de viento (ver la **Figura 3.3.**) para la **combinación de cargas 1**, tal como se especifica en el artículo 2.3.2., variando la presión dinámica de la siguiente manera:

1. Presión dinámica completa sobre toda la altura de la estructura. Para mástiles mayores que **150 m** de altura, no es necesario considerar la presión de viento completa sobre la estructura entera cuando se investiga la distribución de carga.
2. Presión dinámica media sobre el vano superior de mástil y presión dinámica completa en los vanos restantes.
3. Presión dinámica media sobre el segundo vano de mástil contando desde su parte superior y presión dinámica completa en los vanos restantes.
4. Presión dinámica media sobre el tercer vano de mástil contando desde su parte superior y presión dinámica completa en los vanos restantes.

La presión dinámica media se debe determinar multiplicando la presión dinámica q_z según el artículo 2.6.9.6.) por el factor de conversión de viento medio, m , de la **Tabla 3.1. Para todas las distribuciones de carga, a las riendas se les debe aplicar presión dinámica completa.**

Notas:

1. Para mástiles con voladizos (por ejemplo estructuras de antenas de transmisión, ménsulas esbeltas, o el fuste en sí) los voladizos se deben considerar como el vano superior.
2. Para mástiles donde la longitud total de los tres vanos superiores sea menor que un tercio de la altura de la estructura, las distribuciones de carga de viento antedichas se deberán continuar para cada vano subsecuente hasta que la longitud total de los vanos considerados sea mayor que un tercio de la altura de la estructura. Ver la **Figura 3.3.**
3. Cuando la distancia entre dos niveles de riendas sea menor que **3 veces** el mayor ancho de cara entre esos niveles, las distribuciones de la presión de viento de los vanos adyacentes se deberán extender al punto medio de los dos niveles de rienda. El vano corto no se deberá considerar como vano independiente a los fines de este artículo.

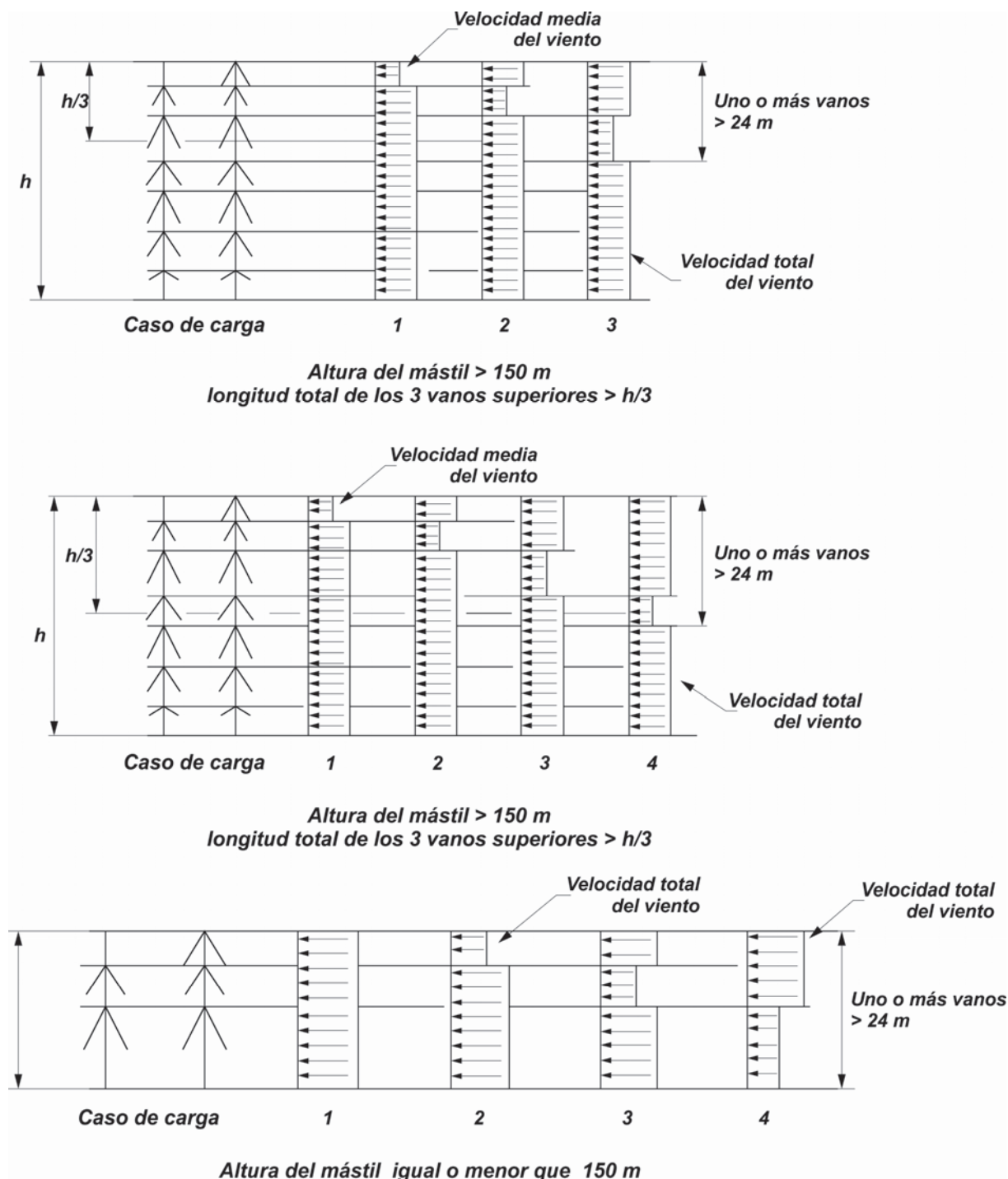


Figura 3.3. Distribución de carga para mástiles atirantados.

3.7. RESPUESTAS A CORTE Y TORSIÓN EN MÁSTILES ATIRANTADOS

Para los **mástiles reticulados**, el corte en la cara del fuste en un vano no-voladizo, debido al corte y la torsión en el fuste, deberá ser mayor que el **40%** del máximo valor absoluto del corte en la cara en el vano.

Para los **mástiles tubulares**, el corte en el fuste en un vano no-voladizo deberá ser mayor que el **40%** del máximo valor absoluto del corte en el vano.

CAPÍTULO 4. PROYECTO POR ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

4.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece las condiciones para el Proyecto por Estados Límite Últimos (Proyecto *por Resistencia*) de los elementos de acero estructural que se utilizan en las torres reticuladas, en los monopostes y en los mástiles atirantados.

Se establecen especialmente las especificaciones para perfiles angulares (laminados y conformados en frío), barras macizas de sección circular y elementos tubulares de acero estructural, comúnmente utilizados en las estructuras de antenas.

Se deberán satisfacer las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 301-2005** (para elementos de perfiles laminados o armados con chapas y perfiles laminados, y sus uniones), del **Reglamento CIRSOC 302-2005** (para elementos de tubos con y sin costura, y sus uniones), **Reglamento CIRSOC 308-2007** (para elementos de barras de acero de sección circular maciza y sus uniones) y **Reglamento CIRSOC 303-2009** (para elementos de secciones abiertas conformadas en frío y sus uniones) y las del presente Reglamento. Cuando las especificaciones de los **Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005, CIRSOC 308-2007 y CIRSOC 303-2009** difieran de las de este Reglamento, lo establecido en este Reglamento tendrá prelación.

4.2. DEFINICIONES

Elementos de arriostramiento: miembros ubicados en las caras de la celosía.

Factor de longitud efectiva: relación entre la longitud efectiva de una barra comprimida y la longitud real de la misma.

Línea de acción: línea paralela al eje longitudinal de un elemento que atraviesa el baricentro del grupo de bulones que une dicho elemento con otro.

Longitud efectiva (longitud de pandeo): longitud de una barra biarticulada de igual comportamiento a pandeo que la barra considerada. Es el producto del factor de longitud efectiva k por la longitud real de la barra considerada L .

Longitud no arriostrada: longitud entre nudos que proveen restricción, la cual puede variar según los diferentes planos de pandeo dependiendo del patrón de arriostramiento. Para los montantes, L no deberá ser menor que la distancia entre nudos. Para los elementos de arriostramiento, L no deberá ser menor que la longitud entre los centros de las uniones abulonadas o soldadas.

Miembros o Elementos secundarios: elementos utilizados fundamentalmente para reducir la longitud no arriostrada de un miembro cargado.

Montante: miembro longitudinal de una torre de celosía o de un mástil de celosía, ubicado en la intersección de las caras.

Nudo: punto de intersección de los ejes de un elemento de arriostramiento y un montante.

Pandeo en el plano: dirección de pandeo considerada en el plano definido por la cara de una estructura de celosía.

Pandeo fuera del plano: dirección de pandeo considerada normal a la cara de una estructura de celosía.

Pandeo respecto del eje débil: dirección de pandeo considerada respecto del eje principal de menor inercia (eje débil) de la sección transversal de un elemento.

Radio de giro: raíz cuadrada del momento de inercia de la sección transversal de un elemento respecto del eje de pandeo considerado, dividido por el área bruta de la sección.

Relación de esbeltez: relación entre la longitud no arriostrada L , y el correspondiente radio de giro r .

Relación de esbeltez efectiva: relación entre la longitud efectiva de una barra comprimida y el radio de giro de su sección transversal, ambos con respecto al mismo eje de pandeo. También **esbeltez efectiva**.

Unión de deslizamiento crítico: unión abulonada en que se requiere resistencia al deslizamiento.

4.3. SIMBOLOGÍA

α	relación de separación;
δ, χ	parámetros que definen la curva de pandeo de las barras macizas de sección circular;
λ_c	factor de esbeltez adimensional de barras comprimidas;
λ_m	esbeltez modificada de una columna armada;
μ	coeficiente de Poisson;
μ	coeficiente medio de rozamiento;
ϕ	factor de resistencia ;
ϕ_b	factor de resistencia para flexión;
ϕ_c	factor de resistencia para compresión;
ϕ_p	factor de resistencia para elementos de unión;
ϕ_t	factor de resistencia para tracción;
ϕ_T	factor de resistencia para torsión;
ϕ_v	factor de resistencia para corte;
A	área bruta del elemento directamente unido;

A_b	área nominal del cuerpo no roscado de un bulón;
A_e	área neta efectiva para miembros traccionados;
A_{ef}	área efectiva de la sección transversal de un miembro comprimido conformado en frío;
A_g	área bruta de la sección transversal de un miembro;
A_{gt}	área bruta solicitada a tracción;
A_{gv}	área bruta solicitada a corte;
A_n	área neta de un miembro;
A_{nt}	área neta solicitada a tracción;
A_{nv}	área neta solicitada a corte;
A_{pb}	área de aplastamiento proyectada de una placa de unión;
A_{sf}	área de corte efectiva de una placa de unión;
a	menor distancia entre el borde del agujero del pasador y el borde del elemento, medida en forma paralela a la dirección de la fuerza;
a	distancia entre conectores consecutivos (Grupo I); ejes de forros (Grupo II); o centros de agujeros consecutivos (Grupo III);
$\frac{a}{r_{ib}}$	esbeltez de una barra componente relativa a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo;
$\frac{a}{r_i}$	mayor esbeltez de una barra componente;
B_1	factor de amplificación de momentos;
b	ancho total del ala de un perfil angular;
b	ancho de un elemento plano de la sección transversal;
b_e	ancho efectivo de un elemento plano;
b_{eff}	distancia al borde efectiva de una placa de unión;
b_t	ancho total del material removido al ejecutar la ranura en el extremo de un tubo;
C	constante torsional de la sección tubular = J/c ;
c	distancia entre el eje neutro y la fibra extrema;
D	diámetro exterior de un miembro tubular;
D_e	diámetro de un tubo equivalente a una sección poligonal de más de 18 lados;
d	diámetro nominal de un bulón o pasador;
d	diámetro nominal de la sección circular maciza;
E	módulo de elasticidad longitudinal del acero = 200000 MPa ;
F_{cr}	tensión crítica;
F_s	resistencia de diseño a compresión axial del miembro cargado;
F_t	resistencia nominal a la tracción de un bulón;
F_v	resistencia nominal al corte de un bulón;

F_u	tensión de rotura a la tracción especificada del acero;
F_{ub}	resistencia mínima a la tracción especificada del acero de un bulón;
F_y	tensión de fluencia mínima especificada del acero;
F'_y	tensión de fluencia efectiva;
g	distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos (gramil);
h	distancia entre centros de gravedad de las barras (o conjuntos de barras) medida perpendicularmente al eje de pandeo analizado de la barra armada;
I_w	momento de inercia respecto del eje principal mayor;
J	módulo de torsión de una sección;
k	factor de longitud efectiva;
kL/r	relación de esbeltez efectiva;
$\left(\frac{kL}{r}\right)_o$	relación de esbeltez efectiva de una columna armada actuando como una unidad;
$\left(\frac{kL}{r}\right)_m$	relación de esbeltez efectiva modificada de una columna armada;
L	longitud real de una barra no arriostrada correspondiente a una dirección de pandeo;
L_b	longitud lateralmente no arriostrada;
L_T	longitud crítica de pandeo lateral;
L/r	relación de esbeltez de una barra;
L_c	distancia libre para la determinación de la resistencia de diseño;
M_d	resistencia de diseño a flexión;
M_n	resistencia nominal a la flexión;
M_{nx}	resistencia nominal a la flexión respecto del eje x ;
M_{ny}	resistencia nominal a la flexión respecto del eje y ;
M_{nw}	resistencia nominal a la flexión respecto del eje principal mayor ;
M_{nz}	resistencia nominal a la flexión respecto del eje principal menor ;
M_{ob}	momento elástico de pandeo lateral-torsional obtenido según el artículo 4.7.4.4. (flexión alrededor de los ejes geométricos) ó el artículo 4.7.4.5. (flexión alrededor de los ejes principales), de ambos el que sea aplicable;
M_u	resistencia requerida a la flexión debida a las cargas mayoradas;
M_{uw}	resistencia requerida a la flexión respecto del eje principal mayor debido a las cargas mayoradas;
M_{uz}	resistencia requerida a la flexión respecto del eje principal menor debido a las cargas mayoradas;

M_y	momento elástico de la sección relativo al eje de flexión ;
N_t	relación entre la longitud lateralmente no arriostrada a pandeo lateral y la longitud crítica;
P_d	resistencia de diseño a fuerza axial;
P_e	carga de pandeo elástico de Euler;
P_l	resistencia nominal de una placa de unión;
P_n	resistencia nominal a fuerza axial ;
P_r	resistencia requerida en un nudo dentro de una cara de una estructura de celosía;
P_s	mínima resistencia de diseño del arriostramiento normal al miembro cargado;
P_u	resistencia requerida a fuerza axial debida a las cargas mayoradas;
p	paso de la rosca;
r	radio de giro de la sección transversal bruta relativo al eje de pandeo;
r_i	radio de giro mínimo de una barra componente de un miembro armado;
r_{ib}	radio de giro de una barra componente respecto a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo analizado de la barra armada;
r_x	radio de giro de la sección transversal respecto al eje de pandeo x ;
r_y	radio de giro de la sección transversal respecto al eje de pandeo y ;
r_z	radio de giro de la sección transversal respecto al eje de pandeo z ;
R_n	resistencia nominal al aplastamiento de la chapa en los agujeros para bulones o accesorios;
R_{np}	resistencia nominal de un elemento de unión;
R_{nt}	resistencia nominal a la tracción de un bulón o varilla de anclaje;
R_{nv}	resistencia nominal al corte de un bulón o varilla de anclaje;
S	mínimo módulo resistente elástico de una sección;
S_c	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta del ala comprimida;
S_{ce}	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y calculado para la fibra extrema comprimida;
S_t	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta del ala traccionada;
S_{cw}	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje principal mayor y correspondiente a la punta del ala comprimida;
s	distancia en dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos;
T_n	resistencia nominal a la torsión;
T_u	resistencia requerida a torsión debida a las cargas mayoradas;
T_{ub}	resistencia requerida a tracción de un bulón debida a las cargas mayoradas;
t	espesor de un elemento, de la pared de un tubo o de una placa;
U	factor de reducción para el cálculo del área neta efectiva;

U_{bs}	Coeficiente de reducción para rotura por bloque de corte;
V_d	resistencia de diseño al corte;
V_n	resistencia nominal al corte;
V_{ub}	resistencia requerida a corte en un bulón debida a las cargas mayoradas;
V_u	resistencia requerida a corte debida a las cargas mayoradas;
w	ancho de la chapa;
w	eje principal de mayor momento de inercia;
$\bar{x}$	excentricidad de la unión. (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir);
Z	módulo resistente plástico;
z	eje principal de menor momento de inercia.

4.4. ESPECIFICACIONES GENERALES

4.4.1. Mínima resistencia de diseño de los arriostramientos

Para considerar que un nudo es un punto fijo y produce una reducción de la longitud no arriostrada de un miembro comprimido, el elemento de arriostramiento y los elementos secundarios deberán tener una resistencia de diseño mínima, P_s , normal al miembro arriostrado (en ambas direcciones) en el plano de pandeo considerado.

P_s se determinará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P_s = \left[1,5 + \frac{\left(\frac{kL}{r} - 60 \right)}{60} \right] \frac{F_s}{100} \quad \text{con} \quad 1,5 \frac{F_s}{100} \leq P_s \leq 2,5 \frac{F_s}{100}$$

siendo:

F_s la resistencia de diseño a compresión axial del miembro arriostrado.

kL/r la relación de esbeltez efectiva del miembro cargado en el plano de pandeo considerado.

La resistencia requerida en el nudo, P_r , para los arriostramientos de un montante comprimido que se encuentren ubicados dentro de una cara de la torre, se determinará de acuerdo con lo indicado en la **Tabla 4.1**.

Las resistencias de diseño mínimas requeridas de múltiples elementos ubicados dentro de una cara y que se unen en un nudo, se determinarán de acuerdo con la **Tabla 4.2**.

A menos que se realice un análisis más riguroso, un elemento secundario diagonal que esté unido a cualquiera de los extremos de un elemento secundario horizontal, deberá tener una resistencia de diseño mínima igual a la mitad de la resistencia de diseño requerida del

elemento horizontal dividida por el coseno del ángulo entre ambos elementos (ver la **Tabla 4.2**).

Nota: No es necesario considerar la resistencia requerida mínima, P_s , conjuntamente con las resistencias requeridas para el elemento resultantes de las combinaciones de acciones aplicables.

Tabla 4.1. Resistencia axial requerida de los arriostramientos de un montante

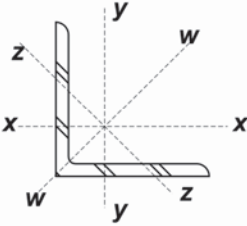
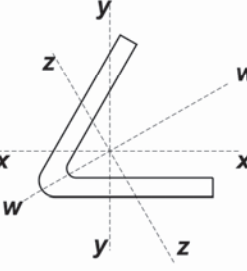
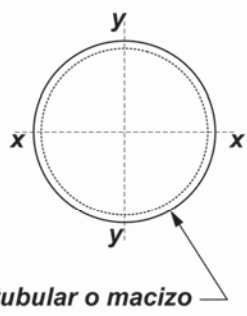
Geometría del montante	Sección transversal de la torre	Resistencia axial requerida en un nudo del arriostramiento de una cara P_r
	Cuadrada	Cuando el pandeo respecto del eje débil (kL/r_z) es determinante: $P_r = P_s / (2 \times 0,707) = 0,707 P_s$ Cuando el pandeo en el plano (kL/r_x o kL/r_y) es determinante:
	Triangular	Cuando el pandeo respecto del eje débil (kL/r_z) es determinante: $P_r = P_s / (2 \times 0,866) = 0,577 P_s$ Cuando el pandeo en el plano (kL/r_y) es determinante: $P_r = P_s$
 tubular o macizo	Cuadrada	El pandeo en el plano (kL/r_x o kL/r_y) es determinante: $P_r = P_s$
	Triangular	El pandeo fuera del plano (kL/r_x) es determinante: $P_r = P_s / (2 \times 0,866) = 1,15 P_s$
Notas: 1. Alternativamente, P_r se puede determinar usando la mayor relación de esbeltez efectiva para determinar P_s y multiplicando el resultado por 1,15 para secciones transversales triangulares o por 1,00 para secciones transversales cuadradas. 2. Al investigar un montante se aplica un solo valor de P_r para ambas caras. Se deberá usar el mayor valor considerando el segmento del montante por encima y por debajo de un nudo. 3. En el caso de los patrones de arriostramiento simétricos, el pandeo respecto del eje débil es determinante. En el caso de los patrones de arriostramiento altamente, puede ser determinante el pandeo en el plano, fuera del plano o respecto del eje débil.		

Tabla 4.2. Mínima resistencia axial requerida en los nudos

Notas:

1. Para montantes con pendiente de más de **15 grados** respecto de la vertical, P_r se deberá **dividir por el coseno** de la pendiente del montante.

4.4.2. Relaciones de esbeltez

La relación de esbeltez (L/r), será menor o igual que:

(a) **150** para los montantes,

- (b) **200** para los elementos comprimidos principales excepto los montantes,
- (c) **250** para los elementos secundarios, y
- (d) **300** para los elementos traccionados, excepto para las barras traccionadas de arriostramiento de sección circular y los cables.

4.4.3. Valores de cálculo para la tensión de fluencia y para la tensión de rotura a tracción del acero

Para el dimensionado se deberán usar los valores mínimos especificados de tensión de fluencia y de tensión de rotura a la tracción, correspondientes al tipo de acero utilizado especificados en las normas de materiales.

4.4.4. Excentricidades normales en las uniones

4.4.4.1. Montantes

Las solicitaciones resultantes de las excentricidades se deberán considerar, a menos que se satisfagan las siguientes condiciones:

- (a) Para los montantes de sección circular maciza y tubulares las líneas de acción de los elementos de arriostramiento se cortan en un punto ubicado dentro del diámetro exterior del montante.
- (b) Para los montantes que sean perfiles angulares, las líneas de acción de los elementos de arriostramiento se cortan en un punto ubicado a una distancia igual o menor que **0,75 b**, a ambos lados del eje del montante, siendo **b** el ancho total del ala del montante.
- (c) Para los montantes armados, las líneas de acción de los elementos de arriostramiento se cortan en un punto ubicado dentro de la sección transversal del montante armado.

4.4.4.2. Elementos de arriostramiento

Las expresiones para determinar la relación de esbeltez efectiva especificadas en el artículo **4.5.2.** consideran los efectos de la excentricidad de la carga axial para los perfiles angulares unidos por un ala con excentricidades normales en las uniones. Una unión con **excentricidad normal** se define como aquella en la cual el baricentro del grupo de bulones o soldaduras está ubicado entre el talón del perfil angular y el eje del ala unida del elemento.

Cuando la excentricidad de una unión exceda esta condición, la resistencia de diseño del elemento de arriostramiento se deberá multiplicar por el factor $(b/2g) \leq 1$, siendo **b** el ancho del ala unida y **g** la distancia entre el talón del perfil angular y el baricentro de la unión. Si el

ancho del ala unida es menor o igual que **76 mm** o si la relación de esbeltez (L/r), es mayor que **120** no es necesario aplicar el factor de reducción.

En el caso de los elementos tubulares y de perfiles de otras formas seccionales que estén unidos a perfiles angulares mediante uniones excéntricas similares, para calcular la relación de esbeltez efectiva se deberán usar las mismas expresiones indicadas en el artículo **4.5.2**.

4.5. MIEMBROS SOLICITADOS A COMPRESIÓN AXIAL

4.5.1. Relaciones de esbeltez de montantes

Para los montantes, las relaciones de esbeltez efectiva (kL/r), serán como se especifica en la **Tabla 4.3**. Para las estructuras de celosía el mínimo factor de longitud efectiva k será $k = 1,0$.

4.5.2. Relaciones de esbeltez de elementos de arriostramiento

Las relaciones de esbeltez efectiva, (kL/r), para los elementos de arriostramiento se determinarán teniendo en cuenta la condición de carga, el patrón de arriostramiento, las restricciones de los extremos de los elementos y las excentricidades de las uniones. Las relaciones de esbeltez efectiva (kL/r), se determinarán de acuerdo con la **Tabla 4.4**., excepto para los elementos circulares soldados directamente a los montantes, en cuyo caso los factores de longitud efectiva, k , se tomarán de la **Tabla 4.5**.

Las **Tablas 4.6** y **4.7**. indican las longitudes efectivas y las relaciones de esbeltez para los patrones de arriostramiento utilizados más frecuentemente. La longitud efectiva L_i , será la distancia entre los baricentros de las uniones extremas.

No se podrá considerar que un único bulón proporciona restricción parcial contra la rotación. Este Reglamento permite considerar que una unión mediante múltiples bulones o una unión soldada proporciona restricción parcial si la unión a un elemento, es capaz de resistir la rotación de la unión.

No se podrá considerar que una unión mediante múltiples bulones o soldada exclusivamente a una placa de empalme, que no esté también conectada directamente a un elemento que proporcione restricción (por ejemplo un montante), **proporciona restricción parcial en la dirección fuera del plano.**

4.5.2.1. Arriostramientos en cruz

Se considerará que el punto de cruce proporciona apoyo para resistir el pandeo fuera del plano cuando esté unido bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- (a) Uno de los elementos diagonales es continuo y uno de los elementos diagonales está sometido a tracción.
- (b) En el punto de cruce se provee arriostramiento horizontal triangulado (**Figura 4.2**.) con resistencia suficiente de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1**.

- (c) En el punto de cruce hay un elemento horizontal continuo que satisface los siguientes criterios:
- i. El elemento horizontal continuo tiene resistencia suficiente para proveerle resistencia al montante diagonal de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1**.
 - ii. La resistencia del elemento horizontal continuo se determina ignorando la resistencia al pandeo fuera del plano de las diagonales.

Caso contrario, ***no se deberá considerar que el punto de cruce proporciona un apoyo para resistir el pandeo fuera del plano. (Ver la Tabla 4.6.)***

Cuando no haya elementos diagonales continuos que atraviesen el punto de cruce se deberá satisfacer una de las siguientes condiciones:

- (d) En el punto de cruce se proporciona arriostramiento horizontal triangulado con resistencia suficiente de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1**.
- (e) Hay un elemento horizontal continuo que atraviesa el punto de cruce con resistencia suficiente de acuerdo con lo definido en el punto (c) anterior.

4.5.2.2. Arriostramientos con disposición en "K" o arriostramientos aporticados

Cuando el elemento horizontal no sea un elemento continuo, se deberá proporcionar arriostramiento horizontal triangulado en el punto correspondiente al vértice del arriostramiento con resistencia suficiente de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1**.

Cuando en un elemento horizontal continuo no se provea arriostramiento horizontal triangulado, la longitud no arriostrada fuera del plano del elemento horizontal se deberá considerar igual a **0,75** veces la longitud total del elemento horizontal. El elemento horizontal deberá tener resistencia suficiente para proveer resistencia a los montantes de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1** usando la longitud total del elemento horizontal. (Ver la **Tabla 4.7**).

4.5.2.3. Arriostramientos con disposición en "K" quebrados o arriostramientos aporticados quebrados

En el nudo de quiebre de la diagonal principal inclinada del arriostramiento se deberá proporcionar arriostramiento vertical interno triangulado con resistencia suficiente de acuerdo con lo definido en el artículo **4.4.1**. (Ver la **Figura 4.1**.)

4.5.3. Relaciones de esbeltez y especificaciones particulares y constructivas de miembros armados

Los miembros armados deberán satisfacer las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 301-2005, secciones E.4 y A-E.4**.

Tabla 4.3. Relaciones de esbeltez efectiva para los montantes

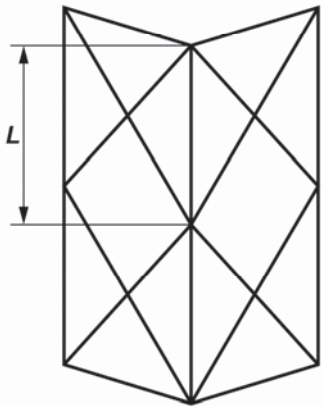
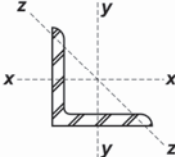
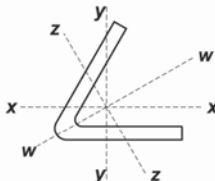
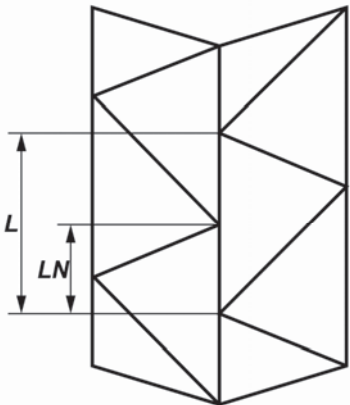
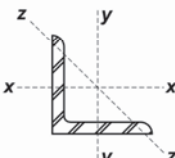
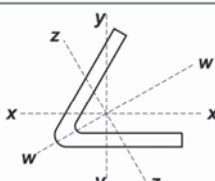
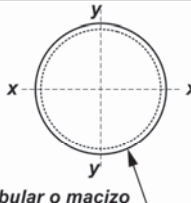
<i>Patrones de arriostramiento simétricos</i>		
	<i>Geometría del montante</i>	<i>Relaciones de esbeltez efectiva k= 1,0</i>
		$\frac{kL}{r_z}$
		$\frac{kL}{r_z}$
	 tubular o macizo	$\frac{kL}{r_x}$
<i>Patrones de arriostramiento alternados</i>		
	<i>Geometría del montante</i>	<i>Relaciones de esbeltez efectiva k= 1,0</i>
		$\frac{kL}{r_x}, \frac{kL}{r_y}, \left[\frac{(1+2N)}{3} \right] \frac{kL}{r_z}$
		$\frac{kL}{r_x}, \frac{kL}{r_y}, \left[\frac{(1+2N)}{3} \right] \frac{kL}{r_z}$
	 tubular o macizo	$\frac{kL}{r_x}$
Notas: 1. <i>L</i> deberá ser igual a la separación entre paneles medida a lo largo del eje montante. 2. Para determinar la resistencia de diseño a la compresión del montante y la resistencia requerida del arriostramiento para proveer apoyo lateral, se deberá usar la máxima relación de esbeltez efectiva.		

Tabla 4.4. Relaciones de esbeltez efectiva para los elementos de arriostramiento

Relaciones de esbeltez < 120, la excentricidad es determinante		
Número de fórmula	Expresión	Condiciones en los extremos de la longitud de pandeo considerada
1	$kL / r = L / r$	Concéntrico en ambos extremos
2	$kL / r = 30 + 0,75 L / r$	Concéntrico en un extremo y unión con excentricidad normal en el otro
3	$kL / r = 60 + 0,50 L / r$	Uniones con excentricidad normal en ambos extremos
Condiciones de con- centricidad	Perfiles angulares dobles o canales dobles Elementos circulares con placa de extremo concéntrica	
Condiciones de excentricidad normal en las uniones	Perfiles angulares simples o canales simples Elementos circulares con placa de extremo excéntrica Elementos circulares con extremos aplanados	
Relaciones de esbeltez ≥ 120, la restricción es determinante		
Número de fórmula	Expresión	Condiciones en los extremos de la longitud de pandeo considerada
4	$kL / r = L / r$	Sin restricción contra la rotación en ninguno de los extremos
5	$kL / r = 28,6 + 0,762 L / r$	Parcialmente restringido en un extremo y sin restricción en el otro
6	$kL / r = 46,2 + 0,615 L / r$	Parcialmente restringido contra la rotación en ambos extremos
Condiciones sin restricción	Uniones con un solo bulón	
Condiciones con restricciónparcial	Uniones con múltiples bulones o soldadas a un miembro / componente o grupo de miembros / componentes rigidizado	
Notas: 1. La expresión se aplica a los perfiles angulares simples en patrones de arriostramiento transversal cuando $L / r < 120$ y los perfiles están unidos espalda contra espalda en el punto de cruce. 2. Es posible que para cada dirección de pandeo considerada se apliquen expresiones diferentes. Para determinar la resistencia de diseño a la compresión se deberá utilizar la máxima relación de esbeltez efectiva.		

Tabla 4.5. Relaciones de esbeltez efectivas para elementos de arriostramiento circulares soldados directamente a los montantes

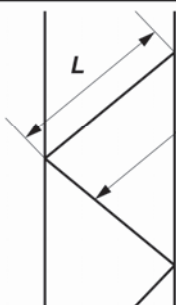
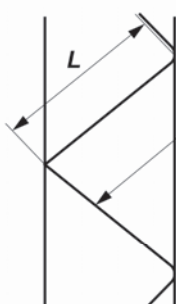
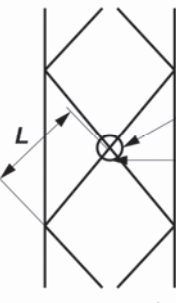
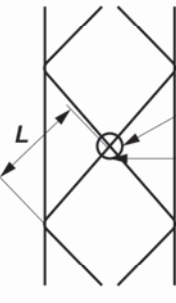
Patrón de arriostramiento	Relación de esbeltez del elemento de arriostramiento		
	$L / r < 80$	$80 \leq L / r \leq 120$	$L / r > 120$
 Arriostramiento cortado en los extremos	$k = 1,0$	$k = 0,75 + 0,25 (120 - L / r) / 40$	$k = 0,75$
 Arriostramiento continuo doblado	$k = 1,1$	$k = 0,75 + 0,25 (120 - L / r) / 40$	$k = 0,75$
 Punto de cruce Arriostramiento cortado y concéntrico en el punto de cruce (ver nota 2)	$k = 1,0$	$k = 0,75 + 0,25 (120 - L / r) / 40$	$k = 0,75$
 Punto de cruce Arriostramiento continuo en capas y unido en el punto de cruce (ver nota 2)	$k = 1,1$	$k = 0,90 + 0,20 (120 - L / r) / 40$	$k = 0,90$
Notas: 1. L se deberá determinar usando la separación entre paneles y la distancia libre entre los montantes. 2. Cuando la fuerza de tracción en el elemento traccionado de una configuración con doble arriostramiento sea menor que el 20% de la fuerza de compresión en el elemento comprimido, los valores de kL se deberán determinar en base a una condición de arriostramiento simple.			

Tabla 4.6. Consideraciones respecto de la longitud de pandeo para los arriostramientos en cruz

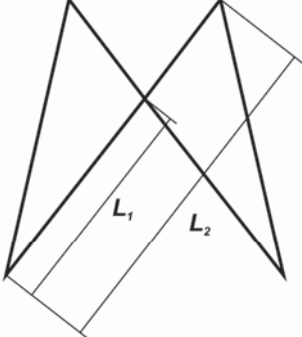
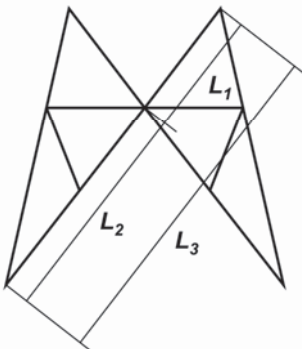
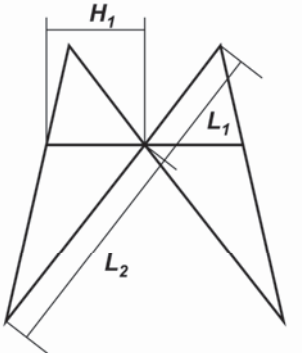
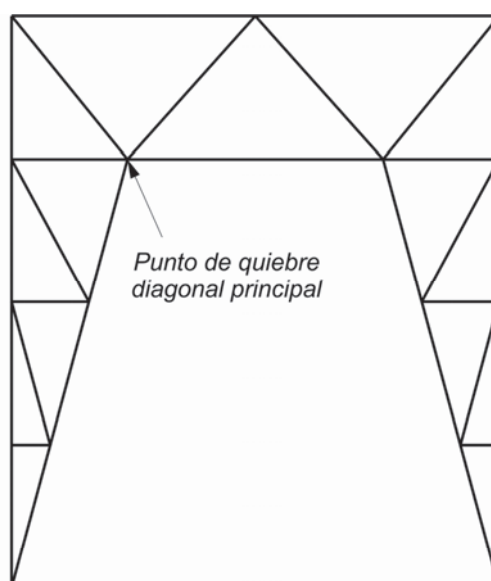
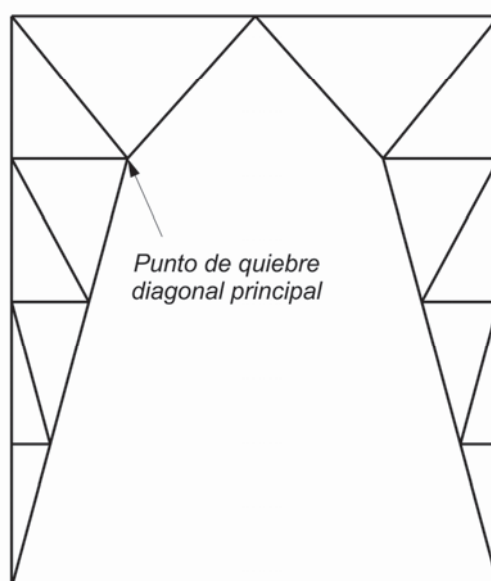
	<table> <tr> <th><i>El punto de cruce proporciona apoyo</i></th><th><i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i></th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$</td><td>$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$</td></tr> </table>	<i>El punto de cruce proporciona apoyo</i>	<i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i>	$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$
<i>El punto de cruce proporciona apoyo</i>	<i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i>				
$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$				
	<table> <tr> <th><i>El punto de cruce proporciona apoyo</i></th><th><i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i></th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$</td><td>$L1/r_{min}$ $L3/r_{out}$</td></tr> </table>	<i>El punto de cruce proporciona apoyo</i>	<i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i>	$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$	$L1/r_{min}$ $L3/r_{out}$
<i>El punto de cruce proporciona apoyo</i>	<i>El punto de cruce está unido pero no proporciona apoyo</i>				
$L1/r_{min}$ $L2/r_{out}$	$L1/r_{min}$ $L3/r_{out}$				
	<table> <tr> <th><i>Arriostramiento interno en el punto de cruce</i></th><th><i>Sin arriostramiento interno en el punto de cruce</i></th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$</td><td>$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$ $2H1/r_{out}$</td></tr> </table>	<i>Arriostramiento interno en el punto de cruce</i>	<i>Sin arriostramiento interno en el punto de cruce</i>	$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$	$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$ $2H1/r_{out}$
<i>Arriostramiento interno en el punto de cruce</i>	<i>Sin arriostramiento interno en el punto de cruce</i>				
$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$	$L1/r_{min}$ $L2/r_{min}$ $H1/r_{min}$ $2H1/r_{out}$				
Notas: 1. L se deberá determinar usando la longitud entre los centros de la unión abulonada o de la unión soldada. 2. r_{min} se refiere al mínimo radio de giro para un elemento (es decir, el eje z-z para un elemento consistente en un único perfil angular, r_x o r_y para un elemento circular.) 3. r_{out} se refiere al radio de giro asociado con el pandeo fuera del plano. 4. Ver los criterios para determinar si hay apoyo en el punto de cruce en el artículo 4.5.2.1. 5. Si las diagonales no son continuas en el punto de cruce, los elementos horizontales deben satisfacer los requisitos del artículo 4.5.2.1.					

Tabla 4.7. Consideraciones respecto de la longitud de pandeo para los arriostramientos con disposición en “K” o arriostramiento aporticados

	<table> <tr> <th colspan="2">Elemento horizontal continuo</th></tr> <tr> <th>Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾</th><th>Sin arriostramiento horizontal</th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$</td><td>$L1/r_{min}$</td></tr> <tr> <td>$H1/r_{min}$</td><td>$H1/r_{min}$</td></tr> <tr> <td></td><td>$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)</td></tr> </table>	Elemento horizontal continuo		Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾	Sin arriostramiento horizontal	$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$	$H1/r_{min}$	$H1/r_{min}$		$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)		
Elemento horizontal continuo													
Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾	Sin arriostramiento horizontal												
$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$												
$H1/r_{min}$	$H1/r_{min}$												
	$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)												
	<table> <tr> <th colspan="2">Elemento horizontal continuo</th></tr> <tr> <th>Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾</th><th>Sin arriostramiento horizontal</th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$</td><td>$L1/r_{min}$</td></tr> <tr> <td>$L2/r_{out}$</td><td>$L2/r_{out}$</td></tr> <tr> <td>$H1/r_{min}$</td><td>$H1/r_{min}$</td></tr> <tr> <td></td><td>$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)</td></tr> </table>	Elemento horizontal continuo		Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾	Sin arriostramiento horizontal	$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$	$L2/r_{out}$	$L2/r_{out}$	$H1/r_{min}$	$H1/r_{min}$		$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)
Elemento horizontal continuo													
Arriostramiento horizontal apoyado en el vértice ⁽⁵⁾	Sin arriostramiento horizontal												
$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$												
$L2/r_{out}$	$L2/r_{out}$												
$H1/r_{min}$	$H1/r_{min}$												
	$1,5 H1/r_{out}$ (ver nota 4)												
	<table> <tr> <th colspan="2">Elemento horizontal no continuo</th></tr> <tr> <th colspan="2">Se requiere arriostramiento horizontal en el vértice ⁽⁵⁾</th></tr> <tr> <th>Se provee arriostramiento vertical ⁽⁵⁾</th><th>No se provee arriostramiento vertical</th></tr> <tr> <td>$L1/r_{min}$</td><td>$L1/r_{min}$</td></tr> <tr> <td>$H1/r_{min}$</td><td>$L2/r_{out}$</td></tr> <tr> <td></td><td>$H1/r_{min}$</td></tr> </table>	Elemento horizontal no continuo		Se requiere arriostramiento horizontal en el vértice ⁽⁵⁾		Se provee arriostramiento vertical ⁽⁵⁾	No se provee arriostramiento vertical	$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$	$H1/r_{min}$	$L2/r_{out}$		$H1/r_{min}$
Elemento horizontal no continuo													
Se requiere arriostramiento horizontal en el vértice ⁽⁵⁾													
Se provee arriostramiento vertical ⁽⁵⁾	No se provee arriostramiento vertical												
$L1/r_{min}$	$L1/r_{min}$												
$H1/r_{min}$	$L2/r_{out}$												
	$H1/r_{min}$												
Notas: 1. L se deberá determinar usando la longitud entre los centros de las uniones abulonadas o soldadas. 2. r_{min} se refiere al mínimo radio de giro para un elemento (es decir, el eje z-z para un elemento consistente en un único perfil angular, r_x o r_y para un elemento circular). 3. r_{out} se refiere al radio de giro asociado con el pandeo fuera del plano. 4. Para determinar la resistencia necesaria para proveer apoyo a un puntal tal como se define el artículo 4.4.1. se deberá considerar $2,0 H1/r_{out}$. 5. Los arriostramientos horizontales y verticales deben ser triangulados (ver la Figura 4.2) y satisfacer los requisitos del artículo 4.4.1.													



Arriostramiento aporticado



Arriostramiento con disposición en "K" quebrado

Nota:

En el nudo de quiebre de la diagonal principal inclinada se requiere arriostramiento vertical continuo triangulado (ver la **Figura 4.2.**)

Figura 4.1. Arriostramientos con disposición en "K" quebrados o arriostramientos aporticados quebrados.

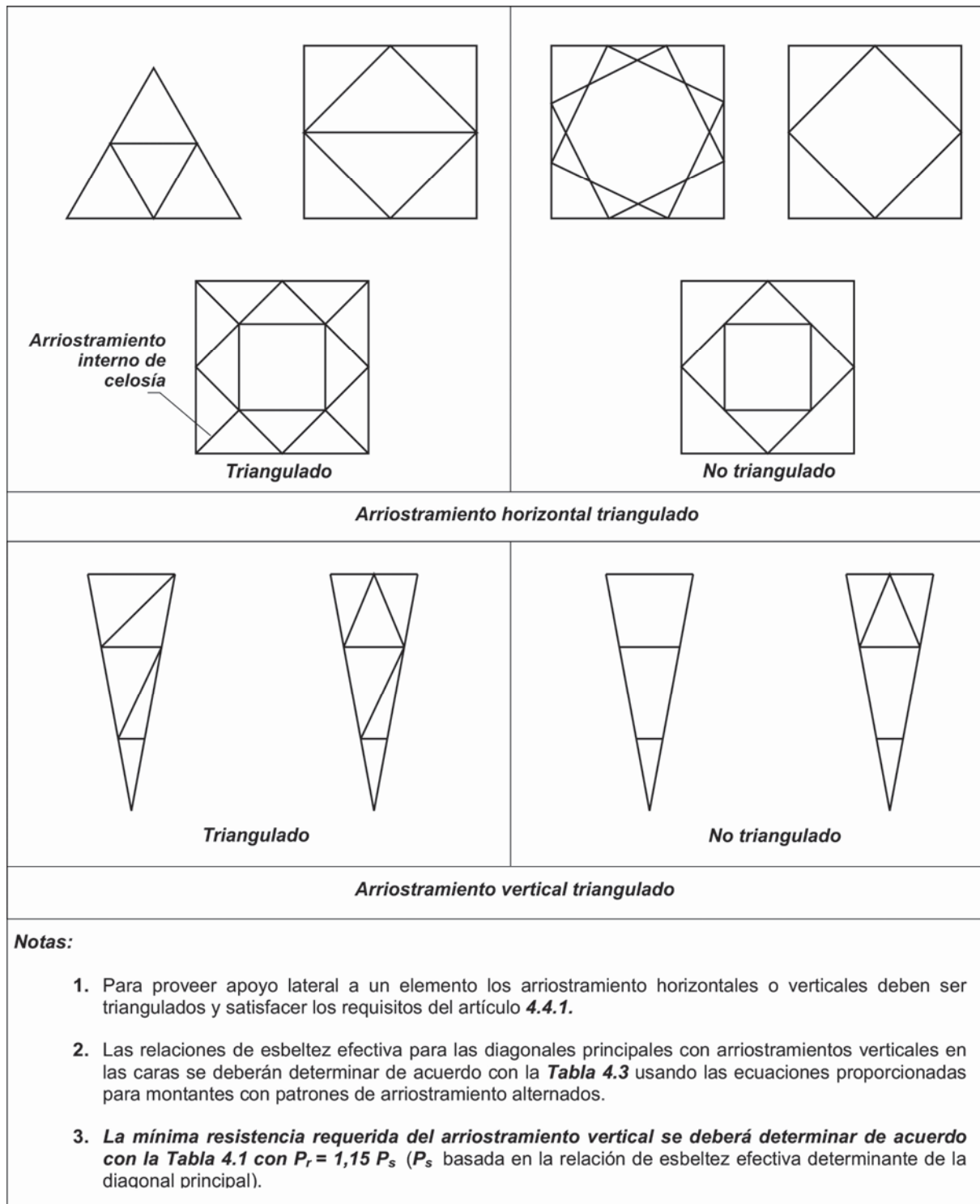


Figura 4.2. Arriostramiento horizontal triangulado y vertical triangulado.

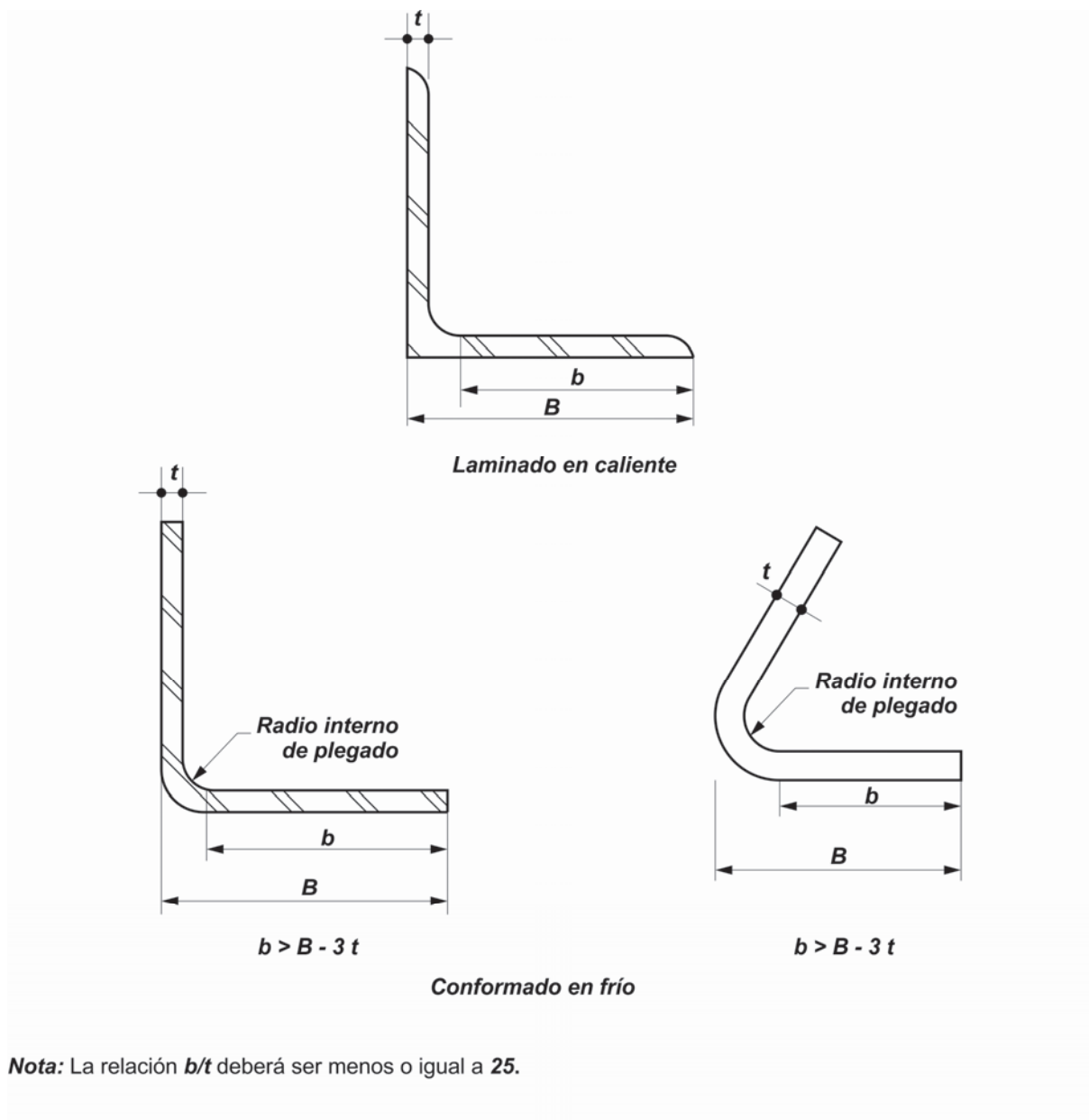


Figura 4.3.a) Relaciones ancho/espesor (b/t) para los perfiles angulares.

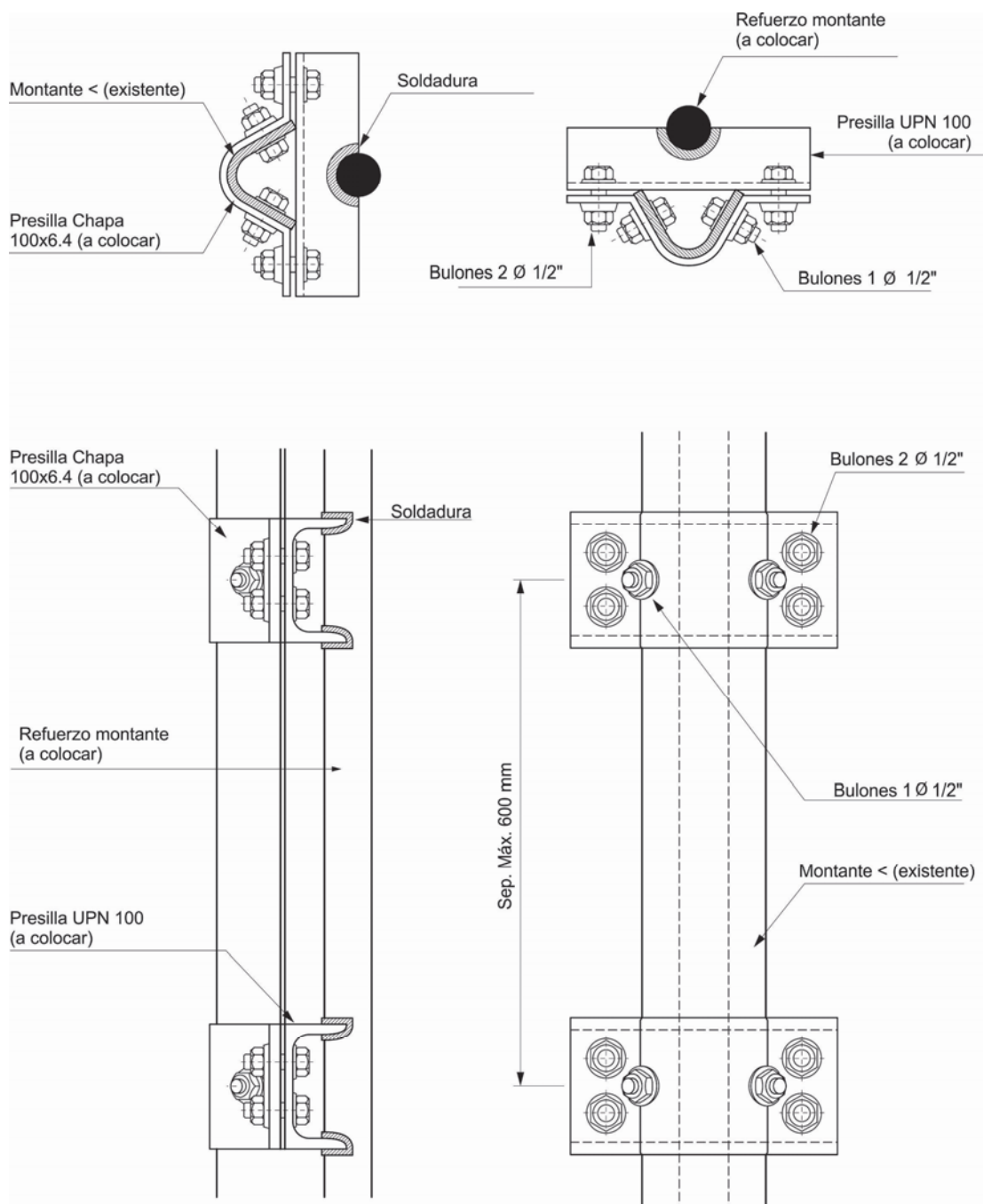


Figura 4.3.b) Detalle de perfil plegado a 60°

4.5.3.1. Relaciones de esbeltez

- Para los miembros armados de **Grupos I, II y III**, definidos en la sección **E.4.1.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** (ver las **Figuras 4.4. y 4.5.**), si el modo de pandeo implica deformaciones relativas que producen esfuerzos de corte en los elementos que unen las barras individuales (pasadores, cordones de soldadura o platabandas perforadas) **y siempre que se satisfagan las especificaciones para la unión extrema y las uniones intermedias** indicadas en el artículo **4.5.3.2.** para cada caso, la relación

de esbeltez efectiva se adoptará como $\left(\frac{kL}{r}\right)_m$ determinada con las siguientes expresiones:

(a) Para uniones intermedias ejecutadas con bulones en uniones con ajuste sin juego:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_i}\right)^2}$$

(b) Para uniones intermedias soldadas o ejecutadas con bulones en uniones pretensadas o de deslizamiento crítico:

$$\left(\frac{kL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{kL}{r}\right)_o^2 + 0,82 \frac{\alpha^2}{(1 + \alpha^2)} \left(\frac{a}{r_{ib}}\right)^2}$$

siendo:

$\left(\frac{kL}{r}\right)_o$ la esbeltez de la columna armada actuando como una unidad.

$\left(\frac{kL}{r}\right)_m$ la esbeltez modificada de la columna armada, (λ_m) .

$\frac{a}{r_i}$ la mayor esbeltez de una barra componente.

$\left(\frac{a}{r_{ib}}\right)$ la esbeltez de una barra componente relativa a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo.

a la distancia entre conectores consecutivos (**Grupo I**); entre ejes de forros (**Grupo II**); o entre centros de agujeros consecutivos (**Grupo III**), en cm .

r_i el radio de giro mínimo de una barra componente, en cm.

r_{ib} el radio de giro de una barra componente respecto a su eje baricéntrico paralelo al eje de pandeo analizado de la barra armada, en cm.

α la relación de separación; $\alpha = \frac{h}{2r_{ib}}$.

h la distancia entre centros de gravedad de las barras (o conjuntos de barras) medida perpendicularmente al eje de pandeo analizado de la barra armada, en cm.

Cuando no se cumplan las especificaciones para las uniones extremas e intermedias indicadas en el artículo 4.5.3.2. la relación de esbeltez efectiva será la de cada perfil individual

$$\left(\frac{kL}{r}\right) = \left(\frac{L}{r_{\min}}\right)$$

- Para los miembros armados de **Grupo IV** (cordones unidos por celosías planas) y **Grupo V** (cordones unidos por presillas a intervalos regulares), las relaciones de esbeltez serán las especificadas en la sección **A-E.4.2.1.** (para el **Grupo IV**) y en la sección **A-E.4.2.2.** (para el **Grupo V**) del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

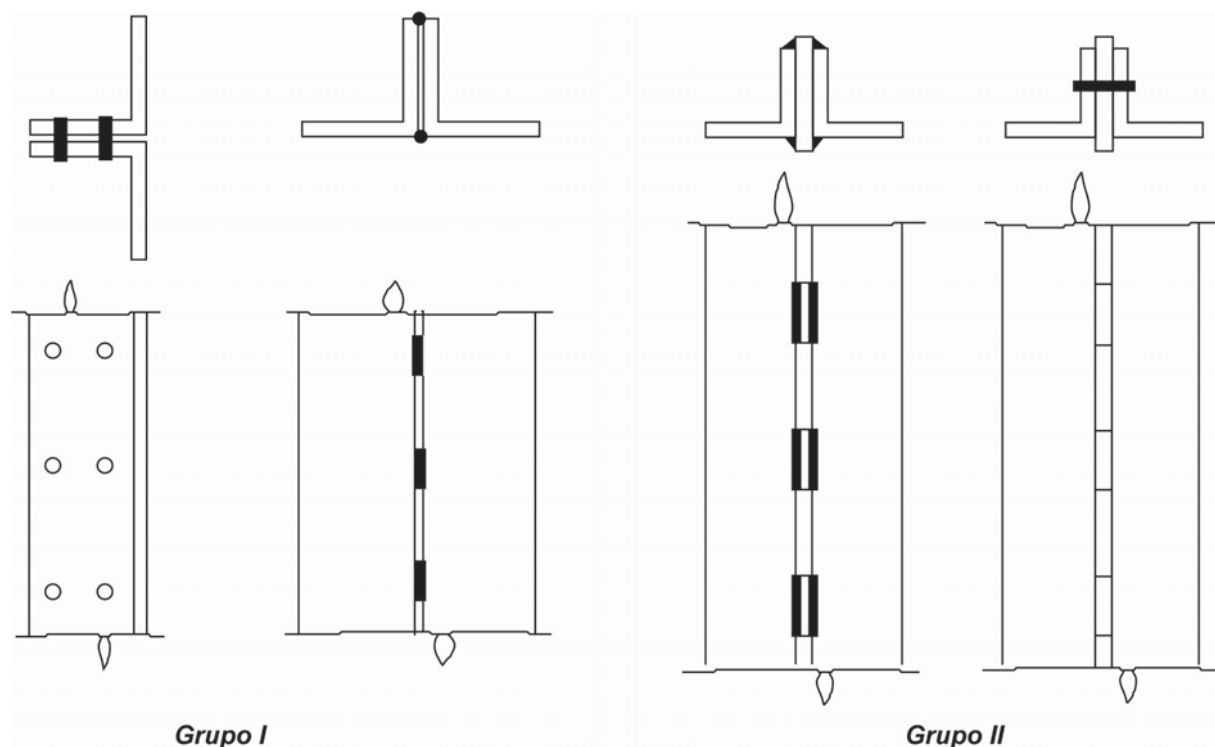


Figura 4.4. Barras armadas de los Grupos I y II según el Reglamento CIRSOC 301-2005.

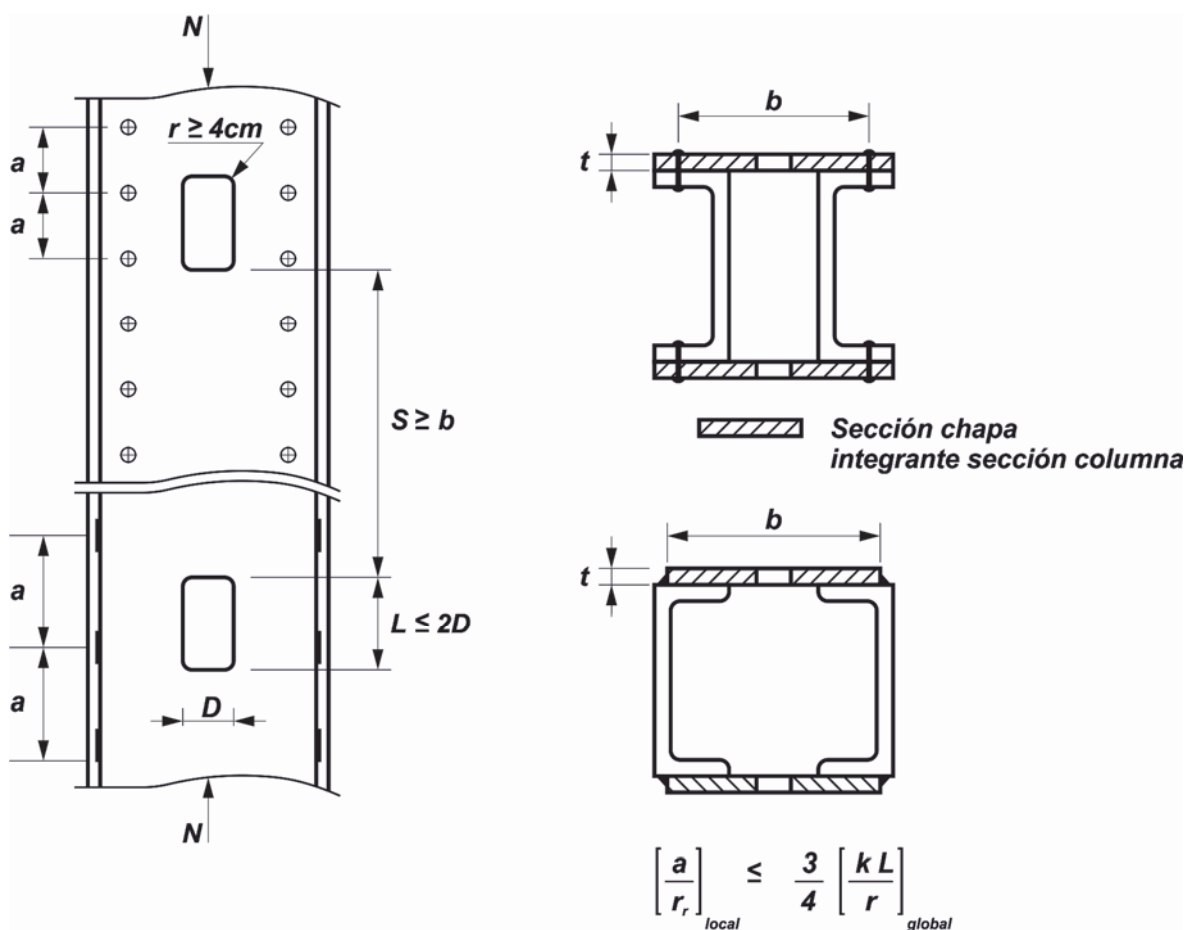


Figura 4.5. Barras armadas del Grupo III según el Reglamento CIRSOC 301-2005.

4.5.3.2. Especificaciones particulares y constructivas

- Para las barras armadas del **Grupo I** se debe satisfacer:
 - (1) En los extremos de las barras armadas, **todos los elementos en contacto se unirán entre sí con al menos dos bulones en unión pretensada**, o con **al menos dos filas con dos bulones cada una en unión con ajuste sin juego**, o con **al menos dos cordones de soldadura paralelos** de longitud igual al ancho del perfil. Se deberán cumplir asimismo las especificaciones de la sección **J.1.4.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**. Si el miembro se apoya en placas bases o en superficies mecanizadas se deberán cumplir las especificaciones de la sección **E.4.3.1.**, punto (1) del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.
 - (2) A lo largo de la barra armada, entre las uniones extremas anteriormente indicadas, se dispondrán soldaduras discontinuas o bulones con las dimensiones y separación necesaria para transmitir las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte ideal $V = 0,02 \phi_c P_n$.

Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la sección **J.7.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

- (3) La distancia **a** entre uniones será tal que la relación de **esbeltez** a/r_i de cada uno de los elementos resultantes entre uniones, sea menor o igual que **3/4** de la relación de esbeltez gobernante de la barra armada. Para el cálculo de la relación de esbeltez de los elementos resultantes se utilizará el radio de giro mínimo r_i .
- (4) Cuando los elementos en contacto sean una placa y un perfil, o dos placas, además de lo establecido en el punto anterior, la distancia **a** entre bulones respetará lo especificado en la sección **J.3.5.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** en relación con la agresividad del ambiente, al tipo de acero y a su protección.
- (5) Cuando alguno de los componentes de los cordones de la barra armada sea una chapa externa, la máxima distancia entre uniones, **a** , (sobre una línea) , en cm, será:

(a) Si los bulones o soldaduras discontinuas están en línea:

$$a \leq 335 \frac{t}{\sqrt{F_y}} \quad \text{ó} \quad a \leq 30 \text{ cm}$$

(b) Si los bulones o soldaduras discontinuas están en tresbolillo:

$$a \leq 500 \frac{t}{\sqrt{F_y}} \quad \text{ó} \quad a \leq 45 \text{ cm}$$

siendo:

t el menor espesor de las chapas externas, en cm.
F_y la tensión de fluencia mínima especificada, en MPa.

- Para las barras armadas del **Grupo II** se deberán satisfacer las siguientes condiciones (ver la **Figura 4.6.**):

- (1) Los bulones o cordones de soldadura que unan los cordones de la barra armada a las chapas de nudo o a los forros intermedios deberán ser dimensionados para transmitir las solicitaciones requeridas resultantes de un esfuerzo de corte ideal:

$$V = 0,02 \phi_c P_n$$

- (2) En uniones **abulonadas** se colocarán **como mínimo dos bulones por forro**. Si se realizan empalmes en los cordones, ellos cumplirán las especificaciones de la sección **J.7.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.
- (3) Se dispondrán **como mínimo dos forros intermedios igualmente distanciados entre puntos fijos para desplazamiento lateral (normal al eje libre)**.
- (4) La distancia **a** entre forros, o entre éstos y chapas de nudo, será tal que la relación de esbeltez, a/r_i , de cada uno de los elementos resultantes sea **menor o igual que 3/4** de la relación de esbeltez gobernante de la barra armada. Para el cálculo de la relación de esbeltez de los elementos resultantes se usará el radio de giro mínimo, r_i .
- (5) Si la columna se apoya en sus extremos en placas o superficies mecanizadas se deberán cumplir las especificaciones para barras armadas del **Grupo I** , punto (1), de la sección **E.4.3.1.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

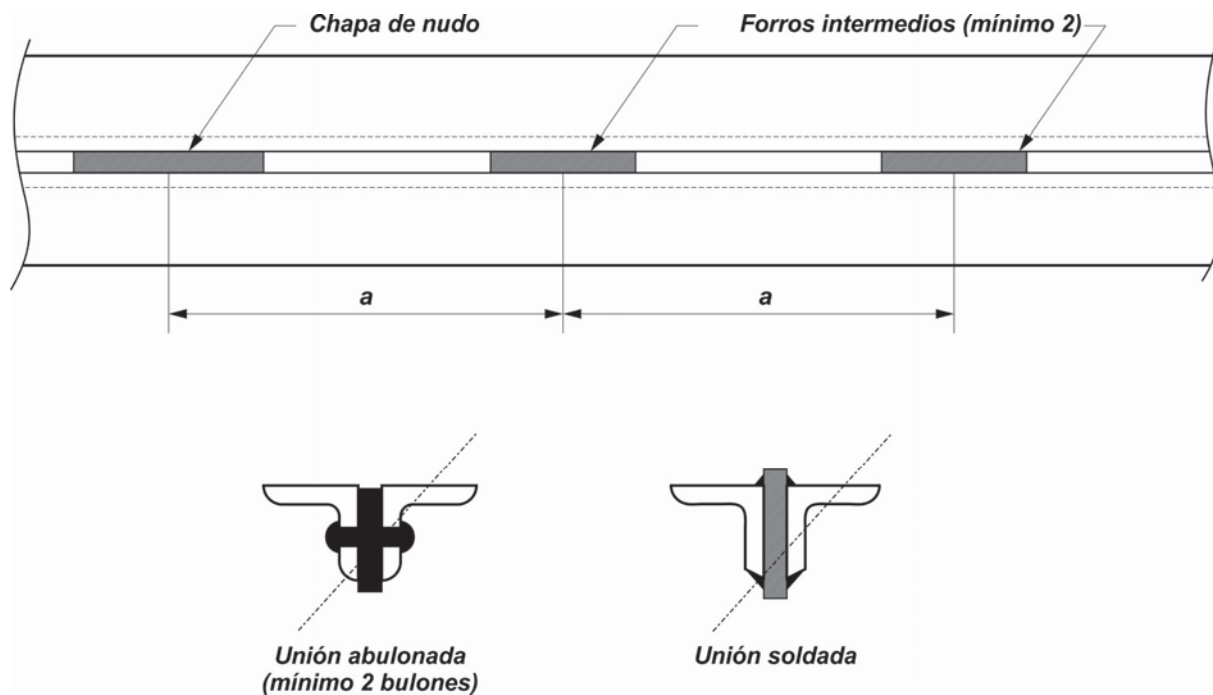


Figura 4.6. Barras armadas del Grupo II.

4.5.4. Resistencia de diseño a compresión axial

4.5.4.1. Resistencia de diseño a compresión axial para pandeo flexional

- (a) **Perfiles laminados, secciones armadas con chapas, tubos estructurales y barras armadas de Grupos I, II y III según la sección E.4.1. del Reglamento CIRSOC 301-2005**

La **resistencia de diseño, P_d** , para pandeo flexional de barras axialmente comprimidas se determinará por medio de la siguiente expresión:

$$P_d = \phi_c P_n \text{ (kN)}$$

siendo:

$$\phi_c = 0,85$$

$$P_n = F_{cr} A_g (10^{-1})$$

P_n la resistencia nominal a pandeo flexional, en kN.

F_{cr} la tensión crítica, en MPa.

La **tensión crítica F_{cr} (MPa)** será determinada de la siguiente manera:

(a) Para $\lambda_c \sqrt{Q} \leq 1,5$

$$F_{cr} = Q \left(0,658^{Q \cdot \lambda_c^2} \right) F_y$$

(b) Para $\lambda_c \sqrt{Q} > 1,5$

$$F_{cr} = \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y$$

Para **elementos tubulares de sección poligonal** reemplazar F_y por F'_y

siendo:

F_y la tensión de fluencia mínima especificada, en MPa.

F'_y la tensión de fluencia efectiva, en MPa.

Para **elementos tubulares de sección poligonal**, F'_y se determina de la Tabla 4.8. del Capítulo 4.7.4.1.

A_g el área bruta de la sección transversal de la barra, en cm^2 .

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero = **200000 MPa**

$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$ Para barras armadas de los **Grupos I, II y III** se deberá considerar $\left(\frac{kL}{r} \right)_m$ de acuerdo con el artículo **4.5.3.1** en lugar de $\left(\frac{kL}{r} \right)$.

k el factor de longitud efectiva.

r el radio de giro de la sección transversal bruta con respecto al eje de pandeo, en cm.

L la longitud real de la barra, no arriostrada, correspondiente a la respectiva dirección de pandeo, en cm.

Q el factor de reducción por pandeo local.

El factor de reducción por pandeo local, Q , se deberá determinar de la siguiente manera:

- Para **ángulos simples (a 90° o 60°) o dobles unidos en forma discontinua** (Caso 6, de la **Tabla B.5-1** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**):

$$Q = Q_s$$

El valor de Q_s será:

$$\text{cuando: } (b/t) \leq 0,45 \sqrt{E/F_y} \quad Q_s = 1,0$$

$$\text{cuando: } 0,45 \sqrt{E/F_y} < (b/t) < 0,91 \sqrt{E/F_y} \quad Q_s = 1,34 - 0,76 \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{F_y/E} \leq 1$$

cuando: $(b/t) \geq 0,91 \sqrt{E/F_y} \leq 25$

$$Q_s = \frac{0,53E}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2} \leq 1$$

siendo:

b el ancho total del ala del ángulo, en cm. (En ángulos plegados ***b*** es el ancho plano del ala).

t el espesor del ala del ángulo, en cm.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada, en MPa.

La relación ***(b/t)*** en perfiles angulares será **menor o igual que 25**.

- Para **tubos circulares (CHS) con y sin costura**:

$$Q = \frac{0,038 E}{F_y (D/t)} + \frac{2}{3}$$

siendo:

D el diámetro externo, en cm.

t el espesor de pared, en cm.

Se deberá verificar que: $(D/t) \leq 0,45 (E/F_y)$.

- Para **elementos tubulares de sección poligonal**:

En secciones poligonales **de menos de 18 lados** el factor de reducción ***Q*** se tomará igual a **1**.

Se deberá verificar que: $\frac{b}{t} \leq 2,14 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Las secciones poligonales **de más de 18 lados** serán consideradas como **tubos circulares con un diámetro equivalente, *D_e***, igual a la distancia exterior entre caras opuestas.

La resistencia de diseño y el factor de reducción ***Q*** serán los correspondientes a los **tubos circulares**. Se deberá satisfacer $(D_e/t) \leq 0,45 (E/F_y)$.

- Para otros perfiles laminados:

El factor de reducción, ***Q = Q_s · Q_a***, se deberá determinar de acuerdo con las especificaciones de la sección **A-B.5.3. (a)** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** para **elementos comprimidos no rigidizados (*Q_s*)** y de la sección **A-B.5.3.(b)** del Reglamento **CIRSOC 301-2005** para **elementos comprimidos rigidizados (*Q_a*)**.

- **Para tubos rectangulares:**

El factor de reducción, Q , se determinará de acuerdo con el artículo 4.2. del **Reglamento CIRSOC 302-2005**. El **factor de resistencia** para **tubos RHS** (rectangulares y cuadrados) **con costura** se tomará $\phi_c = 0,80$.

(b) Barras macizas de sección circular

La **resistencia de diseño a compresión axial de barras de sección circular maciza**, P_d (kN) será determinada mediante la siguiente expresión:

$$P_d = \phi_c P_n$$

siendo:

$$\phi_c = 0,85 \quad \text{para} \quad F_y \leq 250 \text{ MPa}$$

$$\phi_c = 0,80 \quad \text{para} \quad 250 \text{ MPa} < F_y \leq 400 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} A_g (10)^{-1}$$

siendo:

P_n la resistencia nominal, en kN.

La **tensión crítica**, F_{cr} (MPa), será determinada con la siguiente expresión:

$$F_{cr} = \chi F_y \quad \text{con:} \quad \chi = \frac{1}{\delta + \sqrt{(\delta^2 - \lambda_c^2)}} \quad \text{y} \quad \delta = 0,451 + 0,245 \lambda_c + 0,5 \lambda_c^2$$

Los valores de χ están tabulados en función de λ_c en la **Tabla 5.2.1.** del **Reglamento CIRSOC 308-2007**.

siendo:

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

A_g el área bruta de la barra de sección circular = $(\pi d^2) / 4$, en cm².

d el diámetro nominal de la barra de sección circular, en cm.

λ_c el factor de esbeltez adimensional : $\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{k L}{r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero = **200000 MPa**.

k el factor de longitud efectiva.

r el radio de giro de la sección transversal de la sección circular con respecto a su eje baricéntrico = $d/4$, en cm.

L la longitud real de la barra entre puntos de arriostramiento correspondientes a la respectiva dirección de pandeo, en cm.

(c) Barras armadas de Grupos IV y V

La resistencia de diseño y la verificación de los cordones y de los elementos de enlace se realizará con las especificaciones de la sección **A-E.4.2.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

(d) Elementos de sección abierta conformados en frío

La resistencia de diseño a compresión axial para pandeo flexional P_d (kN) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_d = \phi_c P_n \quad \text{con} \quad P_n = A_{ef} F_n (10)^{-1} \quad \phi_c = 0,85$$

siendo:

A_{ef} el área efectiva calculada para la tensión F_n , en cm^2 .

$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_e) t$, en cm^2 .

A_g el área bruta de la sección transversal, en cm^2 .

b el ancho plano de un elemento de la sección transversal, en cm.

b_e el ancho efectivo del elemento plano determinado según las especificaciones de los artículos **B2**, **B3**, **B4** y **B5** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**, en cm.

F_n se determinará de la siguiente manera, en MPa:

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1,5 \quad F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1,5 \quad F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

siendo:

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

F_e la tensión elástica de pandeo flexional $F_e = \frac{\pi^2 E}{(kL/r)^2}$, en MPa.

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa.

k el factor de longitud efectiva.

L la longitud no arriostrada del miembro, en cm.

r el radio de giro de la sección bruta respecto del eje de pandeo considerado, en cm.

- El **ancho efectivo** b_e , en cm, de las **secciones de perfiles angulares a 90° y 60°** se determinará de acuerdo con lo especificado en el artículo **B.3.1.(a)** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**.

$$b_e = b \quad \text{cuando} \quad \lambda \leq 0,673$$

$$b_e = \rho b \quad \text{cuando} \quad \lambda > 0,673$$

siendo:

b el ancho plano como se ilustra en la **Figura 4.7**.

$$\rho = (1 - 0,22 / \lambda) / \lambda$$

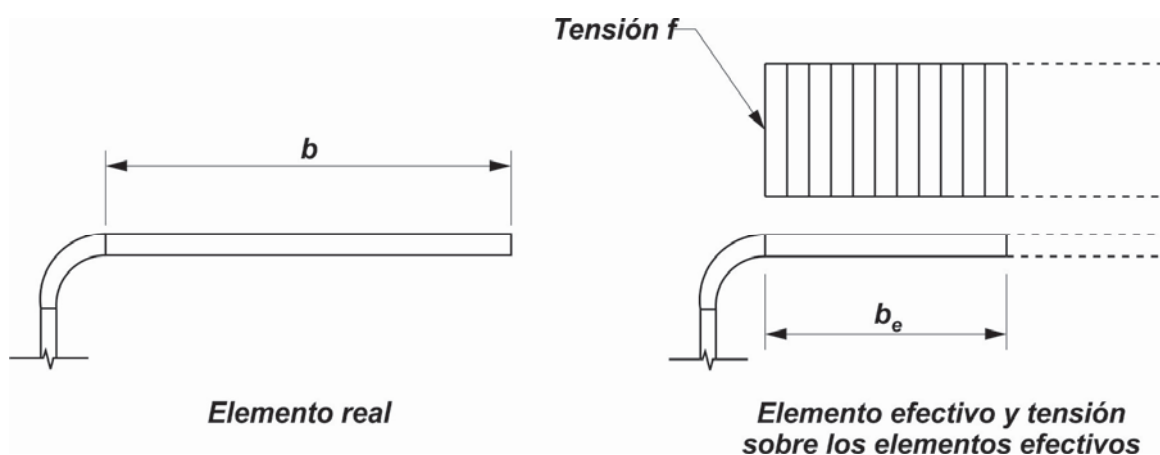


Figura 4.7. Determinación del ancho plano.

λ la esbeltez del elemento que se debe determinar de la siguiente manera:

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}}$$

$$F_{cr} = 0,43 \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2$$

siendo:

t el espesor de los elementos rigidizados uniformemente comprimidos.

μ el coeficiente de Poisson del acero en período elástico = **0,30**.

f la tensión de compresión del elemento comprimido, $f = F_n$.

Nota: Las **secciones angulares** axialmente cargadas se deben dimensionar para un **momento flector adicional** según lo especificado en las definiciones de M_{ux} y M_{uy} del artículo **C.5.2.** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**.

Para ángulos de simple simetría, con área efectiva (A_{ef}), calculada para una tensión F_y , menor que la sección bruta (A_g), se deberá considerar un momento adicional (**PL /1000**) respecto del eje principal de menor momento de inercia, en kN.m.

4.5.4.2. Resistencia de diseño a compresión axial para pandeo torsional y flexotorsional

En perfiles laminados o armados de simetría simple axialmente comprimidos, donde por las condiciones de vínculo pueda ser crítico el **estado límite de pandeo flexotorsional**, la resistencia de diseño a compresión axial será determinada con las especificaciones de la sección **A-E.3** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

En perfiles laminados o armados de simetría doble donde por su relación de esbeltez pueda ser crítico el **estado límite de pandeo torsional**, la resistencia de diseño a compresión axial será determinada con las especificaciones de la sección **A-E.3** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

En secciones abiertas conformadas en frío de simetría simple donde pueda ser crítico el **estado límite de pandeo flexotorsional**, la resistencia de diseño a compresión axial será determinada con las especificaciones del artículo **C.4.2.** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**.

Esta resistencia **puede ser crítica** especialmente **en secciones angulares a 60° con elementos esbeltos** ($\rho < 1$).

4.6. MIEMBROS SOLICITADOS A TRACCIÓN AXIAL

4.6.1. Miembros armados

Los elementos armados deberán satisfacer las especificaciones de la sección **D.2.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

La separación longitudinal de los medios de unión entre componentes de un elemento armado formado por dos o más perfiles en contacto continuo, deberá ser tal que la relación de esbeltez de cada componente entre medios de unión sea **menor o igual que 300**.

4.6.2. Elementos de arriostramiento solicitados exclusivamente a tracción

Las “orejas” soldadas de los extremos de los miembros de arriostramiento solicitados exclusivamente a tracción se deberán proyectar de manera que desarrollen la resistencia de diseño del miembro en base a la fluencia de la sección bruta del miembro. El miembro se deberá **proyectar con una disposición tal que se encuentre traccionado** al ser instalado.

4.6.3. Resistencia de diseño a tracción axial

La resistencia de diseño a la tracción axial $P_d = \phi_t P_n$ (kN) de un miembro se tomará como el menor valor obtenido de los estados límites de (a) fluencia en la sección bruta, (b) rotura en la sección neta fuera de las uniones; (c) rotura en la sección neta efectiva en la unión y (d) rotura del bloque de corte.

Se adoptarán los siguientes valores del factor de resistencia, ϕ_t , y de la resistencia nominal a la tracción axial, P_n , en kN:

(a) Para la **fluencia** por tracción en la **sección bruta**:

$$P_n = A_g F_y (10)^{-1}$$

$\phi_t = 0,80$ para los fustes de los anclajes de las riendas.

$\phi_t = 0,90$ para todos los demás miembros.

(b) Para la **rotura** por tracción en **la sección neta fuera de las uniones**:

$$P_n = A_n F_u (10)^{-1}$$

$\phi_t = 0,65$ para los fustes de los anclajes de las riendas.

$\phi_t = 0,75$ para todos los demás miembros.

(c) Para la **rotura** por tracción en la **sección neta efectiva en la unión**:

$$P_n = A_e F_u (10)^{-1}$$

$\phi_t = 0,75$ para perfiles laminados, tubos circulares (**CHS**) y tubos rectangulares **sin costura (RHS)**.

$\phi_t = 0,70$ para tubos rectangulares **con costura (RHS)**.

$\phi_t = 0,75$ para secciones abiertas conformadas en frío **abulonadas**.

$\phi_t = 0,60$ para secciones abiertas conformadas en frío **soldadas**.

$\phi_t = 0,65$ para chapas planas.

(d) Para **rotura del bloque de corte**:

$$P_n = 0,6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

$U_{bs} = 1,0$ en uniones en torres de celosía

$U_{bs} = 0,5$ en uniones con corte y flexión realizadas con múltiples filas de bulones

$\phi_t = 0,75$ para perfiles laminados, chapas planas y tubos con y sin costura

$\phi_t = 0,65$ para fustes de los anclajes de las riendas

$\phi_t = 0,65$ para secciones abiertas conformadas en frío **abulonadas**.

$\phi_t = 0,60$ para secciones abiertas conformadas en frío **soldadas**.

siendo:

A_g el área bruta del miembro, en cm^2 .

A_n el área neta del miembro, en cm^2 .

A_e el área neta efectiva del miembro, en cm^2 .

A_{gv} el área bruta solicitada a corte, en cm^2 .

A_{gt} el área bruta solicitada a tracción, en cm^2 .

A_{nv} el área neta solicitada a corte, en cm^2 .

A_{nt} el área neta solicitada a tracción, en cm^2 .

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

F_u la tensión de rotura a la tracción especificada del acero, en MPa.

4.6.3.1. Área neta (A_n)

(1) En **perfiles laminados** con **secciones formadas por elementos planos y chapas planas**, el área neta, A_n , de una barra, será la suma de los productos de los espesores por los anchos netos de cada elemento de la sección. Para su cálculo se considerará lo siguiente:

- En el cálculo del área neta para solicitaciones de tracción y de corte, el ancho del agujero de un pasador se tomará **2 mm** mayor que la dimensión nominal del agujero

dada en la **Tabla J.3.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y medido respectivamente en la dirección perpendicular o paralela a la fuerza aplicada.

- Para una cadena de agujeros en diagonal o zigzag con respecto al eje de la barra, el ancho neto será el ancho bruto menos la suma de los anchos correspondientes de los agujeros de la cadena considerada, más la cantidad $s^2/4g$ por cada diagonal de la cadena, siendo:

s la distancia en dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos (paso), en cm.

g la distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos (gramil), en cm.

Para agujeros ovalados largos no se sumará la cantidad $s^2/4g$.

- El área neta de la sección resultará la menor de las áreas netas de las cadenas consideradas, para las posibles líneas de falla. (Ver la **Figura 4.8.a**).
- Para secciones angulares, la distancia transversal (gramil) entre agujeros ubicados uno en cada ala, será la suma de las distancias entre los centros de agujeros y el vértice del ángulo, menos el espesor del ala. (Ver la **Figura 4.8.b**).
- No existiendo agujeros $A_n = A_g$

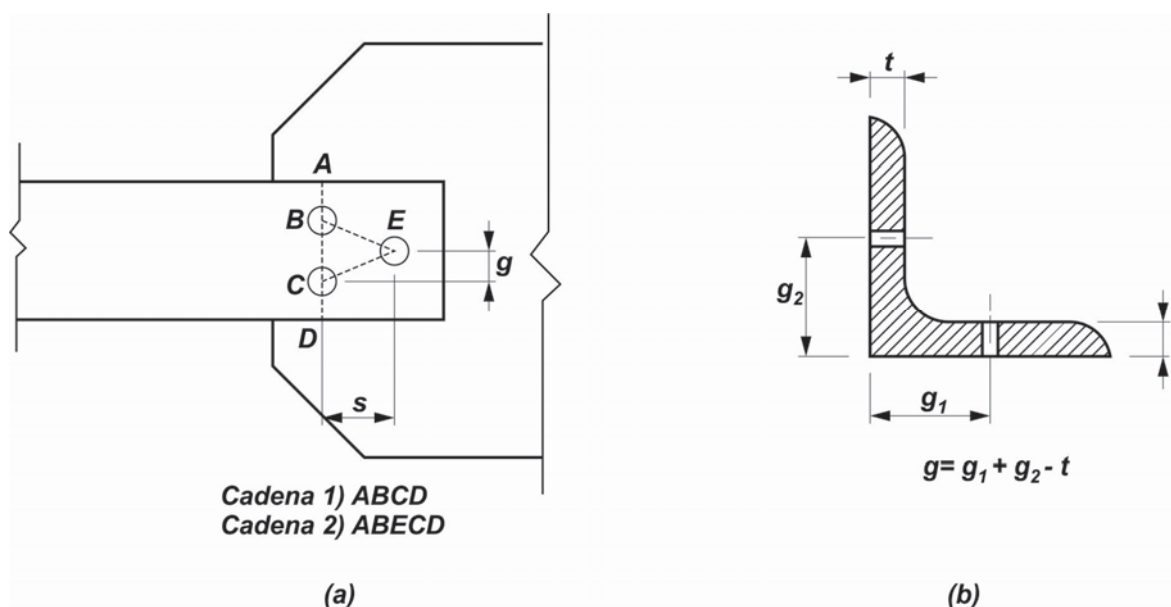


Figura 4.8. Áreas netas.

(2) Para **tubos circulares (CHS)** con uniones soldadas continuas alrededor del perímetro del tubo:

$$A_n = A_g$$

Para **tubos circulares (CHS)** con uniones soldadas con chapa de nudo concéntrica y tubo ranurado (**Figura 4.9.**), el área neta A_n del tubo en la sección ubicada en el extremo de la chapa de nudo, en cm^2 , será:

$$A_n = A_g - t \ b_t$$

siendo:

t el espesor de la pared del tubo, en cm.

b_t el ancho total de material removido al ejecutar la ranura, en cm.

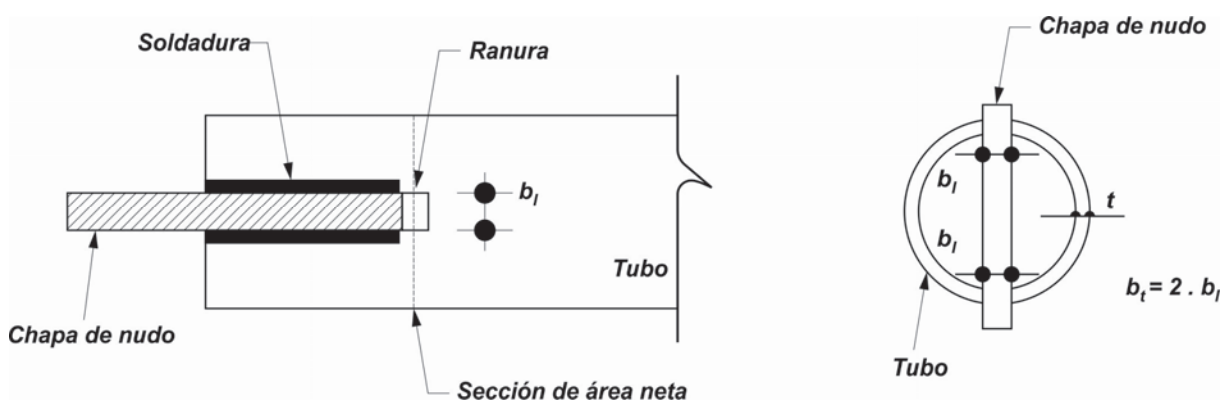


Figura 4.9. Áreas netas a través de la ranura en tubo con una chapa de nudo concéntrica.

(3) Para **perfiles laminados de otras formas seccionales**, el área neta se determinará con las especificaciones de la sección **B.2.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Para tubos, **CHS** y **RHS** con otro tipo de uniones extremas, el área neta se determinará con las especificaciones del artículo **2.1.** del **Reglamento CIRSOC 302-2005**.

Para **secciones abiertas conformadas en frío** (por ejemplo angulares a **90°** y **60°**) el área neta se determinará con las especificaciones del artículo **C.2.** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**.

4.6.3.2. Área neta efectiva (A_e)

(A) Para **perfiles laminados** será determinada de la siguiente manera:

- (1) Cuando la fuerza de tracción se transmite directamente por cada uno de los elementos de la sección transversal, mediante bulones o cordones de soldadura, el área neta efectiva, A_e , será igual al área neta A_n .
- (2) Cuando la fuerza de tracción se transmite a **través de algunos, pero no de todos**, los elementos de la sección transversal, mediante bulones o cordones de soldadura, el área neta efectiva A_e será determinada de la siguiente forma:
- (a) Cuando la fuerza de tracción se transmite **sólo por bulones**:

$$A_e = A_n U$$

siendo:

U el coeficiente de reducción = $1 - (\bar{x} / L) \leq 0,9$

$\bar{x}$ la excentricidad de la unión (distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección por la que va la fuerza a transmitir), en cm.

L la longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm.

A_n el área neta del miembro, en cm^2 .

Para ejemplos de $\bar{x}$ y L ver la **Figura 4.10**.

En perfiles angulares laminados unidos con un único bulón $U = 0,75$.

Si existe sólo una fila de bulones (con uno o más bulones) el área neta efectiva será:

A_e el área neta de los elementos directamente unidos.

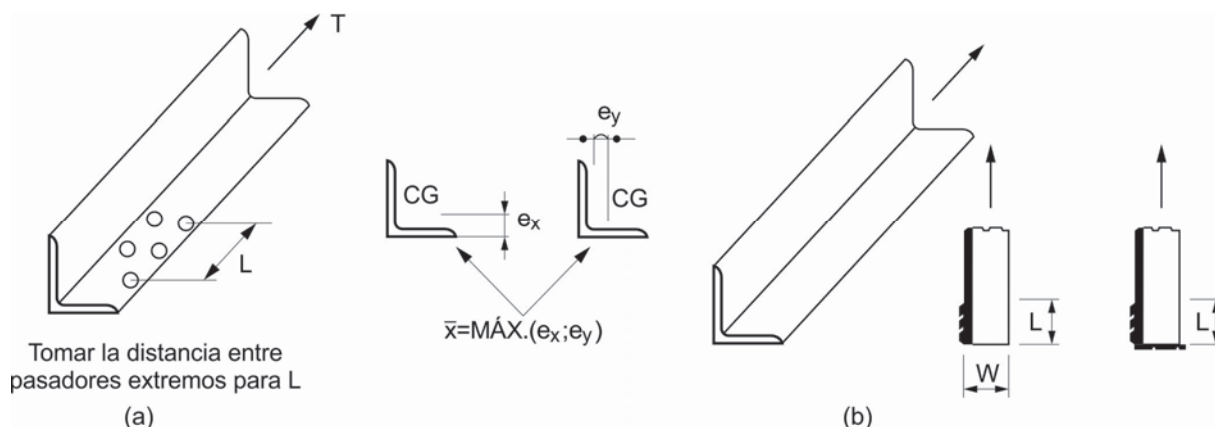


Figura 4.10. Ejemplos de la excentricidad de la unión, $\bar{x}$, y de la longitud de la unión en la dirección de la fuerza, L .

- (b) Cuando la fuerza de tracción se transmita a un elemento (que no sea una chapa plana) sólo mediante **cordones longitudinales de soldadura**, o mediante

cordones de soldadura longitudinales combinados con cordones transversales (Figura 4.10.b)) se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$A_e = A_g U$$

siendo:

$$U = 1 - (\bar{x} / L) \leq 0,9$$

A_g el área bruta de la barra, en cm^2 .

- (c) Cuando la fuerza de tracción se transmita sólo por **cordones de soldadura transversales**, se deberá utilizar la siguiente expresión:

$$A_e = AU$$

siendo:

A el área de los elementos unidos directamente, en cm^2 .

$$U = 1,0$$

(B) Para chapas planas

- (a) Cuando la fuerza de tracción se transmita a una chapa plana **sólo mediante cordones de soldadura longitudinales** a lo largo de ambos bordes próximos al extremo de la chapa, se deberá verificar que:

$$L \geq w \quad \text{y} \quad A_e = A_g U$$

siendo:

$$\text{para } L \geq 2w \dots\dots\dots U = 1,0$$

$$\text{para } 2w > L \geq 1,5w \dots\dots\dots U = 0,87$$

$$\text{para } 1,5w > L \geq w \dots\dots\dots U = 0,75$$

L la longitud de cada cordón de soldadura, en cm.

w el ancho de la chapa (distancia entre los cordones de soldadura), en cm.

Se permiten valores mayores para U cuando ellos sean justificados por ensayos u otro criterio racional.

- (b) Para unión de chapas planas o en una chapa plana mediante **bulones**:

- **Con arandelas** tanto debajo de la cabeza del bulón como debajo de la tuerca

- Para un bulón simple, o una sola línea de bulones perpendicular a la fuerza:

$$A_e = (0,1 + 3 d /s)A_n \leq A_n$$

- Para más de un bulón en la dirección de la fuerza:

$$A_e = A_n$$

- **Sin arandelas** debajo de la cabeza del bulón y de la tuerca, o bien hay una sola arandela ya sea debajo de la cabeza del bulón o de la tuerca:

- Para un bulón simple, o una sola línea de bulones perpendicular a la fuerza:

$$A_e = (2,5 d /s)A_n \leq A_n$$

- Para más de un bulón en la dirección de la fuerza:

$$A_e = A_n$$

siendo:

A_n el área neta de la parte unida, en cm^2 .

s el ancho total de la chapa dividido por la cantidad de agujeros en la sección analizada, en cm.

F_u la tensión de rotura a tracción del acero de la chapa, en MPa.

d el diámetro nominal del bulón, en cm.

(C) Para **tubos**

El **área neta efectiva** para barras tubulares traccionadas, A_e , será:

$$A_e = AU$$

- (a) Para uniones soldadas continuas alrededor del perímetro del tubo:

$$A = A_g \quad U = 1$$

siendo:

A_g el área bruta del tubo, en cm^2 .

- (b) Para uniones soldadas con chapa de nudo concéntrica y tubo ranurado (ver la **Figura 4.9.**)

$$A = A_n$$

siendo:

A_n el área neta del tubo en la sección ubicada en el extremo de la chapa de nudo, en cm^2 .

$$U = 1 - (\bar{x} / L) \leq 0,9$$

$\bar{x}$ la distancia perpendicular desde el plano de la unión soldada hasta el centro de gravedad de la sección transversal del tubo tributario de la unión soldada

- Para **tubos circulares (CHS)** con una única chapa de nudo concéntrica (ver la **Figura 4.11.**):

$$\bar{x} = \frac{D}{\pi}$$

siendo:

D el diámetro exterior del tubo circular, en cm.

- Para **tubos rectangulares (RHS)** con una única chapa de nudo concéntrica ver el artículo **2.1.** del **Reglamento CIRSOC 302-2005.**

- (c) Para otras uniones soldadas de tubos circulares (**CHS**) y rectangulares (**RHS**) ver el artículo **2.1.** del **Reglamento CIRSOC 302-2005.**

Para uniones abulonadas de tubos **CHS** y **RHS** ver el artículo **2.1.** del **Reglamento CIRSOC 302-2005.**

Se permite usar mayores valores de U cuando ello se justifique por ensayos o criterios racionales. Para otras configuraciones de unión extrema, U será determinado por ensayos o criterios racionales.

(D) Para **secciones abiertas conformadas en frío el área neta efectiva** será:

(a) Para **uniones soldadas**

$$A_e = AU$$

- Cuando la carga sea transmitida solo por cordones transversales, será:

A el área bruta del **elemento directamente unido**, en cm^2 .

$$U = 1,0$$

- Cuando la carga sea transmitida solo por cordones longitudinales o por cordones longitudinales en combinación con transversales, será:

A el área bruta del miembro A_g , en cm^2 .

$U = 1,0$ cuando la carga sea transmitida por todos los elementos de la sección transversal.

U para otros casos.

(1) Para secciones **angulares**:

$$U = 1,0 - 1,20(\bar{x} / L) \leq 0,9 \text{ pero no menor que } 0,40.$$

(2) Para secciones **U**:

$$U = 1,0 - 0,36(\bar{x} / L) \leq 0,9 \text{ pero no menor que } 0,50.$$

$\bar{x}$ la distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección, en cm.

L la longitud del cordón longitudinal, en cm.

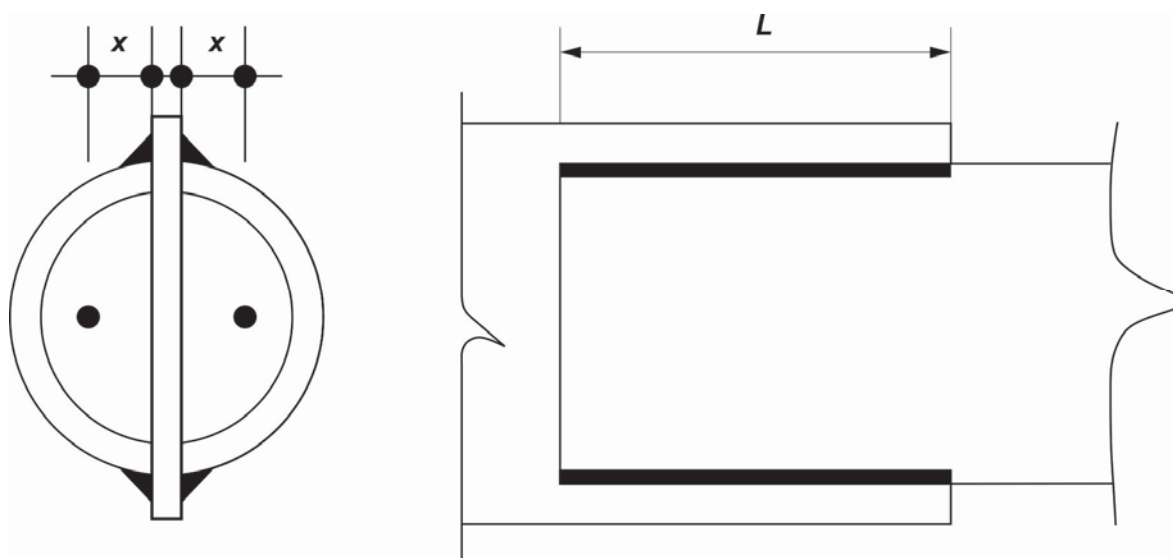


Figura 4.11. Tubos circulares con una única chapa de nudo concéntrica.

(b) Para **uniones abulonadas**

$$A_e = A_n U$$

Cuando exista sólo una fila de bulones (con uno o más bulones) el área neta efectiva, A_e , será el área neta de los elementos directamente unidos.

$U = 1,0$ cuando la carga sea transmitida por todos los elementos de la sección.

U para otros casos:

(1) Para secciones **angulares** con dos o más bulones en la dirección de la fuerza:

$$U = 1,0 - 1,20(\bar{x} / L) \leq 0,9 \text{ pero no menor que } 0,40.$$

(2) Para secciones **U** con dos o más bulones en la dirección de la fuerza:

$$U = 1,0 - 0,36 (\bar{x} / L) \leq 0,9 \text{ pero no menor que } 0,50.$$

$\bar{x}$ la distancia entre el plano de la unión y el centro de gravedad de la sección, en cm.

L la longitud de la unión, en cm.

A_n el área neta del miembro, en cm^2 .

4.7. MIEMBROS SOLICITADOS A FLEXIÓN Y A CORTE

En montantes y elementos de arriostramiento **se deberán considerar** los momentos resultantes de las excentricidades cuando no se satisfagan las condiciones especificadas en los artículos 4.4.4.1. y 4.4.4.2. respectivamente.

4.7.1. Resistencia de diseño a flexión de elementos de sección circular maciza

Para los **elementos de sección circular maciza**, la resistencia de diseño a flexión, M_d (kNm) será:

$$M_d = d^3 F_y / 7600$$

siendo:

d el diámetro nominal de la sección circular maciza, en cm.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero de la barra circular, en MPa.

4.7.2. Resistencia de diseño a flexión de elementos tubulares de sección circular (CHS)

Para los **elementos tubulares de sección circular (CHS)** la resistencia de diseño a flexión M_d , en kNm, será:

$$M_d = \phi_b M_n \quad \text{con} \quad \phi_b = 0,9$$

La resistencia nominal a flexión, M_n (en kNm), será:

- Para $\frac{D}{t} \leq 0,071 \frac{E}{F_y}$ $M_n = F_y Z (10)^{-3} \leq 1,5 F_y S (10)^{-3}$

- Para $0,071 \frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 0,31 \frac{E}{F_y}$ $M_n = \left(\frac{0,021 E}{(D/t) F_y} + 1 \right) F_y S (10)^{-3}$

- Para $0,31 \frac{E}{F_y} < \frac{D}{t} \leq 0,45 \frac{E}{F_y}$ $M_n = \left(\frac{0,33 E}{(D/t)} \right) S (10)^{-3}$

siendo:

D el diámetro exterior del tubo, en cm.

t el espesor de la pared del tubo, en cm.

E el módulo de elasticidad longitudinal del acero del tubo = **200000 MPa**.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero del tubo, en MPa.

Z el módulo plástico de la sección transversal respecto del eje de flexión, en cm³.

S el módulo elástico de la sección transversal respecto del eje de flexión, en cm³.

4.7.3. Resistencia de diseño a flexión de elementos tubulares de sección poligonal

Para los **elementos tubulares de sección poligonal**, la resistencia de diseño a flexión, **M_d**, en **kNm** será:

$$M_d = \phi_b M_n \quad \text{con} \quad \phi_b = 0,9$$

La resistencia nominal a flexión **M_n** (**kNm**) será:

$$M_n = F'_y S (10)^{-3}$$

siendo:

F'_y la tensión de fluencia efectiva determinada de acuerdo con la **Tabla 4.8.**, en MPa.

S el mínimo módulo resistente elástico de la sección, en cm³.

Las secciones poligonales **de más de 18 lados** se considerarán como **tubos circulares con un diámetro equivalente D_e** igual a la distancia exterior entre caras opuestas. La resistencia de diseño a flexión será la correspondiente a los **tubos circulares**. Se deberá satisfacer (**D_e / t**) **≤ 0,45 (E / F_y)**.

4.7.4. Resistencia de diseño a flexión de elementos consistentes en un ÚNICO perfil angular de ALAS IGUALES

- Los perfiles **angulares laminados y conformados en frío de 90°** :

(a) **con restricción a pandeo lateral torsional en toda su longitud** serán dimensionados en base a la flexión alrededor de **sus ejes geométricos (x , y)** según el artículo **4.7.4.5.1(a)**.

(b) **sin restricción a pandeo lateral torsional en toda su longitud** serán dimensionados en base a la flexión alrededor de **sus ejes principales (w , z)** según el capítulo **4.7.4.4., excepto** en los casos en que **este Reglamento permite** dimensionarlos en base a la flexión alrededor de sus ejes geométricos (artículos **4.7.4.5.1(b)** y **4.7.4.5.2.**).

- Los perfiles **angulares conformados en frío de 60° con o sin restricción a pandeo lateral torsional en toda su longitud** serán dimensionados en base a la flexión alrededor de **sus ejes principales** (w , z) según el artículo 4.7.4.4.
- **La resistencia de diseño a flexión M_d , en kNm será :** $M_d = \phi_b M_n$ con $\phi_b = 0,9$
- **La resistencia nominal a flexión M_n en kNm será el menor valor de los obtenidos para los estados límites de:**
 - **Pandeo local**
 - **Plastificación**
 - **Pandeo lateral torsional**
- Cuando la flexión sea **aplicada alrededor de un eje geométrico y el dimensionado sea realizado en base a la flexión alrededor de los ejes principales** se deberá **combinar la flexión resultante** alrededor de ambos ejes principales según lo especificado en el artículo 4.8.1.3.
siendo:

w el eje principal de mayor inercia.
 z el eje principal de menor inercia.

4.7.4.1. Estado límite de pandeo local

Para el estado límite de pandeo local, cuando la punta del ala del ángulo esté comprimida: (**Figura 4.12.a**)), la resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, se determinará mediante las siguientes expresiones:

(a) Para perfiles angulares laminados

Cuando: $\frac{b}{t} \leq 0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $M_n = 1,50 F_y S_c (10^{-3})$

Cuando: $0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $M_n = F_y S_c (10^{-3}) \left[1,50 - 0,93 \left(\frac{b/t}{0,54 \sqrt{E/F_y}} - 1 \right) \right]$

Cuando: $\frac{b}{t} > 0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $M_n = \frac{0,72 E}{(b/t)^2} S_c (10^{-3})$

siendo:

- b el ancho total del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.
- t el espesor del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.
- S_c el módulo resistente elástico de la sección **relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta comprimida, en cm^3** .
- F_y la tensión de fluencia mínima especificada, en MPa.

(b) Para perfiles angulares conformados en frío:

$$M_n = F_y S_{ce} (10^{-3})$$

siendo:

S_{ce} el módulo elástico de la **sección efectiva** relativo al eje de flexión calculado para la fibra extrema comprimida, en cm^3 .

La sección efectiva se determinará con los anchos efectivos de las alas del ángulo, determinados según las especificaciones de los artículos **B.3.1.** y **B.3.2.** del **Reglamento CIRSOC 303-2009**, según corresponda.

Tabla 4.8. Tensión de fluencia efectiva para los elementos tubulares de sección poligonal

Geometría	Relaciones (b/t)	Tensión de fluencia efectiva
18 lados	$(F_y/E)^{1/2}(b/t) < 0,759$	$F'_y = 1,27 F_y$
	$0,759 \leq (F_y/E)^{1/2}(b/t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,56 F_y [1,0 - 0,245(F_y/E)^{1/2}(b/t)]$
16 lados	$(F_y/E)^{1/2}(b/t) < 0,836$	$F'_y = 1,27 F_y$
	$0,836 \leq (F_y/E)^{1/2}(b/t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,578 F_y [1,0 - 0,233(F_y/E)^{1/2}(b/t)]$
12 lados	$(F_y/E)^{1/2}(b/t) < 0,992$	$F'_y = 1,26 F_y$
	$0,992 \leq (F_y/E)^{1/2}(b/t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,611 F_y [1,0 - 0,220(F_y/E)^{1/2}(b/t)]$
8 lados	$(F_y/E)^{1/2}(b/t) < 1,10$	$F'_y = 1,24 F_y$
	$1,10 \leq (F_y/E)^{1/2}(b/t) \leq 2,14$	$F'_y = 1,578 F_y [1,0 - 0,194(F_y/E)^{1/2}(b/t)]$
siendo: F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa. t el espesor de pared del tubo, en cm. b la dimensión del lado plano calculada usando un radio de plegado interno igual a $4t$ (cm). E el módulo de elasticidad del acero = 200000 MPa.		
Notas: 1. Para los elementos poligonales, b/t deberá ser menor o igual que $2,14 (E/F_y)^{1/2}$. 2. Para los propósitos de la determinación de la resistencia de diseño, los elementos poligonales de más de 18 lados deberán ser considerados como elementos circulares usando un diámetro D_e igual a la distancia entre elementos planos.		

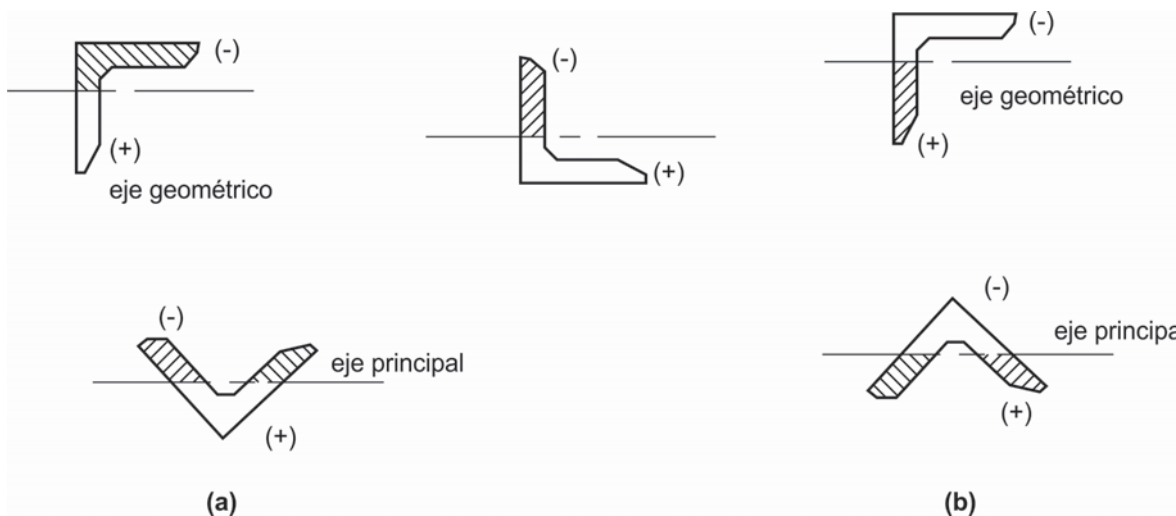


Figura 4.12. Solicitaciones en punta de ala.

4.7.4.2. Estado límite de plastificación

Cuando la punta del ala del ángulo esté traccionada, (ver la **Figura 4.12.b**), la resistencia nominal a flexión M_n , en **kNm**, se determinará de la siguiente forma:

(a) Para perfiles angulares laminados:

$$M_n = 1,50 M_y$$

siendo:

M_y el momento elástico relativo al eje de flexión, en kNm. $M_y = F_y S_t (10^{-3})$.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

S_t el módulo resistente elástico de la sección **relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta traccionada**, en cm^3 .

(b) Para perfiles angulares conformados en frío:

$$M_n = F_y S_t (10^{-3})$$

4.7.4.3. Estado límite de pandeo lateral torsional

(a) Para perfiles ángulo a 90° laminados y conformados en frío

$$\text{cuando: } M_{ob} \leq M_y \quad M_n \left[0,92 / 0,17 M_{ob} / M_y \right] M_{ob}$$

$$\text{cuando: } M_{ob} > M_y \quad M_n \left[0,92 / 0,17 \sqrt{M_y / M_{ob}} \right] M_y \leq 1,50 M_y$$

siendo:

M_{ob} el momento elástico de pandeo lateral-torsional obtenido según el artículo **4.7.4.4.** (flexión alrededor de los ejes geométricos) ó el artículo **4.7.4.5.** (flexión alrededor de los ejes principales), el que sea aplicable, en kNm.

M_y el momento elástico de la sección **relativo al eje de flexión**, en kNm.

(b) Para perfiles ángulo a 60° conformados en frío

cuando : $L_b < L_t$ $M_n = (1,92 - 1,17 \sqrt{N_t}) F_y S_{cw} (10)^{-3}$

cuando $L_b \geq L_t$ $M_n = \left(\frac{0,92}{N_t} - \frac{0,17}{N_t^2} \right) F_y S_{cw} (10)^{-3}$

siendo:

$$N_t = \frac{L_b}{L_r}$$

L_b la longitud lateralmente no arriostrada, en cm.

$$L_T = \frac{E b^3 t^2}{3 F_y I_w}, \text{ en cm.}$$

I_w el momento de inercia respecto del eje principal mayor, en cm⁴.

b el ancho total del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.

t el espesor del ala del ángulo con la punta comprimida, en cm.

S_{cw} el módulo resistente elástico de la sección relativo al eje principal mayor y correspondiente a la punta del ala comprimida;

4.7.4.4. Flexión alrededor de los ejes principales

(a) Flexión alrededor del eje principal de mayor inercia (w).

La resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, alrededor del eje principal de mayor inercia será el menor valor de los determinados para cada tipo de perfil mediante las especificaciones del artículo **4.7.4.1.** y las del artículo **4.7.4.3.**, para la cual se utilizará **para los perfiles ángulo a 90°** (artículo **4.7.4.3(a)**) la siguiente expresión:

$$M_{ob} = C_b \frac{0,46 E b^2 t^2 (10)^{-3}}{L}$$

(b) Flexión alrededor del **eje principal de menor inercia (z)**.

La resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, alrededor del eje principal de menor inercia deberá ser determinada con las especificaciones del artículo 4.7.4.1. cuando las puntas de las alas estén **comprimidas**, y con las especificaciones del artículo 4.7.4.2. cuando las puntas de las alas estén **traccionadas**.

4.7.4.5. Flexión alrededor de los ejes geométricos

4.7.4.5.1. Casos con restricción torsional

(a) Los perfiles ángulo de alas iguales flexados que tengan una **restricción al pandeo lateral-torsional en toda su longitud** deberán ser dimensionados en base a la flexión alrededor de sus ejes geométricos y su resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, será el menor valor de los determinados con las especificaciones de los artículos 4.7.4.1. y 4.7.4.2..

(b) Para perfiles ángulo de alas iguales cuando la **restricción al pandeo lateral-torsional se produzca sólo en el punto de momento máximo**, la resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, será el menor valor de los determinados según las especificaciones de los artículos 4.7.4.1., 4.7.4.2. y 4.7.4.3. con las siguientes condiciones:

M_y será calculado usando el módulo resistente elástico de la sección relativo al eje geométrico de la misma, y;

M_{ob} será reemplazado por $1,25 M_{ob}$, con M_{ob} obtenido mediante la siguiente expresión:

$$M_{ob} = \frac{0,66 E b^4 t C_b (10)^{-3}}{L^2} \left[\sqrt{1 + 0,78 \left(L t / b^2 \right)^2} - 1 \right]$$

4.7.4.5.2. Ángulos de alas iguales sin restricción torsional

Las barras formadas por un **único perfil ángulo de alas iguales**, sin restricción al pandeo lateral-torsional y sometidas a **flexión alrededor de un eje geométrico, podrán ser dimensionadas considerando únicamente la flexión sufrida alrededor del eje geométrico**, con las siguientes consideraciones:

(a) El momento elástico M_y será determinado usando un valor del módulo resistente elástico igual a **0,80** del módulo resistente elástico de la sección con respecto al eje geométrico de flexión.

(b) Cuando **la máxima compresión esté en la punta del ala del ángulo**, la resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, será determinada con el menor valor de los determinados según las especificaciones del artículo 4.7.4.1. y con las del artículo 4.7.4.3. para la cual se utilizará la siguiente expresión:

$$M_{ob} = \frac{0,66 E b^4 t C_b (10)^{-3}}{L^2} \left[\sqrt{1 + 0,78 \left(L t / b^2 \right)^2} - 1 \right]$$

siendo:

M_{ob} el momento elástico de pandeo lateral-torsional, en kNm.

L la longitud sin arriostramiento lateral, en cm.

$$C_b = \frac{12,5 M_{m\acute{a}x}}{2,5 M_{m\acute{a}x} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 1,5$$

$M_{m\acute{a}x}$ el valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento no arriostrado, en kNm.

M_A el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a un cuarto de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_B el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a la mitad de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

M_C el valor absoluto del momento flexor en la sección ubicada a tres cuartos de la luz del segmento no arriostrado, en kNm.

(c) Cuando la **máxima tracción esté en la punta del ala del ángulo**, la resistencia nominal a flexión M_n , en kNm, será determinada con el menor valor de los determinados según las especificaciones del artículo 4.7.4.2. y con las del artículo 4.7.4.3. para la que se deberá utilizar el valor de M_{ob} :

$$M_{ob} = \frac{0,66 E b^4 t C_b (10)^{-3}}{L^2} \left[\sqrt{1 + 0,78 \left(L t / b^2 \right)^2} + 1 \right]$$

4.7.5. Resistencia de diseño a flexión de miembros con otras formas seccionales

Para miembros con otras formas de la sección, la resistencia de diseño a flexión, M_d , será determinada con las especificaciones de los **Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005, CIRSOC 303-2009 o CIRSOC 308-2007**, según corresponda.

4.7.6. Resistencia de diseño a corte de elementos tubulares de sección circular (CHS)

La resistencia de diseño a corte de un tubo **CHS** no rigidizado, V_d , en kN será:

$$V_d = \phi_v V_n \quad \text{con:} \quad \phi_v = 0,9$$

La resistencia nominal al corte V_n , en kN, se determinará de la siguiente manera:

$$(1) \text{ cuando: } \frac{L}{D} \leq \frac{3,2 (E / F_y)^2}{(D / t)^{2,5}} \quad V_n = 0,3 F_y A_g (10)^{-1}$$

$$(2) \text{ cuando: } \frac{L}{D} > \frac{3,2 (E / F_y)^2}{(D/t)^{2,5}} \quad V_n = 0,5 F_{vcr} A_g (10)^{-1}$$

siendo:

$$F_{vcr} \text{ el mayor valor entre } \frac{1,23 E}{(L/D)^{0,5} (D/t)^{1,25}} \text{ y } \frac{0,6 E}{(D/t)^{1,5}} \text{ pero no mayor que } 0,6 F_y$$

A_g el área bruta del tubo circular, en cm^2 .

L la luz de la viga, en cm.

4.7.7. Resistencia de diseño a corte de elementos tubulares de sección poligonal

La **resistencia de diseño a corte** de un elemento tubular de sección poligonal no rigidizado, V_d , en kN, se debe determinar con la siguiente expresión

$$V_d = \phi_v V_n \quad \text{siendo:} \quad \phi_v = 0,9$$

La **resistencia nominal al corte**, V_n , en kN, se determinará de la siguiente manera:

- (1) Para secciones poligonales de **hasta 18 lados** $V_n = 0,3 F_y A_g (10)^{-1}$
- (2) Las secciones poligonales de **más de 18 lados** se considerarán como **tubos circulares con un diámetro equivalente, D_e** , igual a la distancia exterior entre caras opuestas. La **resistencia de diseño a corte** será la correspondiente a los **tubos circulares (CHS)**.

A_g el área bruta de la sección tubular, en cm^2 .

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

4.7.8. Resistencia de diseño a corte de elementos consistentes en un ÚNICO perfil angular de ALAS IGUALES

La **tensión elástica máxima, en MPa**, debida a las cargas mayoradas se determinará con la siguiente expresión:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V_u Q}{t I} 10$$

siendo:

V_u la resistencia requerida a corte en el plano, en kN.

Q el momento estático con respecto al eje neutro de la parte de sección por encima de aquél, en cm^3 .

t el espesor del ala del ángulo, en cm.

I el momento de inercia de la sección con respecto al eje neutro, en cm^4 .

Se deberá verificar que:

$$\tau_{\max} \leq 0,6 \phi_v F_y$$

Si existiera torsión, la tensión máxima será la máxima suma de las debidas al corte y a la torsión en algún punto de la sección.

4.7.9. Resistencia de diseño a corte de miembros con otras formas seccionales

Para miembros con otras formas de sección, la **resistencia de diseño a corte**, V_d , será determinada con las especificaciones de los **Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005, CIRSOC 303-2009 o CIRSOC 308-2007**, según corresponda.

4.8. MIEMBROS SOMETIDOS A SOLICITACIONES COMBINADAS

4.8.1. Estructuras reticuladas

En montantes y elementos de arriostramiento **se deberán considerar** los momentos resultantes de las excentricidades cuando no se satisfagan las condiciones especificadas en los artículos **4.4.4.1. y 4.4.4.2.**, respectivamente.

En **secciones angulares conformadas en frío**, axialmente cargadas, se deberá considerar un **momento flector adicional** según lo especificado en las definiciones de M_{ux} y M_{uy} del artículo **C.5.2. del Reglamento CIRSOC 303-2009**.

Para ángulos de simple simetría, con área efectiva (A_{ef}), calculada para una tensión F_y , menor que la sección bruta (A_g), se deberá considerar un momento adicional ($PL/1000$) respecto del eje principal de menor momento de inercia, en kNm.

Las resistencias requeridas a flexión, M_u , a incorporar en las expresiones de interacción serán los momentos flectores máximos actuantes a lo largo del miembro.

En los miembros sometidos a solicitaciones combinadas de compresión y flexión las resistencias requeridas a flexión, M_u , obtenidas **por análisis de primer orden** para cada miembro, se **deberán multiplicar** por un factor de amplificación B_1 para considerar los efectos de segundo orden.

$$B_1 = \frac{C_m}{\left[1 - \frac{P_u}{P_e} \right]} \geq 1$$

P_u la resistencia requerida a compresión axial para la barra analizada, en kN.

$$P_e = A_g F_y (10^{-1}) / \lambda_c^2 \text{ (kN)}$$

λ_c el factor de esbeltez adimensional, calculado usando el factor de longitud efectiva k en el plano de flexión.

$$\lambda_c = \frac{KL}{r \pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

C_m el coeficiente basado en un análisis elástico de primer orden suponiendo que el miembro como conjunto no se traslada lateralmente. Se pueden adoptar los siguientes valores:

- (a) Para barras comprimidas, que en el plano de flexión **no estén sometidas a cargas transversales** entre sus apoyos:

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2)$$

donde (M_1 / M_2) es la relación entre los valores absolutos de los momentos menor y mayor, respectivamente, en los extremos de la porción no arriostrada de la barra, y en el plano de flexión considerado. (M_1 / M_2) será positivo cuando la barra esté deformada con doble curvatura, y negativo cuando esté deformada con simple curvatura.

- (b) Para barras comprimidas, que en el plano de flexión estén **sometidas a cargas transversales** entre sus apoyos, el valor de C_m será determinado por análisis estructural o utilizando los siguientes valores conservativos:

- Para barras cuyos extremos tengan rotación restringida $C_m = 0,85$
- ó elementos continuos (por ejemplo montantes)
- Para barras con extremos articulados $C_m = 1,00$

Cuando las resistencias requeridas a flexión, M_u , se hayan obtenido por análisis de segundo orden o para miembros traccionados se adoptará: $B_1 = 1,0$

4.8.1.1. Miembros de sección circular maciza

Los miembros circulares de sección maciza que estén sometidos a la **combinación de flexión y fuerza axial de compresión** deberán satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\frac{P_u}{P_d} + 7600 \frac{M_u}{d^3 F_y} \leq 1$$

siendo:

P_u la resistencia axial requerida a compresión de la barra circular maciza, en kN.

P_d la resistencia de diseño a compresión axial de la barra, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión de la barra circular maciza, en kNm.

d el diámetro nominal de la barra circular maciza, en cm.

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero de la barra circular, en MPa.

4.8.1.2. Miembros tubulares de sección circular (CHS)

Los miembros tubulares de sección circular (**CHS**) sometidos a la **combinación de flexión y fuerza axial** deberán satisfacer las siguientes expresiones de interacción:

(a) Para $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{B_1 M_u}{\phi_b M_n} \right] \leq 1,0$$

(b) Para $\frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$

$$\frac{P_u}{2 \phi P_n} + \left[\frac{B_1 M_u}{\phi_b M_n} \right] \leq 1,0$$

siendo:

P_u la resistencia requerida a tracción o a compresión axial en la barra, en kN.

P_n la resistencia nominal a tracción axial determinada de acuerdo con lo especificado en el artículo 4.6.3. , o la resistencia nominal a compresión axial determinada según el artículo 4.5.4.1.(a), en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión de la barra. Para la flexión biaxial de tubos circulares que estén lateralmente no arriostrados a lo largo de su longitud y con condiciones de vínculo tales que el factor de longitud efectiva k sea el mismo en cualquier dirección de flexión, se considerará para el dimensionado el momento flexor resultante en una dirección $M_{ur} = \sqrt{M_{ux}^2 + M_{uy}^2}$, en kNm.

M_n la resistencia nominal a flexión determinada de acuerdo con lo especificado en el artículo 4.7.2. , en kNm.

B_1 el factor de amplificación.

$\phi = \phi_t$ el factor de resistencia para tracción según el artículo 4.6.3.

$\phi = \phi_c$ el factor de resistencia para compresión = 0,85

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = 0,9

4.8.1.3. Miembros consistentes en un ÚNICO perfil angular de ALAS IGUALES

Las expresiones de interacción deberán ser **evaluadas para la flexión alrededor de los ejes principales**. Se podrán sumar los máximos términos debidos a la flexión y a la fuerza axial, o bien se podrá considerar el sentido de las tensiones debidas a la flexión en los puntos críticos

de la sección transversal y sumar o restar, según corresponda, los términos de flexión al término debido a la fuerza axial.

(A) Barras sometidas a compresión axial y flexión

- La interacción entre compresión axial y flexión correspondiente a una ubicación específica en la sección transversal, estará limitada por las siguientes expresiones de interacción:

$$\text{Para: } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \quad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{B_1 M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{B_1 M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$$

$$\text{Para: } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2 \quad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{B_1 M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{B_1 M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$$

siendo:

P_u la resistencia requerida a compresión de la barra, en kN.

P_n la resistencia nominal a compresión determinada de acuerdo con lo especificado en los artículos 4.5.4.1. ó 4.5.4.2., según corresponda, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión, en kNm.

M_n la resistencia nominal a flexión, por tracción o compresión según corresponda, determinada de acuerdo con lo especificado en el artículo 4.7.4. Se deberá usar el módulo resistente elástico correspondiente a la ubicación del punto considerado en la sección transversal, y considerar el tipo de tensión, en kNm.

B_1 el factor de amplificación.

$\phi = \phi_c$ el factor de resistencia para compresión = 0,85

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = 0,90

w el subíndice relativo al eje de flexión, correspondiente al eje principal de mayor inercia.

z el subíndice relativo al eje de flexión, correspondiente al eje principal de menor inercia.

- Para barras de un sólo angular forzadas y **flexadas alrededor de un eje geométrico**, y cuya resistencia nominal a flexión sea determinada por aplicación del artículo 4.7.4.5.1., será utilizado el **radio de giro, r** , correspondiente al eje geométrico, para el cálculo de P_e para la determinación de B_1 .

En las expresiones de interacción, los términos de flexión correspondientes a los ejes principales serán remplazados por el término de flexión correspondiente al único eje geométrico alrededor del cual es obligada la flexión.

- Para ángulos de alas iguales **sin restricciones al pandeo lateral-torsional en toda su longitud**, y con una flexión aplicada alrededor de uno de sus ejes geométricos, se podrán

aplicar alternativamente las especificaciones del artículo **4.7.4.5.2.** para la determinación de la resistencia requerida y de la resistencia de diseño. Si para determinar la resistencia nominal M_n se utilizan las especificaciones del artículo **4.7.4.5.2.**, en ausencia de un análisis más detallado, se deberá usar para el cálculo de P_e en la determinación de B_1 , el radio de giro r correspondiente al eje geométrico de flexión dividido por **1,35**. En las expresiones de interacción, los términos de flexión correspondientes a los ejes principales serán reemplazados por el término de flexión correspondiente al único eje geométrico alrededor del cual se aplica la flexión.

(B) Barras sometidas a tracción axial y flexión

La interacción de tracción axial y flexión deberá ser limitada por las siguientes expresiones de interacción:

$$\text{Para: } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \qquad \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[\frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$$

$$\text{Para: } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2 \qquad \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left[\frac{M_{uw}}{\phi_b M_{nw}} + \frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}} \right] \leq 1,0$$

siendo:

P_u la resistencia requerida a tracción, en kN.

P_n la resistencia nominal a tracción determinada de acuerdo con lo especificado en el artículo **4.6.3.**, en kN.

M_u la resistencia requerida a flexión, en kNm.

M_n resistencia nominal a flexión, por tracción o compresión según corresponda, determinada de acuerdo con lo especificado en el artículo **4.7.4.** Se deberá usar el módulo resistente elástico correspondiente a la ubicación del punto considerado en la sección transversal, y considerar el tipo de tensión, en kNm.

$\phi = \phi_t$ el factor de resistencia para tracción, según el artículo **4.6.3.**

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.

Para barras sometidas a flexión alrededor de un eje geométrico, la determinación de la resistencia requerida a flexión deberá estar de acuerdo con las especificaciones del artículo **4.8.1.2.(A)**.

Se podrá realizar un análisis más detallado de la interacción entre tracción y flexión en lugar del utilizar las expresiones de interacción indicadas más arriba.

4.8.1.4. Para miembros con otras formas de sección

Para miembros con otras formas de sección, la combinación de fuerza axial y flexión será determinada con las especificaciones de los **Reglamentos CIRSOC 301-2005, CIRSOC 302-2005, CIRSOC 303-2009 o CIRSOC 308-2007**, según corresponda.

4.8.2. Estructuras tubulares tipo monoposte

Para los postes tubulares se deberá satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\left(\frac{P_u}{\phi_c P_n}\right) + \left(\frac{M_u}{\phi_b M_n}\right) + \left[\left(\frac{V_u}{\phi_v V_n}\right) + \left(\frac{T_u}{\phi_T T_n}\right)\right]^2 \leq 1,0$$

Si $\left(\frac{T_u}{\phi_T T_n}\right)$ es **mayor que 0,2** entonces $M_n \leq F_y S (10)^{-3}$

siendo:

- P_u la resistencia requerida a compresión axial debida a las cargas mayoradas, en kN.
- P_n la resistencia nominal a la compresión axial según el artículo 4.5.4., en kN.
- F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.
- M_u la resistencia requerida a flexión debida a las cargas mayoradas, en kNm.
- M_n la resistencia nominal a la flexión según el artículo 4.7., considerando los efectos de segundo orden, en kNm.
- V_u la resistencia requerida a corte debida a las cargas mayoradas, en kN.
- V_n la resistencia nominal al corte según los artículos 4.7.6, o 4.7.7., según corresponda, en kN.
- S el mínimo módulo resistente elástico de la sección, en cm^3 .
- T_u la resistencia requerida a torsión debida a las cargas mayoradas, en kNm.
- T_n la resistencia nominal a la torsión = $F_{crT} C (10)^{-3}$, en kNm.
- C la constante torsional de la sección tubular = J/c , en cm^3 .
- J el módulo de torsión de la sección tubular, en cm^4 .
- c la distancia entre el eje neutro y la fibra extrema, en cm.
- F_{crT} la tensión crítica de corte por torsión, en MPa.

(a) Para tubos circulares:

F_{crT} el mayor valor obtenido de las siguientes expresiones:

$$\frac{1,23 E}{(L/D)^{0,5} (D/t)^{1,25}} \text{ y } \frac{0,6 E}{(D/t)^{1,5}} \text{ con } F_{crT} \leq 0,6 F_y$$

L la luz de la viga, en cm.

D el diámetro del tubo, en cm.

(b) Para secciones poligonales:

$$(1) \text{ para } \frac{b}{t} \leq 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{crT} = 0,6 F_y$$

$$(2) \text{ para } 2,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 3,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad F_{crT} = \frac{0,6 F_y (2,45 \sqrt{E/F_y})}{(b/t)}$$

$$(3) \text{ para } 3,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{b}{t} \leq 260 \quad F_{crT} = \frac{4,52 E}{(b/t)^2}$$

b la dimensión del lado plano de la sección, en cm.

t el espesor de la pared, en cm.

Las secciones poligonales **de más de 18 lados** se considerarán como **tubos circulares con un diámetro equivalente, D_e** , igual a la distancia exterior entre caras opuestas.

ϕ_c el factor de resistencia para compresión axial = **0,85**.

ϕ_b el factor de resistencia para flexión = **0,90**.

ϕ_v el factor de resistencia para corte = **0,90**.

ϕ_T el factor de resistencia para torsión = **0,90**.

4.9. UNIONES Y ELEMENTOS AUXILIARES DE UNA UNIÓN

4.9.1. Uniones abulonadas y bulones

Las uniones abulonadas y los bulones a utilizar en ellas deberán satisfacer las especificaciones de la sección **J.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y de la **Recomendación CIRSOC 305-2007**.

Los bulones ISO 10.9, ISO 8.8, ASTM A490, ASTM A490M, ASTM A325 y ASTM A325M **no se deberán reutilizar una vez que hayan sido puestos en servicio** y tensionados más allá del **40%** de su capacidad última.

No se deberán utilizar bulones A490, A490M e ISO 10.9 galvanizados por inmersión en caliente (o mecánicamente) ni varillas de anclaje A354 Gr. BD galvanizadas por inmersión en caliente (o mecánicamente).

4.9.2. Dispositivos fijadores de tuercas

Para evitar que se aflojen los bulones usados para unir elementos portantes, deberán estar provistos de un dispositivo o mecanismo fijador de tuercas como por ejemplo tuercas de seguridad, arandelas de seguridad o contratueras, con excepción de lo dispuesto en el artículo **4.9.3**. El uso de las arandelas de seguridad se deberá limitar a estructuras de altura menor o igual que **360 m**.

4.9.3. Bulones pretensados

Para las **uniones de deslizamiento crítico** y para las **uniones sujetas a tracción** en las cuales la aplicación de cargas externas **provoca acción de palanca** debido a la deformación de las piezas unidas, se deberán utilizar **bulones de alta resistencia pretensados al 70 %** de la resistencia mínima a la tracción del bulón. Para los bulones pretensados no se requieren dispositivos fijadores de tuercas.

Excepción: En el caso de las uniones traccionadas, cuando se pueda demostrar que la rigidez de las piezas unidas es suficiente para reducir las fuerzas de palanca a valores insignificantes, dichas uniones se podrán realizar con bulones de alta resistencia ajustados hasta la condición de ajuste sin juego. La **condición de ajuste sin juego** se define como el ajuste obtenido como resultado de unos pocos golpes de una llave de impacto o la aplicación del máximo esfuerzo de una persona usando una llave de tuerca ordinaria, hasta obtener un contacto firme entre las piezas unidas.

Nota: Las **superficies de contacto de las uniones de deslizamiento crítico no se deberán engrasar ni pintar** y, en todos los casos (sean elementos galvanizados o no) las superficies de contacto se **deberán preparar** de acuerdo con lo establecido en la **Recomendación CIRSOC 305-2007**.

4.9.4. Tamaño y uso de agujeros y distancias a los bordes

El tamaño máximo de los agujeros y el uso de los distintos tipos de agujeros deberán satisfacer las especificaciones de la sección **J.3.2** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Para las mínimas distancias a los bordes se deberá aplicar la Tabla **J.3.4** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**, excepto en los bordes cortados, en los cuales la mínima distancia al borde deberá ser igual a **1,5 veces** el diámetro del bulón.

La mínima separación de los bulones en una línea será igual a **3,0** veces el diámetro de los bulones, debiendo satisfacerse lo especificado en la sección **J.3.3** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

4.9.5. Uniones tipo aplastamiento

En las uniones tipo aplastamiento está permitido utilizar bulones (incluyendo bulones de alta resistencia) ajustados hasta una condición de ajuste sin juego de acuerdo con lo definido en el artículo **4.9.3. No se podrán usar en uniones tipo aplastamiento agujeros holgados ni ovalados** con su longitud mayor paralela a la línea de fuerza para bulones que estén sometidos a fuerzas de corte.

4.9.6. Resistencia de las uniones

4.9.6.1. Resistencia de diseño a la tracción de los bulones y elementos roscados en uniones tipo aplastamiento

La resistencia de diseño a la tracción de **un único bulón o elemento roscado**, R_{bt} , en kN será:

$$\phi R_{nt} = \phi F_t A_b (10)^{-1}$$

siendo:

R_{nt} la resistencia nominal a la tracción del bulón, en kN.

F_t la resistencia nominal a la tracción en términos de tensión, indicada en la **Tabla J.3.2. del Reglamento CIRSOC 301-2005** que se transcribe como **Tabla 4.9.** en este **Reglamento**, en MPa.

A_b el área nominal del cuerpo no roscado del bulón o de la parte roscada, en cm².

$$\phi = 0,75$$

4.9.6.2. Resistencia de diseño al corte en uniones tipo aplastamiento

La resistencia de diseño al corte de **un único bulón o elemento roscado**, R_{bv} , en kN será:

$$\phi R_{nv} = \phi F_v A_b (10)^{-1}$$

siendo:

R_{nv} la resistencia nominal al corte del bulón, en kN.

F_t la resistencia nominal al corte en términos de tensión indicada en la **Tabla J.3.2. del Reglamento CIRSOC 301-2005** que se transcribe como **Tabla 4.9.** en este **Reglamento**, en MPa.

A_b el área nominal del cuerpo no roscado del bulón o de la parte roscada, en cm².

$$\phi = 0,75$$

Tabla 4.9. Resistencia de diseño de bulones - (transcripción de la Tabla J.3.2 del Reglamento CIRSOC 301-2005)

Descripción de los bulones	Resistencia a la tracción		Resistencia al corte en uniones del tipo aplastamiento	
	Factor de Resistencia ϕ	Resistencia Nominal F_t (MPa)	Factor de Resistencia ϕ	Resistencia Nominal F_v (MPa)
Bulones comunes A307, ISO 4.6	0,75	260 (a)	0,75	140 (b,e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		620 (d)		330 (e)
Bulones A325, A325M ó ISO 8.8 con la rosca excluida de los planos de corte		620 (d)		415 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 cuando la rosca no está excluida de los planos de corte		778 (d)		414 (e)
Bulones A490, A490M ó ISO 10.9 con la rosca excluida de los planos de corte		778 (d)		517 (e)
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos del capítulo A.3 (CIRSOC 301-05), y la rosca no está excluida de los planos de corte		0,75 F_u (a,c)		0,40 F_u
Partes roscadas que cumplen con los requerimientos del capítulo A.3 (CIRSOC 301-05), y la rosca está excluida de los planos de corte		0,75 F_u (a,c)		0,50 F_u (a,c)
(a) Cargas estáticas solamente. (b) Se permite la rosca en los planos de corte. (c) La resistencia nominal a la tracción de la parte roscada de una varilla recalcada, basada en el área de la sección en el diámetro mayor de la rosca A_D, será mayor que el área nominal del cuerpo A_b de la varilla antes del recalcado multiplicada por F_y. (d) Para bulones A325, A325M, ISO 8.8 y A490, A490M, ISO 10.9 solicitados a tracción con fatiga, ver el artículo A-K.3. (e) Cuando se empleen uniones del tipo de aplastamiento para empalmar barras traccionadas con bulones separados en dirección paralela a la fuerza a más de 1300 mm, los valores tabulados deben ser reducidos en un 20%.				

4.9.6.3. Combinación de corte y tracción en uniones tipo aplastamiento

La resistencia de diseño a tracción de un bulón sometido a corte y tracción combinados es

$$\phi R_{ntv} = \phi F'_t A_b (10^{-1})$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

F'_t la resistencia nominal a tracción en términos de tensión calculada con las expresiones de la **Tabla J.3.5.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** (que se la transcribe a continuación) como una función de la tensión de corte requerida, f_v , producida por las cargas mayoradas, en MPa). La tensión de corte requerida, f_v , será menor o igual que la resistencia de diseño al corte, ϕF_v , indicada en la **Tabla J.3.2.**

Tabla J.3.5. Resistencia nominal a la tracción (F'_t), en MPa para uniones de tipo aplastamiento (Transcripción del Reglamento CIRSOC 301-2005)

Descripción de los bulones	Rosca incluida en el plano de corte	Rosca excluida del plano de corte
Bulones comunes (A307/ISO 4.6)	338 – 2,5 $f_v \leq 260$	
Bulones A325, A325M, ISO 8.8	806 – 2,5 $f_v \leq 620$	806 – 2,0 $f_v \leq 620$
Bulones A490, A490M, ISO 10.9	1012 – 2,5 $f_v \leq 778$	1012 – 2,0 $f_v \leq 778$
Partes roscadas de bulones A449 de diámetro mayor que 38,1 mm	0,98 F_u – 2,5 $f_v \leq 0,75 F_u$	0,98 F_u – 2,0 $f_v \leq 0,75 F_u$

4.9.6.4. Resistencia al aplastamiento de la chapa en los agujeros

La resistencia al aplastamiento de la chapa será verificada tanto para las uniones tipo aplastamiento como para las tipo deslizamiento crítico. El uso de **agujeros holgados y ovalados cortos y largos** con eje mayor **paralelo** a la dirección de la fuerza es **restringido solo para las uniones de deslizamiento crítico** por la sección **J.3.2.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

La resistencia de diseño al aplastamiento de la chapa en los agujeros será:

$$\phi R_n$$

siendo:

$$\phi = 0,75$$

R_n la resistencia nominal al aplastamiento de la chapa determinada de la siguiente manera, en kN.

- (a) Para un bulón en una unión con agujeros normales, holgados u ovalados cortos independientemente de la dirección de la fuerza, o con agujeros ovalados largos con eje mayor paralelo a la dirección de la fuerza:
 - Cuando la deformación alrededor del agujero para cargas de servicio sea una consideración del proyecto:

$$R_n = 1,2 L_c t F_u (10)^{-1} \leq 2,4 d t F_u (10)^{-1}$$

- Cuando la deformación alrededor del agujero para cargas de servicio no sea una consideración del proyecto:

$$R_n = 1,5 L_c t F_u (10^{-1}) \leq 3,0 d t F_u (10^{-1})$$

- (b) Para un bulón en una unión con agujeros ovalados largos con eje mayor perpendicular a la dirección de la fuerza:

$$R_n = 1,0 L_c t F_u (10^{-1}) \leq 2,0 d t F_u (10^{-1})$$

siendo:

F_u la resistencia a la tracción mínima especificada del acero de la chapa, en MPa.

d el diámetro del bulón, en cm.

t el espesor de la parte conectada crítica, en cm.

L_c la distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o el borde del material, en cm.

Para la unión, la resistencia al aplastamiento de la chapa será tomada como **la suma de las resistencias al aplastamiento de la chapa en todos los agujeros de los bulones** que pertenecen a la unión.

4.9.6.5. Bulones de alta resistencia en uniones de deslizamiento crítico

La resistencia de diseño al corte y al corte combinada con tracción de bulones de alta resistencia, en uniones de deslizamiento crítico, será determinada según las especificaciones de la sección **J.3.8.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005.**

4.9.6.6. Resistencia de elementos de una unión

La resistencia de diseño de un elemento afectado de las piezas unidas por bulones o soldadura y de los elementos auxiliares de una unión abulonada o soldada, $\phi_p R_{np}$, en kN, será el menor valor obtenido para los estados límites de fluencia, rotura y rotura por bloque por corte:

$$\phi_p = 0,90 \text{ para fluencia}$$

$$\phi_p = 0,75 \text{ para rotura}$$

$$\phi_p = 0,75 \text{ para rotura en bloque por corte}$$

- (a) Para fluencia por tracción:

$$R_{np} = F_y A_{gt} (10)^{-1}$$

(b) Para rotura por tracción:

$$R_{np} = F_u A_{nt} (10)^{-1}$$

(c) Para fluencia por corte:

$$R_{np} = 0.60 F_y A_{gv} (10)^{-1}$$

(d) Para rotura por corte:

$$R_{np} = 0.60 F_u A_{nv} (10)^{-1}$$

(e) Para rotura por bloque por corte:

Ver el artículo **4.6.3.(d)**

siendo:

A_{gv} el área bruta sujeta a corte, en cm^2 .

A_{gt} el área bruta sujeta a tracción, en cm^2 .

A_{nv} el área neta sujeta a corte, en cm^2 .

A_{nt} el área neta sujeta a tracción, en cm^2 .

F_y la tensión de fluencia mínima especificada del acero, en MPa.

F_u la tensión de rotura a la tracción especificada del acero, en MPa.

Notas:

1. Para la determinación del área neta ver el artículo **4.6.3.1**.
2. El ancho usado para determinar las áreas brutas y netas de las placas de unión no será mayor que el ancho en el extremo de la placa, definido proyectando la fuerza aplicada a partir del comienzo de la unión **30°** hacia cada lado de la placa a lo largo de la línea de fuerza.
3. El área neta de una placa de unión no se deberá considerar mayor que el **85%** del **área bruta**.

4.9.7. Empalmes

Los empalmes deberán satisfacer las especificaciones de la sección **J.7.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Los empalmes se deberán proyectar para resistir las máximas solicitaciones requeridas de por los esfuerzos de tracción, compresión, flexión y corte que se produzcan en el empalme debidos a las cargas mayoradas.

Para los montantes de los mástiles atirantados, a menos que para cada rienda se satisfagan los requisitos adicionales referentes a los efectos ocasionados por la rotura de las riendas, incluidos en el **Anexo E**, los empalmes de los montantes deberán desarrollar **una resistencia de diseño a la tracción mínima** igual al menor valor entre el **33%** de la resistencia de diseño a la compresión del montante en el empalme ó **2200 kN**.

Si en una unión existe excentricidad se deberán considerar las fuerzas adicionales introducidas en la unión.

4.9.7.1. Estructuras tubulares tipo monoposte

La longitud de diseño de un empalme por encastre deberá ser mayor o igual que **1,5** veces el ancho interno de la base de la sección superior. En las secciones transversales poligonales el ancho interno se deberá medir entre elementos planos.

4.9.8. Placas de unión para riendas

La resistencia de diseño de una placa de unión, ϕP_t , en kN, será igual al menor de los siguientes valores:

(a) Tracción sobre el área efectiva:

$$\phi = 0,75 \quad P_t = 2 t b_{eff} F_u (10)^{-1}$$

(b) Corte sobre el área efectiva:

$$\phi = 0,75 \quad P_t = 0,6 A_{st} F_u (10)^{-1}$$

(c) Aplastamiento sobre el área proyectada de la chapa en el pasador:

$$\phi = 0,90 \quad P_t = 1,8 A_{pb} F_y (10)^{-1}$$

(d) Fluencia sobre el área bruta:

$$\phi = 0,90 \quad P_t = A_g F_y (10)^{-1}$$

siendo:

a la menor distancia entre el borde del agujero del pasador y el borde del elemento medida en forma paralela a la dirección de la fuerza, en cm.

A_{pb} el área de aplastamiento proyectada, en cm².

A_{st} $2 t (a + d/2)$.

b_{eff} $2 t + 16 \text{ mm}$, pero no mayor que la distancia real entre el borde del agujero del pasador y el borde de la pieza medida en una dirección normal a la fuerza aplicada en cm.

d el diámetro del pasador, en cm.

t el espesor de la placa, en cm.

El agujero del pasador deberá estar ubicado a la mitad de la distancia entre los bordes del elemento en la dirección normal a la fuerza aplicada. El ancho de la placa más allá del agujero del pasador será mayor o igual que $2 b_{eff} + d$, y la mínima extensión, a , más allá del extremo de apoyo del agujero del pasador, paralela al eje del elemento, será mayor o igual que $1,33b_{eff}$.

Está permitido que las esquinas, más allá del agujero del pasador, estén cortadas a **45 grados** respecto del eje del elemento, siempre que el área neta más allá del agujero del pasador, sobre un plano perpendicular al corte, sea mayor o igual que la requerida más allá del agujero del pasador paralela al eje del elemento.

Nota: No es aplicable el diámetro con holgura de **1 mm** especificado en la **Tabla J.3.3.** del **Reglamento CIRSOC 301-2005**

4.9.9. Pernos de anclaje

Para los pernos de anclaje se deberá satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\left(\frac{P_u + \frac{V_u}{\eta}}{\phi R_{nt}} \right) \leq 1,0$$

siendo:

$$\phi = 0,80$$

P_u la fuerza requerida de tracción para las soluciones usuales (a), (b) y (c), y mayor fuerza requerida de compresión o tracción para la solución usual (d) tal como se ilustra en la **Figura 4.13.**, en kN.

V_u la fuerza requerida de corte (componentes de corte directo y torsión) correspondiente a P_u , en kN.

R_{nt} la resistencia nominal a la tracción del perno de anclaje de acuerdo con el artículo **4.9.6.1**

η = **0,90** para las soluciones usuales tipo (a)

= **0,70** para las soluciones usuales tipo (b)

= **0,55** para las soluciones usuales tipo (c)

= **0,50** para las soluciones usuales tipo (d)

Para la solución usual (d), cuando la distancia libre entre la cara superior del hormigón y la cara inferior de la tuerca de nivelación inferior sea mayor que **1,0** veces el diámetro del perno de anclaje, también se deberá satisfacer la siguiente expresión de interacción:

$$\left(\frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\left| \frac{P_u}{\phi R_{nt}} \right| + \left| \frac{M_u}{\phi R_{nm}} \right| \right)^2 \leq 1,0$$

siendo:

- M_u el momento flector debido a V_u , en kNm. $M_u = 0,65 \ell_{ar} V_u (10)^{-2}$
- ℓ_{ar} la longitud desde la cara superior del hormigón hasta la parte inferior de la tuerca de nivelación del perno de anclaje, en cm.
- ϕR_{nv} la resistencia de diseño al corte del perno de anclaje de acuerdo con el artículo 4.9.6.2., en kN.
- ϕR_{nm} la resistencia de diseño a la flexión del perno de anclaje de acuerdo con el artículo 4.7.1., usando el diámetro de la raíz traccionada d_{rt} , en kNm.
- d_{rt} el diámetro de la raíz traccionada de la varilla, $d_{rt} = d - 0,9382(p)$, en cm.
- D el diámetro nominal del perno, en cm.
- p el paso de la rosca, en cm.

4.9.10. Uniones soldadas

Las uniones soldadas deberán satisfacer las especificaciones de la sección **J** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y las del **Reglamento CIRSOC 304-2005**.

4.9.10.1. Estructuras tubulares tipo monoposte

Las soldaduras de costura longitudinales para las secciones tubulares tipo monoposte deberán tener una penetración mínima de **60 %**, excepto en las siguientes áreas en las cuales las soldaduras de costura longitudinales deberán ser de penetración total o fusión total y atravesar toda la sección transversal:

- (a) Soldaduras de costura longitudinales a una distancia menor o igual que **150 mm** de soldaduras circunferenciales o bridas o placas de asiento.
- (b) Soldaduras de costura longitudinales externas (hembra) en el área del empalme por encastre en una distancia mínima igual a la máxima dimensión de solape más **150 mm**.

Las soldaduras de costura transversales deberán ser de penetración total o fusión total y atravesar toda la sección transversal.

Las soldaduras entre una placa de asiento y el fuste de un poste deberán ser soldaduras de penetración total. Alternativamente, los fustes de los postes se pueden insertar en bridas o placas de asiento y unir mediante soldaduras de filete internas y externas.

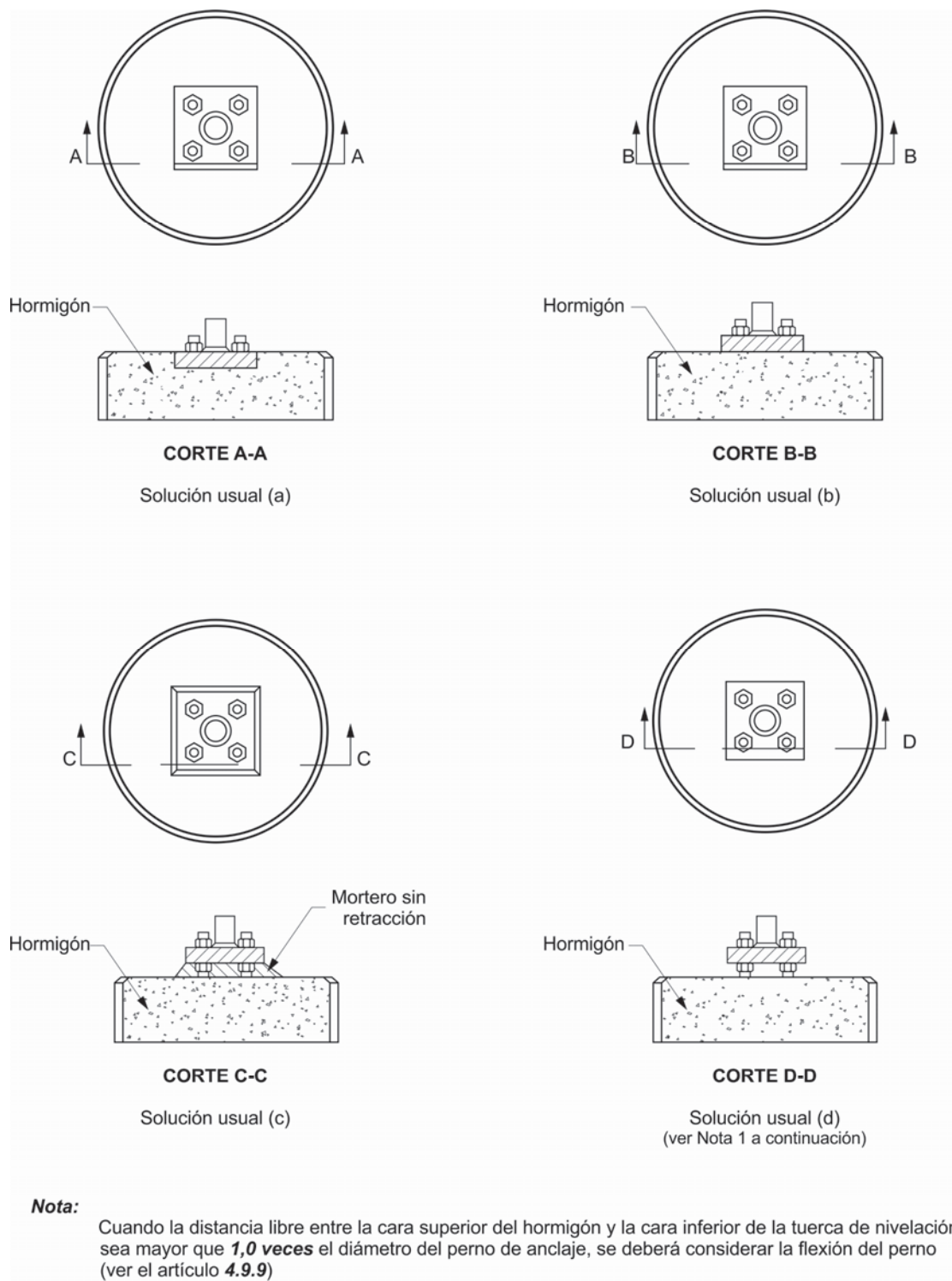


Figura 4.13. Soluciones usuales para la instalación de los pernos de anclaje.

CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN

5.1. CAMPO DE VALIDEZ

En este Capítulo se establecen los requisitos a cumplir por el acero estructural, las tolerancias en la fabricación y el control de la corrosión, aplicable a las estructuras diseñadas y fabricadas de conformidad con este Reglamento.

5.2. DEFINICIONES

Acero estructural: Acero usado para todos los elementos y componentes estructurales excepto riendas, sujetadores y accesorios.

Los materiales que se utilicen en las estructuras diseñadas de acuerdo con este Reglamento deberán cumplir con las normas IRAM, IRAM – IAS o internacionales indicadas a lo largo de su texto y en la sección A.3.1.1., del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

5.3. SIMBOLOGÍA

CVN el valor del ensayo de impacto Charpy.

F_y la mínima tensión de fluencia especificada.

pH la concentración de iones hidrógeno del suelo (índice de acidez/alcalinidad).

t el espesor (diámetro) del material.

c el coeficiente para **CVN**.

5.4. ACERO ESTRUCTURAL

5.4.1. Disposiciones generales

Los aceros estructurales que se utilicen en estructuras diseñadas de conformidad con este Reglamento deberán satisfacer una de las normas para acero precalificadas listadas en la **Tabla 5.1**. También se considerarán aceptables otros aceros o productos de acero que satisfagan lo dispuesto en el artículo 5.4.2.

El acero estructural para postes tubulares de sección poligonal y bridas soldadas a tope para postes tubulares de sección poligonal deberá tener valores de ensayo de impacto Charpy no menores que **27 J a 0°C**. (Ver la norma IRAM-IAS U 500-42).

Todos los ensayos de impacto Charpy (CVN) se deberán realizar de acuerdo con el Anexo III del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, la norma **IRAM-IAS U 500-16-1** y las normas **ASTM E23** – Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. y **ASTM A370** – Standard Test Method and Definition for Mechanical Testing of Steel Products.

Tabla 5.1. Aceros estructurales precalificados

Norma	Título
IRAM-IAS U 500-503	Aceros al carbono para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-558	Perfiles ángulo de acero, de alas iguales, laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-230	Perfiles ángulo de acero, de alas desiguales, laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-180	Flejes de acero al carbono, laminados en caliente, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-42	Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-2592	Tubos de acero al carbono, con costura, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-218	Tubos de acero sin costura para uso estructural y aplicaciones mecánicas en general.
IRAM-IAS U 500-219	Tubos de baja aleación y alta resistencia, con y sin costura para uso estructural.
ASTM A53	Tubos de acero negro y galvanizados por inmersión en caliente, soldados y sin costura.
Nota: Las geometrías y tamaños fuera del alcance de las normas listadas o de otras normas IRAM, se deberán considerar de acero no precalificado.	

5.4.2. Acero no precalificado

El carbono equivalente, calculado de acuerdo con la siguiente expresión, no deberá ser mayor que **0,65**:

$$C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Nota: Los procedimientos de soldadura aplicables a estructuras diseñadas de conformidad con este Reglamento se realizarán en un todo de acuerdo con lo requerido en el **Reglamento CIRSOC 304-2007**.

El alargamiento no deberá ser menor que **18%**.

Para las barras circulares macizas, los valores nominales de fluencia y la resistencia última a la tracción corresponderán a muestras de la mitad del radio.

Para los elementos y componentes con espesores mayores que **127 mm** y una tensión de fluencia mínima mayor o igual que **350 MPa**, el valor del ensayo de impacto Charpy (**CVN**) no deberá ser menor que **27 J** a **-20°C** ó al mínimo valor promedio calculado con la siguiente expresión:

$$CVN = \frac{F_y t}{710c} [J] > 27 J$$

a la mínima temperatura media mensual correspondiente al lugar de emplazamiento de la estructura.

siendo:

F_y la mínima tensión de fluencia especificada para el tipo de acero utilizado, en MPa.

t el espesor (diámetro) del material, en mm.

$c = 2$ para orificios perforados y escariados y componentes no soldados y para todos los elementos sujetos a una tensión de tracción de diseño menor que **100 MPa**.

$c = 1$ para componentes punzonados y soldados sujetos a una tensión de tracción de diseño mayor o igual que **100 MPa**.

Para las geometrías circulares macizas, los valores del **CVN** se deben basar en una muestra longitudinal ubicada a **25 mm** debajo de la superficie.

5.4.3. Informes de los ensayos

Los informes de ensayos certificados en fábrica o los informes de ensayos certificados realizados por el fabricante o por un laboratorio de ensayo de acuerdo con las normas IRAM correspondientes al producto, constituyen evidencia suficiente de conformidad con los requisitos de los artículos 5.4.1 y 5.4.2.

5.4.4. Tolerancias

Las tolerancias aceptables en las dimensiones se deberán determinar de acuerdo con lo indicado en la **Recomendación CIRSOC 307** - Guía para la Construcción Metálica (en preparación) y en las normas IRAM correspondientes a cada producto.

5.5. FABRICACIÓN

La fabricación se deberá realizar de acuerdo con el **Reglamento CIRSOC 301-2005, Capítulo M.2**.

A menos que se especifique lo contrario, los elementos estructurales se deberán fabricar respetando las tolerancias indicadas en la **Recomendación CIRSOC 307** (en preparación) para el tipo de material utilizado. Los elementos terminados deberán estar libres de torsiones y pliegues, salvo por las tolerancias permitidas en las normas correspondientes, con las excepciones indicadas en el **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Los elementos sometidos a compresión no se deberán desviar de la condición de linealidad más de **1/500** de la longitud entre puntos que han de tener apoyo lateral, y como máximo **1,5 mm**.

Los empalmes en los elementos comprimidos que se diseñen como apoyos directos deberán tener al menos el **75%** del área nominal en contacto.

Las soldaduras se deberán realizar en un todo de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 304-2007.

5.6. CONTROL DE LA CORROSIÓN

5.6.1. Disposiciones generales

Todos los elementos y componentes de acero estructural deberán tener un recubrimiento de zinc. El galvanizado por inmersión en caliente es el proceso preferido. Otros métodos que proporcionen un control de la corrosión equivalente también son aceptables siempre que cumplan lo especificado en la sección M.3. del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

5.6.2. Acero estructural

Los elementos de acero estructural se deberán galvanizar por inmersión en caliente de acuerdo con la norma **ASTM A123** o la norma Iram que contemple este tipo de protección. Los métodos alternativos deberán proporcionar un control de la corrosión, como mínimo, igual a los requisitos establecidos en dichas normas.

5.6.3. Bulones y accesorios

Los bulones y accesorios se deberán galvanizar de acuerdo con la norma **IRAM 5336** - Tornillos, bulones, espárragos, tuercas y arandelas. Requisitos del cincado por inmersión en caliente, o las normas **ASTM A153** (galvanizado por inmersión en caliente) Standard Specification for Zinc Coating (Hot - Dip) on Iron and Steel Hardware, clase 50 (galvanizado mecánico) **ASTM B695** Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel, clase 50 (galvanizado mecánico). Los métodos alternativos deberán proporcionar un control de la corrosión, como mínimo, igual a los requisitos establecidos en las citadas normas.

5.6.4. Reparaciones

Las reparaciones de la capa de zinc se deberán realizar de acuerdo con la norma **ASTM A780**, Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings o según lo requieran los proveedores de los procesos de control de la corrosión alternativos.

Se deberá evitar la realización de agujeros, cortes, soldaduras y toda operación que dañe la capa de zinc, tanto en taller como en obra, realizando reparaciones sólo como consecuencia de daños involuntarios o debido a la necesidad de realizar refuerzos en una estructura instalada. Siempre que sea posible es preferible el reemplazo de las piezas dañadas.

5.6.5. Cables de acero para riendas

Los cables de acero para riendas con recubrimiento de zinc se deberán galvanizar de acuerdo con las normas **IRAM 722** - Cordones de acero cincado para usos generales.

Construcción 1 x 7 ; 1 x 19 ; 1 x 37, e **IRAM 777** - Alambres de acero cincado para la fabricación de riendas y cordones de guardia. Se deberá proveer como mínimo un zincado de tipo liviano.

5.6.6. Anclajes de las riendas

Las partes galvanizadas del acero de los anclajes y varillas de anclaje se deberán prolongar como mínimo **50 mm** hacia el interior del hormigón.

Los **anclajes de acero en contacto directo con el suelo** deberán tener, como mínimo, un control de la corrosión de acuerdo con el artículo 5.6.2. Cuando la resistividad eléctrica medida del suelo sea menor que **50 ohm-m** y/o cuando los valores de **pH** medidos del suelo sean menores que **3** o mayores que **9**, para las estructuras Clases **II** y **III** se requerirá un control adicional de la corrosión. En el **Anexo H** se describen los métodos de control de la corrosión admitidos.

5.6.7. Postes embebidos en el terreno

Los **postes de acero en contacto directo con el suelo** deberán tener, como mínimo, un control de la corrosión de acuerdo con el artículo 5.6.2. Cuando la resistividad eléctrica medida del suelo sea menor que **50 ohm-m** y/o cuando los valores de **pH** medidos del suelo sean menores que **3** o mayores que **9**, para las estructuras Clases **II** y **III** se requerirá control adicional de la corrosión. En el **Anexo H** se describen los métodos de control de la corrosión admitidos.

CAPÍTULO 5. FABRICACIÓN

5.1. CAMPO DE VALIDEZ

En este Capítulo se establecen los requisitos a cumplir por el acero estructural, las tolerancias en la fabricación y el control de la corrosión, aplicable a las estructuras diseñadas y fabricadas de conformidad con este Reglamento.

5.2. DEFINICIONES

Acero estructural: Acero usado para todos los elementos y componentes estructurales excepto riendas, sujetadores y accesorios.

Los materiales que se utilicen en las estructuras diseñadas de acuerdo con este Reglamento deberán cumplir con las normas IRAM, IRAM – IAS o internacionales indicadas a lo largo de su texto y en la sección A.3.1.1., del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

5.3. SIMBOLOGÍA

CVN el valor del ensayo de impacto Charpy.

F_y la mínima tensión de fluencia especificada.

pH la concentración de iones hidrógeno del suelo (índice de acidez/alcalinidad).

t el espesor (diámetro) del material.

c el coeficiente para **CVN**.

5.4. ACERO ESTRUCTURAL

5.4.1. Disposiciones generales

Los aceros estructurales que se utilicen en estructuras diseñadas de conformidad con este Reglamento deberán satisfacer una de las normas para acero precalificadas listadas en la **Tabla 5.1**. También se considerarán aceptables otros aceros o productos de acero que satisfagan lo dispuesto en el artículo 5.4.2.

El acero estructural para postes tubulares de sección poligonal y bridas soldadas a tope para postes tubulares de sección poligonal deberá tener valores de ensayo de impacto Charpy no menores que **27 J a 0°C**. (Ver la norma IRAM-IAS U 500-42).

Todos los ensayos de impacto Charpy (CVN) se deberán realizar de acuerdo con el Anexo III del **Reglamento CIRSOC 304-2007**, la norma **IRAM-IAS U 500-16-1** y las normas **ASTM E23** – Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. y **ASTM A370** – Standard Test Method and Definition for Mechanical Testing of Steel Products.

Tabla 5.1. Aceros estructurales precalificados

Norma	Título
IRAM-IAS U 500-503	Aceros al carbono para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-558	Perfiles ángulo de acero, de alas iguales, laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-230	Perfiles ángulo de acero, de alas desiguales, laminados en caliente.
IRAM-IAS U 500-180	Flejes de acero al carbono, laminados en caliente, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-42	Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-2592	Tubos de acero al carbono, con costura, para uso estructural.
IRAM-IAS U 500-218	Tubos de acero sin costura para uso estructural y aplicaciones mecánicas en general.
IRAM-IAS U 500-219	Tubos de baja aleación y alta resistencia, con y sin costura para uso estructural.
ASTM A53	Tubos de acero negro y galvanizados por inmersión en caliente, soldados y sin costura.
Nota: Las geometrías y tamaños fuera del alcance de las normas listadas o de otras normas IRAM, se deberán considerar de acero no precalificado.	

5.4.2. Acero no precalificado

El carbono equivalente, calculado de acuerdo con la siguiente expresión, no deberá ser mayor que **0,65**:

$$C + \frac{Mn + Si}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Nota: Los procedimientos de soldadura aplicables a estructuras diseñadas de conformidad con este Reglamento se realizarán en un todo de acuerdo con lo requerido en el **Reglamento CIRSOC 304-2007**.

El alargamiento no deberá ser menor que **18%**.

Para las barras circulares macizas, los valores nominales de fluencia y la resistencia última a la tracción corresponderán a muestras de la mitad del radio.

Para los elementos y componentes con espesores mayores que **127 mm** y una tensión de fluencia mínima mayor o igual que **350 MPa**, el valor del ensayo de impacto Charpy (**CVN**) no deberá ser menor que **27 J** a **-20°C** ó al mínimo valor promedio calculado con la siguiente expresión:

$$CVN = \frac{F_y t}{710c} [J] > 27 J$$

a la mínima temperatura media mensual correspondiente al lugar de emplazamiento de la estructura.

siendo:

F_y la mínima tensión de fluencia especificada para el tipo de acero utilizado, en MPa.

t el espesor (diámetro) del material, en mm.

$c = 2$ para orificios perforados y escariados y componentes no soldados y para todos los elementos sujetos a una tensión de tracción de diseño menor que **100 MPa**.

$c = 1$ para componentes punzonados y soldados sujetos a una tensión de tracción de diseño mayor o igual que **100 MPa**.

Para las geometrías circulares macizas, los valores del **CVN** se deben basar en una muestra longitudinal ubicada a **25 mm** debajo de la superficie.

5.4.3. Informes de los ensayos

Los informes de ensayos certificados en fábrica o los informes de ensayos certificados realizados por el fabricante o por un laboratorio de ensayo de acuerdo con las normas IRAM correspondientes al producto, constituyen evidencia suficiente de conformidad con los requisitos de los artículos 5.4.1 y 5.4.2.

5.4.4. Tolerancias

Las tolerancias aceptables en las dimensiones se deberán determinar de acuerdo con lo indicado en la **Recomendación CIRSOC 307** - Guía para la Construcción Metálica (en preparación) y en las normas IRAM correspondientes a cada producto.

5.5. FABRICACIÓN

La fabricación se deberá realizar de acuerdo con el **Reglamento CIRSOC 301-2005, Capítulo M.2**.

A menos que se especifique lo contrario, los elementos estructurales se deberán fabricar respetando las tolerancias indicadas en la **Recomendación CIRSOC 307** (en preparación) para el tipo de material utilizado. Los elementos terminados deberán estar libres de torsiones y pliegues, salvo por las tolerancias permitidas en las normas correspondientes, con las excepciones indicadas en el **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

Los elementos sometidos a compresión no se deberán desviar de la condición de linealidad más de **1/500** de la longitud entre puntos que han de tener apoyo lateral, y como máximo **1,5 mm**.

Los empalmes en los elementos comprimidos que se diseñen como apoyos directos deberán tener al menos el **75%** del área nominal en contacto.

Las soldaduras se deberán realizar en un todo de acuerdo con el Reglamento CIRSOC 304-2007.

5.6. CONTROL DE LA CORROSIÓN

5.6.1. Disposiciones generales

Todos los elementos y componentes de acero estructural deberán tener un recubrimiento de zinc. El galvanizado por inmersión en caliente es el proceso preferido. Otros métodos que proporcionen un control de la corrosión equivalente también son aceptables siempre que cumplan lo especificado en la sección M.3. del **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

5.6.2. Acero estructural

Los elementos de acero estructural se deberán galvanizar por inmersión en caliente de acuerdo con la norma **ASTM A123** o la norma Iram que contemple este tipo de protección. Los métodos alternativos deberán proporcionar un control de la corrosión, como mínimo, igual a los requisitos establecidos en dichas normas.

5.6.3. Bulones y accesorios

Los bulones y accesorios se deberán galvanizar de acuerdo con la norma **IRAM 5336** - Tornillos, bulones, espárragos, tuercas y arandelas. Requisitos del cincado por inmersión en caliente, o las normas **ASTM A153** (galvanizado por inmersión en caliente) Standard Specification for Zinc Coating (Hot - Dip) on Iron and Steel Hardware, clase 50 (galvanizado mecánico) **ASTM B695** Standard Specification for Coatings of Zinc Mechanically Deposited on Iron and Steel, clase 50 (galvanizado mecánico). Los métodos alternativos deberán proporcionar un control de la corrosión, como mínimo, igual a los requisitos establecidos en las citadas normas.

5.6.4. Reparaciones

Las reparaciones de la capa de zinc se deberán realizar de acuerdo con la norma **ASTM A780**, Standard Practice for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip Galvanized Coatings o según lo requieran los proveedores de los procesos de control de la corrosión alternativos.

Se deberá evitar la realización de agujeros, cortes, soldaduras y toda operación que dañe la capa de zinc, tanto en taller como en obra, realizando reparaciones sólo como consecuencia de daños involuntarios o debido a la necesidad de realizar refuerzos en una estructura instalada. Siempre que sea posible es preferible el reemplazo de las piezas dañadas.

5.6.5. Cables de acero para riendas

Los cables de acero para riendas con recubrimiento de zinc se deberán galvanizar de acuerdo con las normas **IRAM 722** - Cordones de acero cincado para usos generales.

Construcción 1 x 7 ; 1 x 19 ; 1 x 37, e **IRAM 777** - Alambres de acero cincado para la fabricación de riendas y cordones de guardia. Se deberá proveer como mínimo un zincado de tipo liviano.

5.6.6. Anclajes de las riendas

Las partes galvanizadas del acero de los anclajes y varillas de anclaje se deberán prolongar como mínimo **50 mm** hacia el interior del hormigón.

Los **anclajes de acero en contacto directo con el suelo** deberán tener, como mínimo, un control de la corrosión de acuerdo con el artículo 5.6.2. Cuando la resistividad eléctrica medida del suelo sea menor que **50 ohm-m** y/o cuando los valores de **pH** medidos del suelo sean menores que **3** o mayores que **9**, para las estructuras Clases **II** y **III** se requerirá un control adicional de la corrosión. En el **Anexo H** se describen los métodos de control de la corrosión admitidos.

5.6.7. Postes embebidos en el terreno

Los **postes de acero en contacto directo con el suelo** deberán tener, como mínimo, un control de la corrosión de acuerdo con el artículo 5.6.2. Cuando la resistividad eléctrica medida del suelo sea menor que **50 ohm-m** y/o cuando los valores de **pH** medidos del suelo sean menores que **3** o mayores que **9**, para las estructuras Clases **II** y **III** se requerirá control adicional de la corrosión. En el **Anexo H** se describen los métodos de control de la corrosión admitidos.

CAPÍTULO 6. OTROS MATERIALES ESTRUCTURALES

6.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece los criterios para el diseño de estructuras usando materiales diferentes al acero.

6.2. DISPOSICIONES GENERALES

Para proveer estructuras de acuerdo con los requisitos de este Reglamento se podrán utilizar otros materiales estructurales. Los materiales convencionales tales como el hormigón, el aluminio y la madera deberán satisfacer los requerimientos del Reglamento CIRSOC e INPRES-CIRSOC específico para el diseño con dichos materiales en estado límite.

Para otros materiales para los cuales no existan Reglamentos o normas de origen nacional que establezcan criterios de diseño en estado límite, se deberán establecer resistencias mayoradas de manera de garantizar que se alcance el nivel de confiabilidad implícito en este Reglamento. En este caso, se emplearán como referencia en orden de preferencia, reglamentos o normas internacionales de reconocido prestigio, bibliografía reconocida o recomendaciones de los fabricantes o productores.

6.3. CARGAS

Las combinaciones de cargas para los estados límite de resistencia y servicio son las establecidas en el Capítulo 2.

6.4. ANÁLISIS

Los modelos y procedimientos de análisis son los establecidos en el Capítulo 3.

6.5. RESISTENCIA DE DISEÑO

Se deben establecer factores de resistencia tales que se alcance el nivel de confiabilidad implícito en este Reglamento.

Los elementos de cerramiento y/o mimetización de materiales tales como el plástico reforzado con fibra de vidrio (**PRFV**) y el policarbonato en chapas, deberán ser analizados como elementos estructurales con la función de resistir y transferir las cargas de peso propio y viento, cumpliendo lo establecido en este Capítulo. Se deberá prestar especial atención tanto al diseño de las uniones entre elementos del mismo material como a las fijaciones a elementos estructurales de otros materiales como el acero.

CAPÍTULO 7. RIENDAS

7.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece los requisitos mínimos para el diseño y la provisión de cables, accesorios para fijación de los extremos y componentes utilizados en las riendas para estructuras atirantadas diseñadas de acuerdo con este Reglamento.

7.2. DEFINICIONES

A los fines de este Reglamento se aplicarán las siguientes definiciones.

Accesorio: cualquier elemento utilizado para fijar los cables, o sus componentes, o como soporte para los mismos.

Alambre: elemento de acero continuo, de sección transversal circular, que se obtiene mediante el estiramiento en frío de una varilla.

Amortiguador: dispositivo unido al cable que modifica su respuesta estructural frente a las cargas dinámicas.

Cable: elemento flexible que trabaja a tracción y que consiste en cordones o cuerdas.

Carga de prueba: verificación de la resistencia mecánica de las conexiones para extremos ensamblados en fábrica.

Cordón: conjunto de alambres ya sea paralelos o trenzados helicoidalmente alrededor de un eje, generalmente alrededor de un alambre central.

Cuerda: conjunto de cordones trenzados alrededor de un eje, o alrededor de un núcleo que puede ser un cordón u otra cuerda de acero.

Prensacables: accesorio para cables que transmite fuerza por fricción.

Pretensado de las riendas: eliminación del estiramiento constructivo inherente de un cable mediante la aplicación de una carga de tracción sostenida.

Resistencia nominal a la rotura indicada por el fabricante: resistencia última a la rotura por tracción garantizada de un cable, también conocida como mínima fuerza de rotura.

Rienda: cable que se utiliza para soportar una estructura, incluyendo los accesorios usados para fijación de los extremos y para regular la tensión de las riendas, los aisladores y los materiales no metálicos cuando corresponda.

7.3. CABLES

7.3.1. Cordones para riendas

Los cordones para riendas de acero galvanizado deberán satisfacer los requisitos mínimos especificados en la norma **IRAM 722** - Cordones de acero cincado para usos generales. Construcción 1 x 7; 1 x 19; 1 x 37. Los cordones para riendas de acero con revestimiento de aluminio deberán satisfacer la norma **ASTM B416** - Standard Specification for Concentric Lay Stranded Aluminium Clad Steel Conductor u otra norma internacional equivalente de reconocido prestigio, hasta tanto no esté redactada la norma **IRAM** correspondiente.

Los cordones para riendas de materiales distintos al acero, como por ejemplo los cordones de fibras de aramida, deberán satisfacer los requerimientos de las normas específicas o, en su defecto, las indicaciones de los fabricantes.

7.3.2. Cordones estructurales

Los cordones estructurales deberán satisfacer los requisitos mínimos especificados en la norma **IRAM 547**. Cables de acero para usos generales.

7.3.3. Cuerdas de acero

A menos que se requiera una mayor flexibilidad para aplicaciones especiales, **no se deberán utilizar cuerdas de acero para las riendas**. Cuando se utilicen, las cuerdas de acero deberán satisfacer la norma **ASTM A603** – Standard Specification for Zinc – Coated Steel Structures Wire Rope u otra norma internacional equivalente de reconocido prestigio. Las cuerdas de acero para riendas con revestimiento de aluminio deberán satisfacer la norma **ASTM B415** – Standard Specification for Hard – Drawn Aluminium – Clad Steel Wire u otra norma internacional equivalente de reconocido prestigio.

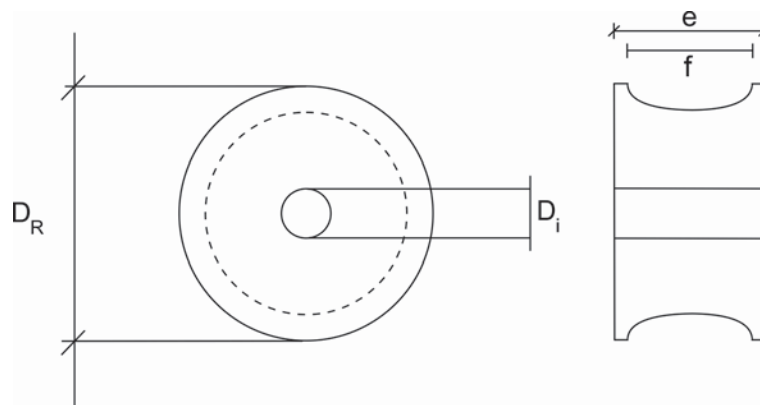
7.4. ACCESORIOS PARA FIJACIÓN DE LOS EXTREMOS

7.4.1. Guardacabos y accesorios equivalentes

Como protección de los ojales de los extremos de los cables y para garantizar un radio de doblado mínimo, en cables de diámetro nominal menor o igual a **13 mm** se emplearán guardacabos según la norma **IRAM 5334**- Guardacabos para cables-. En cables de diámetro mayor a **13 mm** se emplearán roldanas de acero.

Las dimensiones mínimas de las roldanas serán:

Diámetro cable mm	e mm	D _R mm	f mm
13 < d _c ≤ 16	19,1	150	15
16 < d _c ≤ 18	22,2	200	17
18 < d _c ≤ 20	25,4	250	19
20 < d _c ≤ 26	31,7	300	25
26 < d _c ≤ 32	38,1	350	31



D_i Se determinará según el diámetro del perno o bulón

7.4.2. Terminales preformadas para cables

Los terminales preformados para riendas se deberán diseñar específicamente para la longitud, el tamaño y el tipo de cable utilizado. Esto incluye el tamaño, el número y la disposición de los alambres y la compatibilidad electroquímica del material. El Fabricante de los terminales preformados deberá realizar ensayos para demostrar la capacidad y eficiencia del producto para cables de diferentes tamaños.

No se deberán reutilizar las mordazas prefabricadas para riendas que hayan sido retiradas después de haber estado en servicio.

7.4.3. Grapas prensacables

Las grapas prensacables utilizadas para asegurar los extremos en lazo cumplirán las condiciones mínimas establecidas en la norma **IRAM 5358**. También para la instalación de los prensacables se seguirán las indicaciones de la norma con la excepción de la cantidad mínima de grapas prensacables a colocar, la que será:

Diámetro del cable mm	Cantidad mínima de prensacables
$d_c \leq 9$	3
$9 < d_c \leq 16$	4
$16 < d_c \leq 24$	5
$24 < d_c \leq 36$	6

La separación entre grapas prensacables será de **6 veces** el diámetro del cable en formaciones 1x7 y de **5 veces** el diámetro para formaciones 1x19 o mayores.

La fijación mediante grapas prensacables exclusivamente sólo será admitida para construcciones temporarias. En los demás casos a continuación de las grapas se realizará el remate hilo por hilo del cable con un mínimo de **10 vueltas por hilo**.

Si en una construcción permanente no fuese posible realizar el remate hilo por hilo, la capacidad de carga de la terminación se demostrará mediante ensayos.

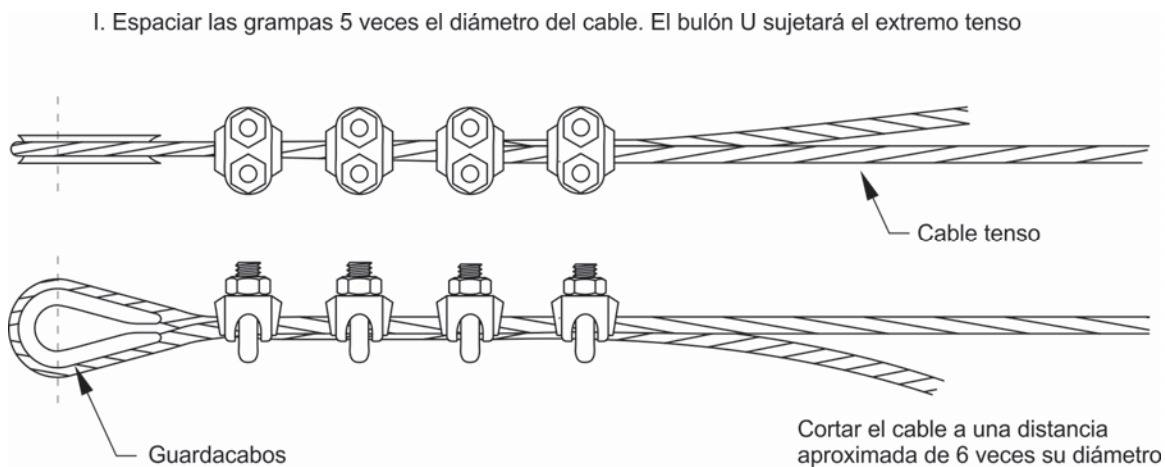


Figura 7.1. Extremo de cable (conformación 1 x 19).

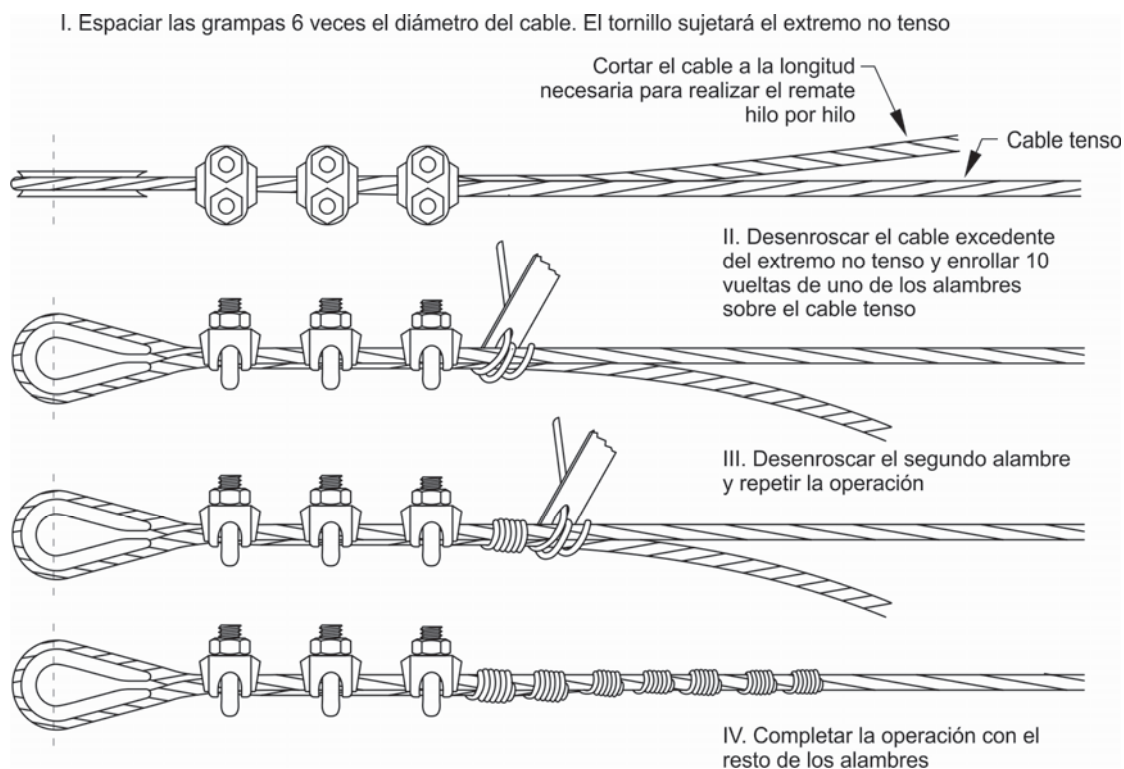


Figura 7.2. Extremo de cable (conformación 1 x 7).

7.4.4. Casquillos

Los casquillos deberán ser de tipo abierto o cerrado. Se deberán fabricar de acuerdo con las normas **ASTM A27** - Standard Specification for Steel Castings, Carbon, for General Application y **ASTM A148** - Standard Specification for Steel Castings, High Strength for Structural Purposes.

Los casquillos que se fabriquen para ser utilizados exclusivamente para cuerdas de acero no se deberán usar para cordones. Los casquillos que se fabriquen para cordones galvanizados no se deberán utilizar para cordones con recubrimiento de aluminio.

Los casquillos a utilizar con otros tipos de cables se pueden fabricar de otros materiales, siempre que satisfagan normas internacionales de reconocido prestigio y demuestren las mismas características de comportamiento implícitas en este Reglamento.

7.4.4.1. Accesorios de zinc colado

El zinc para los accesorios de zinc colado deberá ser de grado "Prime Western" o superior, de acuerdo con lo definido en la norma **ASTM B6** - Standard Specification for Zinc.

7.4.4.2. Accesorios de resina colada

Los accesorios de resina colada serán aceptables cuando se instalen de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la resina.

7.4.4.3. Accesorios para riendas de fibras de aramida

Los accesorios para riendas de fibras de aramida deberán satisfacer los requerimientos de las normas específicas o, en su defecto, las indicaciones de los fabricantes

7.4.5. Otras formas de terminación

También en el caso de emplearse terminaciones no indicadas en este Reglamento, su idoneidad y capacidad de carga deberán demostrarse mediante ensayos sobre muestras de cable con la terminación. En estos casos, además, se deberá especificar y documentar el procedimiento de ejecución de la terminación.

7.4.6. Grilletes forjados

Los grilletes usados para conectar las riendas se deberán forjar de acero **AISI** grados 1030, 1035 ó 1045 o su equivalente y tener un tratamiento térmico adecuado (temple y revenido, normalizado o recocido).

7.4.7. Dispositivos de tesado

Se deberá proveer un dispositivo de tesado en el extremo de anclaje de la rienda para regular su tensión.

7.4.7.1. Tensores forjados

Los **tensores de caja** se deberán forjar de acero **AISI** grados 1030, 1035 ó 1045 o su equivalente y tener un tratamiento térmico adecuado (temple y revenido, normalizado o recocido).

Los tensores del tipo de caja fabricados a partir de la soldadura de tuercas con varillas o flejes de acero **no son admisibles**.

7.4.7.2 Tensores en U o tipo puente

Los **tensores en U** se fabrican habitualmente a partir de barras de acero de sección circular, roscadas en sus extremos, empleando un puente formado por dos tubos y una chapa de unión. El fabricante deberá demostrar mediante cálculo y/o ensayos que la seguridad del conjunto es, como mínimo, la misma que la de la rienda. El diámetro de la sección bruta de las barras circulares no deberá ser inferior al diámetro nominal del cable.

Los **puentes de los tensores en U** u otros dispositivos similares, cuyo puente simultáneamente actúe como casquillo (casquillo tipo puente) para la fijación del cable de acero, deberán tener un tratamiento térmico adecuado (normalizado o recocido).

7.5. AMORTIGUADORES DE LAS RIENDAS

Las vibraciones de alta frecuencia y baja amplitud (vibración eólica) y las vibraciones de baja frecuencia y alta amplitud (galope) son difíciles de evaluar antes de la instalación de una estructura. Si fuera necesario, posteriormente se podrán instalar amortiguadores en la estructura terminada.

A menos que, en base a un análisis específico de la estructura, se determine lo contrario, para los mástiles atirantados cuyas estructuras tengan una altura mayor o igual que **366 m** se deberán proveer **amortiguadores de alta frecuencia** con conexiones rígidas en sus extremos tales como casquillos tipo puente u otros dispositivos similares.

El tamaño, número y posición de los amortiguadores deberán cumplir con las recomendaciones del fabricante de los amortiguadores.

7.6. DISEÑO

7.6.1. Tensión inicial

A los fines del diseño, la tensión inicial de las riendas a una temperatura ambiente de **15° C** deberá estar en el rango comprendido entre **7 y 15%** de la resistencia nominal a la rotura del cordón indicada por el fabricante. Se pueden utilizar valores de tensión inicial fuera de estos límites, siempre que se considere la sensibilidad de la estructura frente a las variaciones de la tensión inicial. La temperatura ambiente de diseño se puede modificar en base a datos específicos del emplazamiento.

Notas:

1. La tensión inicial se define como la tensión de la rienda en un anclaje correspondiente a la condición de **carga permanente no mayorada** a la temperatura ambiente de diseño.
2. Cuando se utilicen valores de tensión inicial superiores al **15%** se deberán considerar los **potenciales efectos de la vibración eólica**. Asimismo, cuando se utilicen valores de tensión inicial inferiores al **7%** se deberán considerar los efectos del **galope** y los ciclos de **tensión y relajamiento**.

7.6.2. Resistencia de diseño

La resistencia de diseño de las riendas se deberá determinar con la siguiente expresión:

$$\phi_g T_g$$

siendo:

ϕ_g = 0,6 para cables metálicos.

ϕ_g = 0,5 para cables no metálicos.

T_g la resistencia última a la rotura de la rienda de acuerdo con el artículo 7.6.2.1.

7.6.2.1. Resistencia última a la rotura

La **resistencia última a la rotura de una rienda** deberá ser igual al menor de los siguientes valores:

- (a) la resistencia nominal a la rotura indicada por el fabricante de la rienda multiplicada por el factor de eficiencia de los accesorios de fijación de los extremos, de acuerdo con el artículo 7.6.2.2, ó
- (b) la resistencia nominal a la rotura de los accesorios para fijación de los extremos o dispositivo de tesado.

7.6.2.2. Factor de eficiencia de los accesorios para fijación de los extremos

El factor de eficiencia de las grapas prensacables utilizados en cordones de hasta **22 mm** será igual al **90%** , mientras que para todos los demás tamaños de cordones será igual al **75%** .

Para todos los demás tipos de uniones, el factor de eficiencia de los accesorios para fijación de los extremos se deberá determinar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de dichos accesorios.

7.6.3. Módulo de elasticidad

En ausencia de datos específicos proporcionados por el fabricante de los cables, el módulo de elasticidad de un cable de acero, usado para el análisis, deberá ser de **159 GPa**, excepto para los cables pretensados de diámetro menor o igual que **65 mm** para los cuales se deberá utilizar un módulo de elasticidad de **166 GPa**.

7.6.4. Articulaciones

Se deberán proveer articulaciones en ambos extremos de las riendas en el caso de riendas no metálicas con conexiones rígidas en los extremos, tales como casquillos o dispositivos similares que no incluyan amortiguadores de baja frecuencia. Las articulaciones deberán permitir como mínimo **10°** de rotación tanto en dirección vertical como en dirección horizontal.

7.7. FABRICACIÓN

Los fabricantes de los componentes no metálicos de las riendas deberán informar su vida útil.

7.7.1. Carga de prueba

Los casquillos para los extremos instalados en fábrica deberán ser sometidos a una carga de prueba igual al **55%** de la resistencia nominal a la rotura indicada por el fabricante, carga que se deberá aplicar un mínimo de tres ciclos con una duración mínima de cinco minutos por cada ciclo.

7.7.2. Pretensado

Las riendas (excluyendo los aisladores) con accesorios para fijación de los extremos instalados en fábrica, se deberán pretensar. La fuerza de pretensado de un cable deberá ser igual al **45%** de la resistencia nominal a la rotura especificada por el fabricante del cable.

7.7.3. Mediciones de longitud

Las longitudes de las riendas que tienen accesorios para fijación de los extremos instalados en fábrica en ambos extremos se deberán medir con el cable bajo la tensión de diseño inicial. Las mediciones se deberán realizar después del pretensado.

7.7.4. Aplicación de rayas

Cuando se especifique pretensado, se deberá aplicar una raya de pintura longitudinal al cable mientras esté sujeto a la tensión especificada para las mediciones de longitud.

7.8. INSTALACIÓN

Los cables u otros elementos se deberán instalar con dispositivos que eviten que se desconecten bajo la acción de las cargas de viento.

Los cables con raya se deberán instalar de manera que la raya de pintura aplicada durante la medición permanezca recta durante el montaje.

Las tensiones iniciales se deberán medir mediante métodos directos o indirectos (el **Anexo K** contiene ejemplos de estos métodos).

CAPÍTULO 8. AISLADORES

8.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece los requisitos mínimos para el diseño de los aisladores de base y aisladores para riendas en las estructuras diseñadas de acuerdo con este Reglamento.

8.2. DISEÑO

Para el diseño de los aisladores de base se deben considerar las fuerzas de tracción y compresión, el corte horizontal y los momentos.

Cuando se utilicen accesorios para fijación de los extremos, éstos deberán ser forjados de acero AISI grados 1030, 1035 ó 1045 o su equivalente, o fundidos de acero de acuerdo con los requisitos de las siguientes normas:

IRAM-IAS U 500 115 - Fundición de hierro gris austenítica.

IRAM-IAS U 500 163 - Fundición de hierro blanca resistente a la abrasión.

IRAM-IAS U 500 526 - Fundición maleable de corazón negro.

IRAM-IAS U 500 531 - Fundición maleable de corazón blanco.

IRAM 545 - Fundición maleable de corazón negro, ferrítica.

IRAM 629 - Fundición de hierro gris, y tener un tratamiento térmico adecuado (temple y revenido, normalizado o recocido).

La resistencia de diseño de los aisladores de base y para riendas se deberá determinar con la siguiente expresión:

$$\phi_i R_i$$

siendo:

ϕ_i = 0,5 para aisladores no metálicos a prueba de fallas (tipo “fail-safe”)

ϕ_i = 0,4 para otros aisladores no metálicos

R_i la resistencia última del aislador.

8.3. FABRICACIÓN

A los aisladores se les deberá aplicar una carga de prueba igual al **45%** de la resistencia última nominal indicada por el fabricante.

Los fabricantes de los aisladores deberán informar la vida útil estimada de los aisladores de base y para riendas.

Nota: Para los aisladores de deformación, el fabricante deberá definir procedimientos de envío, manipulación e inspección que aseguren la integridad del producto.

CAPÍTULO 9. FUNDACIONES Y ANCLAJES

9.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece los criterios de diseño para las fundaciones y anclajes de las estructuras diseñadas de acuerdo con este Reglamento.

9.2. DEFINICIONES

Fundación o anclaje: subestructuras diseñadas para transmitir reacciones al suelo o a la roca subyacente o a la estructura de apoyo.

Roca: agregado natural de granos minerales unidos por fuerzas cohesivas fuertes y permanentes.

Suelo: agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que se puede separar por medios mecánicos suaves tales como agitación en agua.

9.3. ESTUDIO DEL SUBSUELO

Para las estructuras **Clase III** de cualquier altura y **Clases I y II** de más de **60m** de altura, **es obligatorio realizar un estudio del subsuelo.**

En las estructuras **Clases I y II** de menos de **60m** de altura, el ingeniero estructural responsable del análisis determinará la necesidad de realizar un estudio del subsuelo.

El **Anexo G** contiene recomendaciones para los estudios geotécnicos.

Para aquellos casos en que no se cuente con un informe geotécnico, en el **Anexo F** se proveen parámetros estimativos del suelo.

9.4. RESISTENCIA DE DISEÑO

La resistencia nominal multiplicada por el factor de resistencia apropiado, especificado en este Reglamento, deberá ser igual o mayor que las reacciones para todas las combinaciones de cargas mayoradas definidas en el artículo 2.3.2.

Nota: Cuando las recomendaciones geotécnicas se basen en resistencias admisibles, la resistencia nominal del suelo o la roca se deberá determinar multiplicando las resistencias admisibles por el correspondiente factor de seguridad informado en las recomendaciones geotécnicas. Cuando en las recomendaciones geotécnicas no se informe algún parámetro geotécnico específico o el factor de seguridad, se deberá utilizar un **factor de seguridad igual a 2,0**.

9.4.1. Resistencia de diseño del suelo o la roca

La resistencia de diseño de un suelo o una roca deberá ser igual a:

$$\phi_s R_s$$

siendo:

$\phi_s = 0,60$ para apoyos sobre roca o suelo para bases de mástiles atirantados incluyendo zapatas, pilotes hincados, pozos perforados y emparrillados **metálicos**.

$\phi_s = 0,75$ para apoyos sobre roca o suelo para bases de estructuras autosoportadas incluyendo zapatas, plateas, pilotes hincados, pozos perforados y emparrillados metálicos.

$\phi_s = 0,75$ para arrancamiento o levantamiento para fundaciones y anclajes en roca o suelo incluyendo zapatas, muertos de anclaje, pozos perforados, emparrillados metálicos y pilotes inclinados.

$\phi_s = 0,50$ para arrancamiento o levantamiento para fundaciones y anclajes en roca o suelo que utilizan un bulón, clavija o dispositivo de anclaje para roca o suelo.

$\phi_s = 0,40$ para arrancamiento o levantamiento para fundaciones y anclajes en roca o suelo que utilizan pilotes no inclinados de sección transversal ahusada.

$\phi_s = 0,75$ para la resistencia friccional o lateral del suelo o la roca para todo tipo de fundaciones.

R_s la resistencia nominal del suelo

Nota: Para los análisis de fundaciones en que se modele la rigidez lateral del suelo, las **reacciones mayoradas para el análisis se deberán dividir por ϕ_s** . Si las fundaciones se han de diseñar por resistencia, **las fuerzas y momentos internos de las fundaciones, obtenidos a partir del análisis de las fundaciones, se deberán multiplicar por ϕ_s** . Al investigar los desplazamientos para los estados límite de servicio, las **reacciones no mayoradas no se deberán multiplicar por ϕ_s** .

9.4.2. Resistencia de diseño de la subestructura

La resistencia de diseño de las fundaciones de hormigón y acero y de los anclajes deberán satisfacer las especificaciones de los **Reglamentos CIRSOC 201-2005 Y CIRSOC 301-2005**, respectivamente, o la especificación para el material correspondiente en caso de que se utilicen otros materiales.

En fundaciones sometidas a cargas de tracción (arrancamiento), cuando se verifiquen por separado las condiciones de seguridad al deslizamiento y al arrancamiento, en la verificación de la seguridad al deslizamiento no podrá considerarse el rozamiento entre la fundación y el suelo en el plano inferior.

Nota: Los factores de reducción de la resistencia especificados en el **Apéndice C** del **Reglamento CIRSOC 201-2005** se deben aplicar para las combinaciones de cargas definidas en el artículo 2.3.2.

9.5. DESPLAZAMIENTOS

No es necesario considerar los desplazamientos de las fundaciones y los anclajes en el análisis de las estructuras en los estados límite de resistencia y servicio, excepto en el caso de las estructuras soportadas exclusivamente por un único pozo de fundación o de otros tipos de fundaciones cuando se hayan identificado condiciones específicas del subsuelo que indiquen que existen suelos sensibles de desplazamiento crítico. Para esta condición los desplazamientos solo se podrán ignorar cuando el desplazamiento lateral al nivel del terreno sea menor o igual que **20 mm** para la condición de estado límite de servicio especificada en el artículo 2.8.

9.6. CONSIDERACIONES SÍSMICAS

Cuando una estructura autosoportada apoye sobre fundaciones independientes y esté ubicada en las zonas sísmicas 1, 2, 3 o 4 de acuerdo con el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, las fundaciones se deberán conectar entre sí en la base mediante una viga de fundación u otro dispositivo similar. La viga de fundación u otro dispositivo similar deberá resistir **2/3** del corte sísmico basal máximo calculado.

Excepción: Se podrán utilizar otros métodos aprobados cuando se pueda demostrar que éstos pueden proporcionar una restricción equivalente.

9.7. CONSIDERACIONES RESPECTO DE LA PROFUNDIDAD DE LAS HELADAS

Cuando una estructura esté apoyada en un suelo que muestre una significativa formación de hielo durante los períodos de congelamiento, la mínima profundidad de la base de fundación deberá ser mayor o igual que la profundidad de congelamiento.

9.8. CONDICIONES SUMERGIDAS

Cuando las condiciones sumergidas constituyan una consideración de diseño, se deberá considerar la reducción del peso del material debido a la subpresión y su efecto sobre las propiedades del suelo.

La condición de fundación y suelo sumergidos totalmente hasta el nivel de terreno natural, deberán ser analizadas cuando exista la posibilidad de inundación del predio y/o la napa freática presente grandes fluctuaciones estacionales o periódicas, particularmente en suelos porosos en zonas cercanas a cursos de agua cuyo nivel tenga directa influencia en la napa.

CAPÍTULO 10. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

10.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece:

- (a) la máxima resistencia eléctrica aceptable del sistema de puesta a tierra de la estructura,
- (b) los materiales mínimos aceptables para el diseño del sistema de puesta a tierra.

10.2. DEFINICIONES

Ánodos de puesta a tierra: elementos conductores metálicos subterráneos instalados con fines de puesta a tierra en suelos con potencial de corrosión eléctrica, incluyendo varillas o placas de puesta a tierra enterrados, fabricadas de aleaciones que en la serie galvánica se encuentren por encima del acero.

Electrodos de puesta a tierra: elementos conductores metálicos subterráneos instalados con fines de puesta a tierra, incluyendo varillas, placas, flejes enterrados, cables o mallas de cobre, acero revestido de cobre, acero galvanizado o aleaciones de acero inoxidable.

Puesta a tierra: son los medios para establecer una conexión eléctrica entre la estructura y la tierra, adecuada para permitir que los rayos, los altos voltajes o las descargas estáticas ingresen o abandonen la tierra.

Tierra principal: conexión eléctricamente conductora de baja resistencia entre la estructura y la tierra o algún cuerpo conductor que funcione como tierra. La tierra principal consiste en cables de puesta a tierra y electrodos o ánodos de cobre.

Tierra remota: tierra fuera de la zona de influencia del sistema de puesta a tierra, la cual estará ubicada como mínimo, a ocho veces la máxima distancia de separación horizontal entre electrodos o ánodos de puesta a tierra conectados.

Tierra secundaria: conexión o vínculo eléctricamente conductor de baja resistencia entre un accesorio y la estructura.

10.3. DISPOSICIONES GENERALES

Las estructuras se deberán conectar a tierra mediante tierras principales. En los mástiles atirantados, los fustes de los anclajes o los cables de las riendas también se deberán conectar a tierra mediante una tierra principal.

Los equipos o accesorios eléctricamente activos, soportados por una estructura, deberán estar conectados a la estructura mediante una tierra secundaria.

10.4. RESISTENCIA ELÉCTRICA

La resistencia total de las tierras principales eléctricamente conectadas de una estructura con respecto a la tierra remota no deberá ser superior a **10 ohms**. Para medir o calcular la resistencia total, se sugiere utilizar IEEE 142-2007- Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commerce Power Systems.

10.5. MATERIALES PARA PUESTA A TIERRA

Las conexiones entre una estructura y los electrodos de puesta a tierra o ánodos de puesta a tierra, o las conexiones entre electrodos, deberán ser compatibles con los electrodos y se deberán materializar mediante conductores cuya sección **sea igual o mayor que 50 mm²**.

Los electrodos de puesta a tierra deberán ser como mínimo equivalentes a varillas metálicas de **16 mm** de diámetro construidas de cobre, acero revestido de cobre, acero galvanizado o aleaciones de acero inoxidable, con una profundidad embebida mínima de **1,50 m**. Todos los electrodos deberán estar eléctricamente conectados a la estructura, aunque no es necesario que todos los electrodos estén inter-conectados entre sí.

En los suelos con resistividades menores que **50 ohm-m**, los electrodos de cobre o enchapados en cobre pueden contribuir a la corrosión galvánica. En estas condiciones, los electrodos de puesta a tierra se podrán reemplazar por ánodos de puesta a tierra o bien se podrán utilizar otros métodos para controlar la corrosión.

Para las instalaciones de torres de emisoras de Amplitud Modulada se deben aplicar consideraciones especiales (ver el **Anexo H**).

CAPÍTULO 11. BALIZAMIENTO

Las estructuras deben contar con balizamiento diurno y nocturno de acuerdo con las resoluciones y disposiciones vigentes de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) y de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI – Anexo 14).

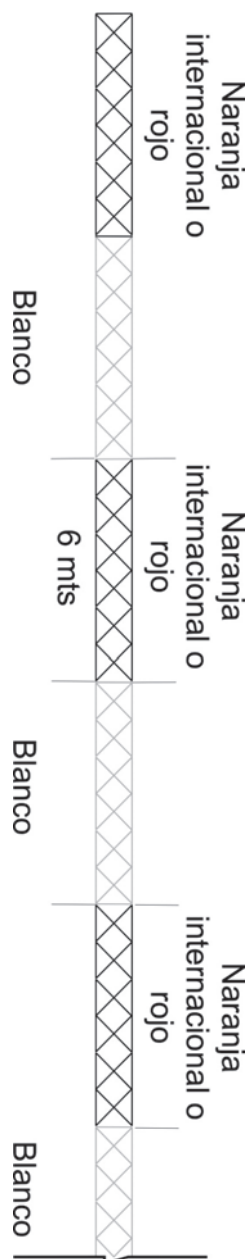


Figura 11.1. Ejemplo de señalamiento diurno según la ANAC. La estructura se deberá pintar en franjas alternadas con los colores naranja internacional o blanco, o rojo y blanco, en tramos que no superen los 6 metros.

CAPÍTULO 12. INSTALACIONES PARA ASCENSO

12.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo establece los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de escaleras fijas, dispositivos de seguridad, anclajes para escaladores, plataformas y jaulas usadas para ascender o trabajar en estructuras de comunicaciones.

12.2. DEFINICIONES

Anclaje para escaladores: punto de anclaje para fijar un elemento de amarre u otro dispositivo similar para protección contra las caídas.

Arnés de seguridad: arnés para todo el cuerpo unido a un dispositivo limitador de las caídas.

Descanso: zona ubicada en un piso, techo o plataforma que se utiliza para acceder a una escalera fija o salir de la misma.

Dispositivo de seguridad para la escalada: sistema de apoyo que puede consistir en un cable o un riel rígido unido a la estructura.

Dispositivo inercial: parte de un dispositivo de seguridad para la escalada de una escalera consistente en el componente móvil con un mecanismo de traba que se desliza sobre el riel portador y se utiliza para conectar el riel portador al cinturón de seguridad.

Escalador autorizado (básico): persona que tiene las capacidades físicas requeridas para escalar, que puede o no tener experiencia previa en escaladas pero que ha sido capacitado en las reglamentaciones para evitar caídas, en los equipos que se aplican en el área incluyendo las instrucciones para su correcta utilización, y que puede escalar por rutas de acceso fijas designadas equipadas con dispositivos de seguridad para la escalada.

Escalador competente (especializado): persona que tiene las capacidades físicas requeridas para escalar, que tiene experiencia real en escalada y que ha sido capacitado en las reglamentaciones para evitar caídas, incluyendo los equipos que se aplican en el área, y que es capaz de identificar riesgos de caída existentes y potenciales; que tiene la autoridad para tomar prontas acciones correctivas para eliminar dichos riesgos; y que puede escalar un estructura de manera segura sin utilizar las rutas de acceso fijas.

Escalera: dispositivo que incorpora o utiliza escalones, peldaños o listones.

Escalera de lado: escalera de montantes en la cual para llegar a un descanso es necesario pisar hacia el lado.

Escalera de montantes: escalera fija que está formada por montantes laterales unidos por peldaños a intervalos regulares.

Escalera de paso: escalera de montantes en la cual para llegar a un descanso es necesario pasar a través de la escalera.

Guardahombre: barrera que consiste en un cerramiento fijado sobre los montantes de una escalera fija o unido a la estructura y que encierra el espacio de la escalera utilizado para trepar.

Guardapie: barrera que se instala a lo largo de los bordes expuestos de una plataforma o descanso.

Inclinación: ángulo (agudo) entre la horizontal y la escalera, medido del lado de la escalera opuesto al lado utilizado para el ascenso.

Instalaciones para ascenso: las instalaciones para ascenso consisten en una serie de accesorios fijados a una estructura de apoyo o antena en los que un escalador puede pisar mientras asciende o desciende, y que pueden incorporar o utilizar:

- (a) escalones, peldaños, listones y/o elementos estructurales que formen una parte integral de la estructura;
- (b) peldaños, listones o pernos para peldaños fijados a la estructura; o
- (c) anclajes para escaladores.

Longitud de ascenso: distancia vertical total que una persona subiría al desplazarse entre los puntos extremos de acceso/egreso de una escalera fija, independientemente de que la escalera tenga una única longitud ininterrumpida o esté formada por múltiples secciones. Esta distancia vertical total se determina incluyendo todos los espacios entre todos los escalones o peldaños de la escalera y todos los demás espacios verticales que intervienen entre los puntos extremos de acceso/egreso.

Pasamanos o barandas: barreras horizontales instaladas a lo largo de los laterales o los extremos de las plataformas.

Plataforma: superficie que se utiliza como lugar de trabajo o descanso.

Pernos para peldaños: elemento circular o plano que tiene uno de sus extremos fijados a la estructura y que está provisto de medios para evitar que el pie se resbale.

Riel guía: riel para el dispositivo de seguridad en una escalera, el cual puede consistir en un cable flexible o en un riel rígido.

12.3. DISPOSICIONES GENERALES

A menos que se especifique lo contrario, las estructuras de más de 3 m de altura que soporten antenas y las antenas diseñadas para ser escaladas, deberán estar provistas

de al menos una instalación para ascenso con un dispositivo de seguridad para la escalada.

Para asegurar la compatibilidad con el dispositivo inercial que utilizan los escaladores, el sistema de sujeción de cables de los dispositivos de seguridad para la escalada, deberá tener un estampado o rótulo de identificación metálico grabado en la base de la estructura que indique el tipo y tamaño del cable.

Con el fin de minimizar los requisitos de tamaño de los dispositivos inerciales, para los sistemas de sujeción de cables se considerarán estándares los cables de diámetro igual a **8mm**.

12.3.1. Dispositivos de seguridad para la escalada

Cuando un dispositivo de seguridad para la escalada no sea continuo en toda la altura de la estructura, deberá haber anclajes para escaladores disponibles con una separación máxima de **1,2 m** en toda la altura que no esté equipada con dispositivos de seguridad para la escalada.

Cuando se provean múltiples instalaciones para ascenso, no será necesario proveer un dispositivo de seguridad para la escalada en cada una de las mismas. El dispositivo de seguridad para la escalada se deberá proveer en la instalación para ascenso que sea continua en toda la altura de la estructura.

Debido a la necesidad de realizar mantenimiento en diferentes puntos de la estructura, no se recomienda utilizar guardahombres para escaleras en las estructuras de comunicaciones. En caso que se provean, se requerirá un dispositivo de seguridad para la escalada separado en aquellas estructuras de más de **9 m** de altura.

No será necesario instalar dispositivos de seguridad para la escalada en toda la altura de una estructura si su instalación pudiese afectar negativamente el desempeño de una antena. En este caso, la estructura deberá estar provista de un letrero de advertencia o bien se deberán proveer anclajes para escaladores de acuerdo con los requisitos especificados en el primer párrafo.

No será necesario que las estructuras que no hayan sido diseñadas para ser escaladas ni estén equipadas con instalaciones para ascenso en toda su altura (es decir, las estructuras que no han sido diseñadas para ser escaladas y en las cuales el mantenimiento se realiza usando otros medios de acceso) tengan letreros de advertencia.

12.4. REQUISITOS DE RESISTENCIA

A las cargas nominales aquí especificadas se les deberá aplicar un factor de carga, $\alpha_L = 1,5$:

La mínima carga nominal sobre los escalones o peldaños individuales deberá ser igual a una carga concentrada normal de **1,1kN** aplicada en la ubicación y dirección más desfavorables.

La mínima carga nominal sobre las escaleras deberá ser igual a **2,2 kN** verticales y **0,45 kN** horizontales aplicadas simultáneamente, concentradas en la ubicación más desfavorable entre puntos de fijación a la estructura consecutivos.

La carga nominal en las plataformas de descanso, o en los soportes para antenas diseñados como accesibles, deberá ser igual a **1,1 kN**.

Además de las cargas permanentes, la mínima sobrecarga nominal uniforme en las plataformas de trabajo deberá ser igual a **1,2 kPa** en la totalidad del área de trabajo, pero nunca menor que una carga nominal de **2,2 kN**.

La mínima sobrecarga nominal concentrada en una baranda deberá ser igual a **700 N** aplicada en cualquier dirección. La mínima sobrecarga nominal uniforme en una baranda deberá ser igual a **600 N/m** aplicada en cualquier dirección (no concurrente con la carga concentrada).

Los dispositivos de seguridad para la escalada deberán satisfacer los requisitos de las siguientes normas:

- IRAM 3605 - Dispositivos de protección individual contra caídas de altura. (Dispositivo anticaída). Requisitos y métodos de ensayo.
- IRAM 3622-1 Protección individual contra caídas de altura. Parte 1: Sistemas anticaídas.
- IRAM 3622-2 Protección individual contra caídas de altura. Sistemas de sujeción y posicionamiento.
- IRAM 3626 Protección individual contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y métodos de ensayo.

Los puntos de anclaje de los dispositivos de seguridad para la escalada tipo cable se deberán diseñar para una carga vertical nominal de **12 kN**.

Para los dispositivos de seguridad para la escalada tipo riel que están unidos a la escalera, los soportes de la escalera deberán estar diseñados para una carga vertical nominal de **6 kN** por cada **6 m** de longitud.

La mínima carga vertical nominal en un anclaje para escaladores deberá ser de **150 kN**.

No será necesario considerar los requisitos de resistencia para las instalaciones de ascenso y trabajo conjuntamente con cualquier otra combinación de cargas.

La resistencia nominal a la flexión de un perno para peldaños roscado se deberá determinar de acuerdo con el artículo 4.7.1 usando un módulo resistente plástico, **Z**, basado en el diámetro de la raíz traccionada del perno para peldaños (ver el artículo 4.9.9).

12.5. REQUISITOS DIMENSIONALES

Para determinar los requisitos dimensionales, las instalaciones para ascenso y trabajo se deberán clasificar de acuerdo con la **Tabla 12.1 (Clase A o B)**. Excepto que se especifique lo contrario, los siguientes requisitos dimensionales se aplicarán a los sistemas de todas las clases:

- a) La separación entre centros de los peldaños, pernos para peldaños con separación alternada, o elementos estructurales utilizados para el ascenso deberá ser como mínimo igual a **250 mm** y como máximo **400 mm**. Para los sistemas **Clase A**, la separación deberá permanecer uniforme en una longitud de ascenso continua con una tolerancia de **± 25 mm**.
- b) La separación libre entre los montantes laterales de las escaleras no deberá ser menor que **300 mm**. Si se utiliza un riel de seguridad, la separación libre se deberá aumentar sumando el ancho de dicho riel de seguridad.
- c) Todos los peldaños, travesaños, escalones, pernos para peldaños y montantes deberán estar libres de astillas, bordes filosos, rebabas o proyecciones que pudieran representar un peligro.
- d) Los pernos para peldaños no deberán tener menos de **16 mm** de diámetro.
- e) Los peldaños no deberán tener menos de **16 mm** de ancho, los peldaños circulares no deberán tener más de **38 mm** de diámetro, y los peldaños planos no deberán tener más de **50 mm** de ancho.
- f) La longitud libre de los pernos para peldaños no deberá ser menor que **110 mm**; se deberán tomar medidas para asegurar que el pie del escalador no pueda resbalarse del extremo de estos pernos.
- g) Para los sistemas **Clase A**, en los peldaños, escalones, pernos para peldaños u otros elementos de la torre que correspondan, se deberá proveer un espacio libre mínimo igual a **100 mm** verticalmente, **110 mm** horizontalmente y **180 mm** en profundidad.
- h) La separación horizontal entre los puntos de anclaje de los pernos para peldaños no deberá ser mayor que **600 mm**.
- i) Para los sistemas **Clase A**, se deberá proveer una luz libre mínima de **600 mm** entre el eje de una instalación para ascenso y cualquier obstrucción del lado del escalador (ver la **Figura 12.1.**).
- j) La inclinación de una escalera o la instalación para ascenso respecto de la horizontal deberá estar comprendida entre **90** y **60** grados. En ningún caso está permitido que la escalera o instalación para ascenso esté inclinada hacia el escalador.
- k) El tamaño de los escalones, peldaños y rieles laterales deberá ser uniforme dentro de una misma longitud de ascenso.
- l) La mínima altura de una baranda por encima de la superficie de una plataforma deberá ser de **1000 mm**.
- m) La máxima separación de las plataformas de descanso para las estructuras de más de **150 m** deberá ser de **50 m**.

Las estructuras que no satisfagan los requisitos de este artículo deberán estar provistas de letreros de advertencia.

Tabla 12.1. Clasificación de las instalaciones de ascenso y trabajo

Usuario	Clase
Escaladores autorizados (básicos) o competentes(especializado)	A
Solo escaladores competentes (especializados):	B

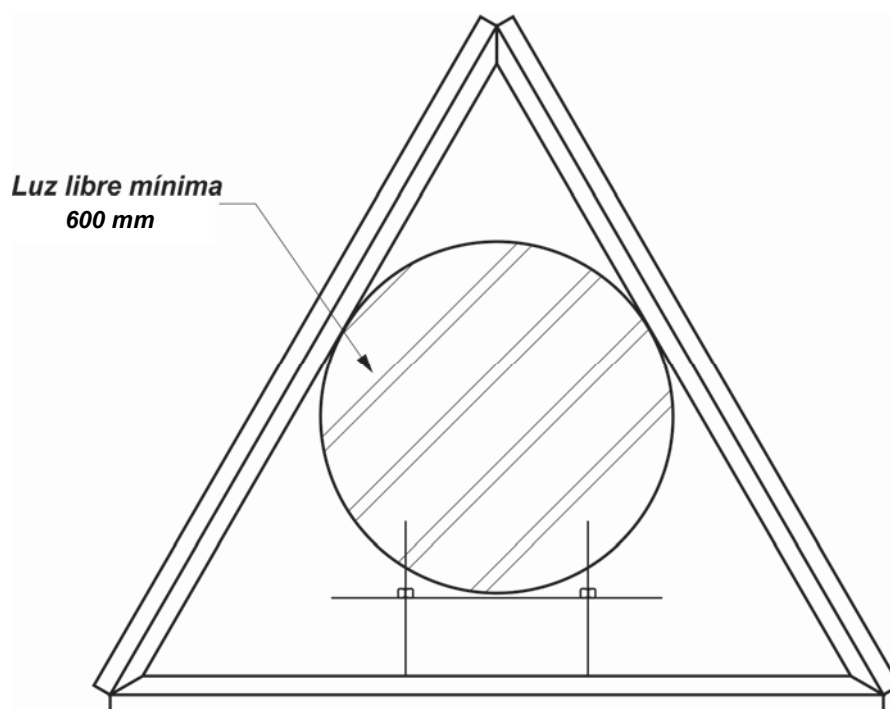


Figura 12.1. Mínima luz libre para los sistemas Clase A.

12.6. ANCLAJES PARA ESCALADORES

El Anexo I contiene ejemplos de anclajes adecuados para los escaladores.

12.7. PLATAFORMAS

Para las plataformas de las antenas y estructuras que soportan antenas no se requiere guardapie.

En las plataformas en las cuales no se proveen anclajes para escaladores se requieren barandas.

12.8. CALIFICACIÓN DE LOS ESCALADORES

En el marco de lo establecido por la Ley N° 24.557 (Ley de Riesgos del Trabajo) y las Resoluciones de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Pública de la Nación y hasta tanto se establezcan normas o regulaciones específicas, ***la evaluación y calificación de los escaladores quedará a cargo de los responsables de higiene y seguridad de las empresas***, los que fijarán los contenidos de las capacitaciones en los programas de higiene y seguridad y establecerán la calificación de cada operario en los certificados de capacitación otorgados.

CAPÍTULO 13. PLANOS, TOLERANCIAS EN EL ARMADO Y SEÑALIZACIÓN

13.1. CAMPO DE VALIDEZ

La finalidad de este Capítulo es definir los requisitos para los planos, tolerancias en el armado y señalización apropiados para las estructuras diseñadas de acuerdo con este Reglamento. Este Capítulo no se ocupa de la seguridad y la estabilidad de la estructura durante su armado y montaje, las cuales **son responsabilidad del montador** y dependen de los medios y métodos por este elegidos.

13.2. PLANOS

Se deberán proporcionar planos completos, planos de montaje u otra documentación que muestre la señalización y detalles necesarios para el correcto armado e instalación de los componentes, incluyendo los tamaños de los elementos, la tensión de fluencia del material de los elementos estructurales, y la calidad de los bulones estructurales requeridos. Las reacciones de las fundaciones, cuando se provean, se deberán basar en las cargas mayoradas.

Los planos de la estructura deberán detallar la altura de cada accesorio, la cantidad de las antenas, el modelo o tipo de las antenas, la cantidad de soportes, los tipos de soportes y el tamaño y cantidad de las líneas de alimentación que se consideraron en el análisis estructural. Alternativamente, se podrá proveer el área proyectada efectiva total representativa de todas las antenas y soportes en cada nivel, junto con los tamaños de línea asociados.

Los planos de la torre deberán detallar los siguientes datos del emplazamiento utilizados en el análisis estructural:

1. ***Velocidad básica del viento.***
2. ***Espesor de hielo de diseño.***
3. ***Categoría de exposición (A, B, C o D) para el predio especificado.***
4. ***Clasificación de la estructura (I, II o III).***
5. ***Categoría topográfica (1, 2, 3, 4 o 5).***
6. ***Zona sísmica.***
7. ***Reacciones de las fundaciones para las combinaciones de cargas consideradas.***
8. ***Parámetros de diseño del suelo o fuentes de donde se obtuvieron los datos.***

13.3. TOLERANCIAS

13.3.1. Altura total

La altura total de una estructura ensamblada no deberá diferir en más de **+1% ni -0,5%** de la altura especificada, sin que estos valores excedan **+1,5 m o -0,6 m**.

13.3.2. Tensiones en las riendas

La máxima desviación respecto de la tensión de diseño inicial en un anclaje, corregida para considerar la temperatura ambiente, deberá ser de:

- (i) **± 10%** para riendas de diámetro menor o igual que **25 mm** y
- (ii) **± 5%** para riendas de más de **25 mm** de diámetro.

13.3.3. Verticalidad

La distancia horizontal entre los ejes verticales en dos niveles cualquiera en toda la altura de la estructura no deberá ser mayor que **0,25 %** de la distancia vertical entre los dos niveles en el caso de las estructuras de celosía ó **0,50 %** en el caso de las estructuras tubulares tipo monoposte.

13.3.4. Torsión

La torsión entre dos niveles cualquiera en toda la altura de la estructura no deberá ser mayor que **0,5 grados** por cada **3 m**. La máxima torsión en toda la altura de la estructura no deberá ser mayor que **5 grados**.

13.3.5. Empalme por encastre deslizante (embonados)

La tolerancia para la longitud de un empalme por encastre deslizante entre tramos de monopostes no deberá ser mayor que **+20% y -0%** de la longitud de diseño del mencionado empalme por encastre. Los tramos a encastrar se deberán tirar o traccionar uno hacia el otro para asegurar que su contacto sea firme.

Cuando en empalmes por encastre deslizante existentes que se encuentren firmemente apretados no se satisfaga la longitud mínima de empalme dispuesta en el artículo 4.9.7.1., la unión será evaluada reduciendo la tensión de fluencia efectiva F'_y de cada sección de la unión en forma lineal desde su valor máximo F'_y a un mínimo de **0,5 F'_y** , proporcionalmente a la reducción de la longitud del empalme desde el **100%** indicado en el artículo 4.9.7.1. hasta un mínimo del **67%** de esa longitud.

Empalmes existentes con una longitud menor que el **67%** de la mínima indicada en 4.9.7.1. deberán reforzarse.

13.3.6. Linealidad

La linealidad de los elementos individuales deberá estar dentro de una tolerancia igual a **1/500** de la longitud entre puntos apoyados lateralmente, pero no más estricta que **1,6 mm**.

13.3.7. Mediciones

Las mediciones se deberán realizar en un momento en que la velocidad del viento sea menor que **4,5 m/s [15 km/h]**, a nivel del terreno, sin hielo sobre la estructura y las riendas, y sin efectos de distorsión solar.

13.3.8. Dispositivos de tesado

Para las instalaciones iniciales, una vez que la estructura esté a plomo y se hayan establecido las tensiones en las riendas, el mínimo ajuste de tesado (registro de los tensores) disponible será:

a) 150 mm para riendas cuyo diámetro nominal sea menor o igual que **13 mm**;

b) 250 mm para riendas cuyo diámetro nominal sea mayor que **13 mm**.

13.4. MARCACIÓN

A excepción de los elementos de ferretería, todos los elementos estructurales o conjuntos estructurales soldados, deberán tener un número de pieza. Los números de pieza deberán coincidir con los planos de montaje. El número de pieza debe estar fijado al elemento (estampado, letras soldadas, estampado sobre una placa soldada al elemento, etc.) antes de aplicar cualquier revestimiento protector. La altura de los caracteres de los números de pieza deberá ser como mínimo **13 mm**.

CAPÍTULO 14. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO Y CONDICIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

14.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo especifica las condiciones mínimas para la evaluación del estado de mantenimiento y la condición de las estructuras existentes.

14.2. INTERVALOS MÁXIMOS

La evaluación del estado de mantenimiento y de la condición de una estructura se debe realizar, como mínimo, de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) A intervalos de **3 años** en el caso de los **mástiles atirantados** y a intervalos de **5 años** en el caso de las **estructuras autosoportadas** (torres y monopostes).
- b) A intervalos de **2 años** en el caso de **mástiles, torres, pedestales y estructuras similares**, con miembros tubulares, instalados en zonas urbanas costeras o en ambientes agresivos equivalentes en zonas urbanas.

Cuando la zona urbana costera se encuentre además dentro de las **zonas 1 ó 2 de hielo**, las estructuras deberán ser evaluadas con intervalos de **1 año**.

- c) Inmediatamente después de tormentas de viento y/o nieve y/o hielo u otras condiciones extremas como sismos.

Se considerará tormenta cuando, de acuerdo con los registros oficiales más próximos al emplazamiento de la estructura, se alcance o supere el **60%** de la velocidad básica de viento y/o de la carga básica de nieve y/o del espesor de hielo de diseño, correspondientes al lugar de emplazamiento.

Se considerará sismo extremo cuando durante el evento se produzcan interrupciones en las comunicaciones de los sistemas instalados sobre la estructura, aunque estas sean temporarias.

En todos los casos se deberá realizar una evaluación cuando los daños en las inmediaciones sean notorios.

- d) *Las estructuras Clase III, las estructuras no consideradas en el punto b) y ubicadas en zonas costeras y/o ambientes corrosivos y aquellas ubicadas en áreas sujetas a frecuentes actos de vandalismo requerirán inspecciones con intervalos menores a los estipulados en este artículo, siendo responsabilidad del propietario estipular el intervalo para cada caso.*

Se considerará zona costera a la franja de ancho igual a **3000 m** a partir de la costa marítima.

Se considerará zona urbana aquella donde habiten más de 2000 personas y zona rural aquella con menos de 2000 habitantes, de acuerdo con el criterio del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) o con el criterio que el INDEC establezca a futuro.

El **Anexo J** contiene los lineamientos mínimos para la evaluación del estado de mantenimiento y de la condición de las estructuras.

CAPÍTULO 15. ESTRUCTURAS EXISTENTES

15.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo especifica los requerimientos mínimos para la evaluación y modificación de las estructuras existentes.

15.2. DEFINICIONES

Análisis estructural de factibilidad: Revisión preliminar para determinar la estabilidad global y la aptitud de los elementos estructurales principales de una estructura existente para soportar una modificación propuesta de acuerdo con este Reglamento.

Análisis estructural riguroso: análisis estructural exhaustivo para determinar la estabilidad global y la aptitud de los elementos estructurales, fundaciones y uniones de una estructura existente para soportar una modificación propuesta de acuerdo con este Reglamento.

Aparejos: equipos y técnicas usadas durante la instalación y modificación de la estructura y/o sus accesorios.

Documentación de diseño: documentos que indican el diseño propuesto y los detalles relacionados para la modificación de una estructura existente, incluyendo el refuerzo o el reemplazo de elementos existentes y/o sus uniones.

Documentación de implementación: Documentos que indican los procedimientos de implementación para un cambio y/o modificación propuesto para una estructura existente, incluyendo los aparejos, apoyos temporarios requeridos y otras consideraciones constructivas relacionadas para asegurar la seguridad y la estabilidad de la estructura existente durante la construcción.

Estructura existente: estructura que ya ha sido montada.

Planos de taller: planos requeridos para fabricar los componentes necesarios para una modificación propuesta de una estructura existente, incluyendo las longitudes de corte de los elementos, el tamaño de los orificios, las distancias a los bordes, las tolerancias, los detalles de las soldaduras y otros detalles de fabricación relacionados.

15.3. CLASIFICACIÓN

La clasificación de las estructuras existentes se deberá determinar de acuerdo con la **Tabla 2.1.**, considerando el requisito de confiabilidad de la estructura en base al uso del suelo alrededor de la estructura y los requisitos de desempeño de los servicios prestados.

15.4. MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES QUE REQUIEREN UN ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Como mínimo, independientemente del Reglamento utilizado en el diseño original de la estructura, las estructuras se deberán analizar de acuerdo con este Reglamento cuando se produzca cualquiera de las siguientes condiciones:

- a) Cambios significativos del tipo, tamaño o número de accesorios tales como antenas, líneas de transmisión, plataformas, escaleras, etc.
- b) Modificaciones estructurales en la estructura, excepto las de mantenimiento que no alteren su geometría y características mecánicas y de resistencia.
- c) Modificación de los requisitos de servicio.
- d) Modificación de la clasificación de la estructura para pasar a una clase superior de acuerdo con la **Tabla 2.1**.

A menos que se produzca una modificación tal como se define en este artículo, no será necesario analizar nuevamente las estructuras existentes cada vez que se publique una revisión de este Reglamento.

15.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

15.5.1. Análisis estructural de factibilidad

Los análisis estructurales de factibilidad se utilizan como revisión preliminar para identificar el impacto de las modificaciones propuestas. Este tipo de análisis determina la estabilidad global y la aptitud de los elementos estructurales principales para soportar un cambio propuesto. La aceptación del cambio se deberá basar en un análisis estructural riguroso de acuerdo con el artículo 15.5.2. Los análisis estructurales de factibilidad no incluyen la evaluación de las uniones y pueden considerar que la estructura ha sido correctamente instalada y mantenida.

Se pueden comparar las reacciones de un análisis estructural de factibilidad con las reacciones del diseño original para identificar el impacto de las modificaciones propuestas sobre las fundaciones. Cuando las reacciones del diseño original se basen en un procedimiento de diseño por tensiones admisibles, las reacciones originales se deberán multiplicar por un factor igual a **1,35** para poder compararlas con las reacciones determinadas de acuerdo con este Reglamento.

15.5.2. Análisis estructural riguroso

Los análisis estructurales rigurosos se utilizan para determinar la aceptación final de los cambios o modificaciones requeridos. Este tipo de análisis determina la estabilidad global y la aptitud de los elementos estructurales, las fundaciones y los detalles de las uniones. Los análisis estructurales rigurosos pueden considerar que la estructura ha sido correctamente instalada y mantenida.

Para realizar un análisis riguroso de una fundación se requieren datos geotécnicos específicos del suelo de emplazamiento según el artículo 9.3, así como datos de la geometría y armaduras de las fundaciones .

Ciertos detalles de las fundaciones y de las uniones (como por ejemplo el tamaño de las soldaduras internas de las uniones de alas con bridas) no se pueden determinar sin desarmar la estructura o realizar exhaustivos ensayos no destructivos en obra. Las hipótesis asumidas respecto de este tipo de detalles se deberán documentar junto con los resultados del análisis estructural riguroso.

15.5.3. Fuentes de información

Para representar la estructura existente se deberá utilizar información suficientemente actualizada. La información necesaria para realizar una evaluación se puede obtener de las siguientes fuentes:

- a. Análisis estructurales previos
- b. Planos de instalación, listas de materiales y planos de taller
- c. Informes geotécnicos
- d. Planos de relevamiento de la instalación original y/o modificaciones posteriores
- e. Relevamientos de campo, mediciones y/o ensayos de materiales (ver el **Anexo J**)
- f. Listados de accesorios existentes y propuestos

15.5.4. Informes de los análisis estructurales

Los informes de los análisis estructurales deberán especificar el tipo de análisis (de factibilidad o riguroso). Los informes de los análisis de factibilidad deberán indicar que la aceptación final de las modificaciones se deberá basar en un análisis estructural riguroso.

15.6. EXCEPCIONES

Al investigar una modificación para una estructura existente, originalmente diseñada de acuerdo con una versión anterior de este Reglamento, dicha estructura estará exenta de los requisitos de este Reglamento referentes a fabricación e instalación.

Al investigar una modificación para una estructura existente, originalmente diseñada de acuerdo con una edición anterior de este Reglamento, dicha estructura también estará exenta de los requisitos de resistencia de este Reglamento; los que se detallan a continuación:

- a. Artículo 3.7., corte y torsión en el mástil: No es necesario aplicar el requisito del **40%**.
- b. Artículo 4.4.1., mínima resistencia del arriostramiento: Se podrá usar $P_r = 1.5\% F_s$.

- c. Artículo 4.6.2., elementos de arriostramiento solicitados exclusivamente a tracción.
- d. Artículo 4.9.2., restricción de las arandelas de seguridad para estructuras de más de **360m**.
- e. Artículo 4.9.7., mínima capacidad de los empalmes en puntales solicitados a tracción.
- f. Artículo 7.6.4., articulación de las riendas.
- g. Artículo 8.3., aisladores: No es necesario aplicar la carga de prueba a los aisladores existentes.
- h. Capítulo 10, puesta a tierra de protección.
- i. Capítulo 12., requisitos referentes a las instalaciones para ascenso.

15.7. MODIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

15.7.1. Diseño

Las modificaciones a las estructuras existentes se deberán basar en un **análisis estructural riguroso**. Se deberá preparar un documento de diseño indicando los refuerzos propuestos para elementos y/o uniones existentes y todos los elementos adicionales propuestos.

Antes de implementar el cambio o modificación se deberán validar todos los datos indicados en la documentación de diseño que requieran verificación.

15.8. CRITERIOS PARA EL REFUERZO DE ESTRUCTURAS

En las estructuras reticuladas autosoportadas o atirantadas, cuando se requiera reforzar piezas individuales aumentando su sección transversal, en lo posible los refuerzos se basarán en los grupos de barras indicados en el **Reglamento CIRSOC 301-05**.

Cuando no sea posible materializar disposiciones como las antedichas, los métodos de verificación deberán estar debidamente avalados por bibliografía específica, un análisis exhaustivo por métodos numéricos o por ensayos.

Si se realiza un modelo de análisis por elementos finitos, el modelo deberá contemplar muy detalladamente las características de la barra original, de la barra de refuerzo y de los medios de unión entre ambas, incluyendo las fuerzas de rozamiento cuando este sea indispensable para la transmisión de las fuerzas.

Se deberá garantizar mediante piezas de rigidez adecuada que las fuerzas se distribuyan entre los miembros de las barras compuestas de acuerdo con las hipótesis del cálculo. Esto deberá tenerse particularmente en cuenta cuando se refuercen montantes, donde las uniones con las diagonales y los cinturones de riendas suelen quedar vinculados únicamente al montante original, por lo que la transferencia de fuerzas hacia el refuerzo no es directa, a menos que se considere adecuadamente el efecto de retraso del cortante producido.

Esta situación es particularmente crítica cuando se colocan barras de refuerzo en los montantes de chapa plegada a **60°** por la parte interior de la sección (boca del montante).

Cuando la idoneidad de un refuerzo no sea avalada con los requisitos que se indican en este Capítulo, **la relación entre la capacidad resistente de la sección compuesta y la capacidad resistente de la sección original será, como máximo, igual a 1,50**. La sección original es la proyectada en oportunidad del montaje de la estructura, sin aditamentos posteriores.

Las estructuras existentes con refuerzos instalados, cuya capacidad resistente supere el **50%** de la capacidad resistente de la sección original y que no cumplan lo indicado en este Capítulo, deberán ser modificadas cuando se presenten las situaciones previstas en el artículo 15.4. de este Reglamento, con el fin de ajustarlas a los requerimientos de este artículo.

Si el área proyectada del refuerzo supera el **5%** del área proyectada total de la cara de la estructura en el segmento considerado, se deberá calcular nuevamente la estructura para las cargas debidas al área incrementada.

Cuando el refuerzo consista en “**envolver**” una estructura reticulada con otra estructura reticulada, se considerarán las áreas proyectadas de ambas sin contemplar reparos ni superposiciones.

Cuando un refuerzo implique el reemplazo de piezas, bulones, riendas o las operaciones alteren las condiciones de estabilidad de la estructura aún de manera temporaria, el Proyectista Estructural o el Director de Obra establecerán el procedimiento a emplear indicando la metodología, secuencia y las condiciones climáticas para su ejecución. Tal procedimiento deberá quedar documentado.

Estas tareas implican siempre un **riesgo de colapso total o parcial**, por lo que deberán contar con supervisión y **bajo ninguna circunstancia se dejará librado al criterio de los operarios la modificación del procedimiento establecido**.

Al desarrollar el procedimiento de remplazo de una pieza, bulones o riendas se deberá tener presente que la estructura no debe ver disminuidas sus condiciones de estabilidad, debiendo preverse los elementos auxiliares que transferirán temporariamente la solicitación durante la remoción y reemplazo de la pieza. La colocación de piezas temporarias podrá evitarse si se realiza un análisis estructural riguroso considerando todas las piezas que se remueven simultáneamente y las condiciones climáticas límites especificadas para la operación.

En caso que el procedimiento específico no indique las condiciones climáticas límite para el desarrollo de tareas de reemplazo de piezas, se asumirá que no debe haber nieve ni hielo y que la máxima velocidad del viento será de **54 km/h (15 m/s)**.

Previo al inicio de las tareas en obra se deberá verificar que la estructura no presente piezas con deterioros que pudieran afectar su seguridad durante las operaciones y que el estado de carga (antenas, cables, plataformas, etc.) no supere el contemplado en los cálculos.

El proyecto de detalle de los refuerzos será realizado preferentemente por el mismo profesional que realizó el cálculo de verificación. En el caso que esto no ocurra será responsabilidad del Director de Obra verificar que la ingeniería de detalle responda cabalmente a lo indicado en los cálculos.

CAPÍTULO 16. INSTALACIÓN

Los aparejos y apoyos temporarios, tales como riendas, riostras, puntales u otros elementos temporarios, requeridos para el montaje o modificación de una estructura, deberán ser diseñados, documentados, provistos e instalados por el montador considerando las cargas impuestas a la estructura como resultado del método constructivo propuesto.

ANEXO A

LINEAMIENTOS PARA ADQUISICIÓN Y USO

ANEXO A. LINEAMIENTOS PARA ADQUISICIÓN Y USO

A.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Este Anexo se propone asistir en la adquisición de estructuras soporte de antenas y antenas diseñadas de acuerdo con este Reglamento. Los artículos a los que se hace referencia en este Anexo corresponden a los artículos de igual numeración de este Reglamento con el prefijo A.

Se establecen parámetros de diseño por defecto apropiados para los artículos de referencia, con el fin de simplificar las especificaciones de adquisición para una estructura.

Los parámetros de diseño por defecto presentados en este Anexo se emplearán para el diseño cuando en las Especificaciones Técnicas del Proyecto Estructural no se establezcan otros parámetros.

En este Anexo, se hace referencia a los artículos en los que, para la adquisición, es necesario estipular parámetros de diseño específicos del emplazamiento de la estructura.

A.2. CARGAS

Las cargas para emplazamientos específicos o los requerimientos de los códigos locales de edificación pueden ser más rigurosos que los requerimientos mínimos de carga especificados en este Reglamento. Éstos y otros requerimientos de cargas únicas o combinaciones de carga, se deben incluir en las especificaciones de adquisición.

A.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Este Reglamento establece tres clasificaciones de estructuras basadas en criterios de confiabilidad.

La clasificación de una estructura por defecto será Clase II, salvo para los casos contemplados en el artículo 1.3.

Las siguientes descripciones indican la clasificación apropiada para una estructura nueva basada en el tipo de servicio que debe prestar:

Clase I: Estructuras para servicios que son opcionales o en los que una demora en el retorno de los servicios cuando son interrumpidos es aceptable, tales como: comunicaciones residenciales de radio en dos direcciones convencionales e inalámbricas; recepción por televisión, radio y escáner; cable inalámbrico; comunicaciones entre radioaficionados y radiocomunicaciones en banda ciudadana.

Clase II: Estructuras para servicios que puedan ser provistos por otros medios, tales como: comunicaciones inalámbricas comerciales; transmisiones de radio y televisión; comunicaciones celulares; PCS; CATV; y comunicaciones por microondas.

Clase III: Estructuras destinadas principalmente para comunicaciones esenciales, tales como: defensa civil; operaciones de emergencia; rescate o catástrofes; instalaciones militares y navegación.

A. 2.3.2. Combinaciones de carga para estados límite de resistencia

Este Reglamento está basado en el diseño por estados límite y especifica factores de carga apropiados para aplicar a las cargas nominales definidas en este Reglamento. Cuando se especifiquen requerimientos de carga adicionales se deberán utilizar factores de carga, factores de ráfaga, factor de conversión de estado límite para hielo, y factores de direccionalidad como mínimo iguales a **1,00**.

A menos que en las especificaciones técnicas se defina otro criterio, las estructuras también se deberán diseñar para los factores de carga y para las cargas nominales especificadas en este Reglamento.

La carga de viento a considerar será la que resulte de aplicar el artículo 2.6.4. y el Anexo B para el sitio de emplazamiento.

Cuando el lugar de emplazamiento no sea conocido durante la etapa de adquisición, la velocidad básica de viento a considerar no será inferior a **50 m/s**.

A. 2.4. EFECTOS TÉRMICOS

Este Reglamento especifica una reducción de **10° C** en la temperatura para condiciones de carga que incluyen hielo. De acuerdo con los requerimientos específicos del emplazamiento, puede resultar apropiada una reducción mayor, en cuyo caso esta se debe incluir en las especificaciones de adquisición.

A.2.6.4. Velocidad básica del viento y espesor de hielo de diseño

Este Reglamento se basa en velocidades de ráfaga de viento de **3 segundos** y espesor radial de hielo liso. Las velocidades de viento promediadas sobre diferentes períodos de tiempo, se deben convertir a las velocidades de ráfaga de viento de **3 segundos** para su uso con este Reglamento. (Ver el **Anexo L** para los factores de conversión de velocidades de viento.).

Las cargas adicionales debidas al congelamiento dentro de nubes y a la cencellada blanca (incluyendo espesor, densidad, crecimiento con la altura y velocidad de viento correspondiente) se deben incluir en las especificaciones de adquisición cuando resulten significativas para un emplazamiento dado.

A.2.6.5. Categorías de exposición

La categoría de exposición por defecto será la **Exposición C**.

A.2.6.6.2. Categorías topográficas

La categoría topográfica por defecto será la **Categoría 1**.

Para las **Categorías Topográficas 2, 3 y 4**, la altura del rasgo topográfico se debe incluir en las especificaciones de adquisición.

Para el uso de la Categoría Topográfica 5 será necesario contar con información detallada del lugar de ubicación. El **Reglamento CIRSOC 102-05** contiene una metodología para determinar criterios de aumento de velocidad del viento basados en datos específicos del lugar.

A menos que las especificaciones de adquisición indiquen otra cosa, para los mástiles atirantados en cualquier categoría topográfica, la cota de los anclajes de las riendas se deberá tomar igual a la de la base del mástil.

Cuando existan diferencias relativas en las cotas de elevación entre la base de un mástil atirantado y los anclajes de las riendas, estas diferencias se deberán incluir en las especificaciones de adquisición.

Alternativamente, las especificaciones de adquisición podrán ir acompañadas por un estudio topográfico del predio.

Las alturas relativas son necesarias para modelar adecuadamente un mástil atirantado de acuerdo con este Reglamento. Se hace notar que aunque una estructura esté localizada sobre un terreno sin cambios abruptos (**Categoría 1**), puede haber diferencias significativas en altura entre los anclajes de las riendas y la base del mástil.

A.2.6.6.3. Estructuras instaladas sobre edificios u otras estructuras

La altura de la estructura soporte se debe incluir en las especificaciones de adquisición con el fin de determinar adecuadamente las cargas de diseño de acuerdo con este Reglamento. Además, para mástiles atirantados, también se deben incluir las ubicaciones de los anclajes de las riendas y sus niveles.

A.2.6.9.5. Líneas de transmisión instaladas en grupos o bloques

La distribución de líneas sobre una estructura reticulada tiene un efecto significativo sobre las cargas de viento aplicadas a las estructuras. Por defecto, las líneas se pueden distribuir entre múltiples caras en grupos o bloques con el fin de minimizar las cargas de viento sobre la estructura. Cuando se requieran otras disposiciones, la distribución y ubicación de las líneas deberán estar detalladas en las especificaciones de adquisición.

A.2.6.9.6. Presión dinámica

La constante **0,613** se basa en la densidad de masa del aire en una atmósfera normalizada definida a una temperatura de **15° C** y a una presión a nivel del mar de **101,3 kPa**. La densidad de masa del aire varía en función de la altitud, latitud, temperatura, clima y estación.

Para determinar la presión dinámica se empleará el valor numérico **0,613**, a menos que las especificaciones de adquisición establezcan un valor diferente.

A.2.7.3. Cargas debidas a acciones sísmicas

A los fines del *análisis sismorresistente*, la *zona sísmica por defecto será la 0*.

A.2.8. ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Las cargas de servicio y los valores límites de deformación especificados en este Reglamento constituyen requisitos mínimos para las estructuras de comunicaciones. Cuando para una aplicación determinada se requieran requisitos más severos, las especificaciones de adquisición deberán especificar la velocidad básica del viento para el estado límite de servicio y, si fuera necesario, el espesor de hielo de diseño para el estado límite de servicio, los límites de deformación (giros cenitales y acimutales y desplazamiento horizontal), y la posición o altura a partir de la cual se deben aplicar estos límites.

Por defecto, los giros en los puntos de montaje de las antenas de microondas no deberán ser mayores que los valores especificados en el **Anexo D** en base a una degradación total admisible del nivel de la señal de radiofrecuencia de **10 dB**.

A.5.6.6. Anclajes de las riendas (Control de la corrosión)

A menos que junto con las especificaciones de adquisición se provea un informe geotécnico que indique la agresividad del suelo (resistividad eléctrica y pH), la condición del suelo por defecto será la correspondiente a un suelo no agresivo.

Este Reglamento especifica que cuando hay anclajes de acero en contacto directo con el suelo se debe realizar un control de la corrosión mínimo. Cualquier requisito de control de la corrosión adicional se deberá incluir en las especificaciones de adquisición.

A.5.6.7. Postes embebidos en el terreno (Control de la corrosión)

A menos que junto con las especificaciones de adquisición se provea un informe geotécnico que indique la agresividad del suelo (resistividad eléctrica y pH), la condición del suelo por defecto será la correspondiente a un **suelo no agresivo**.

Este Reglamento especifica que para los postes embebidos en el terreno se debe proveer un control de la corrosión mínimo. Cualquier requisito de control de la corrosión adicional se deberá incluir en las especificaciones de adquisición.

A.7.5. AMORTIGUADORES DE LAS RIENDAS

Este Reglamento especifica requisitos mínimos para los amortiguadores de riendas de alta frecuencia. Debido a que dependen de variables específicas del emplazamiento y del medioambiente, las vibraciones de alta frecuencia y baja amplitud (vibración eólica) y las vibraciones de baja frecuencia y alta amplitud (galope) son difíciles de anticipar antes de instalar una estructura. Se pueden instalar amortiguadores de alta y baja frecuencia en cualquier momento cuando resulten necesarios. Los requisitos adicionales referentes a amortiguadores se deberán incluir en las especificaciones de adquisición.

A.9. FUNDACIONES Y ANCLAJES

Este Reglamento refiere a los parámetros presuntos del suelo contenidos en el **Anexo F**, los cuales se podrán utilizar para diseñar las fundaciones y anclajes de estructuras **Clase I** o **Clase II** cuando no haya informes geotécnicos disponibles. El propietario o su representante técnico deben investigar las condiciones reales del subsuelo en el emplazamiento antes de ejecutar fundaciones y anclajes diseñados de acuerdo con parámetros presuntos.

A menos que las especificaciones de adquisición indiquen otra cosa, el tipo de suelo presunto por defecto será **arcilla**.

A menos que las especificaciones de adquisición indiquen otra cosa, cuando el emplazamiento sea indeterminado la profundidad de congelamiento por defecto será de **1,1 m**.

Las fundaciones y los anclajes podrán ser diseñados por un tercero una vez que se haya finalizado el diseño de la estructura. El correcto desarrollo de las piezas metálicas de anclaje provistas con una estructura deberá ser verificado por el profesional responsable a cargo de las fundaciones. Los requisitos específicos del emplazamiento que se requieren para diseñar los anclajes, tales como estructuras instaladas sobre techos, cabezales de pilotes u otras situaciones similares, se deberán incluir en las especificaciones de adquisición.

A.10. PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN

Este Reglamento proporciona requisitos mínimos de puesta a tierra para limitar los daños a la estructura o a las fundaciones, que podrían provocar corrientes de falla elevadas. Cualquier sistema de puesta a tierra alternativo o especial, o cualquier requisito de puesta a tierra particular para la protección de equipos o accesorios específicos se deberán indicar en las especificaciones de adquisición.

Se considerarán configuraciones de puesta a tierra por defecto a los sistemas indicados a continuación. El Propietario o su representante técnico deben verificar que la resistencia total no supere los **10 ohms** en las condiciones locales del suelo.

De acuerdo con las condiciones locales del suelo es posible que se requieran electrodos de puesta a tierra adicionales a los mínimos indicados en este Reglamento.

Para los mástiles atirantados, la configuración por defecto será un mínimo de **tres electrodos de puesta a tierra** instalados simétricamente alrededor de la base de la estructura con una separación mínima de **6 m**, cada uno de ellos conectado simétricamente a la base de la estructura. En cada anclaje se deberá instalar y conectar como mínimo **un electrodo de puesta a tierra**.

Para las estructuras autosoportadas la configuración por defecto de la puesta a tierra será un mínimo de **seis electrodos de puesta a tierra** instalados simétricamente alrededor de la base de la estructura con una separación mínima de **6 m**. En las estructuras reticuladas se debe conectar, como mínimo **un conductor a cada montante**, mientras que en los monopostes se deben conectar a la base, como mínimo, **tres conductores simétricamente**.

A.11. BALIZAMIENTO AERONÁUTICO

El balizamiento aeronáutico, tanto diurno como nocturno, deberá cumplir con las resoluciones y disposiciones de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC) y de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI – Anexo 14).

Cualquier requisito particular referente al balizamiento se deberá incluir en las especificaciones de adquisición, como por ejemplo, distancias a aeropuertos, aeródromos, helipuertos, etc.

A.12. INSTALACIONES PARA ASCENSO Y TRABAJO

Las instalaciones para ascenso y trabajo se clasifican por defecto como **Clase B**.

Este Reglamento especifica requisitos mínimos para las instalaciones de ascenso y plataformas de trabajo, considerando que a la estructura solo accederá personal competente (especializado) o autorizado (básico). Los requisitos adicionales referentes a las instalaciones para ascenso y plataformas de trabajo se deberán incluir en las especificaciones de adquisición.

A.15.3. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES

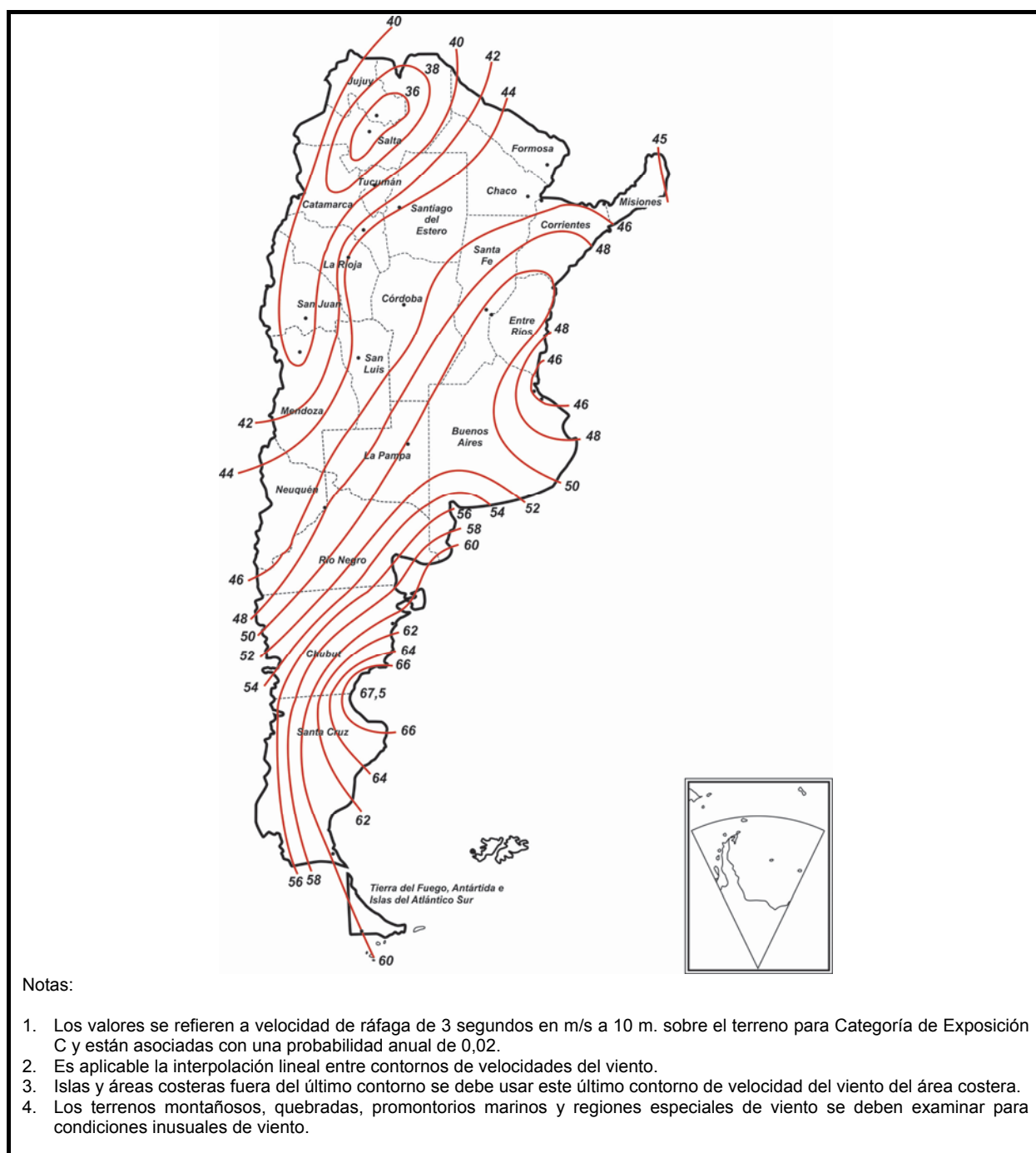
Las estructuras existentes se clasifican por defecto como **Clase II**.

ANEXO B

VELOCIDAD BASICA DEL VIENTO, ESPESOR DE HIELO DE DISEÑO Y ZONIFICACIÓN SÍSMICA

ANEXO B. VELOCIDAD BASICA DEL VIENTO, ESPESOR DE HIELO DE DISEÑO Y ZONIFICACIÓN SÍSMICA

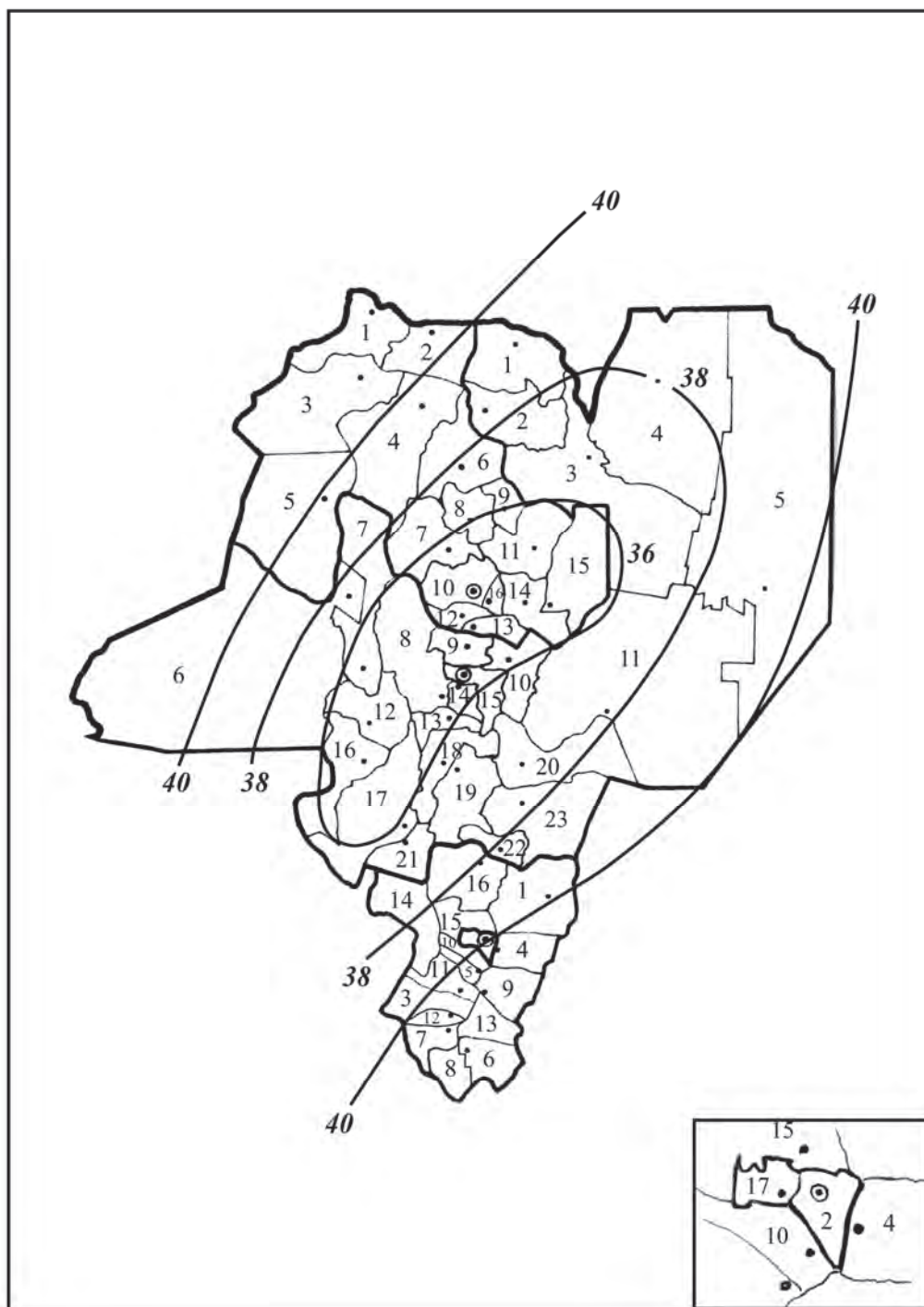
B. 1. Mapa de velocidad básica del viento (sin hielo) en la República Argentina



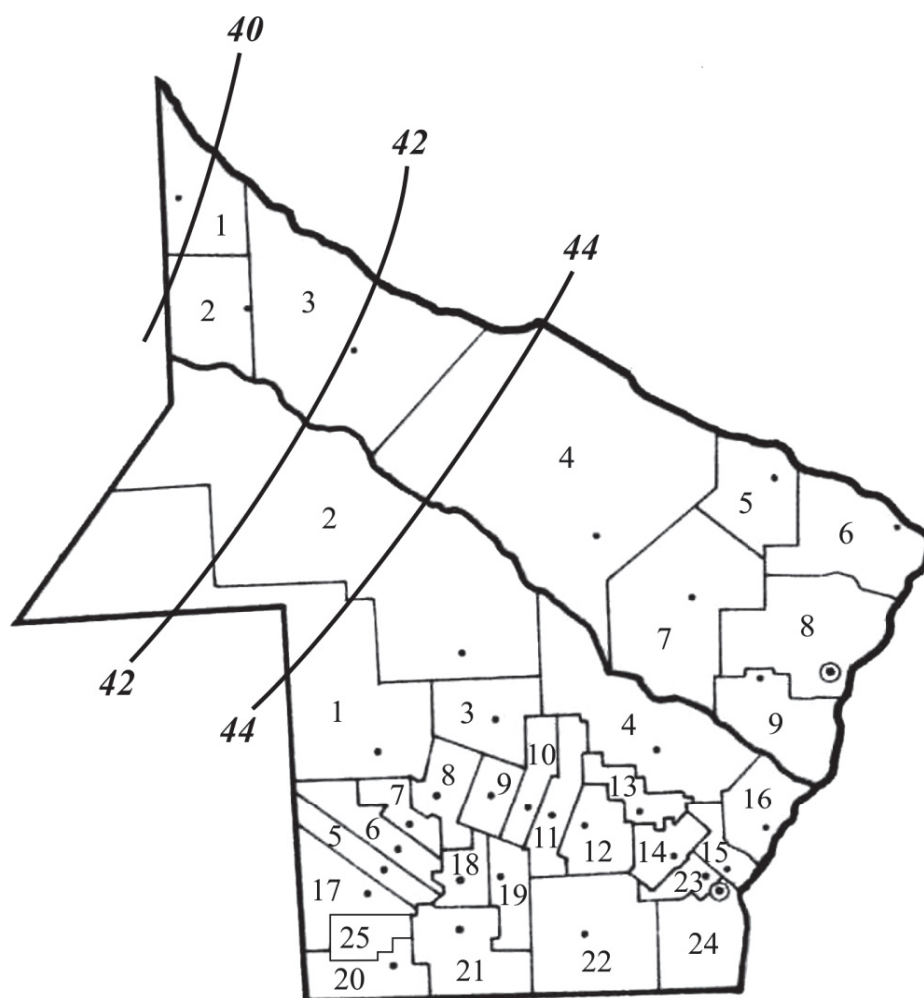
Mapas detallados de la velocidad básica del viento (sin hielo) en la República Argentina

Con el fin de obtener los parámetros de diseño correspondientes al emplazamientos se deberán utilizar los **Reglamentos CIRSOC 102-2005, CIRSOC 104-2005 e INPRES - CIRSOC 103, - Parte I 2013, e INPRES – CIRSOC Parte IV – 2005.**

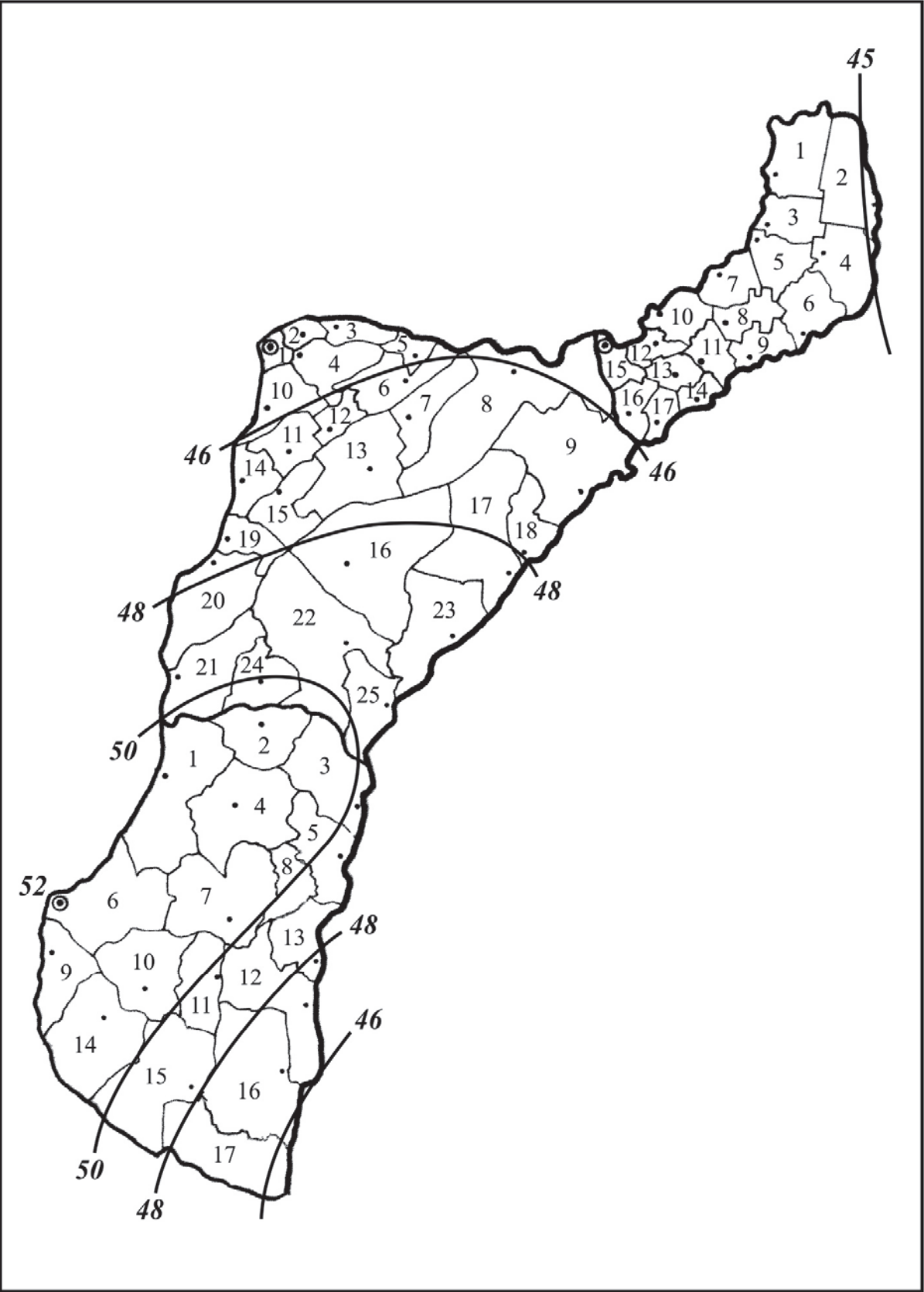
Provincias de Jujuy, Salta y Tucumán



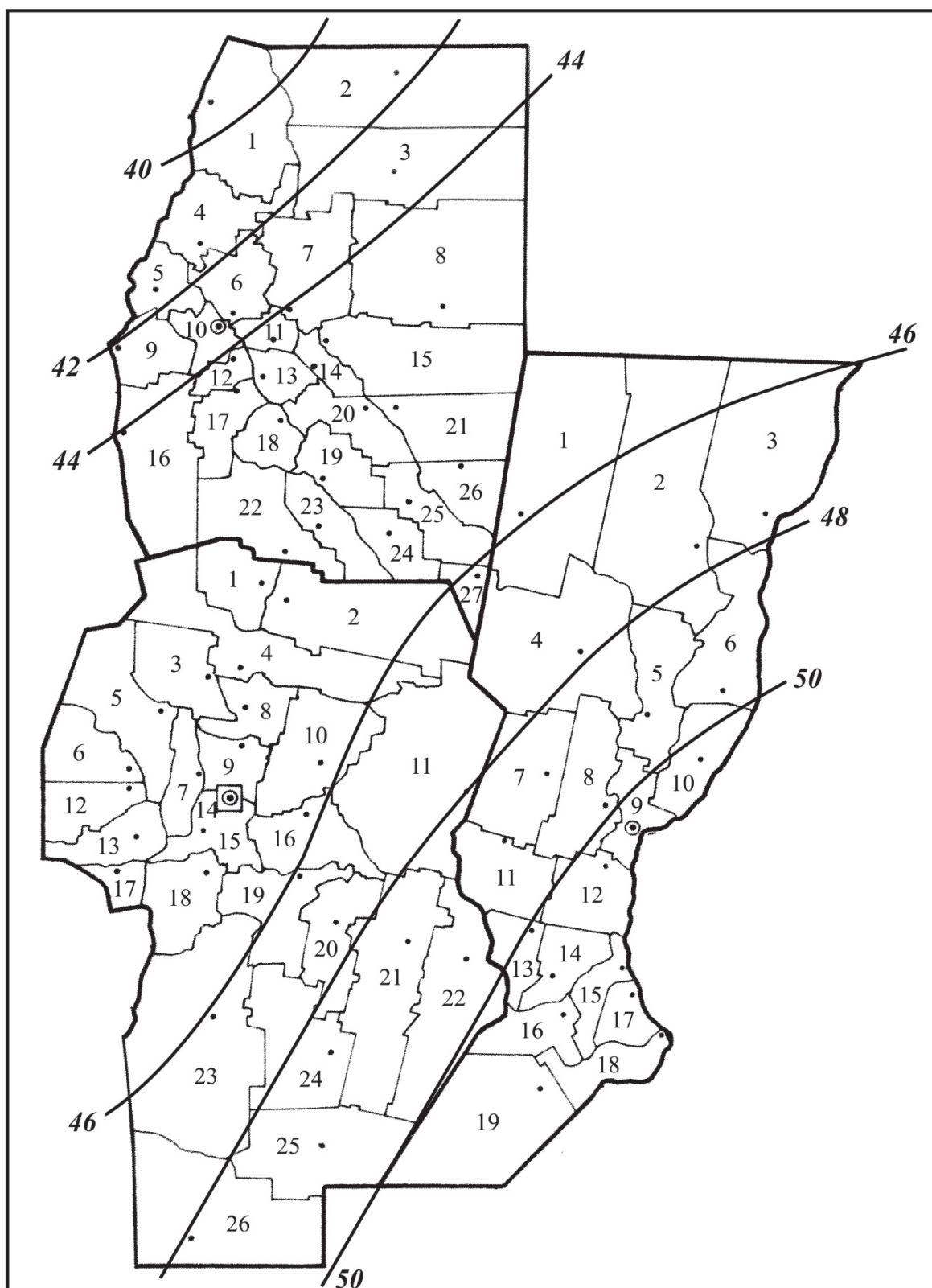
Provincias de Chaco y Formosa



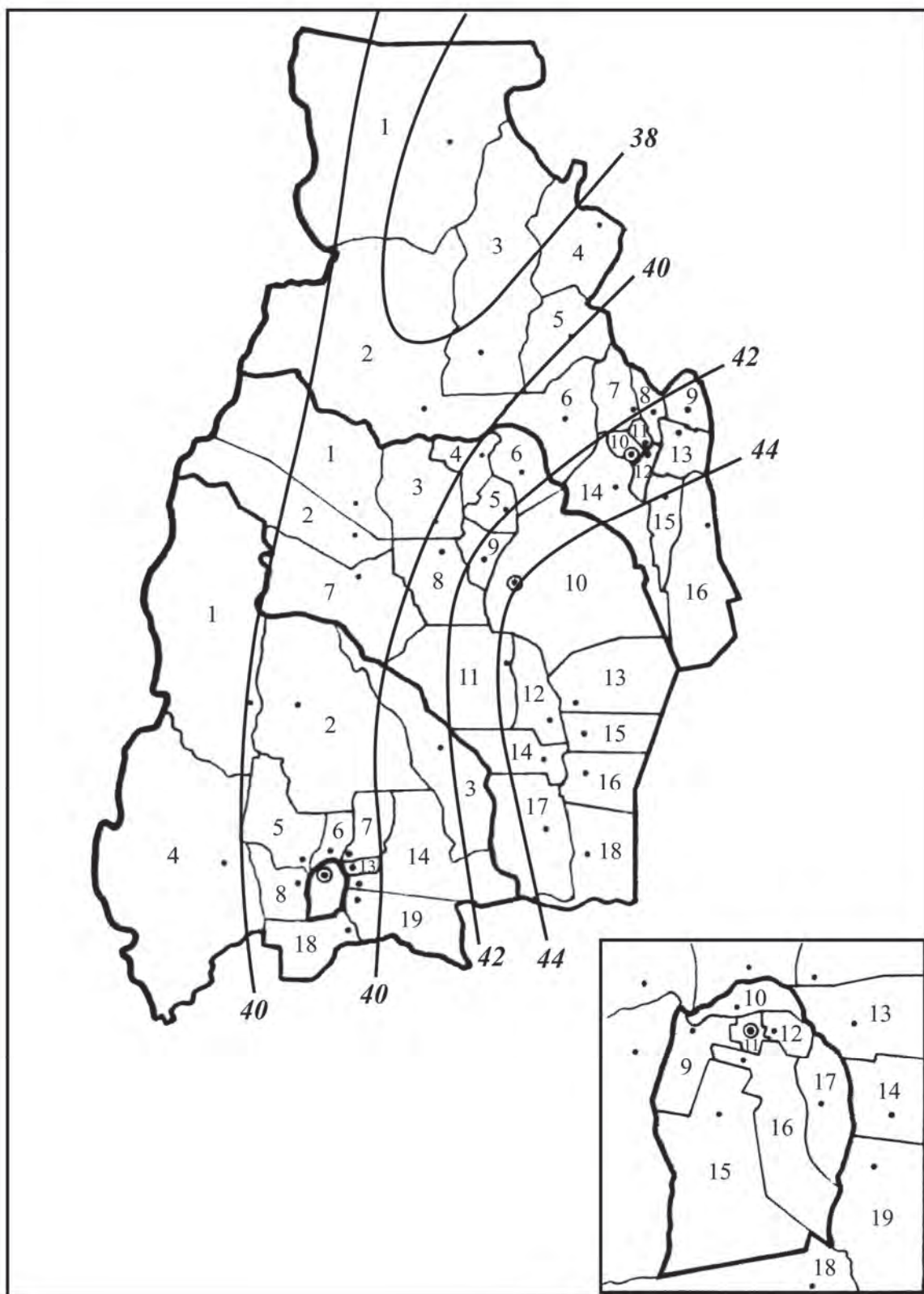
Provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos



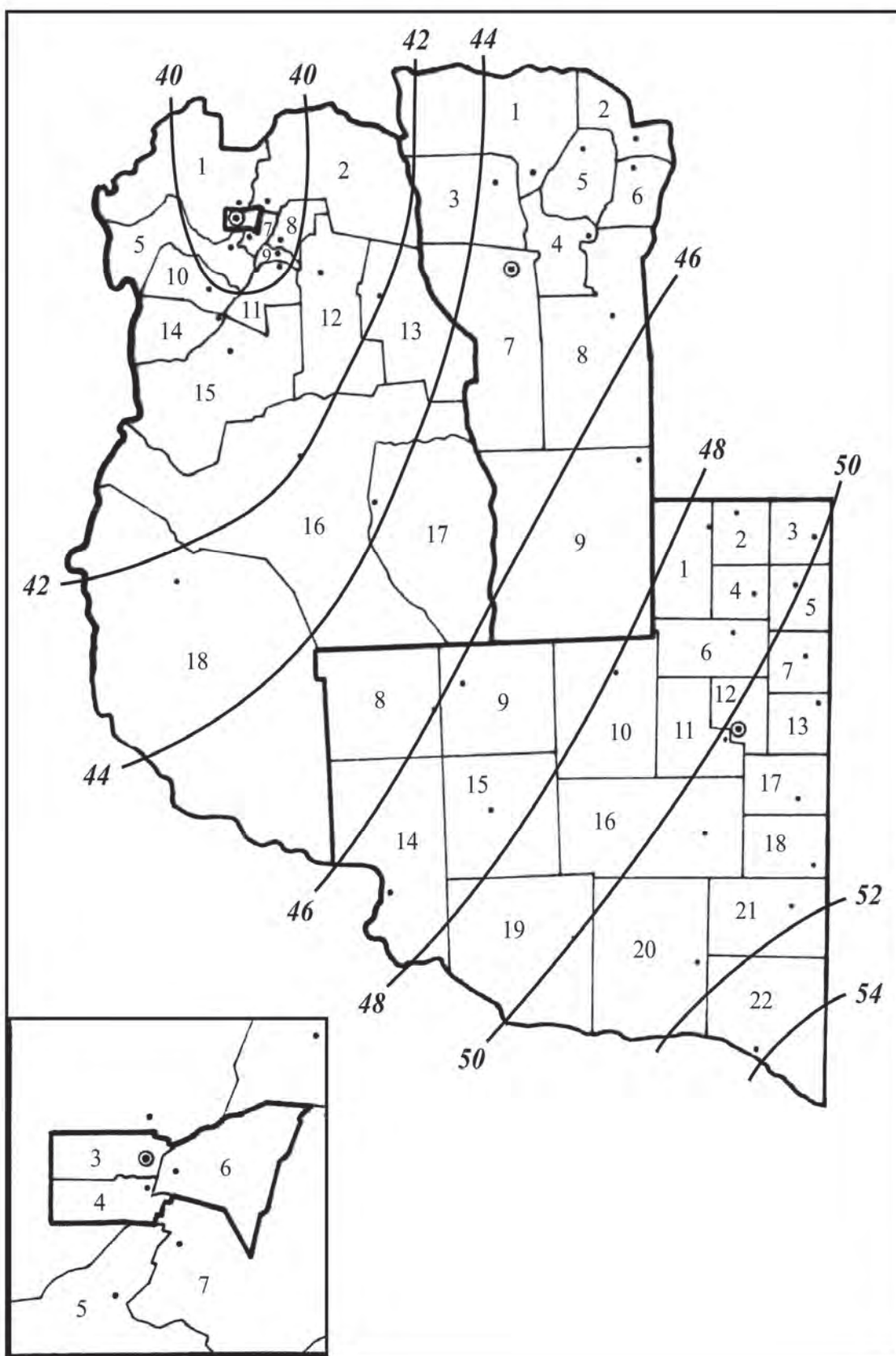
Provincias de Córdoba, Santa Fe y Santiago del Estero



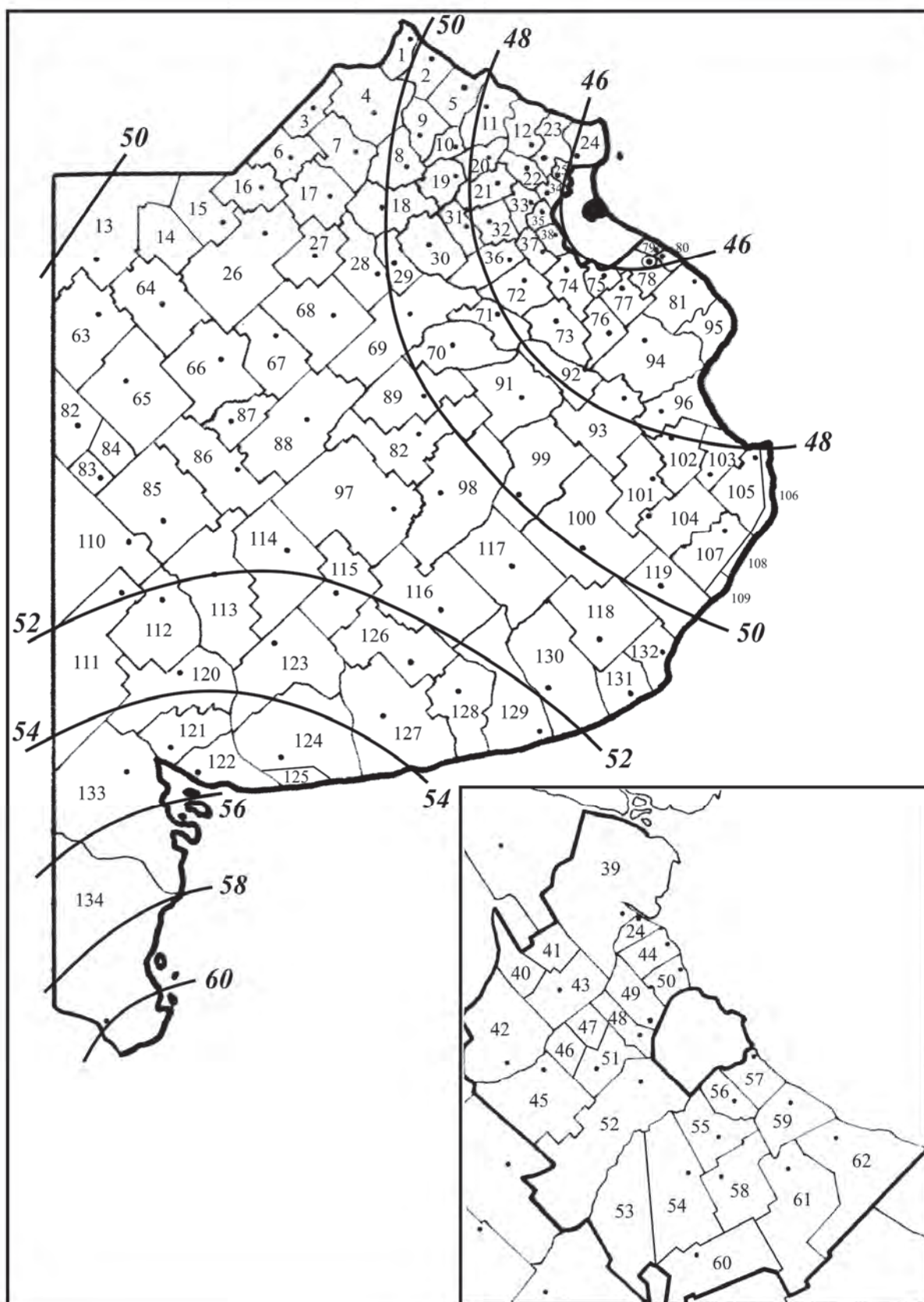
Provincias de Catamarca, La Rioja y San Juan



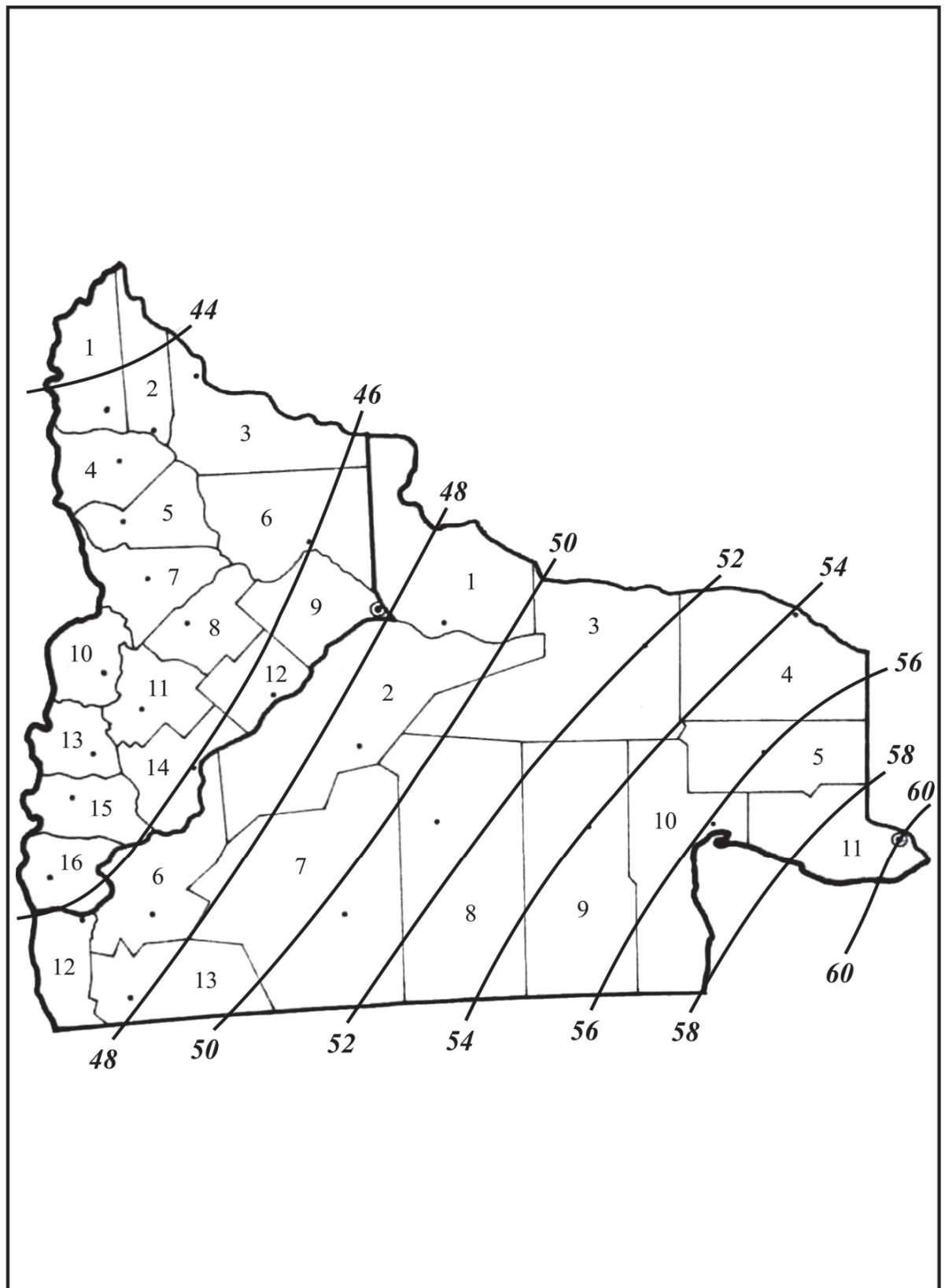
Provincias de Mendoza, La Pampa y San Luis



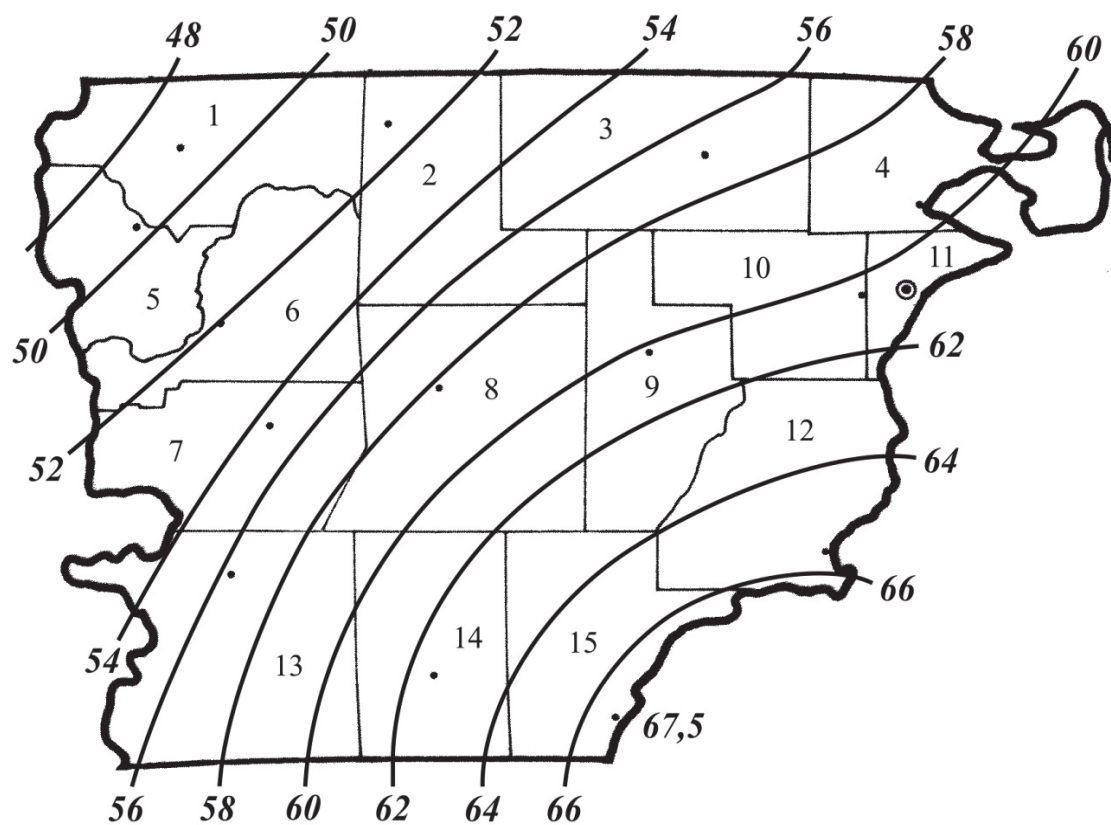
Provincia de Buenos Aires



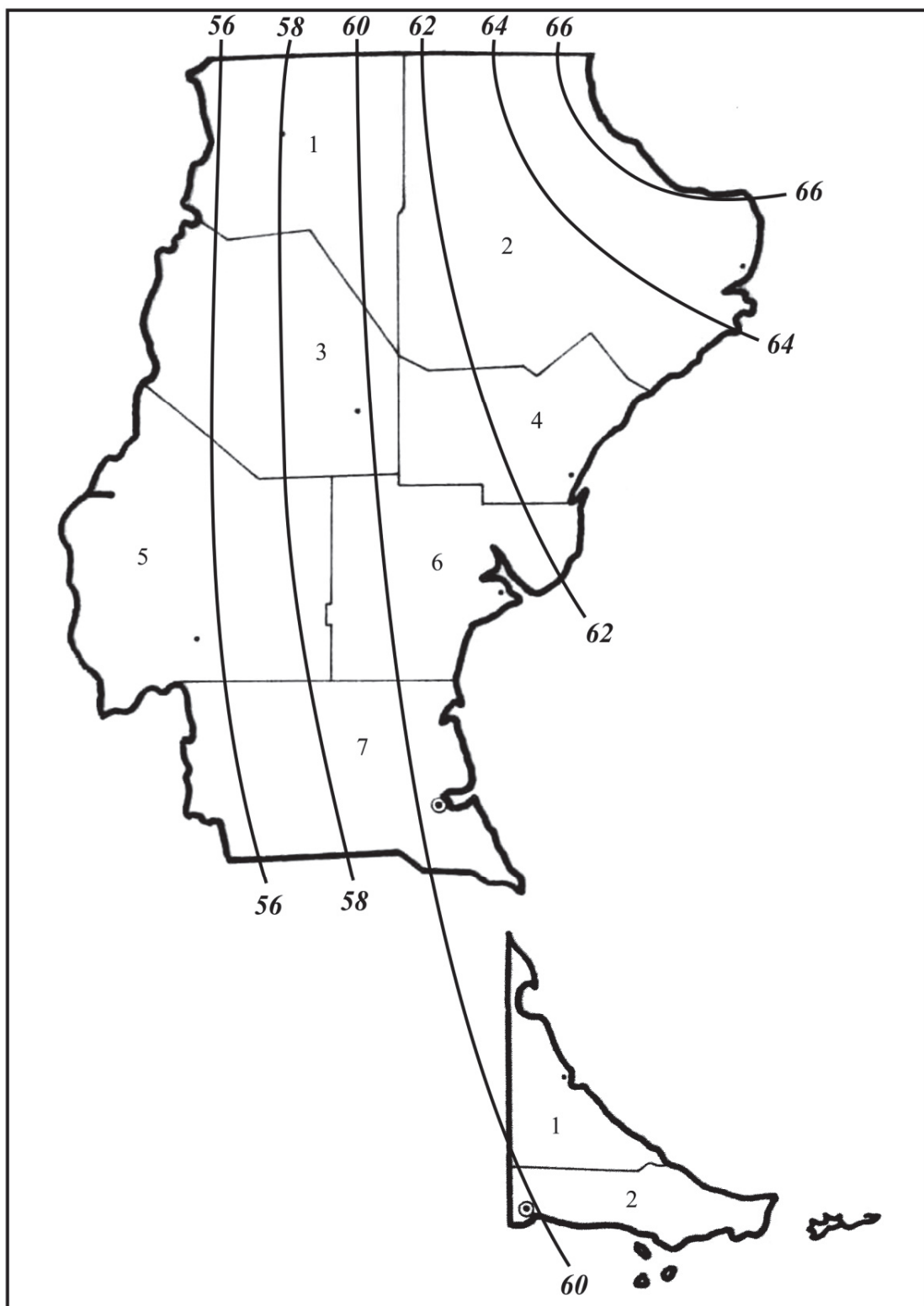
Provincias de Neuquén y Río Negro



Provincia de Chubut



Provincia de Santa Cruz y Tierra del Fuego



B.2. Espesores de hielo de diseño en la República Argentina



Espesor nominal de hielo, t , según la zona (transcripción de la Tabla 2.a) del Reglamento CIRSOC 104-2005)

zona	t (mm) hasta 1000 m de altura	t (mm) de 1000 m a 3000 m de altura	t (mm) mayor que 3000 m de altura
1	13	20	≥ 30
2	6	13	≥ 30
3	0	6	≥ 30

B.3. Zonificación Sísmica

La zonificación sísmica se determinará ingresando a la página web: www.inpres.gov.ar/zonificacionsismica (determinación) con las coordenadas geográficas del lugar de emplazamiento de la estructura de la antena, o consultando el mapa de zonificación sísmica que forma parte del **Reglamento INPRES-CIRSOC 103-Parte I-2013**.

ANEXO C

FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE ANTENAS TÍPICAS

ANEXO C. FUERZA DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE ANTENAS TÍPICAS

Este Anexo contiene especificaciones de carga de viento para sistemas de radiofrecuencia o celulares típicos y antenas de microondas.

Cuando no se especifiquen las orientaciones acimutales de las antenas ubicadas a la misma altura relativa sobre una estructura, se asumirá que las antenas irradian simétricamente alrededor de la estructura.

C.1. CARGA TÍPICA DE ANTENAS PARA OPERADORES INALÁMBRICOS

Un operador inalámbrico típico consiste en múltiples antenas montadas sobre una plataforma o soporte similar. Las áreas proyectadas efectivas, **(EPA)**, dadas en este Anexo, se usarán como valores normalizados presuntos cuando estén indefinidas las antenas reales y los detalles de montaje (por ejemplo: para futuras consideraciones de carga).

No es práctico proveer valores **(EPA)** normalizados que abarquen todas las antenas y configuraciones de montaje posibles. Previo a agregar un operador inalámbrico a una estructura diseñada utilizando valores presuntos de **(EPA)**, se debe efectuar una nueva revisión de la estructura de acuerdo con este Reglamento, considerando las antenas existentes y las realmente propuestas, plataformas, soportes y accesorios.

Tipo de operador	sin hielo		hielo $t_i \leq 13 \text{ mm}$		hielo $13 < t_i \leq 38 \text{ mm}$		Líneas de transmisión
	(EPA) _A m ²	Wt kN	(EPA) _A m ²	Wt kN	(EPA) _A m ²	Wt kN	
Liviano 9 antenas máx.	6,5	3,3	7,9	3,3	10,2	6,7	(9) de 51 mm de diámetro exterior
Pesado 12 antenas máx.	8,4	5,3	9,3	5,3	12,6	8,9	(12) de 51 mm de diámetro exterior
Nota: para estructuras reticuladas se debe considerar que todas las líneas llegan a un operador determinado y están instaladas en la misma cara de la estructura. Se permite suponer que las líneas para diferentes operadores están ubicadas en caras adyacentes de la estructura.							

C.2. CARGAS SOBRE ANTENAS TÍPICAS DE MICROONDAS

Los datos de fuerza de viento presentados en este Anexo para las antenas típicas de microondas (incluyendo antenas enrejadas) se refieren al sistema de ejes de la antena cuyo origen coincide con el **vértice del reflector**.

La fuerza axial, F_{AM} , actúa a lo largo del eje de la antena. La fuerza lateral, F_{SM} , actúa perpendicular al eje de la antena en el plano formado por el eje de la antena y el vector del viento. El momento torsor, M_M , actúa en el plano que contiene F_{AM} y F_{SM} (ver la **Figura C.1.**).

En todos los casos, las magnitudes de F_{AM} , F_{SM} , y M_M , dependen de la presión dinámica del viento, del área frontal proyectada de la antena y de las características aerodinámicas del cuerpo de la antena. Las características aerodinámicas varían con el ángulo del viento.

Los valores de F_{AM} , F_{SM} y M_M se deben determinar a partir de las siguientes expresiones:

$$F_{AM} = q_z G_h C_A A$$

$$F_{SM} = q_z G_h C_s A$$

$$M_M = q_z G_h C_M A D$$

siendo:

q_z	la presión dinámica en el vértice de la antena según el artículo 2.6.9.6.
G_h	el factor de efecto de ráfaga según el artículo 2.6.7 (dependiendo del tipo de estructura sobre la cual esté instalada la antena).
C_A , C_s y C_M	los coeficientes contenidos en las Tablas C.1. a C.4. en función del ángulo de incidencia del viento θ .
θ	el ángulo de incidencia del viento, (ver la Figura C.1.) para convención de signo positivo.
A	el área de la apertura exterior de una antena de microondas.
D	el diámetro exterior de una antena de microondas.

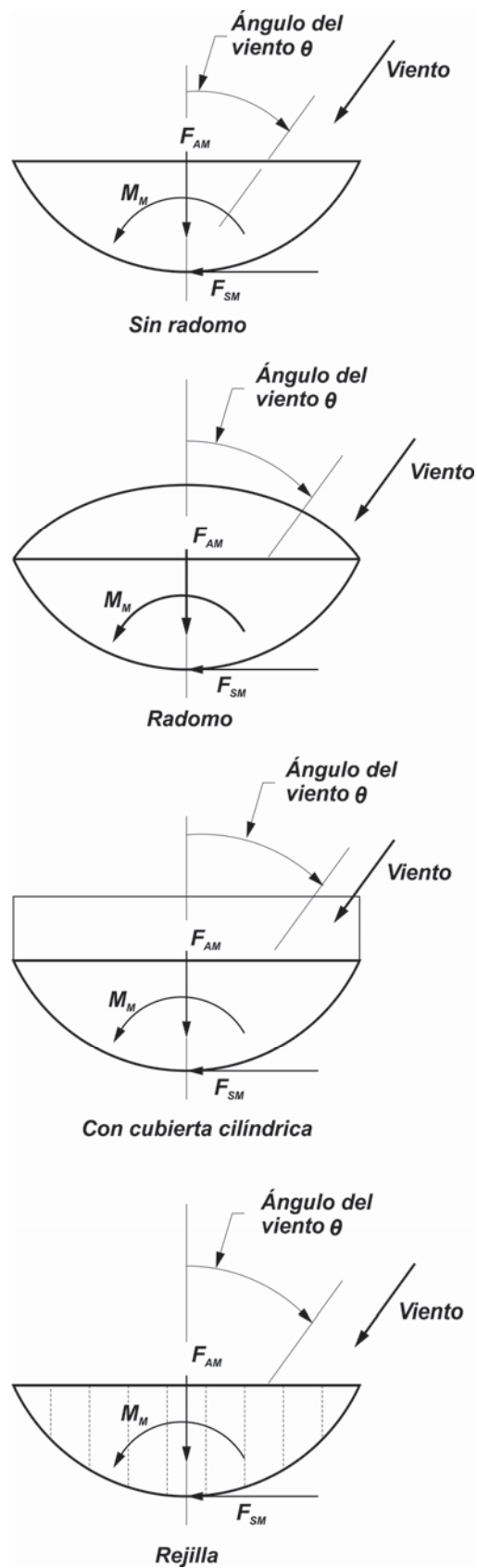


Figura C.1. Fuerzas de viento sobre antenas típicas de microondas.

Tabla C.1. Coeficientes de fuerza del viento para antenas típicas de microondas sin radomo

Ángulo de viento θ (grados)	C_A	C_S	C_M
0	1,5508	0,0000	0,0000
10	1,5391	-0,0469	-0,0254
20	1,5469	-0,0508	-0,0379
30	1,5547	-0,0313	-0,0422
40	1,5938	0,0078	-0,0535
50	1,6641	0,0898	-0,0691
60	1,6484	0,2422	-0,0871
70	1,3672	0,4570	-0,0078
80	0,7617	0,3789	0,1000
90	-0,0117	0,3438	0,1313
100	-0,4023	0,3828	0,1320
110	-0,4609	0,4141	0,1340
120	-0,4570	0,4570	0,1430
130	-0,4688	0,4688	0,1461
140	-0,5742	0,4453	0,1320
150	-0,7734	0,3906	0,1086
160	-0,8672	0,2930	0,0836
170	-0,9453	0,1445	0,0508
180	-1,0547	0,0000	0,0000
190	-0,9453	-0,1445	-0,0508
200	-0,8672	-0,2930	-0,0836
210	-0,7734	-0,3906	0,1086
220	-0,5742	-0,4453	-0,1320
230	-0,4688	-0,4688	-0,1461
240	-0,4570	-0,4570	-0,1430
250	-0,4609	-0,4141	-0,1340
260	-0,4023	-0,3828	-0,1320
270	-0,0117	-0,3438	-0,1313
280	0,7617	-0,3789	-0,1000
290	1,3672	-0,4570	0,0078
300	1,6484	-0,2422	0,0871
310	1,6641	-0,0898	0,0691
320	1,5938	-0,0078	0,0535
330	1,5547	0,0313	0,0422
340	1,5469	0,0508	0,0379
350	1,5391	0,0469	0,0254

Tabla C.2. Coeficientes de fuerza del viento para antenas típicas de microondas con radomo

Ángulo de viento θ (grados)	C_A	C_S	C_M
0	0,8633	0,0000	0,0000
10	0,8594	0,1484	-0,0797
20	0,8203	0,2969	-0,1113
30	0,7617	0,4102	-0,1082
40	0,6641	0,4883	-0,0801
50	0,5469	0,5313	-0,0445
60	0,4180	0,5000	-0,0008
70	0,3125	0,4609	0,0508
80	0,2266	0,4375	0,1047
90	0,1328	0,4063	0,1523
100	0,0313	0,3906	0,1695
110	-0,0664	0,3711	0,1648
120	-0,1641	0,3477	0,1578
130	-0,2930	0,3203	0,1395
140	-0,4102	0,3047	0,0906
150	-0,5195	0,2734	0,0516
160	-0,6016	0,2266	0,0246
170	-0,6563	0,1484	0,0086
180	-0,6914	0,0000	0,0000
190	-0,6563	-0,1484	-0,0086
200	-0,6016	-0,2266	-0,0246
210	-0,5195	-0,2734	-0,0516
220	-0,4102	-0,3047	-0,0906
230	-0,2930	-0,3203	-0,1395
240	-0,1641	-0,3477	-0,1578
250	-0,0664	-0,3711	-0,1648
260	0,0313	-0,3906	-0,1695
270	0,1328	-0,4063	-0,1523
280	0,2266	-0,4375	-0,1047
290	0,3125	-0,4609	-0,0508
300	0,4180	-0,5000	0,0008
310	0,5469	-0,5313	0,0445
320	0,6641	-0,4883	0,0801
330	0,7617	-0,4102	0,1082
340	0,8203	-0,2969	0,1113
350	0,8594	-0,1484	0,0797

Tabla C.3. Coeficientes de fuerza del viento para antenas típicas de microondas con cubierta cilíndrica

Ángulo de viento θ (grados)	C_A	C_s	C_M
0	1,2617	0,0000	0,0000
10	1,2617	0,0977	-0,0281
20	1,2500	0,1758	-0,0453
30	1,2109	0,2344	-0,0520
40	1,1563	0,2813	-0,0488
50	1,0859	0,3047	-0,0324
60	0,9453	0,3672	-0,0086
70	0,6719	0,4766	0,0227
80	0,2734	0,5820	0,0695
90	-0,1094	0,6250	0,0980
100	-0,3438	0,6016	0,1125
110	-0,5391	0,5313	0,1141
120	-0,7109	0,4375	0,1039
130	-0,8594	0,3125	0,0926
140	-0,9336	0,2305	0,0777
150	-0,9570	0,1758	0,0617
160	-0,9727	0,1484	0,0438
170	-0,9961	0,0977	0,0230
180	-1,0156	0,0000	0,0000
190	-0,9961	-0,0977	-0,0230
200	-0,9727	-0,1484	-0,0438
210	-0,9570	-0,1758	-0,0617
220	-0,9336	-0,2305	-0,0777
230	-0,8594	-0,3125	-0,0926
240	-0,7109	-0,4375	-0,1039
250	-0,5391	-0,5313	-0,1137
260	-0,3438	-0,6016	-0,1125
270	-0,1094	-0,6250	-0,0980
280	0,2734	-0,5820	-0,0695
290	0,6719	-0,4766	-0,0227
300	0,9453	-0,3672	0,0086
310	1,0859	-0,3047	0,0324
320	1,1563	-0,2813	0,0488
330	1,2109	-0,2344	0,0520
340	1,2500	-0,1758	0,0453
350	1,2617	-0,0977	0,0281

Tabla C.4. Coeficientes de fuerza del viento para antenas típicas de microondas enrejadas sin hielo

Ángulo de viento θ (grados)	C_A	C_S	C_M
0	0,5352	0,0000	0,0000
10	0,5234	0,1016	0,0168
20	0,5078	0,1797	0,0289
30	0,4609	0,2305	0,0383
40	0,4063	0,2617	0,0449
50	0,3438	0,2734	0,0496
60	0,2344	0,2813	0,0527
70	0,1289	0,2734	0,0555
80	0,0391	0,2500	0,0492
90	-0,0508	0,2422	0,0434
100	-0,1172	0,2734	0,0469
110	-0,1875	0,2852	0,0504
120	-0,2656	0,2773	0,0512
130	-0,3359	0,2617	0,0496
140	-0,4063	0,2344	0,0445
150	-0,4766	0,2031	0,0371
160	-0,5469	0,1563	0,0273
170	-0,5859	0,0859	0,0148
180	-0,5938	0,0000	0,0000
190	-0,5859	-0,0859	-0,0148
200	-0,5469	-0,1563	-0,0273
210	-0,4766	-0,2031	-0,0371
220	-0,4063	-0,2344	-0,0445
230	-0,3359	-0,2617	-0,0496
240	-0,2656	-0,2773	-0,0512
250	-0,1875	-0,2852	-0,0504
260	-0,1172	-0,2734	-0,0469
270	-0,0508	-0,2422	-0,0434
280	0,0391	-0,2500	-0,0492
290	0,1289	-0,2734	-0,0555
300	0,2344	-0,2813	-0,0527
310	0,3438	-0,2734	-0,0496
320	0,4063	-0,2617	-0,0449
330	0,4609	-0,2305	-0,0383
340	0,5078	-0,1797	-0,0289
350	0,5234	-0,1016	-0,0168
Nota: Para condiciones con hielo, en ausencia de datos más precisos, se deben usar los coeficientes de la Tabla C.1 .			

ANEXO D

LIMITACIONES DE ROTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE LAS ANTENAS DE MICROONDAS

ANEXO D. LIMITACIONES DE ROTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DE LAS ANTENAS DE MICROONDAS

Este Anexo contiene límites de deformación por rotación y desplazamiento para las estructuras que soportan **antenas de microondas** en la condición correspondiente a **estado límite de servicio**.

Los límites de torsión y desplazamiento de la estructura a la altura de una antena, θ , se deberán calcular de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- a) Para una antena de microondas con una degradación admisible del nivel de la señal de radiofrecuencia de **10 dB**:

$$\theta = \frac{C_{10}}{D\alpha}$$

- b) Para una antena de microondas con una degradación admisible del nivel de la señal de radiofrecuencia de **3 dB**:

$$\theta = \frac{C_3}{D\alpha}$$

siendo:

θ el límite de torsión o desplazamiento, en grados.

C_{10} = **16,2** GHz por m y por grado.

C_3 = **9,45** GHz por m y por grado.

D diámetro de la antena, en m.

α la frecuencia de la antena, en GHz.

Notas:

1. Los valores de θ calculados no implican una precisión en la determinación de la rigidez estructural más allá de los valores prácticos y procedimientos de cálculo conocidos. Para la mayor parte de las estructuras que soportan antenas no resulta práctico especificar una rigidez estructural calculada menor que **0,25** grados de torsión o rotación para una velocidad básica del viento de **30 m/s**.
2. El artículo **A.2.8** del **Anexo A** requiere que las deformaciones por defecto en estado límite se basen en una degradación total admisible de **10 dB**. La expresión basada en **3 dB** se provee a título de referencia.

ANEXO E

EFFECTOS OCASIONADOS POR LA ROTURA DE LAS RIENDAS

ANEXO E. EFECTOS OCASIONADOS POR LA ROTURA DE LAS RIENDAS

E.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Anexo define un método estático simplificado equivalente que se podrá utilizar cuando sea requisito verificar la condición de rotura de las riendas.

Podrá ser de interés verificar esta condición en aquellos casos en los que no sea posible instalar medios efectivos de protección de las riendas contra cortes accidentales (por ejemplo en zonas de tránsito de vehículos o maquinarias) y el eventual colapso de la estructura represente un alto peligro para la vida humana y/o daño a la propiedad en caso de falla y/o son usadas para comunicaciones esenciales (**estructuras de Clase III**).

E.2. INTRODUCCIÓN

Dado que puede resultar muy complicado realizar un análisis exacto de un mástil atirantado para determinar los efectos dinámicos provocados por la súbita rotura de una rienda, ya que esto depende de las características de la rotura, de la amortiguación de la estructura, de las vibraciones de las riendas y del mástil, etc, se propone el siguiente método estático equivalente que simula el comportamiento de la estructura inmediatamente después de la rotura de una rienda.

Este método se fundamenta en las siguientes hipótesis simplificadoras:

1. La rotura consiste en un simple corte de la rienda.
2. Se desprecia la energía elástica almacenada en la rienda antes de su rotura.
3. No se considera la amortiguación.
4. En el momento de la rotura de la rienda la carga del viento es mínima y se desprecia.
5. En el caso de las riendas en las caras o niveles de riendas que involucren antirrotadores, se deberá considerar que las dos riendas en la misma dirección general están cortadas. (Atención: los efectos torsionales de una única rienda cortada en este tipo de configuraciones están fuera del alcance de este Anexo.).

Los mástiles atirantados que tengan riendas en un solo nivel deberán tener bases fijas a fin de proveer resistencia contra la rotura de las riendas.

Este método reemplaza las fuerzas dinámicas que actúan sobre el mástil inmediatamente después de la rotura de una rienda por una fuerza horizontal estática equivalente (F_{din}) actuando sobre el mástil al nivel de fijación de la rienda rota (ver la **Figura E.1.**).

E.3. MÉTODO DE ANÁLISIS

1. Las riendas restantes excluyendo la rienda cortada (rienda 1), se analizan como un sistema en el cual el mástil se reemplaza por un soporte vertical único bajo la acción de una fuerza horizontal aplicada, F , actuando en la dirección de la rienda rota. Se genera la **curva 1** (ver la **Figura E.2.**) para diferentes valores de F , graficando la suma de las componentes horizontales en la dirección paralela a F de todas las riendas no cortadas al nivel de la rienda cortada, contra las correspondientes deflexiones del sistema de riendas en el nivel de la rienda cortada a partir de la condición de tensión inicial. (Observar que la deflexión aumenta a medida que la fuerza horizontal aplicada, F , disminuye).

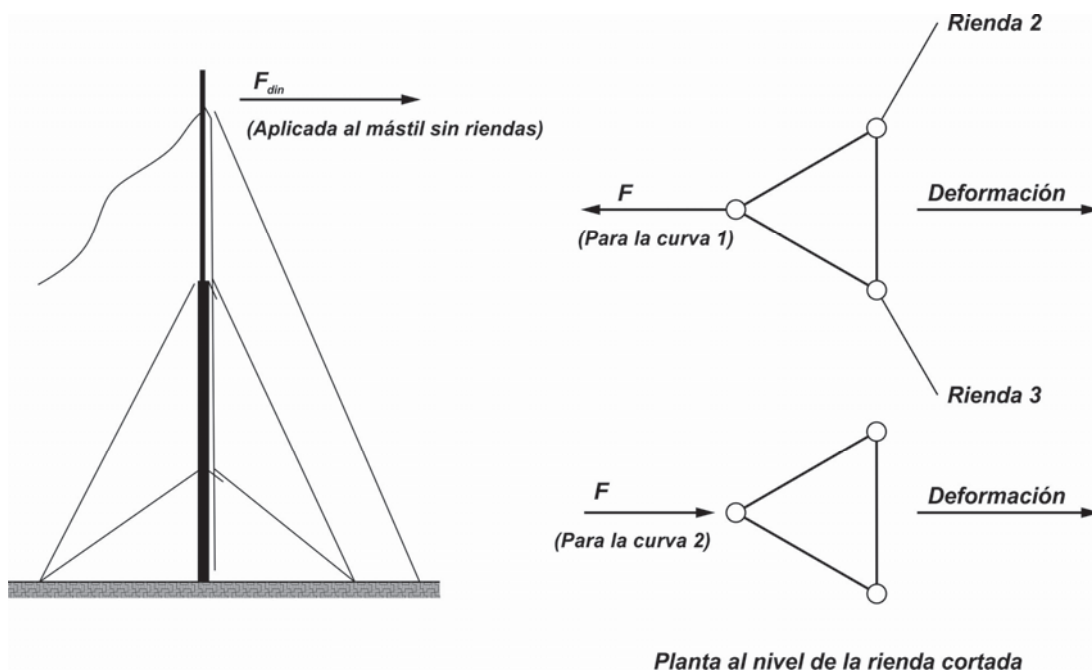


Figura E.1. Condición de rotura de una rienda.

2. La estructura se analiza retirando todas las riendas al nivel de la rienda cortada para diferentes valores de F actuando en la dirección opuesta a la rienda cortada. Se genera la **curva 2** (ver la **Figura E.2.**) para diferentes valores de F y se grafica con las correspondientes deflexiones del mástil a partir de la condición de tensión inicial. (Observar que la deflexión aumenta a medida que la fuerza horizontal aplicada, F , aumenta).
3. El área debajo de la **curva 1** representa la energía que se pierde en las riendas no cortadas cuando el mástil se deforma en dirección a las mismas. El área debajo de la **curva 2** representa la energía absorbida por la estructura cuando se deforma debido a una fuerza horizontal externa. La fuerza estática equivalente para la condición de rotura de la rienda, F_{din} , corresponde a la magnitud de la fuerza horizontal aplicada, F , requerida para que el área debajo de la **curva 2** sea igual al área debajo de la curva 1 (ver la **Figura E.2.**).
4. F_{din} se aplica a la estructura (con un factor de carga igual a **1,0**) retirando todas las riendas al mismo nivel y en dirección opuesta a la rienda cortada (ver la **Figura E.1.**). (Observar que bajo esta condición la estructura absorbe la energía que pierde el

sistema de riendas no cortadas bajo el movimiento asociado con la rotura de la rienda. Esta conservación de la energía es necesaria para mantener el equilibrio de la estructura. **Por lo tanto, las fuerzas resultantes en los elementos de la estructura simulan las fuerzas que ocurrirían en los elementos en la condición correspondiente a la rotura de una rienda.)**

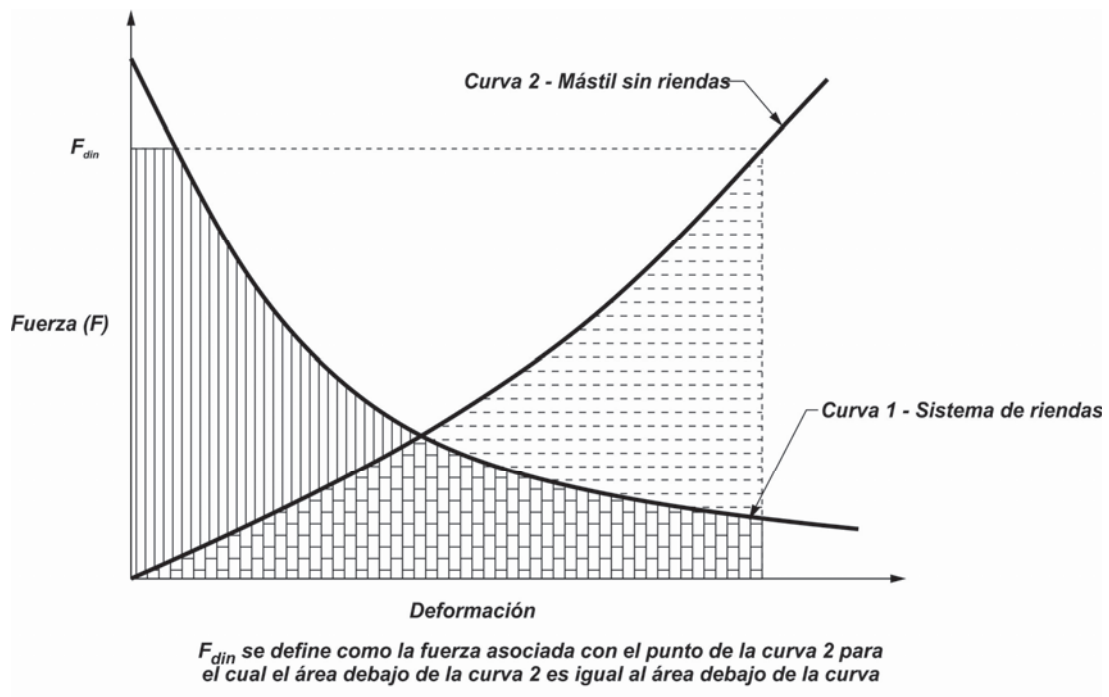


Figura E.2. Determinación de F_{din} .

ANEXO F

PARÁMETROS PRESUNTOS DEL SUELO

ANEXO F. PARÁMETROS PRESUNTOS DEL SUELO

Este Anexo contiene parámetros presuntos del suelo que se pueden utilizar en ausencia de un informe geotécnico. Se asume que los suelos arcillosos son no expansivos y tienen un índice de plasticidad menor que **24**.

Los parámetros presuntos del suelo indicados en este Anexo suponen condiciones secas (sin subpresión), una resistividad eléctrica del suelo mayor que **50 ohm-m** y un valor de **pH** del suelo comprendido entre **3** y **9** (ver el artículo 5.6.6). Cuando se desconozca la ubicación del predio, la profundidad de las heladas será igual a **1,1 m**.

Las hipótesis y los parámetros presuntos del suelo se deberán validar para el predio específico antes de realizar la instalación.

Tabla F.1. Parámetros presuntos del suelo

Tipo de suelo	N [golpes/m]	ϕ (grados)	γ [kN/m ³]	c [kPa]	Capacidad de carga última [kPa]		S _f [kPa]	k [kN/m ³]	ε ₅₀
					Fundaciones superficiales	Fundaciones profundas			
Arcilla	26	0	17	48	240	431	24	41,000	0,01
Arena	33	30	17	0	144	335	24	9,500	N/A

siendo:

N el número de golpes correspondientes al ensayo de penetración normal (SPT)

φ el ángulo de fricción interna.

γ el peso unitario efectivo del suelo.

c la cohesión.

S_f la fricción superficial última.

k el módulo de reacción lateral del suelo.

ε₅₀ la deformación correspondiente al **50%** de la compresión última.

Fundaciones superficiales: Fundaciones aisladas tales como zapatas y plateas.

Fundaciones profundas: Pozos perforados, pilotes y pozos acampanados.

Nota: Los parámetros de diseño reales del suelo, determinados en base a un informe geotécnico con valores de penetración normal similares pueden variar respecto de los valores tabulados.

ANEXO G

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

ANEXO G. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

Este Anexo indica la información mínima que debería contener un estudio geotécnico.

G.1. Los registros e informes de perforación deberán indicar:

1. Fecha, métodos de muestreo, número y tipo de muestras.
2. Descripción de los estratos del suelo de acuerdo con el **Sistema de Clasificación de Suelos Unificado (USCS)**.
3. Profundidades a las cuales ocurren los cambios de estrato medidas respecto de una cota de referencia.
4. Número de golpes del **ensayo de penetración normal (SPT)** para cada capa de suelo.
5. Densidad de cada capa de suelo.
6. Ángulo de fricción interna para cada capa de suelo.
7. Cohesión para cada capa de suelo.
8. Capacidades de carga últimas para cada capa de suelo o para la(s) profundidad(es) de fundación recomendada(s).
9. Para condiciones de suelo expansivo, la zona de influencia activa y recomendaciones para el diseño.
10. Nivel del agua libre encontrada y nivel freático a considerar para el diseño.
11. Profundidad de las heladas a considerar para el diseño.
12. Resistividad eléctrica del suelo, valores de **pH** y naturaleza corrosiva del suelo.
13. Otros datos de diseño y recomendaciones relevantes.
14. Recomendaciones sobre tipos de fundaciones alternativas.
15. Información topográfica del predio.
16. Observar si la ubicación está a una distancia menor o igual que **300m** de tuberías subterráneas, cables eléctricos enterrados con el conductor neutro concéntrico o subestaciones eléctricas, ya que estos podrían originar corrosión electrolítica.

G.2. Para los pozos perforados también se deberá proporcionar la siguiente información:

1. Capacidad de punta última.
2. Factor de fricción superficial última para cada capa de suelo.
3. Módulo de reacción lateral para cada capa de suelo.
4. Deformación última del suelo al **50%** de la compresión última, ϵ_{50} , para cada capa de suelo.

G.3. Para los anclajes en roca también se deberá proporcionar la siguiente información:

1. Tipo y estado de la roca.
2. Designación de la calidad de la roca (**RQD**).
3. Porcentaje de muestra de roca recuperada.
4. Tensión de adherencia última en la interfaz entre la roca y el mortero.
5. Resistencia última al corte.

ANEXO H

CONTROL ADICIONAL DE LA CORROSIÓN

ANEXO H. CONTROL ADICIONAL DE LA CORROSIÓN

Este Anexo proporciona métodos adicionales para controlar la corrosión de los anclajes de las riendas de acero y postes embebidos en el terreno directamente en contacto con el suelo.

Se requieren métodos adicionales de control de la corrosión para el acero en contacto directo con el suelo cuando la resistividad eléctrica medida del suelo es menor que **50 ohm-m** y/o cuando los valores de **pH** medidos del suelo son menores que **3** o mayores que **9**, para estructuras **Clase II** y **Clase III**.

También se recomienda utilizar métodos adicionales de protección contra la corrosión en los predios donde se instalen antenas de emisoras de Amplitud Modulada y predios que se sabe se encuentran próximos a tuberías subterráneas enterradas, cables subterráneos enterrados que utilizan un neutro concéntrico o ubicados a una distancia menor o igual que **300m** de una subestación eléctrica.

Los predios en los cuales los suelos tienen un elevado contenido de sales o componentes orgánicos, diferencial o transferencia de oxígeno, fluctuaciones significativas del contenido de humedad o elevados potenciales de reducción-oxidación (potencial de corrosión microbiológica) pueden ser susceptibles a una corrosión acelerada, por lo que se recomienda que un experto en corrosión establezca medidas de control específicas para el predio.

Métodos de control de la corrosión adicionales

- a) Protección catódica utilizando ánodos de sacrificio: el tamaño, tipo y colocación de los ánodos deberá ser determinado por un profesional o empresa especializados en el control de la corrosión.
- b) Protección catódica utilizando una corriente impresa: el sistema de corriente impresa a utilizar deberá ser determinado por un profesional o empresa especializados en el control de la corrosión.
- c) Cubierta de hormigón: dependiendo de la concentración de sulfatos solubles en el suelo o en el agua freática, todo el hormigón debajo del nivel del terreno debería ser resistente a los sulfatos.

Cuando se utilice un anclaje recubierto con un muerto de hormigón, la armadura del recubrimiento del anclaje se introducirá correctamente en el muerto para evitar la fisuración excesiva. El recubrimiento del anclaje se prolongará como mínimo **150 mm por encima del nivel del terreno**.

- d) Encintado o tratamiento del acero en contacto directo con el suelo mediante el recubrimiento con productos anticorrosivos especiales que permanezcan sin fisurar y mantengan su estabilidad química y ductilidad durante la vida útil definida para la

estructura. Para la aplicación de este método es necesario tomar precauciones especiales durante las operaciones de instalación y relleno para evitar dañar el recubrimiento. En la ubicación dañada se podría producir una corrosión acelerada.

Conjuntamente con este método también se deberá ***proveer protección catódica***.

ANEXO I

***ACCESORIOS PARA EL
ASCENSO***

ANEXO I. ACCESORIOS PARA EL ASCENSO

Este Anexo proporciona ejemplos de accesorios adecuados para el ascenso (ver las **Figuras I.1. e I.2.**). Se deberá tener precaución para asegurar que los accesorios se fijen a elementos firmes que no muestren signos de daños y/o corrosión excesiva.

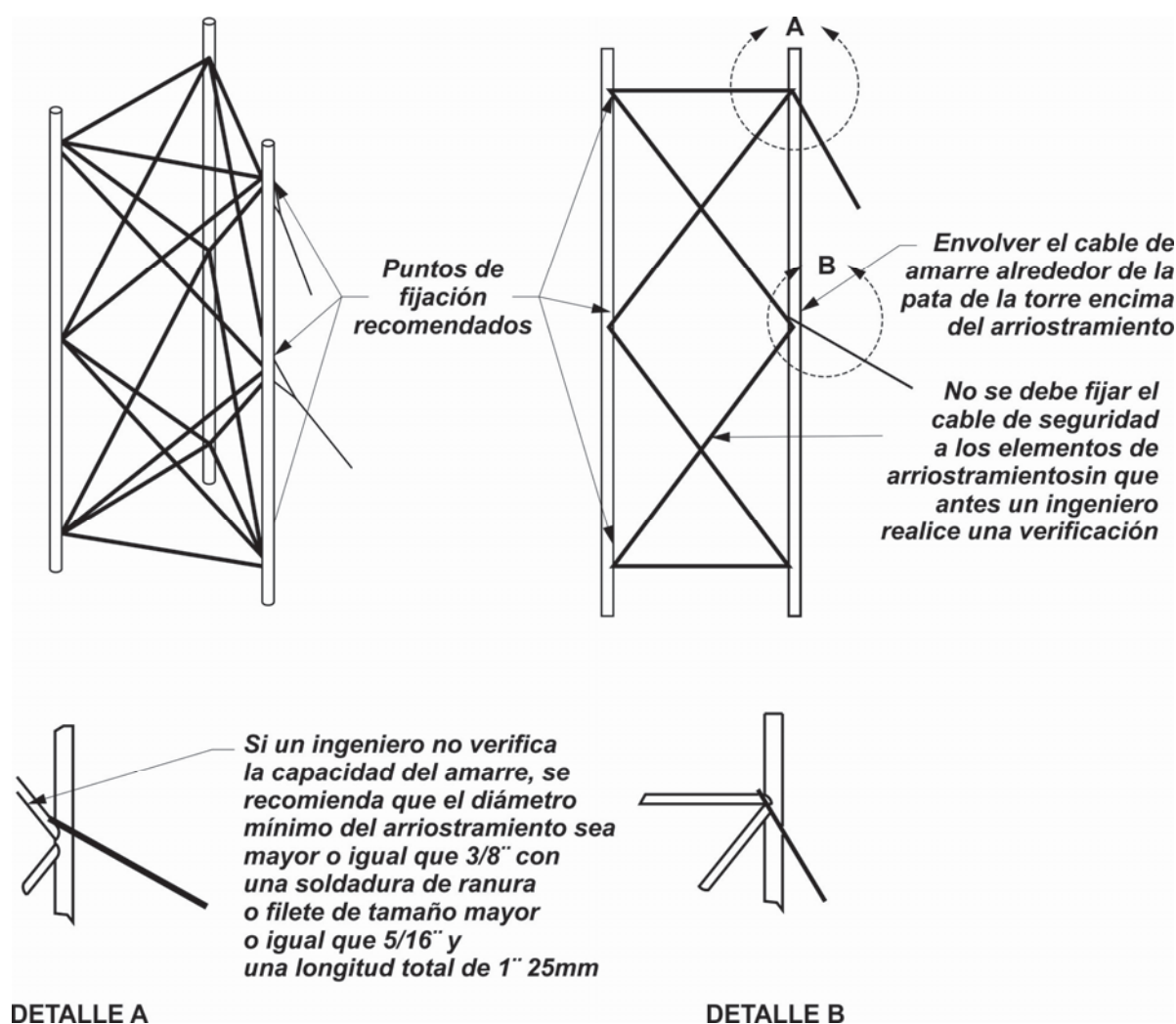
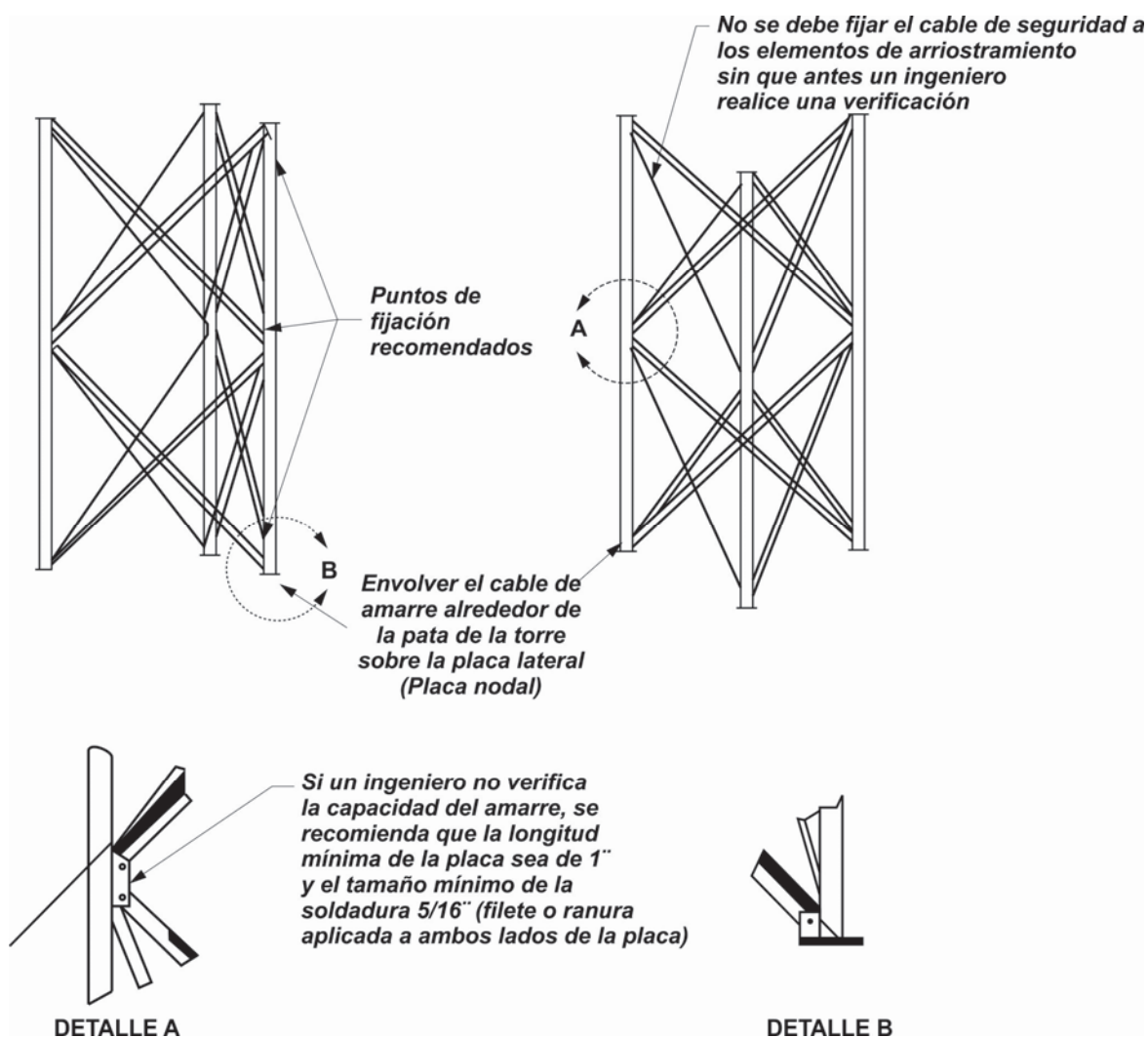


Figura I.1. Ejemplos de accesorios para el ascenso (todas las secciones soldadas).



Nota: En el vértice de los arriostramientos con disposición en "K" con detalles de conexión al arriostramiento horizontal similares a los ilustrados también hay puntos de anclaje.

Figura I.2. Ejemplos de accesorios para el ascenso (secciones abulonadas).

ANEXO J

MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS EXISTENTES

ANEXO J. MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS EXISTENTES

Este Anexo proporciona listas de verificación para:

- (a)** mantenimiento y evaluación del estado de la estructura y sus elementos y accesorios, y
- (b)** relevamiento de campo de las estructuras y sus accesorios.

Este Anexo no indica medios ni métodos para la protección contra radiofrecuencias.

J.1. MANTENIMIENTO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA ESTRUCTURA Y SUS ELEMENTOS Y ACCESORIOS

A) Estado de la estructura

- 1)** Elementos dañados (montantes y arriostramientos)
- 2)** Elementos flojos o fijados incorrectamente
- 3)** Elementos faltantes
- 4)** Instalaciones para el ascenso, plataformas, pasarelas – todos estos elementos deben estar bien asegurados
- 5)** Bulones y/o dispositivos fijadores de tuercas flojos y/o faltantes
- 6)** Fisuras visibles en las uniones soldadas
- 7)** Fisuras visibles en el material base de bridas (especialmente de monopostes) y placas base o en los extremos de los rigidizadores (las fisuras en el material base podrían ser visibles solo desde el interior de los monopostes)
- 8)** Registro de la temperatura, velocidad y dirección del viento y otras condiciones ambientales

B) Acabado

- 1)** Estado de la pintura y/o el galvanizado
- 2)** Estado de herrumbre y/o corrosión incluyendo soportes y accesorios
- 3)** Balizamiento diurno según regulaciones de la ANAC
- 4)** Acumulaciones de agua en los elementos (deben ser solucionadas, por ejemplo, destapando los orificios de drenaje, etc.)

C) Iluminación

- 1)** Ductos, cajas eléctricas y fijaciones (herméticos y seguros)
- 2)** Aberturas para drenaje y venteo (sin obstrucciones)
- 3)** Estado del cableado
- 4)** Tulipas

- 5) Estado de las luminarias
- 6) Controladores (funcionando)
 - a) Luz intermitente
 - b) Fotocontrol
 - c) Alarmas
- D) Puesta a tierra**
 - 1) Uniones
 - 2) Corrosión
 - 3) Protección contra rayos (asegurada a la estructura)
- E) Antenas y cables**
 - 1) Estado de las antenas
 - 2) Estado de los soportes y/o protecciones contra el hielo (elementos doblados, sueltos y/o faltantes)
 - 3) Estado de los cables de alimentación (bridas, sellos, hendiduras, daños al material aislante, puestas a tierra, etc.)
 - 4) Estado de las grampas y/o suspensores (a presión, abulonados, mallas de suspensión (hoisting grip – kellum grip), etc.)
 - 5) Asegurados a la estructura
- F) Otros accesorios (pasarelas, plataformas, sensores, reflectores, etc.)**
 - 1) Estado
 - 2) Asegurados a la estructura
- G) Estado de los aisladores**
 - 1) Fisuración y desgaste
 - 2) Limpieza de los aisladores
 - 3) Distancias disruptivas correctamente configuradas
 - 4) Estado del transformador de aislación
 - 5) Bulones y conexiones bien ajustados
- H) Rientas**
 - 1) Estado de los cordones (corrosión, roturas, muescas, pliegues, etc.)
 - 2) Estado de los accesorios de las rientas
 - a) Tensores o su equivalente (asegurados y correctamente aplicados)
 - b) Guardacabos correctamente colocados (si fueran necesarios)
 - c) Abrazaderas y grampas correctamente colocados (si fueran necesarios)
 - d) Conectores de rientas (accesorios para fijación de los extremos)
 - (i) Prensacables correctamente colocados con sus bulones ajustados
 - (ii) Cables correctamente rematados
 - (iii) Sin evidencia de deslizamiento o cordones dañados

(iv) Preformados correctamente colocados, totalmente ajustados, con la abrazadera terminal colocada

(v) Casquillos colados seguros y sin evidencia de separación

(vi) Grilletes, bulones, pernos y pasadores asegurados y en buen estado

3) Tensiones en las riendas

4) Medir tensiones en las riendas (ver el *Anexo K*)

1) Es esperable que se produzcan pequeñas variaciones en las tensiones de las riendas debido a los cambios de temperatura y condiciones de baja velocidad del viento. La causa de cualquier cambio significativo se debería determinar inmediatamente, tomando acciones correctivas adecuadas. Las posibles causas incluyen un aflojamiento inicial durante la construcción, condiciones extremas de viento o hielo ocurridas anteriormente, movimiento de los anclajes, asentamiento de la base o deslizamiento de las uniones.

2) Es esperable que en un mismo nivel haya variaciones de tensión a causa de diferentes alturas de los anclajes, desviaciones constructivas y efectos del viento.

5) Registrar la temperatura, velocidad y dirección del viento

I) Fundaciones de hormigón

1) Estado del terreno

a) Asentamiento, movimiento o fisuración del terreno

b) Erosión

c) Estado del predio (agua estancada, drenaje, árboles, etc.)

2) Estado de los anclajes

a) Tuercas y/o dispositivos fijadores de tuercas (ajustados)

b) Estado del mortero de recalce

c) Estado de los anclajes y/o varillas de anclaje

3) Estado del hormigón

a) Fisuración, descascaramiento o hendiduras

b) Hormigón dañado o quebrado

c) Presencia de nidos de abejas

d) Puntos bajos donde se acumula la humedad

J) Anclajes de los mástiles atirantados

1) Asentamiento, movimiento o fisuración del terreno

2) Relleno apilado sobre el hormigón para evacuación del agua

3) Estado de las varillas de anclaje debajo del nivel del terreno (Mantener la capacidad estructural requerida del anclaje durante la exploración. Puede ser necesario utilizar anclajes temporarios.)

4) Medidas de control de la corrosión (galvanizado, recubrimientos, cubiertas de hormigón, sistemas de protección catódica, etc.)

5) Cabezas de los anclajes (tillas) alejadas del suelo

K) Alineación de la estructura

1) Verticalidad y torsión de la estructura (ver *Figuras J.1. y J.2.*)

Nota: Las tolerancias de armado especificadas en el Capítulo 13 representan tolerancias que se pueden lograr fácilmente usando métodos de instalación convencionales. Las faltas de alineación medidas, que se encuentren comprendidas dentro de las tolerancias especificadas en el Capítulo 13, se pueden ignorar al analizar la estructura; sin embargo, cuando las faltas de alineación medidas sean mayores que las tolerancias especificadas, el modelo de análisis de la estructura deberá considerar dichas faltas de alineación.

J.2. RELEVAMIENTOS DE CAMPO

J.2.1. RELEVAMIENTO DE LOS ACCESORIOS

El relevamiento de los accesorios deberá proporcionar datos suficientes sobre sus dimensiones para calcular el área proyectada efectiva, el peso y la ubicación de todos los accesorios.

Como mínimo, el relevamiento de los accesorios deberá incluir:

- A)** Inventario de las antenas existentes: Cota, tipo de antena y dimensiones/número de modelo, tipo y ubicación de los soportes, separación y orientación respecto de la sección transversal y correspondiente(s) línea(s) de transmisión.
- B)** Inventario de otros accesorios (escaleras, plataformas, etc.): Cota, tipo y dimensiones de los accesorios, ubicación, separación y orientación respecto de la sección transversal.
- C)** Un esquema de la sección transversal para indicar la ubicación y denominación de todas las líneas de transmisión (tamaño y separación) que muestre la orientación de las líneas y de la estructura respecto del norte. Para las líneas de transmisión instaladas en grupos: número de líneas por fila, número de filas y separación entre líneas, la profundidad y el ancho total.

J.2.2. RELEVAMIENTO DE COMPONENTES ESTRUCTURALES

Antes de poder analizar una estructura es necesario relevar la configuración estructural y el tamaño de todos los elementos estructurales para poder calcular las cargas de viento y las capacidades de los elementos.

Como mínimo, el relevamiento de la estructura y sus principales elementos estructurales deberá incluir:

J.2.2.1. Estructuras autosoportadas reticuladas

- A)** Esquema general de la estructura con numeración de todas las secciones
- B)** Configuración de cada sección:
 - 1)** Altura de la sección.
 - 2)** Altura de malla y número de mallas.

- 3) Configuración de las mallas (**X**, **X** con travesaños, **K**).
 - 4) Ancho de cara (distancia entre los centros de los montantes) en todas las ubicaciones donde cambie la inclinación de los montantes.
 - 5) Esquema indicando todo lo anterior para cada sección típica.
- C) Tamaños de los miembros de cada sección:**
- 1) Tamaños de los miembros de los montantes, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), el diámetro de las secciones circulares macizas, o tamaño y espesor de los perfiles angulares (**60°** o **90°**).
 - 2) Tamaños de los miembros de las diagonales, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), y el tamaño, espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.
 - 3) Tamaños de los miembros horizontales, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), y el tamaño, espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.
 - 4) Tamaños de los miembros de las riostras secundarias (si corresponde), o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), tamaño, espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.

J.2.2.2. Mástiles atirantados

- A)** Tipo de base de la estructura (fija o articulada) y base recta o cónica.
- B)** Dimensiones de los anclajes de las riendas: distancia entre la base y los anclajes de las riendas, alturas respecto de la base y orientación.
- C)** Esquema general de la estructura con numeración de todas las secciones. Ubicar y rotular todos los niveles de riendas:
 - 1) Configuración de cada sección.
 - 2) Altura de la sección.
 - 3) Altura de malla y número de mallas.
 - 4) Configuración de las mallas (**X**, **X** con travesaños horizontales, **K**).
 - 5) Ancho de cara (distancia entre los centros de los montantes) en todas las ubicaciones donde cambia la inclinación de los montantes.
 - 6) Esquema indicando todo lo anterior para cada sección típica.
- D)** Tamaños de los miembros de cada sección:
 - 1) Tamaños de los miembros de los montantes, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), el diámetro de las secciones circulares macizas, o el tamaño y espesor de los perfiles angulares (**60°** o **90°**).
 - 2) Tamaños de los miembros de las diagonales, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), y el tamaño,

espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.

3) Tamaños de los miembros horizontales, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), el diámetro de las secciones circulares macizas, o el tamaño, espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.

4) Tamaños de los miembros de las riostras secundarias, o sea, el diámetro de los tubos (diámetro exterior y espesor de pared usando un dispositivo de ultrasonido), y el tamaño, espesor y orientación (alas largas espalda contra espalda o alas cortas espalda contra espalda) de los perfiles.

E) Altura de las riendas, tipo y tamaño para cada nivel de riendas.

J.2.2.3. Monopostes

A) Esquema general de la estructura con numeración de todas las secciones.

B) Configuración de cada sección:

C) Altura de la sección:

- para las secciones con bridas, longitud entre dos empalmes consecutivos
- para los postes telescópicos, longitud entre dos topes consecutivos

D) Si tuviera múltiples caras, número de caras.

E) Dimensión entre planos o diámetro y circunferencia en la parte superior e inferior de cada sección.

F) Tamaño de aberturas, refuerzos y ubicación de las puertas de acceso.

G) Dimensiones para cada sección y espesor de pared de cada sección.

J.2.2.4. Uniones

Antes de poder realizar un análisis riguroso de una estructura es necesario **relevar los detalles de todas las uniones estructurales para calcular las capacidades de dichas uniones**.

Como mínimo, el relevamiento de las uniones de la estructura deberá incluir lo siguiente:

A) Detalles de las uniones de los extremos de los elementos.

B) Uniones abulonadas: número, tipo y tamaño de los bulones de extremo y centrales.

C) Tamaño y espesor de la placa nodal y detalles relacionados (tamaños de los orificios, distancias a los bordes, tamaño y longitud de las soldaduras).

D) Uniones soldadas: tamaño y longitud de las soldaduras de las uniones de extremo y centrales.

E) Detalles de los empalmes.

F) Número, tipo y tamaño de los bulones:

La descripción del tipo de bulón necesariamente debe incluir la indicación estampada en la cabeza de los bulones.

- G)** Tamaño y espesor de la placa de empalme y detalles relacionados (tamaños de los orificios, distancias a los bordes, tamaño y longitud de las soldaduras) y distancia desde el punto de intersección de paneles.
- H)** Tipo de anclaje, tamaño, número y patrón de bulones.
- I)** Detalles de las riendas y sus conexiones.
- J)** Tipo/tamaño de los preformados, tamaño de los tensores, tamaño de los grilletes.
- K)** Tamaño de los casquillos, tamaño de los pasadores, tamaño de las placas de unión y detalles relacionados.
- L)** Tamaño y espesor de las placas de tracción de las riendas y detalles relacionados (tamaños de los orificios, distancias a los bordes, tamaño y longitud de las soldaduras, tamaño de los rigidizadores).
- M)** Dimensiones y espesor de las placas para las cabezas de los anclajes (tillas); tamaño, separación y distancias a los bordes de los orificios; tipo, tamaño y largo visible de la barra de anclaje; ángulo respecto del plano horizontal; tamaño de las soldaduras y longitud de la unión entre la barra de anclaje y la placa receptora.

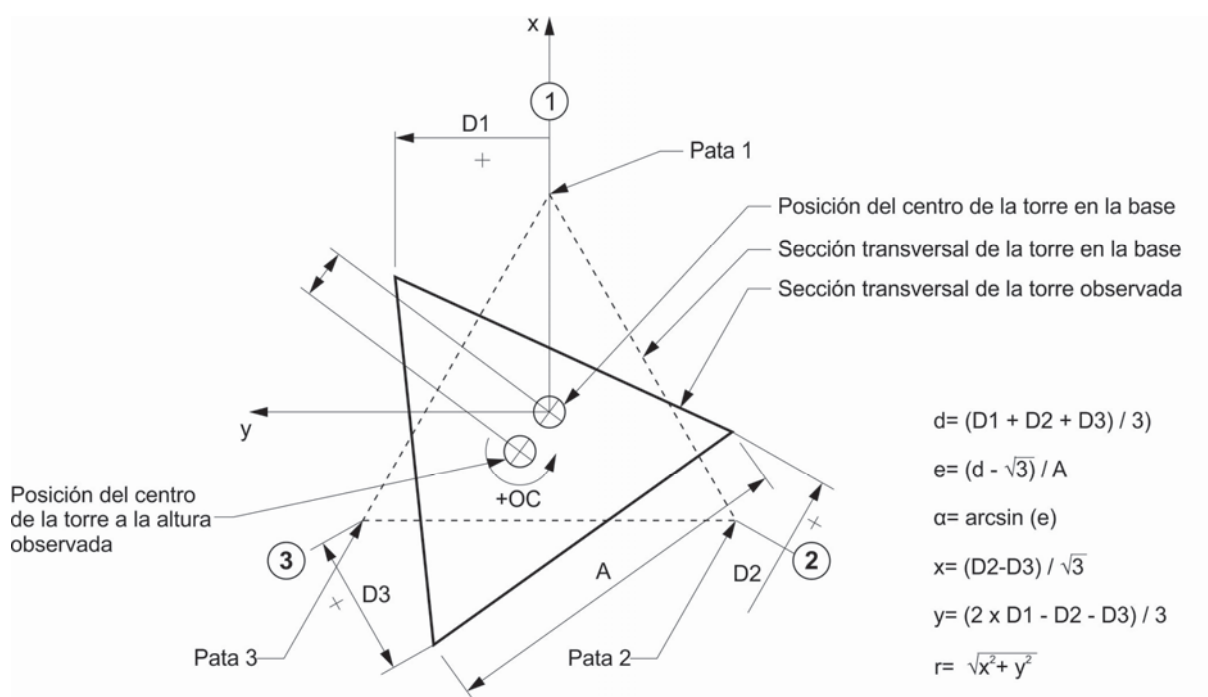
Nombre del predio: _____

Fecha: _____

Viento: _____

Temperatura: _____

El teodolito se deberá instalar sobre el azimuth de cada pata en la base de la torre. La correspondiente pata en la base de la torre se utiliza para establecer la línea de referencia vertical. La deflexión en cada punto de interés de la torre se mide a partir de dicha línea de referencia vertical, tal como se ilustra en la **Figura J.1**.



Desplazamientos observados de los montantes					Torsión calculada			Falta de verticalidad calculada		
Altura observ. [m]	A [mm]	D1 [mm]	D2 [mm]	D3 [mm]	d [mm]	e	α deg.	X [mm]	y [mm]	z [mm]

Figura J.1. Determinación de la torsión y falta de verticalidad para torres triangulares.

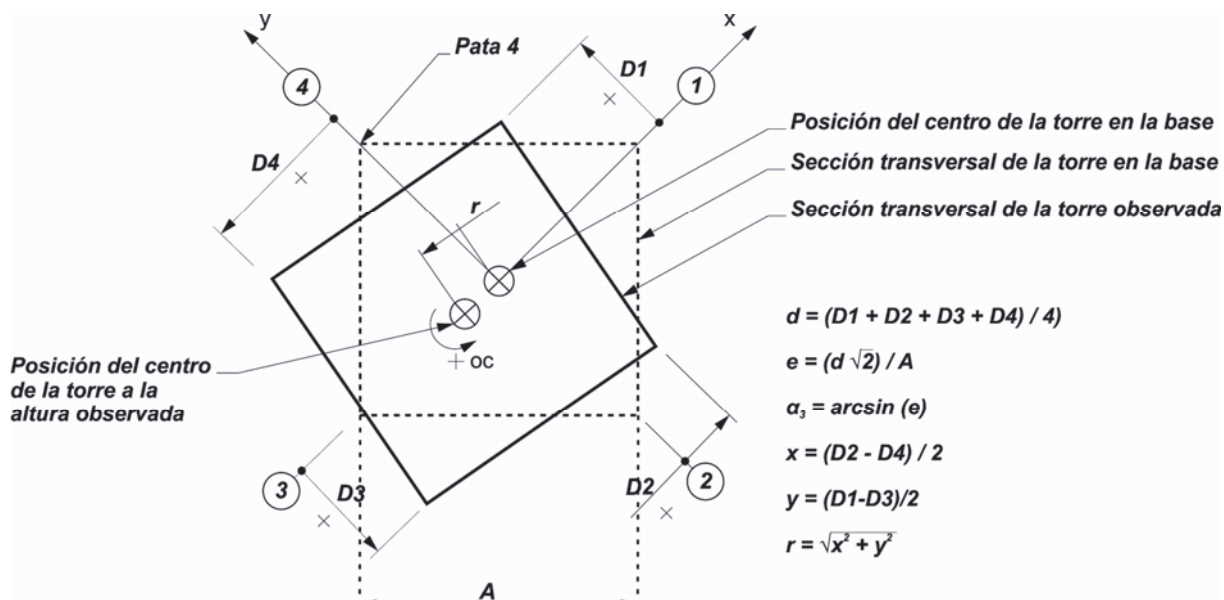
Nombre del predio: _____

Fecha: _____

Viento: _____

Temperatura: _____

El teodolito se deberá instalar sobre el azimut de cada pata en la base de la torre. La correspondiente pata en la base de la torre se utiliza para establecer la línea de referencia vertical. La deflexión en cada punto de interés de la torre se mide a partir de dicha línea de referencia vertical, tal como se ilustra en la **Figura J.2**.



Desplazamientos observados de los montantes					Torsión calculada			Falta de verticalidad calculada		
Altura observ. [m]	A [mm]	D1 [mm]	D2 [mm]	D3 [mm]	d [mm]	e	α deg.	X [mm]	y [mm]	z [mm]

Figura J.2. Determinación de la torsión y falta de verticalidad para torres cuadradas.

ANEXO K

MEDICIÓN DE LAS TENSIONES EN LAS RIENDAS

ANEXO K. MEDICIÓN DE LAS TENSIONES EN LAS RIENDAS

Este Anexo proporciona lineamientos para medir las tensiones de las riendas en el lugar de emplazamiento. Hay dos métodos básicos para medir las tensiones iniciales de las riendas en emplazamiento: el método directo y el método indirecto.

A. MÉTODO DIRECTO (VER LA FIGURA K.1.)

Se coloca un dinamómetro (celda de carga) con un dispositivo de regulación de la longitud (tal como un tira cables o un aparejo) al sistema de riendas, utilizando prensacables para sujetarlo a la rienda justo por encima del tensor y a la tilla del anclaje debajo del tensor.

Luego el tiracables se ajusta hasta que el tensor original comienza a aflojarse. En ese momento el dinamómetro transmite toda la carga de la rienda al anclaje, por lo que la tensión de la rienda se puede leer directamente en el dinamómetro.

Este método también se puede utilizar para establecer la tensión correcta, ajustando el tiracables hasta que en el dinamómetro se lea la tensión apropiada. Se marcan dos puntos de control –uno por encima del punto de fijación en la rienda y el otro en la tilla del anclaje– y se mide la longitud de control. Luego se retiran el dinamómetro y el tiracables y se ajusta el tensor original para mantener la longitud de control medida anteriormente.

B. MÉTODOS INDIRECTOS

Hay dos técnicas habituales que se utilizan para medir de forma indirecta las tensiones iniciales de las riendas: el método del pulso u oscilación (vibración) y el método de intersección de la tangente (geometría).

1. Método del pulso (ver las Figuras K.1. y K.3.)

Se aplica un fuerte tirón al cable de la rienda cerca de su unión al anclaje, provocando así un pulso u onda que sube y baja por el cable. El cronómetro se inicia cuando el pulso regresa al extremo inferior del cable por primera vez. Luego se cronometra un cierto número de retornos del pulso al anclaje y la tensión de la rienda se determina usando las siguientes expresiones:

$$T_M = W L N^2 / 2455 P^2$$
$$T_A = \sqrt{\left(T_M - \frac{WV}{2L}\right)^2 + \left(\frac{WH}{2L}\right)^2}$$

siendo:

T_A la tensión de la rienda en el anclaje, en N.

T_M la tensión de la rienda a la mitad de su longitud, en N.

W el peso total de la rienda, incluyendo aisladores, etc., en N.

L la longitud de la cuerda de la rienda, en m.

$$L = \sqrt{H^2 + V^2}$$

H la distancia horizontal entre el punto de fijación de la rienda en la torre y el punto de fijación de la rienda en el anclaje, en m.

V la distancia vertical entre el punto de fijación de la rienda en la torre y el punto de fijación de la rienda en el anclaje, en m.

N el número de pulsos u oscilaciones completas contadas en P segundos.

P el período de tiempo medido para N pulsos u oscilaciones, en segundos.

En lugar de generar un pulso que suba y baje por la rienda, también se puede lograr el mismo resultado haciendo que el cable oscile libremente de lado a lado y cronometrando N oscilaciones completas. Las expresiones arriba indicadas también se aplican para este enfoque.

2. Método de intersección de la tangente (ver la **Figura K.2.**)

Se establece una línea de vista tangente a la rienda cerca del extremo del anclaje y que interseque la pata de la torre una cierta distancia por debajo del punto de fijación de la rienda en el mástil (distancia al punto de intersección de la tangente). La distancia al punto de intersección de la tangente se mide o se estima, luego de lo cual la tensión se determina usando la siguiente expresión:

$$T_A = \frac{\sqrt{H^2 + (V - I)^2}}{HI}$$

siendo:

C la distancia entre el punto de fijación de la rienda en la torre y el centro de gravedad del peso W , en m.

I la distancia al punto de intersección de la tangente, en m.

Si el peso está uniformemente distribuido a lo largo del cable de la rienda, C será aproximadamente igual a $H/2$. Si el peso no está uniformemente distribuido, la rienda se puede subdividir en n segmentos y se puede utilizar la siguiente expresión:

$$T_A = \frac{S\sqrt{H^2 + (V - I)^2}}{HI}$$

siendo:

$$S = \sum_{i=1}^N W_i C_i$$

W_i el peso del segmento i , en N.

C_i la distancia horizontal entre el punto de fijación de la rienda en la torre y el centro de gravedad del segmento, en m.

N el número de segmentos.

Cuando resulte difícil establecer el punto de intersección de la tangente, también se podrá utilizar la pendiente de la rienda en el extremo del anclaje junto con la siguiente expresión:

$$T_A = \frac{WC \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}}{(V - H \operatorname{tg} \alpha)}$$

siendo:

α el ángulo de la rienda en el anclaje (ver la **Figura K.2.**).

$$I = (V - H \operatorname{tg} \alpha)$$

$$\frac{\sqrt{H^2 + (V - I)^2}}{H} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

WC se puede reemplazar por S .

Otros métodos indirectos son aceptables, como los que miden la fuerza necesaria para inducir una determinada deformación transversal en la rienda mediante un dispositivo específicamente diseñado.

Tales dispositivos deben ser empleados considerando las indicaciones del fabricante y verificando la calibración del instrumento para las características del cable (diámetro, formación, carga de rotura y módulo de elasticidad). El usuario deberá evaluar si la practicidad del método frente al error relativo comparado con los alternativos, es compatible con la finalidad de la medición.

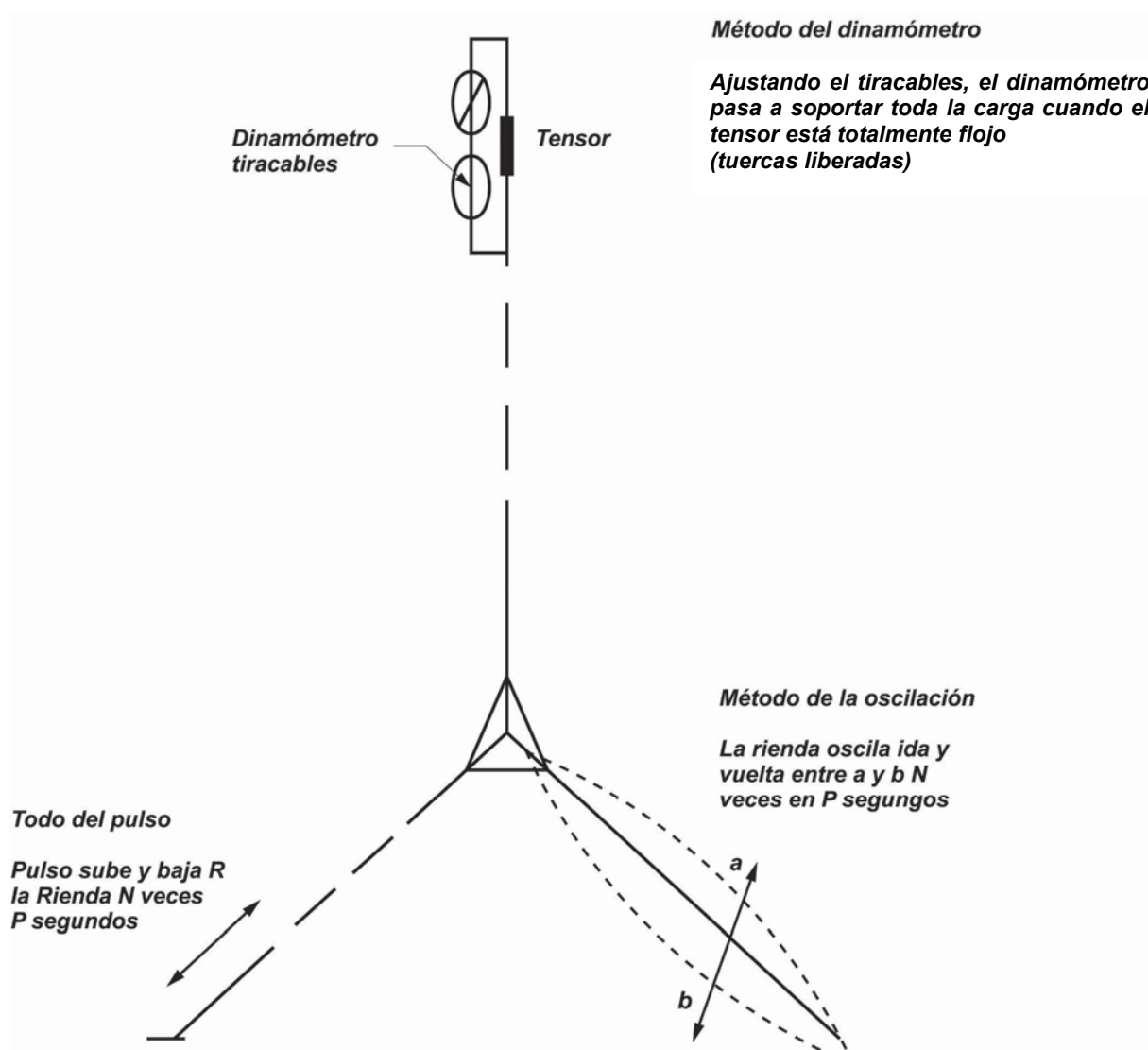


Figura K.1. Métodos para medir la tensión inicial.

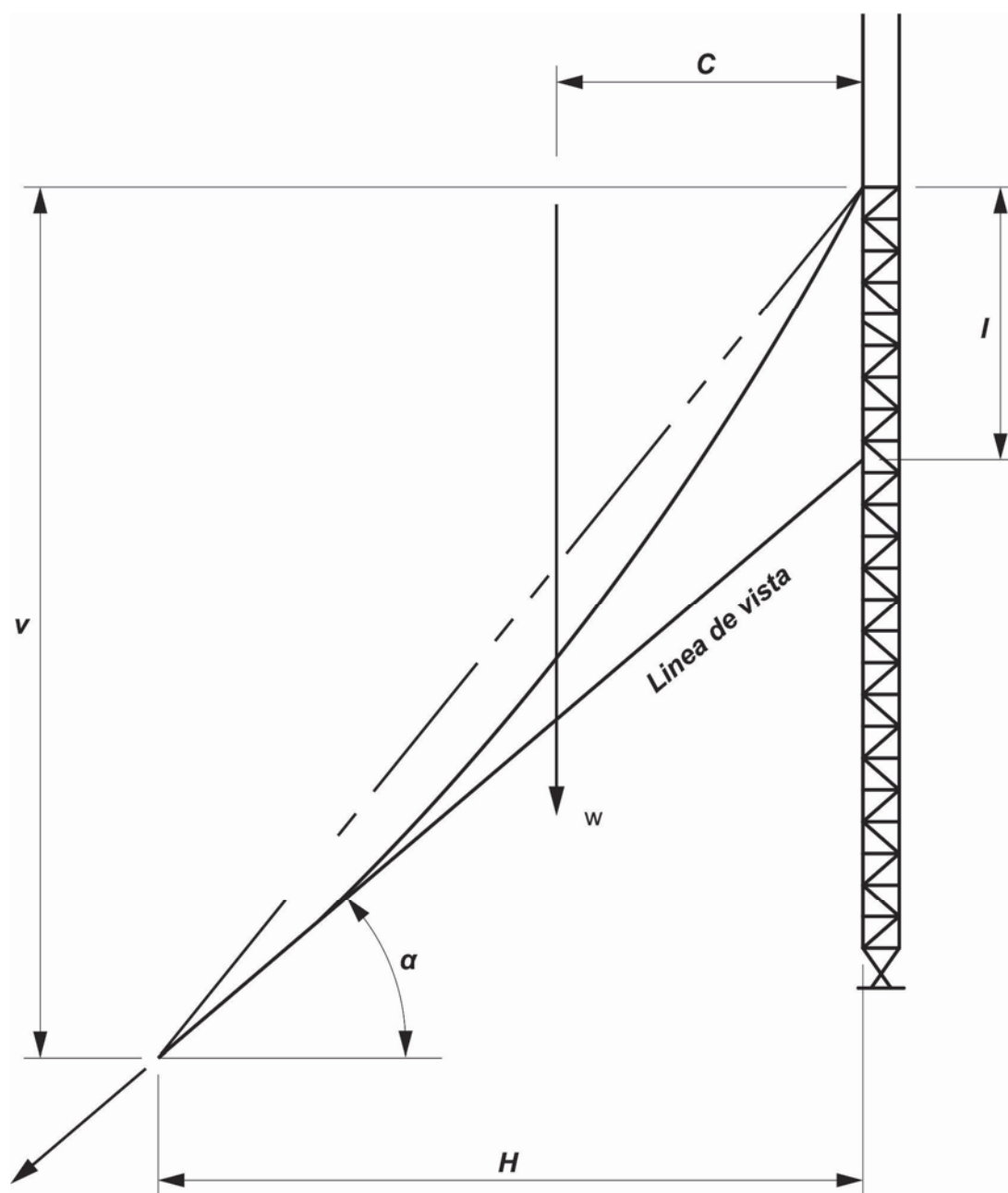


Figura K.2. Método de intersección de la tangente.

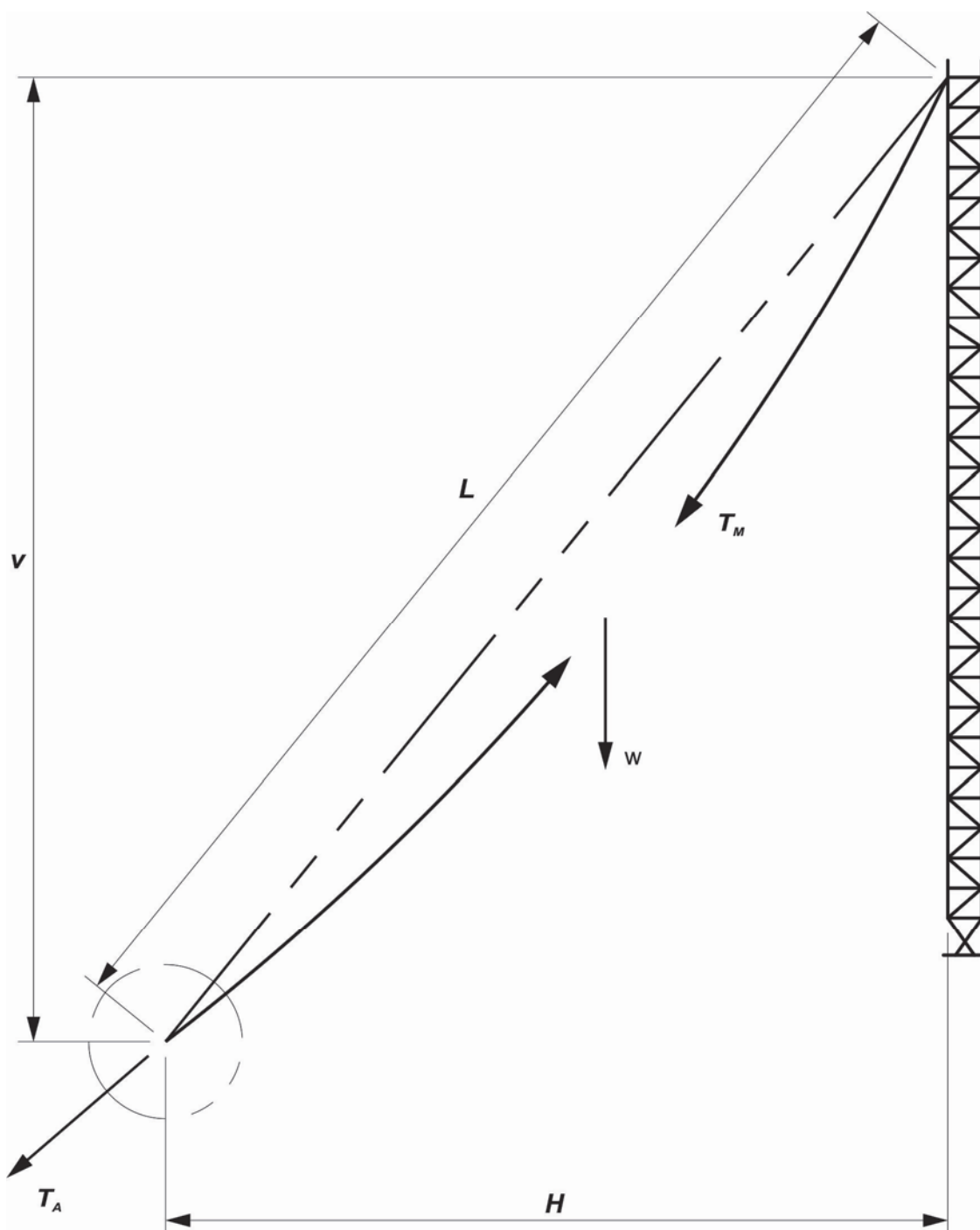


Figura K.3. Relación entre la tensión de la rienda en el anclaje y a la mitad de su longitud.

ANEXO L

CONVERSIÓN DE VELOCIDADES DE VIENTO

ANEXO L. CONVERSIÓN DE VELOCIDADES DE VIENTO

Este Anexo presenta la conversión de velocidades de viento, basadas en varios períodos promedio, a la velocidad de viento de ráfaga de 3 segundos. Los datos de viento basados en otros períodos de promedio se deben convertir a velocidad de viento de ráfaga de 3 segundos para el uso de este Reglamento.

<i>Ráfaga 3 seg.m/s</i>	<i>Promed 10 min m/s</i>	<i>Media horaria m/s</i>	<i>Milla más veloz</i>	
			<i>Velocidad del viento (mph)</i>	<i>Período promedio (seg)</i>
27	19	18	47	77
31	22	21	57	63
36	25	24	66	55
38	26	25	71	51
40	28	27	76	47
42	30	28	80	45
45	31	30	85	42
47	33	31	90	40
49	34	33	95	38
51	36	34	100	36
54	37	35	104	35
56	39	37	109	33
58	40	38	114	32
60	42	40	119	30
63	43	42	123	29
65	45	43	128	28
67	46	44	133	27
69	48	46	138	26
72	50	47	142	25
74	51	49	147	24
76	53	51	152	24

Notas:

1. Para convertir *mph* a *m/s* se debe multiplicar por **0,447**.
2. Para convertir velocidad de ráfaga de 3 segundos a velocidad promedio de 10 minutos se debe multiplicar por 1,43, (ver la **Figura C.6.2.**, o bien la **Figura C.1.** de los **Comentarios al Reglamento CIRSOC 102-2005**).
3. Para convertir velocidad de ráfaga de 3 segundos a velocidad media horaria se debe multiplicar por 1,52, (ver la **Figura C.6.2.**, o bien la **Figura C.1.** de los **Comentarios al Reglamento CIRSOC 102-2005**).
4. Los valores de las velocidades se han redondeado al entero más próximo.
5. Se puede interpolar linealmente entre los valores presentados.

BIBLIOGRAFÍA

CIRSOC 101-2005, "Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras".

CIRSOC 102-2005, "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones".

CIRSOC 104-2005, "Reglamento Argentino de Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones".

INPRES-CIRSOC 103, Parte I - 2013, "Reglamento Construcciones en General".

INPRES-CIRSOC 103, Parte IV - 2005, "Construcciones de Acero".

CIRSOC 201-2005, "Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón".

CIRSOC 301-2005, "Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios".

CIRSOC 302-2005, "Reglamento Argentino de Elementos Estructurales de Tubos de Acero para Edificios".

CIRSOC 305-2007, "Recomendación para Uniones Estructurales con Bulones de Alta Resistencia".

CIRSOC 308-2007, "Reglamento Argentino de Estructuras Livianas para Edificios con Barras de Acero de Sección Circular".

IRAM 3605, "Dispositivos de protección individual contra caídas de altura. (Dispositivo anticaída). Requisitos y métodos de ensayo".

IRAM 3622-1, "Protección individual contra caídas de altura. Parte 1: Sistemas anticaídas".

IRAM 3622-2, "Protección individual contra caídas de altura. Sistemas de sujeción y posicionamiento".

IRAM 3626, "Protección individual contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y métodos de ensayo".

ACI, "Building Code Requirements for Structural Concrete", ACI 318-05, American Concrete Institute, 2005.

AISC, "Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Buildings, AISC-LRFD-99, 3º ed., American Institute of Steel Construction, 2001.

AISI, "North American Specification for the Design of Cold-formed Steel Structural Members", AISI-2001, American Iron and Steel Institute, 2001.

ASCE, "Design of Latticed Steel Transmission Structures" ASCE 10-97, American Society of Civil Engineers, 1997.

ASCE, "Design of Steel Transmission Pole Structures", ASCE Manual No.72, American Society of Civil Engineers, 1990.

ASCE, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures", SEI/ASCE 7-02, American Society of Civil Engineers, New York, NY, 2003.

AASHTO, "Standard Specifications for Structural Support for Highway Signs, Luminaries and Traffic Signals ", AASHTO 2001 with interims, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2002.

ASTM, Material specifications, ASTM International, West Conshohocken, PA.

AWS, "Structural Welding Code – Steel, ANSI/AWS D1.1-00, American Welding Society, 2002.

BS, "Lattice towers and masts - Part 1: Code of practice for loading", BS8100, British Standards, 1995.

CEN, "Eurocode 3: Design of steel structures – Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts", ENV 1993-3-1, European Committee for Standardization 1997.

CSA, "Antennas, Towers, and Antenna-Supporting Structures", 537-01 Canadian Standards Association, 2001.

EPRI, "Local Buckling Strength of Polygonal Tubular Poles", Report TLMRC-87-R3, Electric Power Research Institute, 1987.

IASS, "Recommendations for Guyed Masts", International Association for Shell and Spatial Structures, Working Group Nr 4, 1981.

IEEE, "Grounding of Industrial and Commercial Power Systems", IEEE 142-1991, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007.

NAVFAC, "Soil Mechanics", NAVFAC DM 7.01, Naval Facilities Engineering Command, VA, 1996.

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES