

Reglamento CIRSOC 102
Ministerio de Planificación Federal,
Inversión Pública y Servicios
Secretaría de Obras Públicas de la Nación

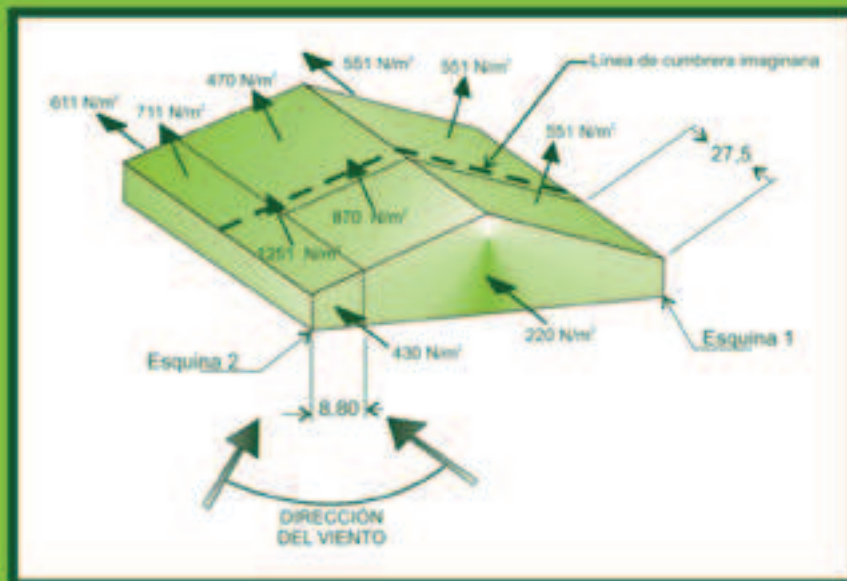
INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

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



REGLAMENTO ARGENTINO
DE ACCIÓN DEL
VIENTO SOBRE LAS
CONSTRUCCIONES

Julio 2005

**En trámite de
aprobación**

***REGLAMENTO ARGENTINO DE
ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE
LAS CONSTRUCCIONES***

EDICIÓN JULIO 2005



Balcarce 186 1° piso - Of. 138
(C1064AAD) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4349-8520 / 4349-8524

E-mail: cirsoc@inti.gov.ar
cirsoc@mecon.gov.ar

INTERNET: www.inti.gov.ar/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 Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti

© 2008

Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4313-3013

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 Obras Públicas de la Nación
Subsecretaría 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
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar

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
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Telefónica de Argentina
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Central de Arquitectos
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

ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN DEL

**REGLAMENTO ARGENTINO
DE ACCIÓN DEL VIENTO
SOBRE LAS CONSTRUCCIONES**

CIRSOC 102

Ing. Juan Carlos Reimundín

Ing. Roberto Cudmani

COLABORADORES:

Ing. Alicia Aragno
Coordinadora Área Acciones
INTI-CIRSOC

Dra. María Eugenia Pons

Agradecimientos

El Comité Ejecutivo del **INTI-CIRSOC** y su Dirección Técnica agradecen a los siguientes profesionales e instituciones por su valiosa colaboración en la redacción de este ***Reglamento CIRSOC 102-2005***:

- ❑ A la Dra. María Luisa Altinger de Schwarzkopf por su trabajo “Fundamentos Meteorológicos que sustentan el trazado de isolíneas de la velocidad básica del viento” y a sus colaboradores Dr. Lichtenstein, Dra. Bischoff y Dr. Seluchi.
- ❑ Al Dr. Aldo Viollaz por su trabajo “Estimación de las Velocidades de Recurrencia de Vientos en la República Argentina”.
- ❑ Al Servicio Meteorológico Nacional, dependiente de la Fuerza Aérea Argentina, por el suministro de los datos de viento de toda la red de estaciones de la República Argentina.
- ❑ A los Sres. Hugo Pontoriero y Oscar Escudero del INPRES por el diseño de las portadas del Reglamento y sus Comentarios

Fotografías de los Comentarios al Reglamento: *Archivo “La Nación”*

COMISIÓN PERMANENTE DE ESTUDIO DE LA ACCION DEL VIENTO SOBRE LAS CONSTRUCCIONES

Coordinador

Ing. Cleto Agosti

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES

Secretaria Técnica

Ing. Paula Folino

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES

Integrantes:

Ing. Horacio Abaroa

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Ing. Carlos Amura

INVITADO ESPECIAL

Ing. Alicia Aragno

INTI-CIRSOC

Ing. Carlos Bellagio

INVITADO ESPECIAL

Dr. Ulfilas Boldes

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Ing. Daniel Cancelleri

INVITADO ESPECIAL

Dr. Jorge Colman

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Ing. Roberto Cudmani

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Ing. Marcelo Galladini

INVITADO ESPECIAL

Ing. Pablo de Lavallaz

INVITADO ESPECIAL

Lic. Ingeborg Malaka

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Ing. Mario Natalini

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Lic. Silvia Nuñez

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Ing. Juan C. Reimundín

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Dra. María L. Schwarzkopf

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Dr. Aldo Viollaz

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Reconocimiento Especial

El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente a las Autoridades del American National Standards Institute (ANSI) y de la American Society of Civil Engineers (ASCE) por habernos permitido adoptar como base para el desarrollo de este Reglamento, el Capítulo 6 del documento “Minimum Design Loads for Building and Other Structures” conocido como ASCE 7-95 (Revisión de ANSI-ASCE 7-93) y posteriormente ASCE 7-98.

INDICE

CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1	CAMPO DE VALIDEZ	1
1.2	PROCEDIMIENTOS ADMITIDOS	1
1.3	PRESIONES DEL VIENTO QUE ACTÚAN SOBRE LAS CARAS OPUESTAS DE CADA SUPERFICIE DEL EDIFICIO	1
1.4	CARGA DE VIENTO DE DISEÑO MÍNIMA	1
1.4.1	Sistema principal resistente a la fuerza del viento	1
1.4.2	Componentes y revestimientos	2

CAPÍTULO 2. DEFINICIONES 3

CAPÍTULO 3. SIMBOLOGÍA 7

CAPÍTULO 4. MÉTODO 1 - PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO

4.1.	CAMPO DE VALIDEZ	11
4.2.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	11
4.3.	REVESTIMIENTO PERMEABLE AL AIRE	11

CAPÍTULO 5. MÉTODO 2 - PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

5.1.	CAMPO DE VALIDEZ	13
5.2.	LIMITACIONES	13
5.2.1.	Protecciones	13
5.2.2.	Revestimiento permeable al aire	13
5.3.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	13
5.4.	VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO	14

5.4.1.	Regiones especiales de viento	14
5.4.2.	Estimación de las velocidades básicas del viento a partir de datos climáticos regionales	14
5.4.3.	Limitación	14
5.4.4.	Factor de direccionalidad del viento	15
5.5.	FACTOR DE IMPORTANCIA	15
5.6.	CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN	15
5.6.1.	Generalidades	15
5.6.2.	Categoría de exposición para sistemas principales resistentes a la fuerza del viento	16
5.6.3.	Categoría de exposición para componentes y revestimientos	16
5.6.4.	Coeficiente de exposición para la presión dinámica	16
5.7.	EFFECTOS TOPOGRÁFICOS	16
5.7.1.	Velocidad del viento sobre lomas, escarpas y colinas	16
5.7.2.	Factor topográfico	17
5.8.	FACTOR DE EFECTO DE RÁFAGA	17
5.8.1.	Estructuras rígidas	17
5.8.2.	Estructuras flexibles o dinámicamente sensibles	18
5.8.3.	Análisis racional	19
5.8.4.	Limitaciones	19
5.9.	CLASIFICACIÓN DE CERRAMIENTOS	19
5.9.1.	Generalidades	19
5.9.2.	Aberturas	19
5.9.3.	Materiales arrastrados por el viento	19
5.9.4.	Clasificaciones múltiples	20
5.10.	PRESIÓN DINÁMICA	20
5.11.	COEFICIENTES DE PRESIÓN Y FUERZA	20
5.11.1.	Coeficientes de presión y fuerza	20
5.11.2.	Coeficientes de presión externa	21
5.11.3.	Coeficientes de fuerza	21
5.11.4.	Voladizos de cubiertas	21
5.12.	CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO EN EDIFICIOS CERRADOS Y PARCIALMENTE CERRADOS	21
5.12.1.	Generalidades	21
5.12.2.	Sistemas principales resistentes a la fuerza del viento	22
5.12.3.	Carga parcial y total	23
5.12.4.	Componentes y revestimientos	23

5.13.	CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE EDIFICIOS ABIERTOS Y OTRAS ESTRUCTURAS	24
-------	---	----

CAPÍTULO 6. MÉTODO 3 - PROCEDIMIENTO DEL TÚNEL DE VIENTO

6.1.	CAMPO DE VALIDEZ	25
6.2.	CONDICIONES DE ENSAYO	25
6.3.	RESPUESTA DINÁMICA	25
6.4.	LIMITACIONES	26
6.4.1.	Limitaciones sobre velocidades del viento	26

FIGURAS

Figura 1 A	Velocidad básica del viento	27
B	Velocidades básicas del viento en ciudades	28
Figura 2	Factor topográfico	29
Figura 3	Coeficientes de presión externa para paredes y cubiertas (sistema principal resistente a la fuerza del viento, edificios total o parcialmente cerrados, todo h)	31
Figura 4	Coeficientes de presión externa para paredes y cubiertas a dos aguas (sistema principal resistente a fuerza del viento, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	33
Figura 5 A	Coeficientes de presión externa para paredes (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	34
B	Coeficientes de presión externa para cubiertas a dos aguas (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	35
C	Coeficientes de presión externa para cubiertas escalonadas (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	38
Figura 6	Coeficientes de presión externa para cubiertas a dos aguas múltiples (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	39
Figura 7 A	Coeficientes de presión externa para cubiertas de pendiente única (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	40
B	Coeficientes de presión externa para cubiertas en diente de sierra (componentes y revestimientos, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	42

Figura 8	Coeficientes de presión externa para paredes y cubiertas (componentes y revestimientos edificios total o parcialmente cerrados)	43
Figura 9	Carga total y parcial (sistema principal resistente a la fuerza del viento)	44
TABLAS		
Tabla 1	Factor de Importancia	45
Tabla 2	Presiones del viento de diseño. Procedimiento simplificado, paredes y cubierta (sistema principal resistente a la fuerza del viento, edificios total o parcialmente cerrados, baja altura)	46
Tabla 3 A	Presiones del viento de diseño. Procedimiento simplificado, (componentes y revestimientos, edificios cerrados, baja altura)	47
B	Presiones del viento de diseño. Procedimiento simplificado, (componentes y revestimientos, edificios parcialmente cerrados, baja altura)	49
Tabla 4	Constantes de exposición del terreno	51
Tabla 5	Coeficientes de exposición para la presión dinámica	52
Tabla 6	Factor de direccionalidad del viento	53
Tabla 7	Coeficientes de presión interna para edificios	54
Tabla 8	Coeficientes de presión externa para cubiertas abovedadas (edificios total o parcialmente cerrados, todo h)	55
Tabla 9	Coeficientes de fuerza para cubiertas de vertiente única (sistema principal resistente a la fuerza del viento, edificios abiertos, todo h)	56
Tabla 10	Coeficientes de fuerza para chimeneas, tanques y estructuras similares, (otras estructuras, todo h)	57
Tabla 11	Coeficientes de fuerza para paredes libres llenas y carteles llenos, (otras estructuras, todo h)	58
Tabla 12	Coeficientes de fuerza para carteles abiertos y estructuras reticuladas (otras estructuras, todo h)	59
Tabla 13	Coeficientes de fuerza para torres reticuladas (otras estructuras, todo h)	60

ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE A - CLASIFICACIÓN DE EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Tabla A.1	Clasificación de edificios y otras estructuras para cargas de viento	1
-----------	--	---

APÉNDICE B - COMBINACIONES DE CARGAS QUE INCLUYEN CARGA DE VIENTO

B.1.	GENERALIDADES	3
B.2.	SIMBOLOGÍA	3
B.3.	COMBINACIONES DE CARGAS MAYORADAS USANDO EL DISEÑO POR RESISTENCIA	3
B.3.1.	Campo de validez	3
B.3.2.	Combinaciones básicas	3

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	CUBIERTAS AISLADAS	1
Tabla I.1	Coeficientes de presión neta para cubiertas aisladas de vertiente única	2
Tabla I.2	Coeficientes de presión neta para cubiertas aisladas a dos aguas	3
Tabla I.3	Factores de reducción para cubiertas aisladas múltiples	5
Tabla I.4	Coeficientes de empuje por fricción	5
ANEXO II.	COEFICIENTES DE FUERZA PARA ESTRUCTURAS O ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON SECCIÓN TRANSVERSAL UNIFORME	
II. 1.	INTRODUCCIÓN	7
II.2.	FORMAS PRISMÁTICAS CON SECCIONES TRANSVERSALES REDONDEADAS EN LAS ARISTAS	7
II.3.	FORMAS PRISMÁTICAS CON SECCIONES TRANSVERSALES DE ARISTAS VIVAS	11
II.4.	PRISMAS DE SECCIÓN RECTANGULAR	11
II.5.	PERFILES ESTRUCTURALES	11
II.6.	COEFICIENTES DE FUERZA PARA TIRANTES, CABLES Y TUBERÍAS DE ESBELTEZ INFINITA	11
II.7.	CORRECCIONES POR ESBELTEZ	11
Tabla II.1	Coeficientes de fuerza para formas cilíndricas y redondeadas	8
Tabla II.2	Coeficientes de fuerza para prismas con aristas vivas	12
Tabla II.3	Coeficientes de fuerza para prismas rectangulares	13
Tabla II.4	Coeficientes de fuerza para perfiles estructurales	15
Tabla II.5	Coeficientes de fuerza para cables, tirantes y tuberías	16
Tabla II.6	Factor de corrección por relación de esbeltez	16

ANEXO III. PROPIEDADES DINÁMICAS DE LAS CONSTRUCCIONES

III.1.	CÁLCULO DEL PERÍODO FUNDAMENTAL EN SISTEMAS DE FORMA SIMPLE	17
III.1.1.	Introducción	17
III.1.2.	Esquematización de la estructura	17
III.1.3.	Estructuras que presentan una masa concentrada en el extremo superior	17
III.1.4.	Estructuras que presentan masa repartida en toda su altura	18
III.1.5.	Estructuras que presentan masas discretas	23
III.2.	RELACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO	25

ANEXO IV. COEFICIENTES DE PRESIÓN EXTERNA PARA DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES CIRCULARES

IV.1.	GENERALIDADES	27
IV.2.	PRESIONES EN PAREDES	28
IV.3.	FUERZA TOTAL DE EMPUJE	29
IV.4.	PRESIONES SOBRE EL FONDO DE DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES ELEVADOS	29
IV.5.	PRESIONES SOBRE LA CUBIERTA DE DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES ELEVADOS	29

ANEXO V COEFICIENTES DE PRESIÓN PARA PASADIZOS CERRADOS ENTRE EDIFICIOS

V.1.	INTRODUCCIÓN	31
Tabla V.1.	Coeficientes de presión externa	32
Tabla V.2.	Coeficientes de presión interna	32

ANEXO VI COEFICIENTES DE PRESIÓN Y FUERZA PARA ESFERAS

Tabla VI.1.	Coeficientes de presión externa	34
-------------	---------------------------------	----

CAPÍTULO 1. REQUISITOS GENERALES

1.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento se aplica a todas las construcciones dentro del territorio de la República Argentina. Para el Sector Antártico e Islas Malvinas, no se dan valores de la velocidad básica del viento, por no contarse con datos estadísticos de esas zonas.

Los edificios y otras estructuras, incluyendo tanto su sistema principal resistente a la fuerza del viento como sus componentes y revestimientos, se deben diseñar y construir para resistir las cargas de viento que se especifican en este Reglamento.

1.2. PROCEDIMIENTOS ADMITIDOS

Las cargas de viento de diseño para edificios y otras estructuras, incluyendo tanto su sistema principal resistente a la fuerza del viento como sus elementos componentes y de revestimiento, se deben determinar siguiendo alguno de los procedimientos siguientes:

1. **Método 1** – Procedimiento simplificado tal como se especifica en el Capítulo 4, para edificios que reúnen los requisitos allí indicados.
2. **Método 2** – Procedimiento analítico tal como se especifica en el Capítulo 5, para edificios y otras estructuras que reúnen los requisitos allí indicados.
3. **Método 3** – Procedimiento del Túnel de Viento tal como se especifica en el Capítulo 6.

1.3. PRESIONES DE VIENTO QUE ACTÚAN SOBRE LAS CARAS OPUESTAS DE CADA SUPERFICIE DEL EDIFICIO

En el cálculo de las cargas de viento de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento y para componentes y revestimientos en edificios, se debe tener en cuenta la suma algebraica de las presiones actuantes en las caras opuestas de cada superficie del edificio.

1.4. CARGA DE VIENTO DE DISEÑO MÍNIMA

La carga de viento de diseño, determinada por cualquiera de los procedimientos especificados en el artículo 1.2., no debe ser menor que la indicada en este artículo.

1.4.1. Sistema principal resistente a la fuerza del viento

La carga de viento que se debe utilizar en el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento para un edificio u otra estructura cerrados o parcialmente cerrados, no debe ser menor que el valor **0,50 kN/m²** multiplicado por el área del edificio o estructura proyectada sobre un plano vertical normal a la dirección supuesta para el viento.

La fuerza del viento de diseño para edificios y otras estructuras abiertos no debe ser menor que el valor **0,50 kN/m²** multiplicado por el área A_f .

1.4.2. Componentes y revestimientos

La presión del viento de diseño para componentes y revestimientos de edificios no debe ser menor que una presión neta de **0,50 kN/m²** actuando en una u otra dirección normal a la superficie.

CAPÍTULO 2. DEFINICIONES

Aberturas: Vanos u orificios en la envolvente del edificio que permiten al aire fluir a través de dicha envolvente, estos vanos u orificios se consideran “abiertos” durante el viento de diseño tal como se define en este Reglamento.

Aprobado: Aceptado por la autoridad jurisdiccional.

Altura media de cubierta, h : El promedio entre la altura del alero y la altura del punto más elevado de la superficie de cubierta, excepto que, para ángulos de cubierta menores o iguales a 10° , la altura media de cubierta será la altura del alero.

Bibliografía reconocida: Resultados publicados de investigaciones y artículos técnicos que están aprobados por la autoridad jurisdiccional.

Area efectiva de viento: El área usada para determinar GC_p . Para componentes y paneles de revestimiento, el área efectiva de viento en las Figuras 5 a 8 es la longitud del tramo multiplicada por un ancho efectivo que no debe ser menor que un tercio de la longitud del tramo. Para elementos de sujeción de revestimientos, el área efectiva de viento no será mayor que el área que es tributaria a un sujetador individual.

Cobertura resistente a impactos: Una cobertura diseñada para proteger vidriados, la cual mediante un método aprobado de ensayo ha demostrado soportar los impactos de proyectiles arrastrados por el viento susceptibles de producirse en regiones de vientos intensos durante el viento de diseño.

Colina: Con respecto a los efectos topográficos en el artículo 5.7., una superficie de terreno caracterizada por fuertes relieves en cualquier dirección horizontal. (ver la Figura 2).

Componentes y revestimientos: Aquellos elementos que no forman parte del sistema principal resistente a la fuerza del viento.

Edificio abierto: Un edificio que tiene cada pared abierta al menos en un **80%**. Esta condición se expresa para cada pared mediante la expresión $A_o \geq 0,8 A_g$, donde:

- A_o el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva en m^2 .
- A_g el área total de aquella pared con la cual A_o está asociada, en m^2 .

Edificio cerrado: Un edificio que no cumple con las condiciones establecidas para edificios abiertos o parcialmente cerrados.

Edificio con diafragmas simples: Un edificio cerrado o parcialmente cerrado en el cual las cargas de viento se transmiten al sistema principal vertical resistente a la fuerza del viento a través de diafragmas de entrepisos y cubierta.

Edificio de baja altura: Aquellos edificios cerrados o parcialmente cerrados que cumplen con las siguientes condiciones:

1. la altura media de cubierta h es menor o igual a **20 m**.
2. la altura media de cubierta h no excede la menor dimensión horizontal.

Edificio parcialmente cerrado: Un edificio que cumple con las dos condiciones siguientes:

1. el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede la suma de las áreas de aberturas en el resto de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) en más del **10%**. Y además:
2. el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva excede el valor menor entre **0,4 m²** ó el **1%** del área de dicha pared, y el porcentaje de aberturas en el resto de la envolvente del edificio no excede el **20%**.

Estas condiciones están expresadas por las siguientes expresiones:

1. $A_o > 1,10A_{oi}$
2. $A_o > 0,4 \text{ m}^2$ ó $> 0,01A_g$, el que sea menor, y $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,20$,

siendo:

- A_o el área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva, en m².
- A_g el área total de aquella pared con la cual A_o está asociada, en m².
- A_{oi} la suma de las áreas de aberturas en la envolvente del edificio (paredes y cubiertas) no incluyendo A_o , en m².
- A_{gi} la suma de las áreas totales de superficie de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) no incluyendo A_g , en m².

Edificios y otras estructuras de forma regular: Un edificio u otra estructura que no contiene irregularidades geométricas en forma espacial, (ver las Figuras 3 a 8).

Edificios y otras estructuras flexibles: Aquellos edificios y otras estructuras esbeltas que tienen una frecuencia natural fundamental menor que **1 Hz**.

Edificios y otras estructuras rígidos: Un edificio u otra estructura cuya frecuencia natural es mayor o igual que **1 Hz**.

Envolvente del edificio: Revestimiento, techado, paredes exteriores, vidriados, puertas, ventanas, lucernas y otras componentes que envuelven al edificio.

Escarpa: Con respecto a los efectos topográficos en el artículo 5.7., un farallón o pendiente fuerte que por lo general separa dos áreas de pendiente suave.

Factor de direccionalidad del viento, K_d : Factor que tiene en cuenta las probabilidades reducidas de que los vientos máximos provengan de cualquier dirección determinada y de que los coeficientes de presión máxima ocurran para cualquier dirección del viento.

Factor de efecto de ráfaga, G : Factor que tiene en cuenta los efectos de carga en la dirección del viento debidos a la interacción estructura-turbulencia del viento.

Factor de Importancia, I : Factor que tiene en cuenta el grado de riesgo para la vida humana y daños a la propiedad.

Fuerza de diseño, F : Fuerza estática equivalente que se usará en la determinación de cargas de viento para edificios abiertos y otras estructuras.

Loma: Con respecto a los efectos topográficos en el artículo 5.7., una cresta de colina alargada caracterizada por fuertes relieves en dos direcciones. (ver la Figura 2).

Presión de diseño, p : Presión estática equivalente que se usará en la determinación de cargas de viento para edificios.

Sistema principal resistente a la fuerza del viento: Un conjunto de elementos estructurales destinado a brindar apoyo y estabilidad a la estructura en su totalidad. El sistema generalmente recibe las cargas de viento provenientes de más de una superficie.

Velocidad básica del viento, V : Velocidad de ráfaga para un intervalo de **3 seg**, a **10 m** sobre el terreno, en exposición **C** (según el artículo 5.6.1.) y asociada con una probabilidad anual de **0,02** de ser igualada o excedida (intervalo medio de recurrencia de **50 años**).

Vidriado: Lámina de vidrio o plástico transparente o translúcido utilizada en ventanas, puertas o lucernas.

Vidriado resistente a impactos: Vidriado que ha demostrado mediante un método aprobado de ensayo* que puede soportar los impactos de elementos arrastrados por el viento susceptibles de producirse en regiones de vientos intensos durante el viento de diseño.

* según la Norma IRAM 12559/ 1989 “Vidrios planos de seguridad para la construcción – Método de determinación de la resistencia a impacto”

CAPÍTULO 3. SIMBOLOGÍA

A	área efectiva de viento, en m ² .
A_f	área de edificios y otras estructuras abiertas, sea normal a la dirección del viento o proyectada sobre un plano normal a la dirección del viento, en m ² .
A_g	área total de aquella pared con la cual A_o está asociada, en m ² .
A_{gi}	suma de las áreas totales de superficie de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) no incluyendo A_g , en m ² .
A_o	área total de aberturas en una pared que recibe presión externa positiva, en m ² .
A_{oi}	suma de las áreas de aberturas de la envolvente del edificio (paredes y cubierta) no incluyendo A_o , en m ² .
A_{og}	área total de aberturas de la envolvente del edificio, en m ² .
a	ancho de la zona asociada al coeficiente de presión, en m.
B	dimensión horizontal de un edificio medida normalmente a la dirección del viento, en m.
\bar{b}	factor de velocidad media horaria de viento en la expresión (12), obtenido de la Tabla 4.
\hat{b}	factor de velocidad de ráfaga de 3 seg , de la Tabla 4.
C_f	coeficiente de fuerza que se debe usar en la determinación de las cargas de viento para otras estructuras.
C_p	coeficiente de presión externa que se debe usar en la determinación de las cargas de viento para edificios.
c	factor de intensidad de la turbulencia en la expresión (3), obtenido de la Tabla 4.
D	diámetro de una estructura o elemento circular, en m.
D'	profundidad de elementos salientes tales como nervaduras y aleros, en m.
G	factor de efecto de ráfaga.
G_f	factor de efecto de ráfaga para sistemas principales resistentes a la fuerza del viento de edificios y otras estructuras flexibles.
GC_p	producto del coeficiente de presión externa y del factor de efecto de ráfaga que se usará en la determinación de las cargas de viento para edificios, (ver Nota 1 al final de este Capítulo).
GC_{pf}	producto del coeficiente de presión externa equivalente y del factor de efecto de ráfaga que se usará en la determinación de las cargas de viento para sistemas principales resistentes a la fuerza del viento en edificios de baja altura, (ver Nota 1 al final de este Capítulo).
GC_{pi}	producto del coeficiente de presión interna y del factor de efecto de ráfaga que se usará en la determinación de las cargas de viento para edificios, (ver Nota 1 al final de este Capítulo).
g_Q	factor de pico para la respuesta base en las expresiones (2) y (6).
g_R	factor de pico para la respuesta resonante en la expresión (6).
g_V	factor de pico para la respuesta al viento en las expresiones (2) y (6).
H	altura de la loma o escarpa en la Figura 2, en m.

h	altura media de la cubierta de un edificio o altura de otra estructura, excepto para un ángulo de la cubierta θ menor o igual a 10° en que se usará la altura del alero, en m.
I	factor de importancia.
I_z	intensidad de la turbulencia a la altura \bar{z} que se obtiene de la expresión (3).
K_1, K_2, K_3	multiplicadores topográficos en la Figura 2 para obtener K_{zt} .
K_d	factor de direccionalidad del viento según la Tabla 6.
K_h	coeficiente de exposición para la presión dinámica, evaluado a la altura $z = h$.
K_z	coeficiente de exposición para la presión dinámica, evaluado a la altura z .
K_{zt}	factor topográfico.
L	dimensión horizontal de un edificio medida paralelamente a la dirección del viento, en m.
L_h	distancia en la dirección de barlovento, medida desde la cresta de la colina o escarpa según la Figura 2 hasta el punto en que la diferencia de elevación del terreno es la mitad de la altura de la colina o escarpa, en m.
L_z	escala de longitud integral de la turbulencia, en m.
ℓ	factor de escala de longitud integral obtenido de la Tabla 4, en m.
M	mayor dimensión de un cartel, en m.
N	menor dimensión de un cartel, en m.
N_1	frecuencia reducida que se obtiene de la expresión (10).
n_1	frecuencia natural del edificio, en Hz.
p	presión de diseño que se usará en la determinación de las cargas de viento para edificios, en N/m^2 .
p_L	presión de viento actuando en la cara a sotavento según la Figura 9.
p_W	presión de viento actuando en la cara a barlovento según la Figura 9.
Q	respuesta base obtenida de la expresión (4).
q	presión dinámica, en N/m^2 .
q_h	presión dinámica evaluada a la altura $z = h$, en N/m^2 .
q_i	presión dinámica para la determinación de la presión interna.
q_z	presión dinámica evaluada a la altura z sobre el nivel del terreno, en N/m^2 .
R	factor de respuesta resonante obtenido de la expresión (8).
R_B, R_h, R_L	valores en la expresión (6).
R_i	factor de reducción según la expresión (14).
R_n	valor de la expresión (9).
r	relación flecha-luz para cubiertas en arco.
V	velocidad básica del viento obtenida de la Figura 1, en m/s.
V_i	volumen interno no dividido, en m^3 .
\bar{V}_z	velocidad media horaria del viento a la altura \bar{z} , en m/s.
W	ancho del edificio según las Figuras 5C y 7A y ancho del vano en las Figuras 6 y 7B, en m.
X	distancia al centro de presión desde el borde de barlovento dada en la Tabla 9, en m.
x	distancia tomada desde la cima, en la dirección de barlovento o de sotavento, en la Figura 2, en m.
z	altura sobre el nivel del terreno, en m.
\bar{z}	altura equivalente de la estructura, en m.
z_g	altura nominal de la capa límite atmosférica utilizada en este Reglamento. Sus valores se detallan en la Tabla 4.

z_{min}	constante de exposición dada en la Tabla 4.
α	exponente para la ley potencial de la velocidad de ráfaga de 3 segundos, dado en la Tabla 4.
$\hat{\alpha}$	inversa de α en la Tabla 4.
$\bar{\alpha}$	exponente para la ley potencial de la velocidad media horaria del viento en la expresión (12), obtenido de la Tabla 4.
β	relación de amortiguamiento, porcentaje de amortiguamiento crítico para edificios y otras estructuras.
ε	relación del área llena al área total para carteles abiertos, caras de torres reticuladas o estructuras de celosía.
$\bar{\varepsilon}$	exponente para la ley potencial de la escala de longitud integral en la expresión (5), obtenido de la Tabla 4.
η	valor utilizado en la expresión (11).
θ	ángulo del plano de la cubierta respecto a la horizontal, en grados.
v	relación altura-ancho para carteles llenos.

Nota 1: En este Reglamento, a los productos GC_p , GC_{pf} y GC_{pi} se los llama **coeficientes de presión externa** y **coeficientes de presión interna** respectivamente, debido a que los valores dados en las Tablas y Figuras con el mismo nombre, incluyen al factor de efecto de ráfaga del cual no se pueden separar, tal como se aclara en los casos correspondientes

CAPÍTULO 4. MÉTODO 1 - PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO

4.1. CAMPO DE VALIDEZ

Un edificio cerrado total o parcialmente cuyas cargas de viento de diseño se determinan de acuerdo con este capítulo debe cumplir las siguientes condiciones:

1. Se trata de un edificio con diafragmas simples, tal como se define en el Capítulo 2.
2. La pendiente de la cubierta del edificio es menor que 10° .
3. La altura media de la cubierta del edificio es menor o igual a **10 m**.
4. El edificio o estructura es de forma regular, como se define en el Capítulo 2.
5. El edificio no se encuadra como edificio flexible, como se define en el Capítulo 2.
6. La estructura del edificio no posee juntas de dilatación o separaciones, y
7. El edificio no está sujeto a los efectos topográficos del artículo 5.7. (esto es, $K_{zt} = 1,0$).

4.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

1. Se determina la velocidad básica de viento V según el artículo 5.4. Debe suponerse que el viento sopla desde cualquier dirección horizontal.
2. Se determina un factor de importancia I de acuerdo con el artículo 5.5.
3. Se establece una categoría o categorías de exposición de acuerdo con el artículo 5.6.
4. Se fija la categoría de cerramiento según el artículo 5.9.
5. Las cargas de viento para el sistema principal resistente a la fuerza del viento se determinan a partir de la Tabla 2. Las cargas de viento de diseño se deben aplicar normales a la superficie, y se considerará que actúan simultáneamente con la presión neta combinada de pared aplicada sobre todas las superficies de pared a barlovento, y con la presión neta de cubierta aplicada sobre todas las superficies de cubierta.
6. La carga de viento de diseño para los elementos componentes y de revestimiento se calcula a partir de la Tabla 3.
Estas presiones netas de diseño se deben aplicar a cada superficie exterior.

4.3. REVESTIMIENTO PERMEABLE AL AIRE

Las cargas de viento de diseño determinadas según la Tabla 3 se deben usar para todo revestimiento permeable al aire, a menos que se garanticen cargas menores a través de datos de ensayos aprobados o de bibliografía reconocida para el tipo de revestimiento permeable considerado.

CAPÍTULO 5. MÉTODO 2 - PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

5.1. CAMPO DE VALIDEZ

Un edificio u otra estructura cuya carga de diseño se determina de acuerdo con este capítulo debe reunir las siguientes condiciones:

1. El edificio u otra estructura es de forma regular, como se define en el Capítulo 2, y
2. El edificio u otra estructura no posee características de respuesta que den lugar a cargas transversales de viento, desprendimientos de vórtices, inestabilidad debida a galope o flameo. Por su ubicación, tampoco deben merecer consideración especial los efectos de canalización o golpeteo en la estela debido a las obstrucciones a barlovento.

5.2. LIMITACIONES

Las disposiciones del Capítulo 5 tienen en cuenta el efecto de amplificación causado por ráfagas en resonancia con las vibraciones en dirección del viento de edificios u otras estructuras flexibles. Los edificios u otras estructuras que no reúnen los requisitos del artículo 5.1., o que tienen formas o características de respuesta inusuales, se deben diseñar recurriendo a bibliografía reconocida que documente tales efectos de la carga de viento, o bien se deben remitir al uso del túnel de viento especificado en el Capítulo 6.

5.2.1. Protecciones

No se permiten reducciones en la presión dinámica provenientes de la aparente protección brindada por edificios y otras estructuras u obstáculos del terreno.

5.2.2. Revestimiento permeable al aire

Las cargas de viento de diseño determinadas en el Capítulo 5 se deben usar para todo revestimiento permeable al aire, a menos que se garanticen cargas menores a través de datos de ensayos aprobados o de bibliografía reconocida para el tipo de revestimiento permeable considerado.

5.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

1. Se determina la **velocidad básica del viento V** y el **factor de direccionalidad K_d** de acuerdo con el artículo 5.4.
2. Se determina un factor de importancia I de acuerdo con el artículo 5.5.
3. Se determinan para cada dirección de viento una categoría o categorías de exposición y los coeficientes de exposición para presión dinámica K_z o K_h , según corresponda, de acuerdo con el artículo 5.6.
4. Se determina un factor topográfico K_{zt} de acuerdo con el artículo 5.7.

5. Se determina un factor de efecto de ráfaga G o G_f , según corresponda, de acuerdo con el artículo 5.8.
6. Se determina una clasificación de cerramiento de acuerdo con el artículo 5.9.
7. Se determina el coeficiente de presión interna GC_{pi} , de acuerdo con el artículo 5.11.1.
8. Se determinan los coeficientes de presión externa C_p o GC_{pf} , o los coeficientes de fuerza C_f , según corresponda, de acuerdo con los artículos 5.11.2. ó 5.11.3. respectivamente.
9. Se determina la presión dinámica q_z o q_h , según corresponda, con el artículo 5.10.
10. Se determina la carga de viento de diseño p o F de acuerdo con los artículos 5.12. y 5.13., según corresponda.

5.4. VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO

La **velocidad básica del viento** V que se usa en la determinación de las cargas de viento de diseño sobre edificios y otras estructuras se debe obtener del mapa de la Figura 1 A o de la Tabla de la Figura 1 B, con excepción de lo dispuesto en los artículos 5.4.1. y 5.4.2. Se debe suponer que el viento proviene de cualquier dirección horizontal.

5.4.1. Regiones especiales de viento

La velocidad básica del viento se debe incrementar donde los registros o la experiencia indiquen que las velocidades del viento son más altas que aquellas indicadas en la Figura 1 A. Los terrenos montañosos, quebradas y regiones especiales del país se deben examinar para condiciones de viento inusuales. La autoridad jurisdiccional puede ajustar si es necesario los valores dados en la Figura 1 A para tener en cuenta velocidades de viento locales más altas. Tal ajuste debe estar basado en la información meteorológica y en una estimación de la velocidad básica del viento obtenida de acuerdo con las disposiciones del artículo 5.4.2.

5.4.2. Estimación de las velocidades básicas del viento a partir de datos climáticos regionales

Los datos climáticos regionales se pueden usar en lugar de las velocidades básicas del viento dadas en la Figura 1 A, solamente cuando la autoridad jurisdiccional juzgue que se han cumplido las siguientes condiciones:

- (1) Se han utilizado procedimientos estadísticos aprobados para el análisis de valores extremos en el tratamiento de los datos y
- (2) Se han tenido en cuenta la longitud del registro, el error del muestreo, el tiempo promedio, la altura del anemómetro, la calidad de los datos, y la exposición del terreno.

5.4.3. Limitación

Los tornados no se han considerado al elaborar la distribución de velocidades básicas del viento en el país.

5.4.4. Factor de direccionalidad del viento

El factor de direccionalidad del viento, K_d , se debe obtener de la Tabla 6 y se debe aplicar solamente cuando se use conjuntamente con las combinaciones de carga especificadas en los respectivos Reglamentos de aplicación.

5.5. FACTOR DE IMPORTANCIA

El factor de importancia I para un edificio u otra estructura que se obtiene de Tabla 1, se debe determinar en base a las categorías de edificios y otras estructuras indicadas en la Tabla A-1, del Apéndice A.

5.6. CATEGORÍAS DE EXPOSICIÓN

5.6.1. Generalidades

Para cada dirección de viento considerada, se debe determinar una categoría de exposición que refleje adecuadamente las características de las irregularidades de la superficie del terreno para el lugar en el cual se va a construir el edificio o la estructura.

Para un sitio de emplazamiento ubicado en la zona de transición entre categorías, se debe aplicar aquella que conduzca a las mayores fuerzas de viento. Se deben tener en cuenta las variaciones en la rugosidad superficial del terreno que se generan a partir de la topografía natural y de la vegetación, así como de las construcciones existentes. Para cualquier dirección dada de viento, la exposición en la cual se ubica un edificio específico u otra estructura se debe fijar dentro de las siguientes categorías:

1. **Exposición A.** Centro de grandes ciudades con al menos **50%** de los edificios de altura mayor que **20 m**. El uso de esta categoría de exposición está limitado a aquellas áreas para las cuales el terreno representativo de la Exposición **A** prevalece en la dirección de barlovento en una distancia de al menos **800 m** ó **10** veces la altura del edificio u otra estructura, la que sea mayor. Se tendrán en cuenta los posibles efectos de acanalamiento o presiones dinámicas incrementadas debido a que el edificio o estructura se localiza en la estela de edificios adyacentes.
2. **Exposición B.** Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, o terrenos con numerosas obstrucciones próximas entre sí, del tamaño de viviendas unifamiliares o mayores. El uso de esta categoría de exposición esta limitado a aquellas áreas para las cuales el terreno representativo de la Exposición **B** prevalece en la dirección de barlovento en una distancia de al menos **500 m** ó **10** veces la altura del edificio u otra estructura, la que sea mayor.
3. **Exposición C.** Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas, con alturas generalmente menores que **10 m**. Esta categoría incluye campo abierto plano y terrenos agrícolas.
4. **Exposición D.** Areas costeras planas, sin obstrucciones, expuestas al viento soplando desde aguas abiertas en una distancia de al menos **1600 m**. Esta exposición se debe aplicar solamente a aquellos edificios y otras estructuras expuestas al viento soplando desde el agua. La exposición **D** se extiende tierra

adentro desde la costa a una distancia de **500 m** ó **10** veces la altura del edificio o estructura, la que sea mayor.

5.6.2. Categoría de exposición para sistemas principales resistentes a la fuerza del viento

5.6.2.1. Edificios y otras estructuras

Para cada dirección de viento considerada, las cargas de viento para el diseño de sistemas principales resistentes a la fuerza del viento determinadas de la Figura 3 se debe basar en las categorías de exposición definidas en el artículo 5.6.1.

5.6.2.2. Edificios de baja altura

Las cargas de viento para el cálculo de sistemas principales resistentes a la fuerza del viento para edificios de baja altura se deben calcular usando una presión dinámica q_h basada en la exposición que conduzca a las cargas de viento más elevadas para cualquier dirección del viento en el sitio de emplazamiento cuando se usen los coeficientes de presión externa GC_{pf} dados en la Figura 4.

5.6.3. Categoría de exposición para componentes y revestimientos

5.6.3.1. Edificios con altura media de cubierta h igual o menor que 20 m

Los componentes y revestimientos para edificios con una altura media de cubierta h igual o menor que **20 m**. se deben calcular usando una presión dinámica q_h basada en la exposición que conduzca a las cargas de viento más elevadas para cualquier dirección del viento en el sitio de emplazamiento.

5.6.3.2. Edificios con una altura media de cubierta h mayor que 20 m y otras estructuras

Los componentes y revestimientos para edificios con altura media de cubierta que excedan los **20 m**. y para otras estructuras se deben calcular usando la exposición que conduzca a las cargas de viento más elevadas para cualquier dirección del viento en el sitio de emplazamiento.

5.6.4. Coeficiente de exposición para la presión dinámica

En base a la categoría de exposición determinada en el artículo 5.6.1., se debe obtener de la Tabla 5 un coeficiente de exposición para la presión dinámica K_z o K_h , según corresponda.

5.7. EFECTOS TOPOGRÁFICOS

5.7.1. Velocidad del viento sobre lomas, escarpas y colinas

Los efectos del aumento de la velocidad del viento sobre lomas, escarpas y colinas aisladas que constituyen cambios abruptos en la topografía general en cualquier categoría de exposición, se deben incluir en el diseño toda vez que los edificios y otras condiciones del terreno y localización de las estructuras verifiquen los siguientes aspectos:

1. La loma, escarpa o colina se encuentra aislada y sin obstrucciones a barlovento generadas por otros rasgos topográficos de similar altura, en una distancia igual a 100 veces la altura del rasgo topográfico **100 H** ó **3000 m**, según cuál sea el menor valor. Esta distancia se medirá horizontalmente desde el punto en el cual se determina la altura **H** de la loma, escarpa o colina.
2. La loma, escarpa o colina sobresale un factor de dos o más veces la altura de cualquier rasgo topográfico del terreno a barlovento, dentro de un cuadrante cualquiera de radio igual a **3000 m**.
3. La estructura se localiza como se indica en la Figura 2 en la mitad superior de una loma o colina o cerca del borde de una escarpa.
4. $H/L_h \geq 0,2$
5. $H \geq 5 \text{ m}$ para exposiciones **C** y **D** y $H \geq 20 \text{ m}$ para exposiciones **A** y **B**.

5.7.2. Factor topográfico

El efecto del aumento de la velocidad del viento se debe incluir en el cálculo de las cargas de viento de diseño mediante el factor K_{zt} :

$$K_{zt} = (1 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_3)^2 \quad (1)$$

donde K_1 , K_2 y K_3 se incluyen en la Figura 2.

5.8. FACTOR DE EFECTO DE RÁFAGA

5.8.1. Estructuras rígidas

Para las estructuras rígidas definidas en el Capítulo 2, el factor de efecto de ráfaga se debe adoptar igual a **0,85** o se debe determinar mediante la expresión:

$$G = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7g_Q I_z Q}{1 + 1,7g_V I_z} \right) \quad (2)$$

donde:

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6} \quad (3)$$

siendo:

I_z la intensidad de la turbulencia a la altura \bar{z} .

\bar{z} la altura equivalente de la estructura (**0,6h** pero no menor que z_{min} para todos los edificios de altura **h**).

Los valores de z_{min} y c están indicados para cada tipo de exposición en la Tabla 4. Las magnitudes g_Q y g_V se adoptarán igual a **3,4**. La respuesta base **Q** está dada por:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0,63}}} \quad (4)$$

donde:

B y h se definen en el Capítulo 3;

L_z escala de longitud integral de la turbulencia a la altura equivalente.

$$L_z = \ell \left(\frac{z}{10} \right)^{\bar{\varepsilon}} \quad (5)$$

donde ℓ y $\bar{\varepsilon}$ están indicados en la Tabla 4.

5.8.2. Estructuras flexibles o dinámicamente sensibles

Para estructuras flexibles o dinámicamente sensibles como se definen en el Capítulo 2, el factor de efecto de ráfaga está dado por la expresión (6)

$$G_f = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 l_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1,7 g_v l_z} \right) \quad (6)$$

Las magnitudes g_Q y g_v se deben adoptar igual a **3,4**, en tanto que g_R se debe determinar mediante la expresión (7)

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600 n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \ln(3600 n_1)}} \quad (7)$$

El factor de respuesta resonante R , se obtiene de la expresión (8)

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0,53 + 0,47 R_L)} \quad (8)$$

$$R_n = \frac{7,47 N_1}{(1 + 10,3 N_1)^{5/3}} \quad (9)$$

$$N_1 = \frac{n_1 L_z}{V_z} \quad (10)$$

$$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad \text{para } \eta > 0 \quad (11a)$$

$$R_\ell = 1 \quad \text{para } \eta = 0 \quad (11b)$$

El subíndice ℓ en las expresiones (11a) y (11b) se refiere a h , B o L respectivamente.

siendo:

n_1	la frecuencia natural del edificio.
$R_\ell = R_h$	cuando $\eta = 4,6n_1h / \bar{V}_z$
$R_\ell = R_B$	cuando $\eta = 4,6n_1B / \bar{V}_z$
$R_\ell = R_L$	cuando $\eta = 15,4n_1L / \bar{V}_z$
β	la relación de amortiguamiento, porcentaje del crítico.
h, B y L	definidas en el Capítulo 3.
\bar{V}_z	la velocidad media horaria del viento a la altura \bar{z} , en m/seg, según la expresión (12).

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\alpha}} V \quad (12)$$

donde:

\bar{b} y $\bar{\alpha}$ están listados en la Tabla 4,

V velocidad básica del viento en m/seg.

5.8.3. Análisis racional

En lugar del procedimiento definido en los artículos 5.8.1. y 5.8.2., se puede determinar el factor de efecto de ráfaga mediante un análisis racional propuesto en bibliografía reconocida.

5.8.4. Limitaciones

Cuando se presentan combinados los factores de efecto de ráfaga y coeficientes de presión (GC_p , GC_{pi} y GC_{pf}) en las Figuras y Tablas, los factores de efecto de ráfaga no se determinarán separadamente.

5.9. CLASIFICACIÓN DE CERRAMIENTOS

5.9.1. Generalidades

Para la determinación de los coeficientes de presión interna todos los edificios se clasifican en cerrados, parcialmente cerrados o abiertos, como se define en el Capítulo 2.

5.9.2. Aberturas

A fin de determinar la clasificación de cerramientos definida en el artículo 5.9.1., se debe establecer la cantidad de aberturas en la envolvente del edificio.

5.9.3. Materiales arrastrados por el viento

El vidriado en los **20 m** inferiores de edificios de categorías **II**, **III** y **IV** (ver Tabla A-1 del Apéndice A) ubicados en regiones susceptibles de ser afectadas por partículas arrastradas por el viento, debe ser resistente a impactos o protegido por una cobertura que lo sea, o tal vidriado se debe asimilar a una abertura cuando reciba presiones externas positivas.

5.9.4. Clasificaciones múltiples

Si un edificio por definición cumple simultáneamente con la clasificación “abierto” o “parcialmente cerrado”, se debe clasificar como “abierto”. Si un edificio no cumple ni con la clasificación de “abierto” ni “parcialmente cerrado”, se debe considerar “cerrado”.

5.10. PRESIÓN DINÁMICA

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

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 I \quad [\text{N/m}^2] \quad (13)$$

siendo:

- K_d el factor de direccionalidad del viento definido en el artículo 5.4.4.
- K_z el coeficiente de exposición para la presión dinámica definido en el artículo 5.6.4.
- K_{zt} el factor topográfico definido en el artículo 5.7.2.
- q_h la presión dinámica calculada mediante la expresión (13) a la altura media de cubierta h .
- V la velocidad básica del viento obtenida de la Figura 1.
- I el factor de importancia definido en el artículo 5.5.

Se debe usar el coeficiente numérico **0,613**, excepto donde se disponga de suficientes datos climáticos como para justificar la selección de un valor diferente de este factor para una aplicación de diseño específica.

5.11. COEFICIENTES DE PRESIÓN Y FUERZA

5.11.1. Coeficientes de presión interna

Los coeficientes de presión interna GC_{pi} se determinan de la Tabla 7 en base a la clasificación de cerramientos presentada en el artículo 5.9.

5.11.1.1. Factor de reducción para edificios de gran volumen

Para un edificio parcialmente cerrado que contiene un gran volumen único, no dividido, el coeficiente de presión interna GC_{pi} se debe multiplicar por el siguiente factor de reducción R_i :

$$R_i = 1,0 \quad \text{ó} \quad R_i = 0,5 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{V_i}{6954 A_{og}}}} \right) \leq 1,0 \quad (14)$$

siendo:

- A_{og} el área total de aberturas en la envolvente del edificio (paredes y cubierta), en m^2 ;

V_i el volumen interno no dividido, en m^3 .

5.11.2. Coeficientes de presión externa

5.11.2.1. Sistemas principales resistentes a la fuerza del viento

Los coeficientes de presión externa para sistemas principales resistentes a la fuerza del viento C_p están dados en la Figura 3 y Tabla 8. Las combinaciones de factor de efecto de ráfaga y coeficiente de presión externa GC_{pf} están dadas en la Figura 4 para edificios de baja altura. Los valores del coeficiente de presión y del factor de efecto de ráfaga en la Figura 4 no deben separarse.

5.11.2.2. Componentes y revestimientos

Las combinaciones del factor de efecto de ráfaga y el coeficiente de presión externa GC_p para componentes y revestimientos están dadas en las Figuras 5 a 8. Los valores del coeficiente de presión y del factor de efecto de ráfaga no se deben separar.

5.11.3. Coeficientes de fuerza

Los coeficientes de fuerza C_f están dados en las Tablas 9 a 13.

5.11.4. Voladizos de cubiertas

5.11.4.1. Sistema principal resistente a la fuerza del viento

Los voladizos de cubiertas ubicados a barlovento se deben diseñar para presiones positivas correspondientes a un coeficiente de presión $C_p = 0,8$, actuando sobre su superficie inferior en combinación con las presiones indicadas en las Figuras 3 y 4.

5.11.4.2. Componentes y revestimientos

Para todos los edificios, los voladizos de cubiertas se deben diseñar para presiones determinadas a partir de los coeficientes de presión dados en la Figura 5B.

5.12. CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO EN EDIFICIOS CERRADOS Y PARCIALMENTE CERRADOS

5.12.1. Generalidades

5.12.1.1. Convención de signos

Las presiones positivas actúan hacia la superficie y las presiones negativas actúan desde la superficie (succión).

5.12.1.2. Condición crítica de carga

Los valores de las presiones externa e interna se deben combinar algebraicamente para determinar la carga más crítica.

5.12.1.3. Áreas tributarias mayores que 70 m²

Este Reglamento permite diseñar elementos componentes y de revestimientos con áreas tributarias mayores que 70 m² usando las disposiciones para los sistemas principales resistentes a la fuerza del viento.

5.12.2. Sistemas principales resistentes a la fuerza del viento

5.12.2.1. Edificios rígidos de todas las alturas

Las presiones de diseño para los sistemas principales resistentes a la fuerza del viento de edificios de todas las alturas se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = q GC_p - q_i (GC_{pi}) \quad [N/m^2] \quad (15)$$

siendo:

$q = q_z$ para paredes a barlovento evaluada a la altura z sobre el terreno;

$q = q_h$ para paredes a sotavento, paredes laterales y cubiertas, evaluada a la altura media de cubierta, h ;

$q_i = q_h$ para paredes a barlovento, paredes laterales, paredes a sotavento y cubiertas de edificios cerrados y para la evaluación de la presión interna negativa en edificios parcialmente cerrados;

$q_i = q_z$ para la evaluación de la presión interna positiva en edificios parcialmente cerrados donde la altura z está definida como el nivel de la abertura mas elevada del edificio que podría afectar la presión interna positiva. Para edificios ubicados en regiones donde se pueda dar el arrastre de partículas por el viento, el vidrioado en los 20 m inferiores que no sea resistente a impactos o no esté protegido con una cubierta resistente a impactos, se debe tratar como una abertura de acuerdo con el artículo 5.9.3. Para la evaluación de la presión interna positiva, q_i se puede calcular conservativamente a la altura h ($q_i = q_h$);

G el factor de efecto de ráfaga según el artículo 5.8.;

C_p el coeficiente de presión externa de la Figura 3 o de la Tabla 8;

(GC_{pi}) el coeficiente de presión interna de la Tabla 7.

q y q_i se deben evaluar usando la exposición definida en el artículo 5.6.2.1.

5.12.2.2. Edificios de baja altura

Como alternativa, las presiones de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento de edificios de baja altura, se pueden determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = q_h [(GC_{pf}) - (GC_{pi})] \quad [N/m^2] \quad (16)$$

siendo:

q_h la presión dinámica evaluada a la altura media de cubierta h usando la exposición definida en el artículo 5.6.2.2.;

(GC_{pf}) el coeficiente de presión externa de la Figura 4;

(GC_{pi}) el coeficiente de presión interna de la Tabla 7.

5.12.2.3. Edificios flexibles

Las presiones de viento de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento de edificios flexibles se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = q G_f C_p - q_i (GC_{pi}) \quad [N/m^2] \quad (17)$$

donde:

q , q_i , C_p y (GC_{pi}) se definieron en el artículo 5.12.2.1.,
 G_f factor de efecto de ráfaga definido en el artículo 5.8.2.

5.12.3. Carga parcial y total

El sistema principal resistente a la fuerza del viento de edificios con altura media de cubierta mayor que **20 m**. se debe calcular para momentos torsores resultantes de las cargas de viento de diseño calculadas según el artículo 5.12. y actuando en las combinaciones indicadas en la Figura 9.

5.12.4. Componentes y revestimientos

5.12.4.1. Edificios de baja altura y edificios con $h \leq 20$ m

Las presiones de viento de diseño sobre los elementos componentes y de revestimiento de los edificios de baja altura y de los edificios con $h \leq 20$ m se deben determinar a partir de la siguiente expresión:

$$p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad [N/m^2] \quad (18)$$

siendo:

q_h la presión dinámica evaluada a la altura media de cubierta h usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.1.;
 (GC_p) el coeficiente de presión externa dado en las Figuras 5 a 7;
 (GC_{pi}) el coeficiente de presión interna dado en la Tabla 7.

5.12.4.2. Edificios con $h > 20$ m

Las presiones de viento de diseño sobre componentes y revestimientos para todos los edificios con $h > 20$ m se deben determinar a partir de la siguiente expresión:

$$p = q (GC_p) - q_i (GC_{pi}) \quad [N/m^2] \quad (19)$$

siendo:

$q = q_z$ para paredes a barlovento, calculada a la altura z sobre el terreno;
 $q = q_h$ para paredes a sotavento, paredes laterales y cubiertas, calculada a la altura media de cubierta h ;
 $q_i = q_h$ para paredes a barlovento, paredes laterales, paredes a sotavento y cubiertas de edificios cerrados y para la evaluación de la presión interna negativa en edificios parcialmente cerrados;

$q_i = q_z$ para la evaluación de la presión interna positiva en edificios parcialmente cerrados, donde la altura z se define como el nivel de la abertura más elevada en el edificio que podría afectar la presión interna positiva. Para edificios ubicados en regiones donde se pueda producir el arrastre de partículas por el viento, el vidriado en los **20 m** inferiores que no sea resistente a impactos o no esté protegido con una cubierta resistente a impactos, se debe tratar como una abertura de acuerdo con el artículo 5.9.3. Para la evaluación de la presión interna positiva, q_i puede calcularse conservativamente a la altura h ($q_i = q_h$);

(GC_p) el coeficiente de presión externa de la Figura 8;

(GC_{pi}) el coeficiente de presión interna dado en la Tabla 7.

q y q_i se deben evaluar usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.2.

5.12.4.3. Presiones de viento de diseño alternativas para componentes y revestimientos en edificios con $20\text{ m} < h < 30\text{ m}$

Como alternativa a los requisitos del artículo 5.12.4.2., en el diseño de componentes y revestimientos para edificios con altura media de cubierta mayor que **20 m** y menor que **30 m** se pueden usar los valores de las Figuras 5 a 7 solamente si la relación altura/ancho es uno o menor que uno, utilizándose la expresión (18) (con excepción de los casos permitidos por la nota 6 de la Figura 8).

5.13. CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO SOBRE EDIFICIOS ABIERTOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

La fuerza de viento de diseño para edificios abiertos y otras estructuras se debe determinar mediante la siguiente expresión:

$$F = q_z GC_f A_f \quad [N] \quad (20)$$

siendo:

q_z la presión dinámica evaluada a la altura z del baricentro del área A_f usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.2.;

G el factor de efecto de ráfaga del artículo 5.8.;

C_f el coeficiente de fuerza neta de las Tablas 9 a 13 ;

A_f el área proyectada normal al viento, excepto cuando C_f es referido al área de la superficie real, en m^2 .

CAPÍTULO 6. MÉTODO 3 – PROCEDIMIENTO DEL TÚNEL DE VIENTO

6.1. CAMPO DE VALIDEZ

Los ensayos en túnel de viento se deben utilizar para los casos que se consideran en el artículo 5.2. El ensayo en túnel de viento se admite en reemplazo de los Métodos 1 y 2 para cualquier edificio o estructura.

6.2. CONDICIONES DE ENSAYO

Los ensayos en túnel de viento, o ensayos similares empleando fluidos diferentes que el aire, que se usen para la determinación de cargas de viento de diseño para cualquier edificio u otra estructura, se deben realizar de acuerdo con este artículo. Los ensayos para la determinación de fuerzas y presiones medias y fluctuantes deben reunir la totalidad de las siguientes condiciones:

1. La capa límite atmosférica natural ha sido modelada para tener en cuenta la variación de la velocidad del viento con la altura.
2. Las escalas pertinentes de macro longitud (integral) y micro longitud de la componente longitudinal de la turbulencia atmosférica están modeladas aproximadamente a la misma escala que la usada para modelar el edificio u otra estructura.
3. El edificio u otra estructura modelada y las estructuras y topografía circundantes son geoméricamente similares a sus contrapartes en escala natural, excepto que, para edificios de baja altura que reúnan los requisitos del artículo 5.1., se permitirán ensayos para el edificio modelado en un único sitio de exposición tal como se define en el artículo 5.6.1.
4. El área proyectada del edificio u otra estructura y alrededores modelados es menor que el **8%** del área de la sección transversal de ensayo a menos que se haga una corrección por bloqueo.
5. Se ha tenido en cuenta el gradiente de presión longitudinal en la sección de ensayo del túnel de viento.
6. Los efectos del número de Reynolds sobre las presiones y las fuerzas están minimizados.
7. Las características de respuesta del instrumental del túnel de viento son consistentes con las mediciones requeridas.

6.3. RESPUESTA DINÁMICA

Los ensayos realizados con el propósito de determinar la respuesta dinámica de un edificio u otra estructura deben respetar los requisitos del artículo 6.2. El modelo estructural y el análisis asociado deben considerar la distribución de masa, rigidez y amortiguamiento.

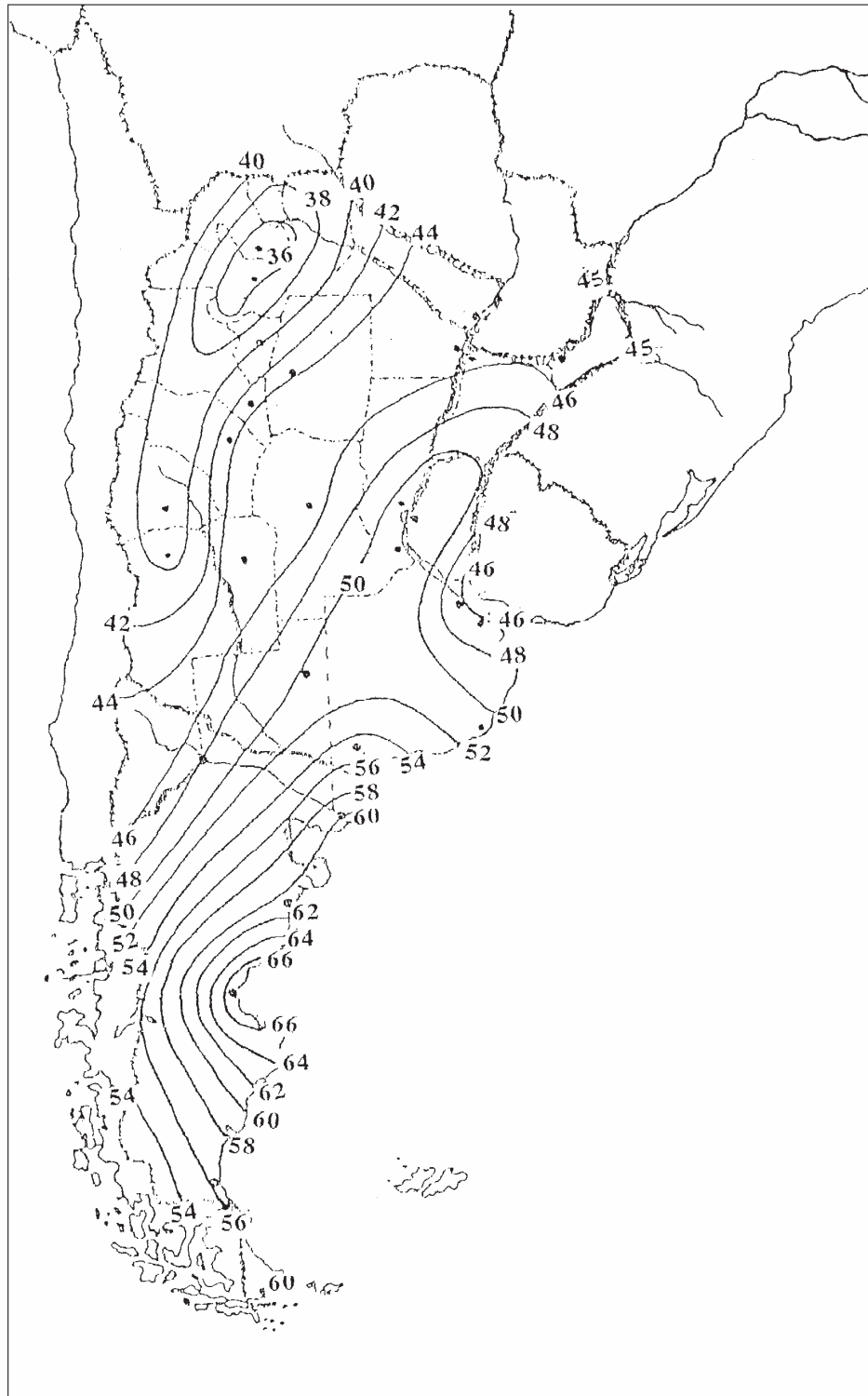
6.4. LIMITACIONES

6.4.1. Limitaciones sobre velocidades de viento

No se permiten variaciones de la velocidad básica de viento con la dirección a menos que el análisis para velocidades de viento satisfaga los requisitos del artículo 5.4.2.

Figura 1 A

Velocidad básica del viento



Notas:

1. Los valores se refieren a velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m. sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02.
2. Es aplicable la interpolación lineal entre contornos de velocidades del viento.
3. Islas y áreas costeras fuera del último contorno se deben usar este último contorno de velocidad del viento del área costera.
4. Los terrenos montañosos, quebradas, promontorios marinos y regiones especiales de viento se deben examinar para condiciones inusuales de viento.

Figura 1 B

Velocidades básicas del viento en ciudades

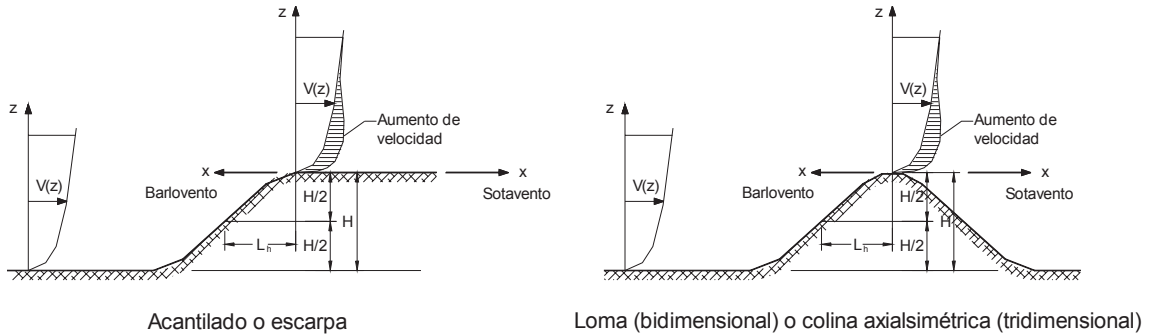
CIUDAD	V (m/s)
BAHIA BLANCA	55,0
BARILOCHE	46,0
BUENOS AIRES	45,0
CATAMARCA	43,0
COMODORO RIVADAVIA	67,5
CORDOBA	45,0
CORRIENTES	46,0
FORMOSA	45,0
LA PLATA	46,0
LA RIOJA	44,0
MAR DEL PLATA	51,0
MENDOZA	39,0
NEUQUEN	48,0
PARANA	52,0
POSADAS	45,0
RAWSON	60,0
RESISTENCIA	45,0
RIO GALLEGOS	60,0
ROSARIO	50,0
SALTA	35,0
SANTA FE	51,0
SAN JUAN	40,0
SAN LUIS	45,0
SAN MIGUEL DE TUCUMAN	40,0
SAN SALVADOR DE JUJUY	34,0
SANTA ROSA	50,0
SANTIAGO DEL ESTERO	43,0
USHUAIA	60,0
VIEDMA	60,0

Nota:

Los valores se refieren a velocidad de ráfaga de 3 segundos en m/s a 10 m. sobre el terreno para Categoría de Exposición C y están asociadas con una probabilidad anual de 0,02.

Figura 2

Factor topográfico, K_{zt}



Multiplicadores topográficos para exposición C

H/L_h	Multiplicador K_1			x/L_h	Multiplicador K_2		z/L_h	Multiplicador K_3		
	Loma bidim.	Escarpa bidim.	Colina tridim. axialsim.		Escarpa bidim.	Todos los otros casos		Loma bidim.	Escarpa bidim.	Colina tridim. axialsim.
0,20	0,29	0,17	0,21	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
0,25	0,36	0,21	0,26	0,50	0,88	0,67	0,10	0,74	0,78	0,67
0,30	0,43	0,26	0,32	1,00	0,75	0,33	0,20	0,55	0,61	0,45
0,35	0,51	0,30	0,37	1,50	0,63	0,00	0,30	0,41	0,47	0,30
0,40	0,58	0,34	0,42	2,00	0,50	0,00	0,40	0,30	0,37	0,20
0,45	0,65	0,38	0,47	2,50	0,38	0,00	0,50	0,22	0,29	0,14
0,50	0,72	0,43	0,53	3,00	0,25	0,00	0,60	0,17	0,22	0,09
				3,50	0,13	0,00	0,70	0,12	0,17	0,06
				4,00	0,00	0,00	0,80	0,09	0,14	0,04
							0,90	0,07	0,11	0,03
							1,00	0,05	0,08	0,02
							1,50	0,01	0,02	0,00
							2,00	0,00	0,00	0,00

Notas:

1. Para valores de H/L_h , x/L_h y z/L_h distintos a los indicados, se permite la interpolación lineal.
2. Para $H/L_h > 0,5$, suponer que $H/L_h = 0,5$ para la evaluación de K_1 , y substituir L_h por $2H$ para la evaluación de K_2 y K_3 .
3. Los multiplicadores se basan en la suposición de que el viento se aproxima a la colina o escarpa en la dirección de máxima pendiente.

4. Simbología:

H : altura de la colina o escarpa referida al terreno ubicado a barlovento, en m.

L_h : distancia hacia barlovento, desde la cresta hasta el punto en que la diferencia de elevación del terreno es la mitad de la altura de la colina o escarpa, en m.

K_1 : factor que tiene en cuenta las características topográficas y el efecto de máximo aumento de velocidad.

K_2 : factor que tiene en cuenta la reducción en el aumento de velocidad, con la distancia desde la cresta, a barlovento o sotavento.

K_3 : factor que tiene en cuenta la reducción en el aumento de velocidad con la altura sobre el terreno local.

x : distancia (a barlovento o a sotavento) desde la cresta hasta el lugar del edificio, en m.

z : altura sobre el nivel del terreno local, en m.

μ : factor de atenuación horizontal.

γ : factor de atenuación en altura.

Expresiones:

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

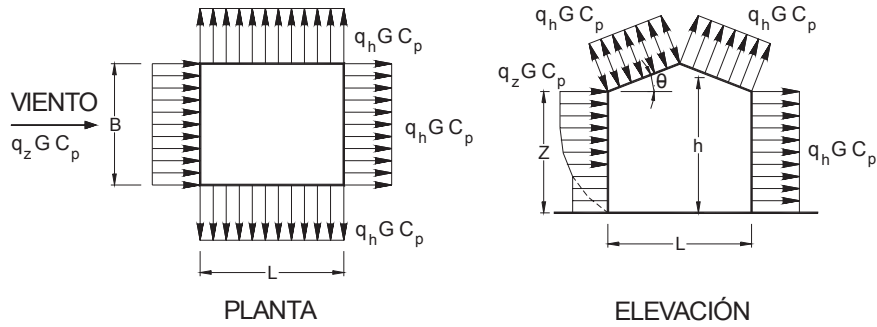
K_1 se obtiene de la Tabla inferior

$$K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h} \right)$$

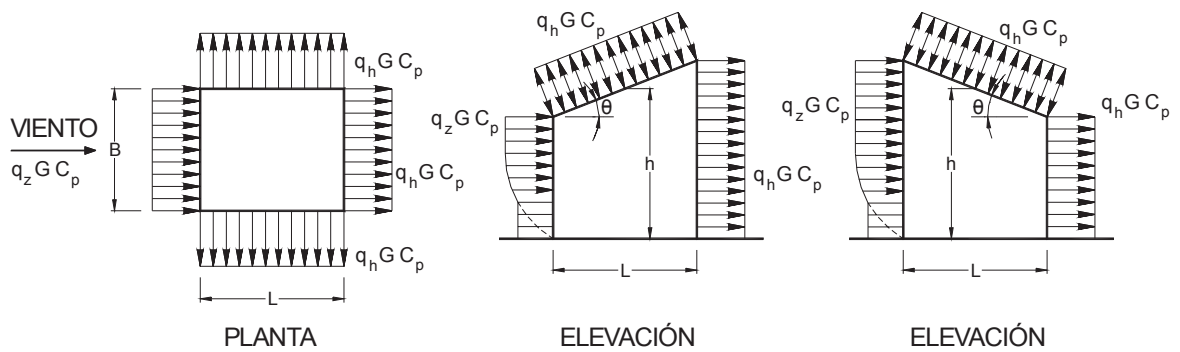
$$K_3 = e^{-\gamma z / L_h}$$

Parámetros para aumento de la velocidad sobre colinas y escarpas						
Forma de la colina	$K_1 / (H/L_h)$			γ	μ	
	Exposición				A barlovento de la cresta	A sotavento de la cresta
	B	C	D			
Lomas bidimensionales (o valles con H negativa en $K_1 / (H/L_h)$)	1,30	1,45	1,55	3	1,5	1,5
Escarpas bidimensionales	0,75	0,85	0,95	2,5	1,5	4
Colina tridimensional axialsimétrica	0,95	1,05	1,15	4	1,5	1,5

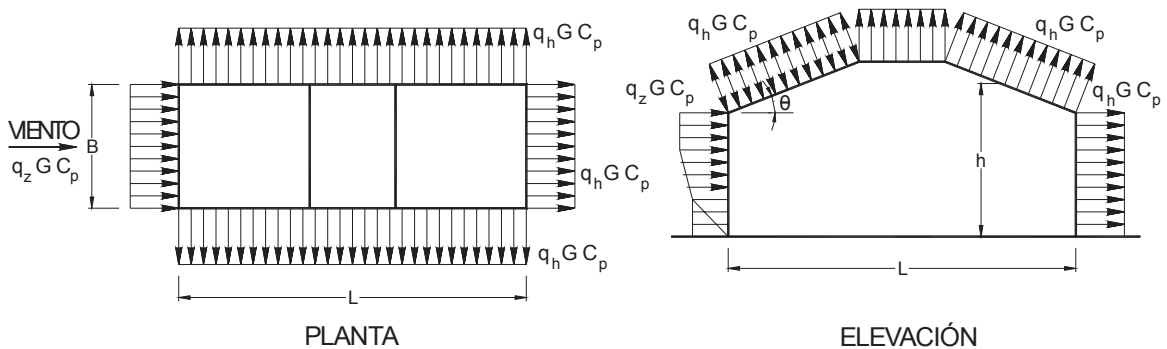
Sistema principal resistente a la fuerza del viento		Para todo h
Figura 3	Coefficientes de presión externa, C_p	Paredes y cubiertas
Edificios cerrados total o parcialmente		



CUBIERTAS A DOS Y A CUATRO AGUAS



CUBIERTAS DE VERTIENTE ÚNICA (NOTA 4)



CUBIERTAS EN MANSARDA (NOTA 8)

Sistema principal resistente a la fuerza del viento		Para todo h
Figura 3 (cont.)	Coefficientes de presión externa, C_p	Paredes y cubiertas
Edificios cerrados total o parcialmente		

Coefficientes de presión en paredes, C_p

Superficie	L/B	C_p	Usar con
Pared a barlovento	Todos los valores	0,8	q_z
Pared a sotavento	0 – 1	-0,5	q_h
	2	-0,3	
	≥ 4	-0,2	
Paredes laterales	Todos los valores	-0,7	q_h

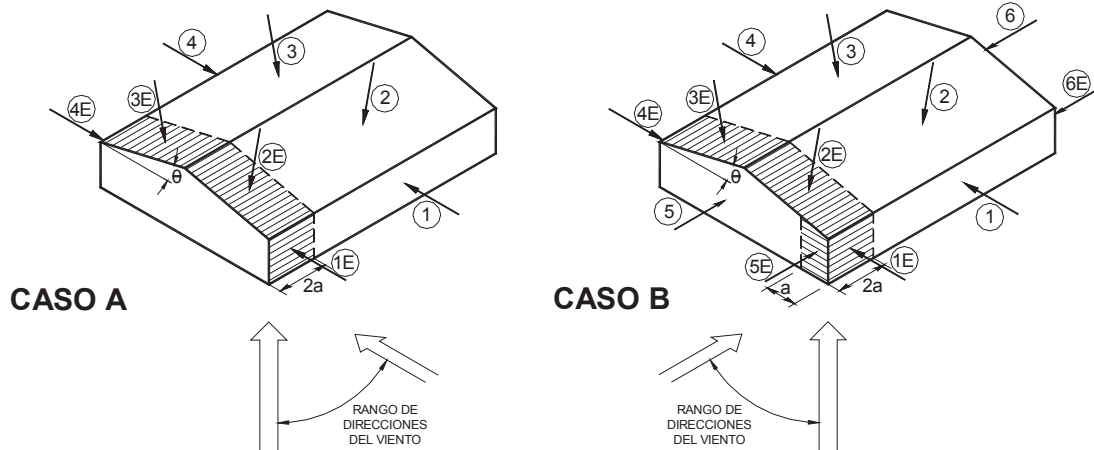
Coefficientes de presión para cubiertas, C_p , para usar con q_h

Dirección del viento	Barlovento Ángulo θ en grados									Sotavento Ángulo θ en grados		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\#$	10	15	≥ 20
Normal a la cumbrera para $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,4	0,01 θ	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9	-0,7 0,0*	-0,4 0,2	-0,3 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,01 θ	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3**	-1,0	-0,7 0,0*	-0,5 0,2	-0,3 0,2	-0,2 0,2	0,0* 0,3	0,01 θ	-0,7	-0,6	-0,6
Normal a la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralela a la cumbrera para todo θ	$\leq 0,5$	Distancia horizontal desde el borde a barlovento			C_p	* Se da el valor para fines de interpolación						
		0 a $h/2$			-0,9	** El valor puede reducirse linealmente con el área sobre la cual es aplicable como sigue:						
		$h/2$ a h			-0,9							
		h a $2h$			-0,5							
	$\geq 1,0$	0 a $h/2$			-1,3**	Área (m^2)		Factor de reducción				
						≤ 10		1,0				
$> h/2$			-0,7	25		0,9						
				≥ 100		0,8						

Notas:

- Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose a la superficie o alejándose de ella, respectivamente.
- Se permite la interpolación lineal para valores de L/B , h/L y θ distintos a los indicados. La interpolación sólo se llevará a cabo entre valores del mismo signo. Donde no se dan valores del mismo signo, se toma 0,0 a los fines de la interpolación.
- Donde se listan dos valores de C_p se quiere indicar que la pendiente de la cubierta a barlovento está sujeta a presiones positivas o negativas y la estructura de la cubierta se debe calcular para ambas condiciones. La interpolación para relaciones intermedias de h/L en este caso se puede llevar a cabo solamente entre valores de C_p del mismo signo.
- Para cubiertas con una sola pendiente, la superficie completa de la misma es superficie a barlovento o a sotavento.
- Para edificios flexibles se debe usar un valor de G_f apropiado, determinado mediante un análisis racional.
- Para cubiertas en arco se debe usar la Tabla 8.
- Simbología:
 - B : dimensión horizontal del edificio, en m, medida normal a la dirección del viento.
 - L : dimensión horizontal del edificio, en m, medida paralela a la dirección del viento.
 - h : altura media de la cubierta en m, excepto que para $\theta \leq 10^\circ$, se usará la altura del alero.
 - z : altura sobre el terreno, en m.
 - G : factor de efecto de ráfaga.
 - q_z, q_h : Presión dinámica, en N/m^2 , evaluada a la altura respectiva.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta respecto de la horizontal, en grados.
- Para cubiertas en mansarda, la superficie superior horizontal y la superficie inclinada a sotavento se consideran en la tabla como superficies a sotavento.
- # Para cubiertas con pendiente mayor que 80° se debe usar $C_p = 0,8$

Sistema principal resistente a la fuerza del viento		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 4	Coeficientes de presión externa, GC_{pf}	Paredes y cubiertas a dos aguas
Edificios cerrados total o parcialmente		



CASO A

Ángulo de la Cubierta θ en grados	Superficie del edificio							
	1	2	3	4	1E	2E	3E	4E
0 – 5	0,40	-0,69	-0,37	-0,29	0,61	-1,07	-0,53	-0,43
20	0,53	-0,69	-0,48	-0,43	0,80	-1,07	-0,69	-0,64
30 – 45	0,56	0,21	-0,43	-0,37	0,69	0,27	-0,53	-0,48
90	0,56	0,56	-0,37	-0,37	0,69	0,69	-0,48	-0,48

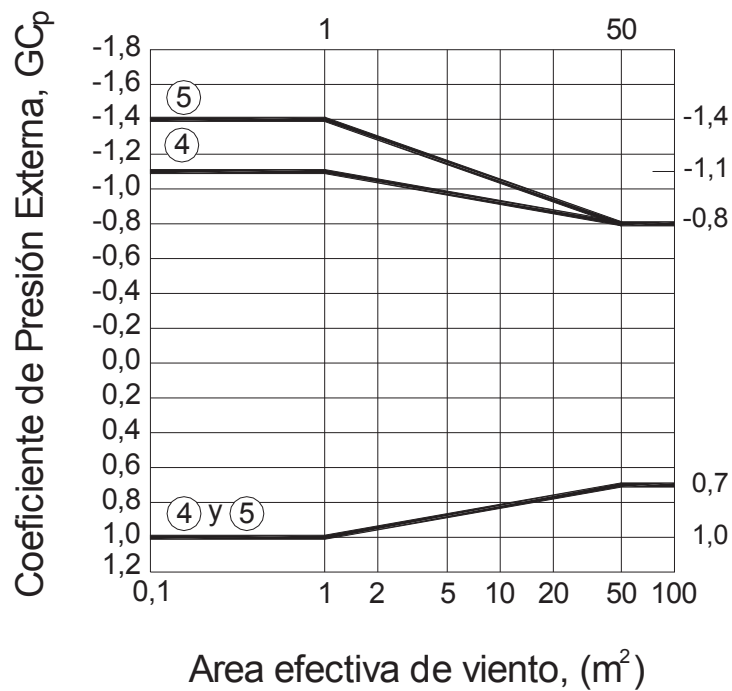
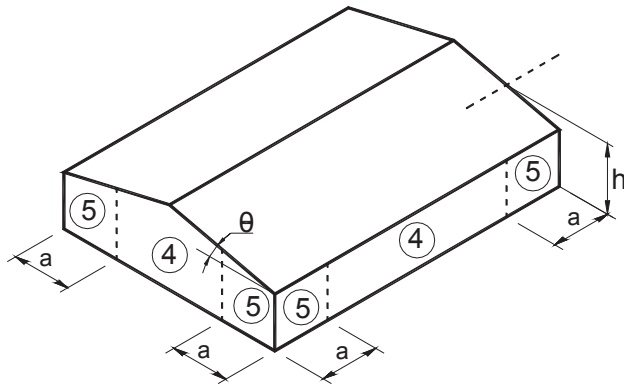
CASO B

Angulo de la cubierta θ en grados	Superficie del edificio											
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E	5E	6E
0 – 90	-0,45	-0,69	-0,37	-0,45	0,40	-0,29	-0,48	-1,07	-0,53	-0,48	0,61	-0,43

Notas:

- Los casos A y B se establecen como dos condiciones de carga separadas para generar acciones de viento, incluyendo torsión, que debe resistir el sistema principal resistente a la fuerza del viento.
- Para obtener las acciones críticas del viento, el edificio se debe rotar en incrementos de 90° de manera tal que cada esquina a su turno sea esquina de barlovento, en tanto que los esquemas de carga en las figuras permanecen fijos. Para el cálculo de los sistemas estructurales que proporcionan resistencia lateral en la dirección paralela a la línea de cumbrera, el caso A debe basarse en $\theta = 0^\circ$.
- Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
- Para el caso A de carga se aplican las siguientes restricciones:
 - El coeficiente de presión de la cubierta GC_{pf} , cuando es negativo en la zona 2, se aplica en dicha zona para una distancia desde el borde de la cubierta igual a 0,5 veces la dimensión horizontal del edificio, medida perpendicularmente a la línea del alero, ó $2,5h$, la que sea menor. Para el resto de la zona 2 que se extiende hasta la línea de cumbrera se usa el coeficiente de presión GC_{pf} para zona 3.
 - Excepto para pórticos resistentes a flexión, el corte horizontal total no debe ser menor que el determinado al desprestigiar las fuerzas del viento sobre las superficies de la cubierta.
- Las combinaciones de presiones internas y externas (ver Tabla 7) deben ser evaluadas en la forma necesaria para obtener las cargas más severas.
- Para valores de θ distintos a los indicados, se permite la interpolación lineal.
- Simbología:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal ó $0,4h$, la que sea menor, pero no menor que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1 m.
 - h : altura media de la cubierta en m, excepto que para $\theta \leq 10^\circ$ se deberá usar la altura del alero.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

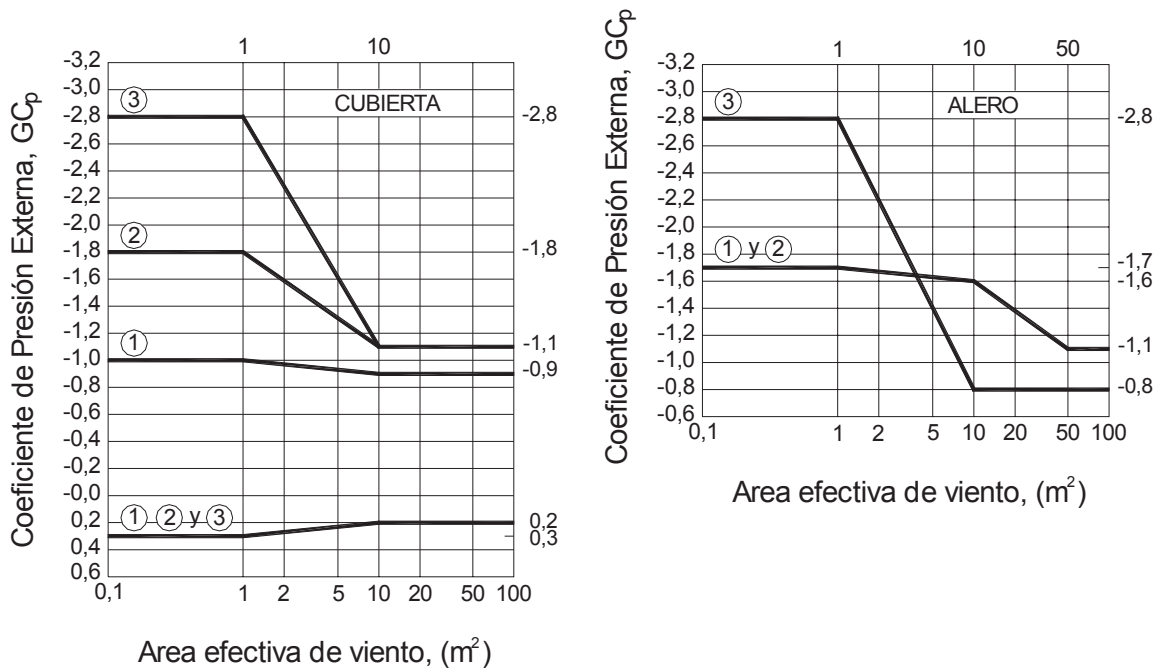
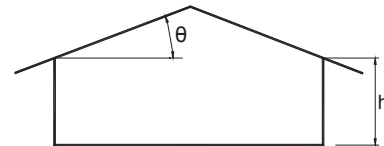
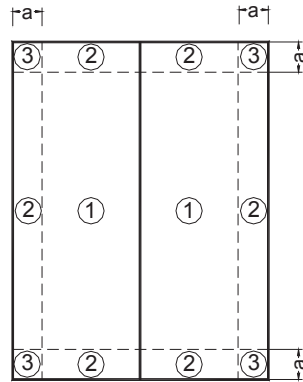
Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 5 A	Coeficientes de presión externa, GC_p	Paredes
Edificios parcial o totalmente cerrados		



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Los valores de GC_p para paredes se deben reducir en un 10% cuando $\theta \leq 10^\circ$.
6. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: altura media de la cubierta, en m, excepto cuando $\theta \leq 10^\circ$, en que se debe usar la altura del alero.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

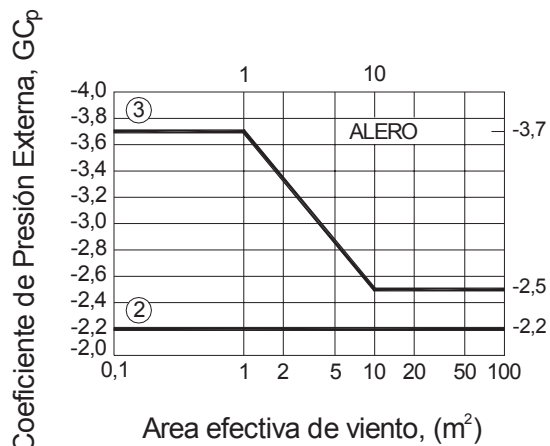
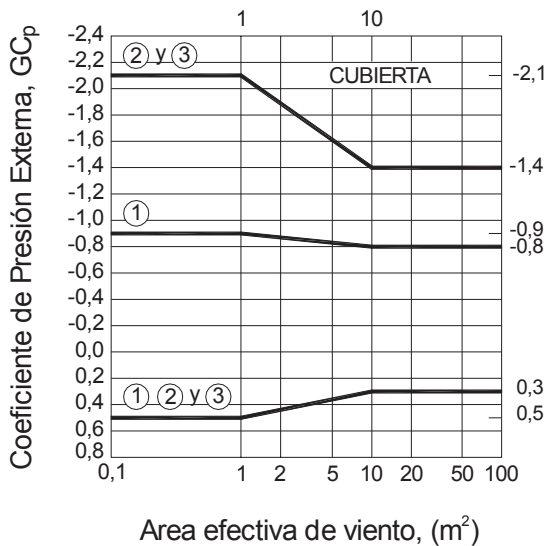
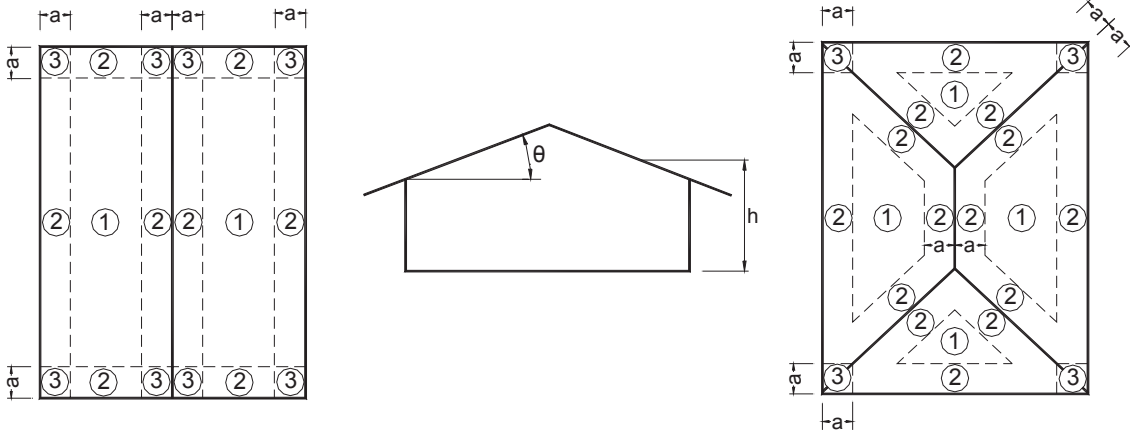
Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 5 B	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas a dos aguas
Edificios parcial o totalmente cerrados		$\theta \leq 10^\circ$



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Si existe un parapeto de altura igual o mayor que 1 m alrededor del perímetro de una cubierta con pendiente $\theta \leq 10^\circ$, la Zona 3 se debe tratar como Zona 2.
6. Los valores de GC_p para aleros incluyen las contribuciones de las presiones de las superficies superior e inferior.
7. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: para $\theta \leq 10^\circ$ se deberá usar la altura del alero.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

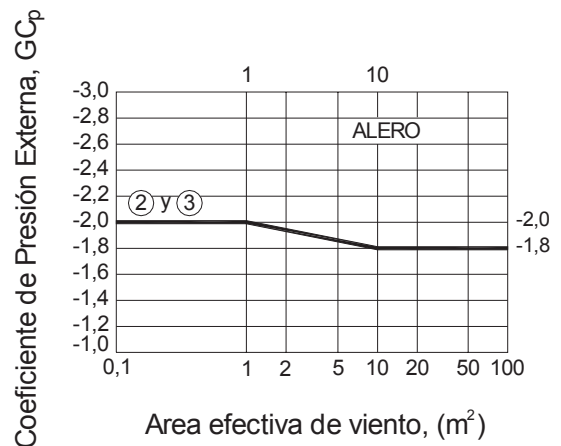
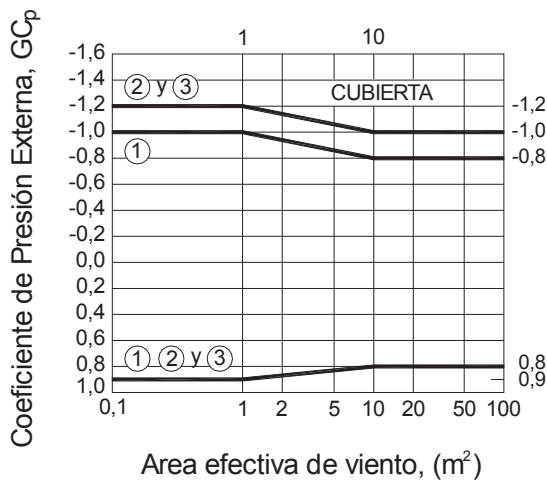
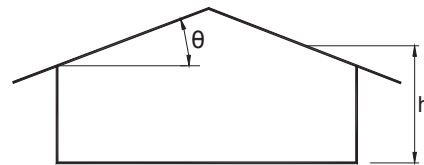
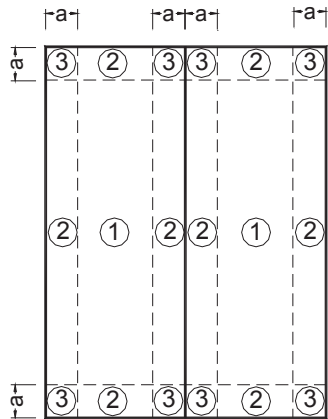
Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 5 B (cont.)	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas a dos y cuatro aguas $10^\circ < \theta \leq 30^\circ$
Edificios parcial o totalmente cerrados		



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Los valores de GC_p para aleros incluyen las contribuciones de las presiones de las superficies superior e inferior.
6. En cubiertas a cuatro aguas con $10^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$, se debe aplicar sobre cada vertiente las fajas de borde/cumbrera y los coeficientes de presión para cumbreras de cubiertas a dos aguas.
7. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: altura media de la cubierta, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

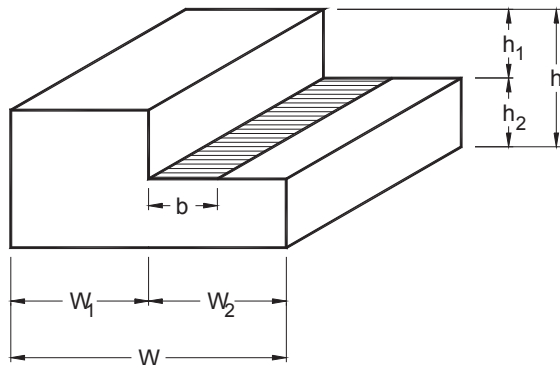
Componentes y revestimientos	$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 5 B (cont.) Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas a dos aguas $30^\circ < \theta \leq 45^\circ$
Edificios parcial o totalmente cerrados	



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Los valores de GC_p para aleros de cubiertas incluyen las contribuciones de las superficies superior e inferior.
6. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: altura media de la cubierta, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 5 C	Coefficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas escalonadas
Edificios parcial o totalmente cerrados		



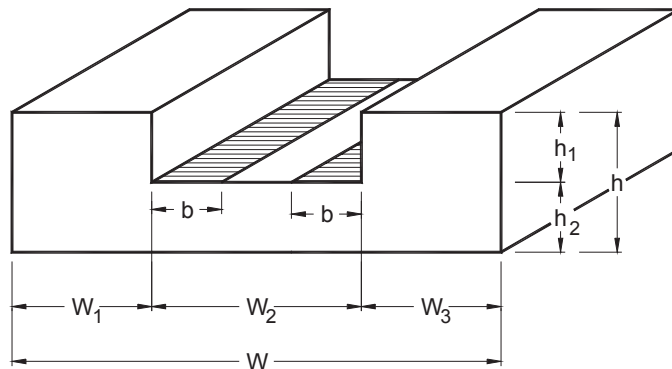
$$h_1 \geq 3 \text{ m}$$

$$b = 1,5 h_1$$

$$b < 30 \text{ m}$$

$$\frac{h_i}{h} = 0,3 \text{ a } 0,7$$

$$\frac{W_i}{W} = 0,25 \text{ a } 0,75$$



Notas:

1. En el nivel más bajo de las cubiertas planas escalonadas que se muestran en la Figura 5C, se deben aplicar las designaciones de zona y coeficientes de presión indicados en la Figura 5B ($\theta \leq 10^\circ$), excepto en la(s) intersección(es) de la cubierta con la pared superior, donde la Zona 3 se debe tratar como Zona 2 y la Zona 2 como Zona 1. Los valores positivos de GC_p iguales a aquellos para paredes en la Figura 5A, se deben aplicar en las áreas rayadas que se muestran en la Figura 5C.

2. Simbología:

b : $1,5h_1$ en la Figura 5C, pero no mayor que 30 m.

h : altura media de la cubierta, en m.

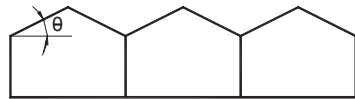
h_i : h_1 ó h_2 en la Figura 5C; $h = h_1 + h_2$; $h_1 \geq 3 \text{ m}$; $h_i/h = 0,3 \text{ a } 0,7$

W : ancho del edificio en la Figura 5C.

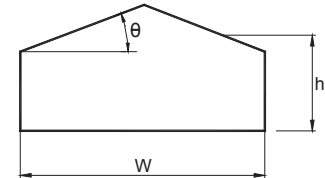
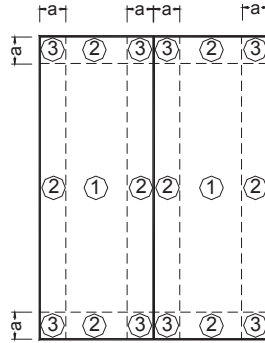
W_i : W_1 , W_2 ó W_3 en la Figura 5C, $W = W_1 + W_2$ ó $W_1 + W_2 + W_3$, $W_i/W = 0,25 \text{ a } 0,75$

θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

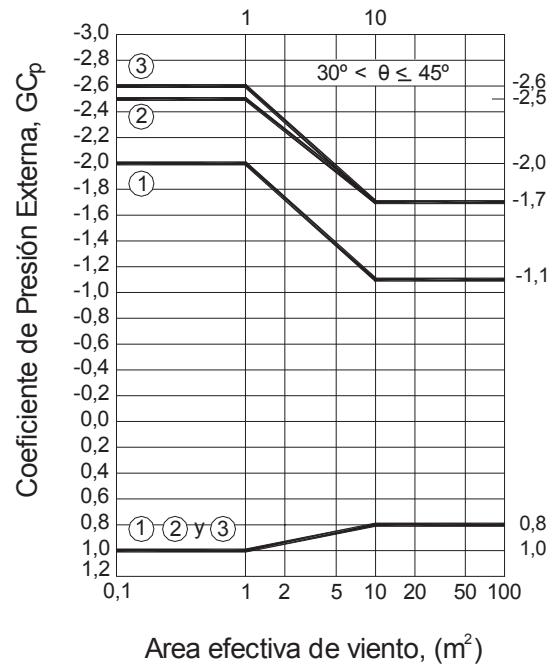
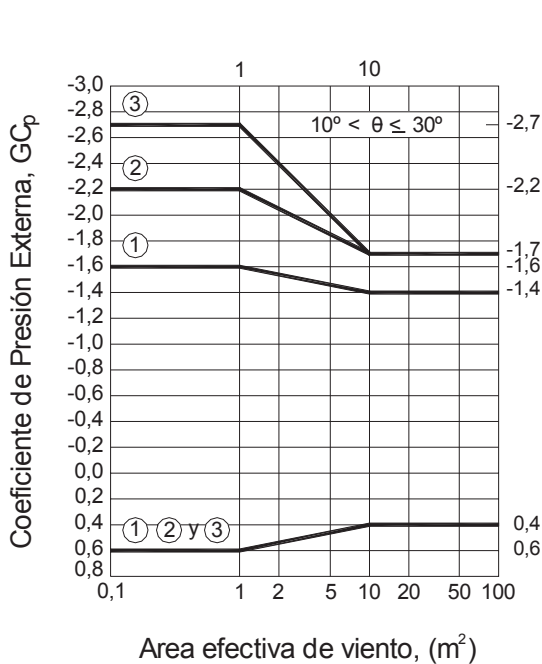
Componentes y revestimientos		$h \leq 20$ m
Figura 6	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas a dos aguas múltiples
Edificios parcial o totalmente cerrados		



ELEVACIÓN DEL EDIFICIO
(2 Ó MÁS MÓDULOS)



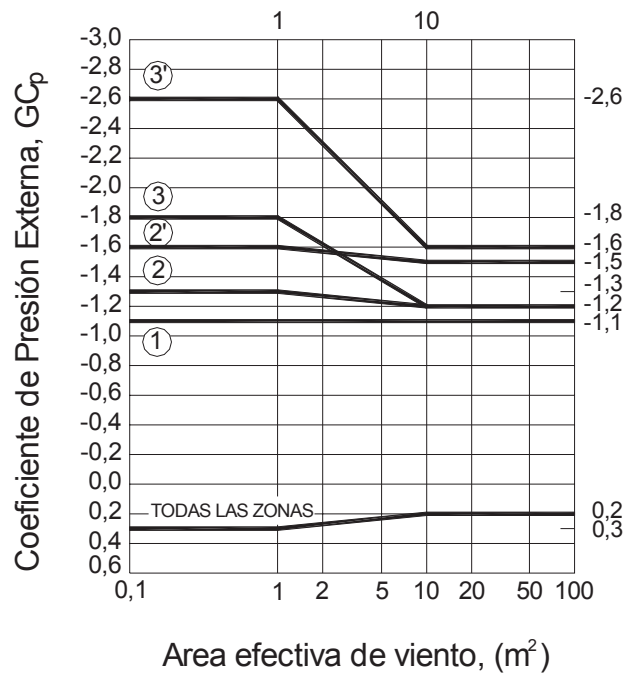
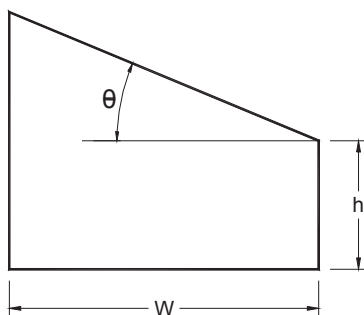
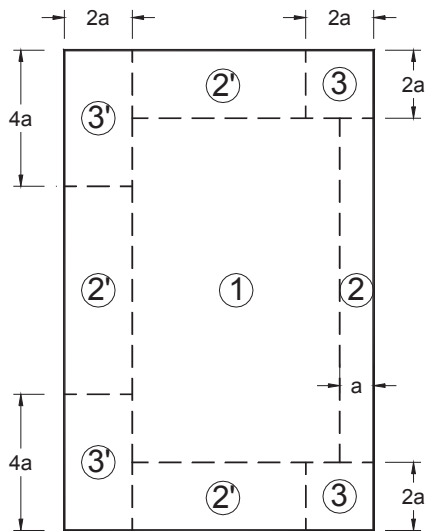
PLANTA Y ELEVACIÓN DE
CADA MÓDULO



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Para $\theta \leq 10^\circ$ se deben usar los valores de GC_p de la Figura 5B.
6. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal de un módulo o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal del módulo ó 1m.
 - h: altura media de la cubierta, en m.
 - W: ancho del módulo de edificio, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

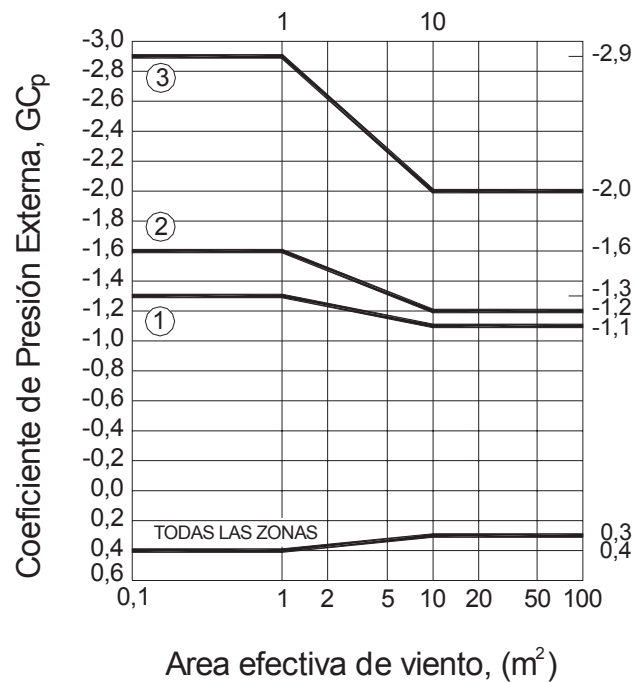
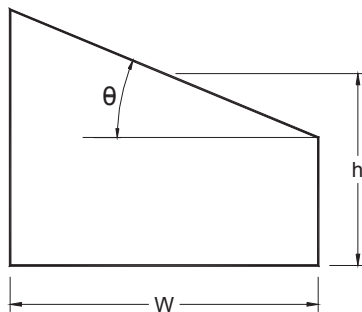
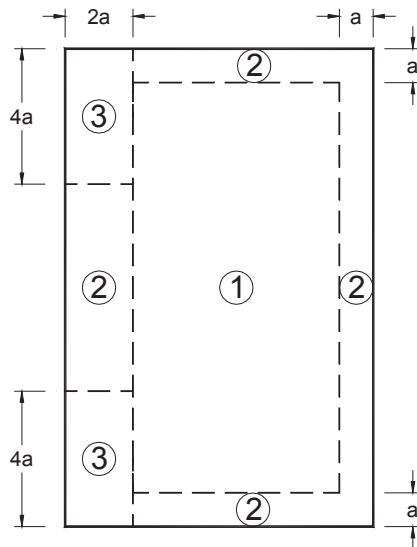
Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 7 A	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas de vertiente única $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$
Edificios parcial o totalmente cerrados		



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Para $\theta \leq 3^\circ$ se deben usar los valores de GC_p de la Figura 5B.
6. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: para $\theta \leq 10^\circ$ se debe usar la altura del alero.
 - W: ancho del edificio, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

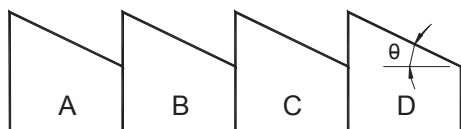
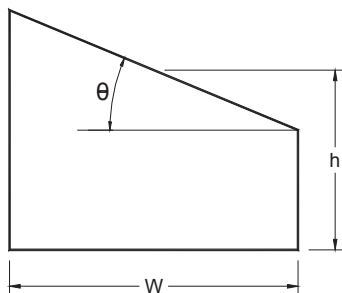
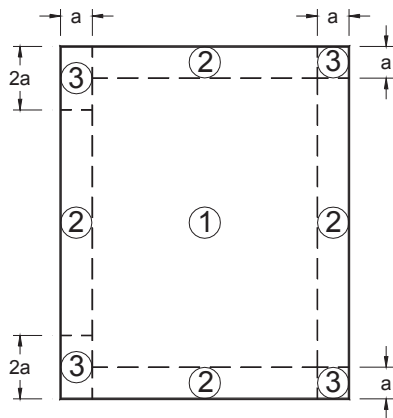
Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 7 A (cont.)	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas de vertiente única
Edificios parcial o totalmente cerrados		$10^\circ < \theta \leq 30^\circ$



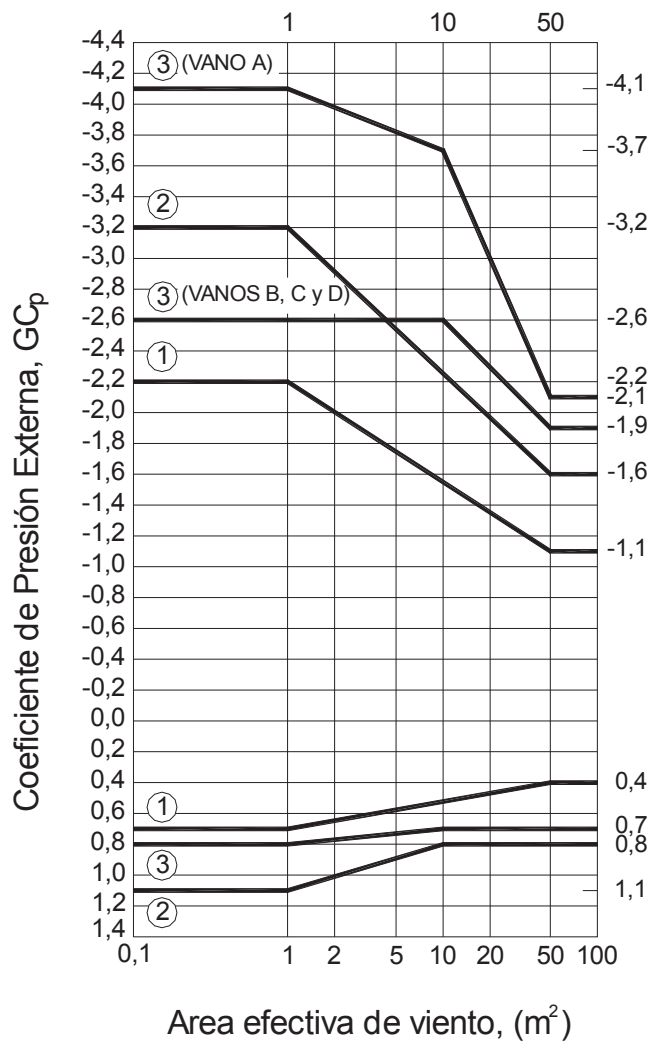
Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h .
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Simbología:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h : altura media de la cubierta, en m.
 - W : ancho del edificio, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

Componentes y revestimientos		$h \leq 20 \text{ m}$
Figura 7 B	Coeficientes de presión externa, GC_p	Cubiertas en diente de sierra
Edificios parcial o totalmente cerrados		



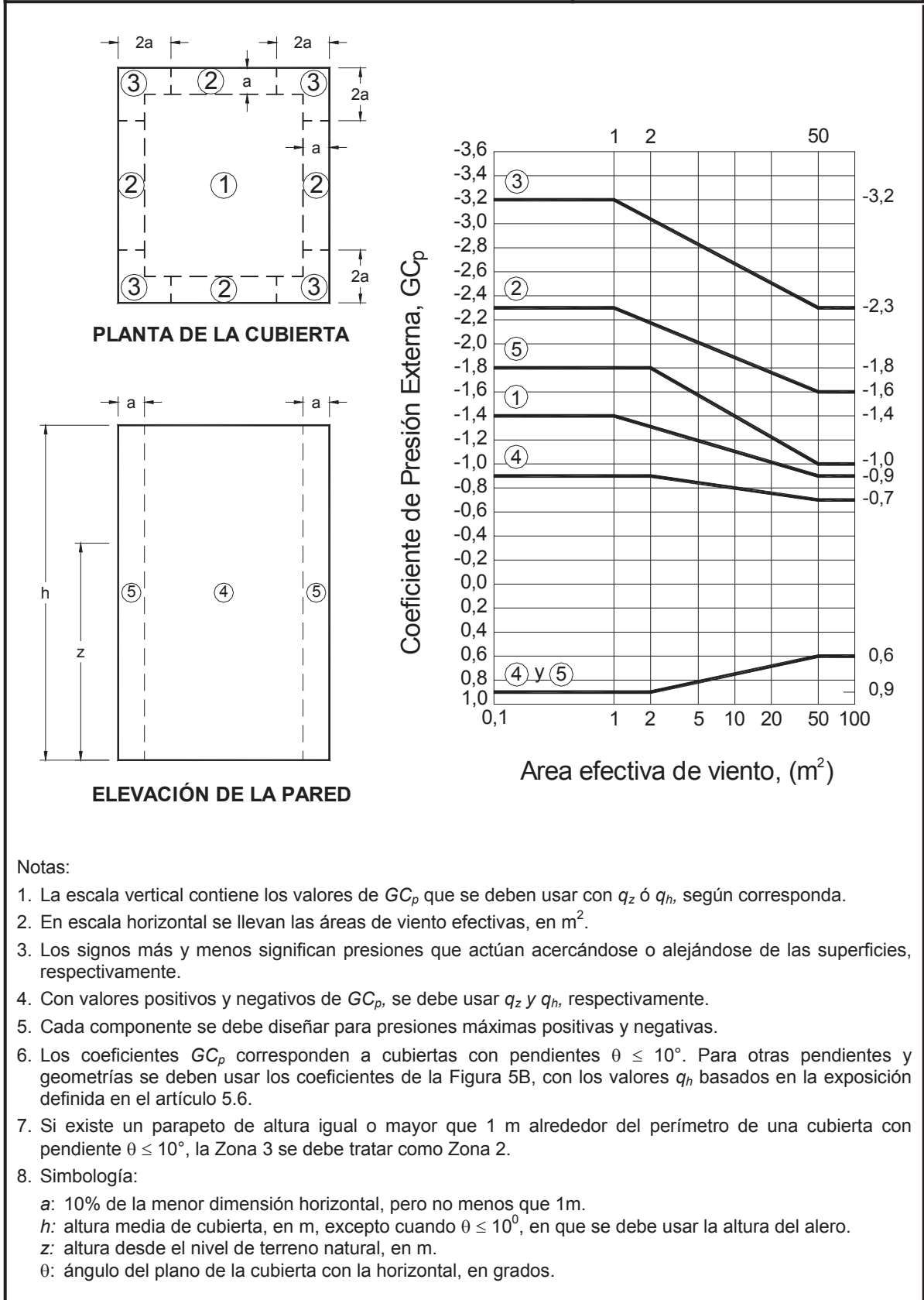
**ELEVACIÓN DEL EDIFICIO
(2 Ó MÁS MÓDULOS)**



Notas:

1. La escala vertical contiene los valores de GC_p que se deben usar con q_h
2. En escala horizontal se llevan las áreas de viento efectivas, en m^2 .
3. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose o alejándose de las superficies, respectivamente.
4. Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
5. Para $\theta \leq 10^\circ$ se deben usar los valores de GC_p de la Figura 5B.
6. Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1m.
 - h: altura media de la cubierta, en m.
 - W: ancho del edificio, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta con la horizontal, en grados.

Componentes y revestimientos		$h > 20 \text{ m}$
Figura 8	Coeficientes de presión externa, GC_p	Paredes y cubiertas
Edificios parcial o totalmente cerrados		



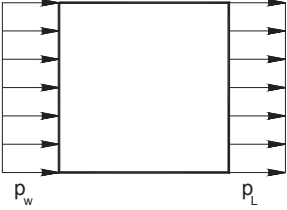
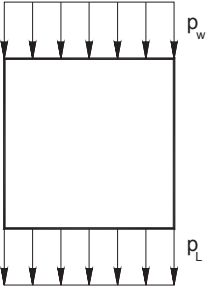
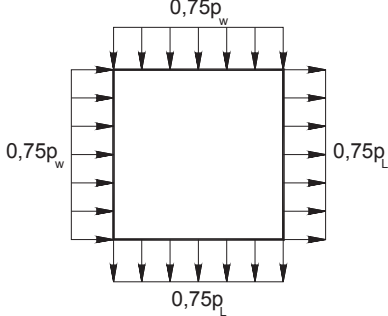
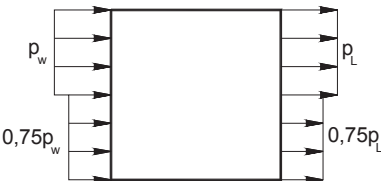
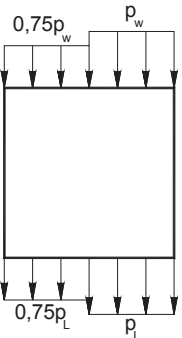
Sistema principal resistente a la fuerza del viento		$h > 20 \text{ m}$
Figura 9	Carga total y parcial	
		
		
		
CASO 1		
CASO 3		
		
		
CASO 2		
CASO 4		
<p>Caso 1: Presiones totales del viento de diseño que actúan sobre el área proyectada perpendicular a cada eje principal de la estructura considerados separadamente</p> <p>Caso 2: Presión del viento definida como en el Caso 1, pero con una reducción del 25% en la presión que actúa sobre el 50% del área proyectada limitada por el borde extremo proyectado del edificio.</p> <p>Caso 3: Presión del viento definida como en el Caso 1, pero considerando que actúa simultáneamente el 75% del valor especificado.</p> <p>Caso 4: Presión del viento como en el Caso 3, pero con un 25% de reducción de estas presiones actuando sobre el 50% del área proyectada limitada por el borde extremo proyectado del edificio.</p>		
<p>Notas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Presiones del viento de diseño para las caras a barlovento y sotavento obtenidas de acuerdo con las disposiciones del artículo 5.12 para los sistemas principales resistentes a la fuerza del viento para edificios con altura media de cubierta h mayor que 20 m. 2. Los diagramas muestran la vista en planta del edificio. 3. Simbología: <ul style="list-style-type: none"> p_w: presión de diseño en la cara a barlovento. p_L: presión de diseño en la cara a sotavento. 		

Tabla 1

Factor de importancia, I (Cargas de viento)

Categoría	I
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

Nota:

1. La clasificación de edificios y estructuras en categorías se indican en la Tabla A-1 del Apéndice A.

Sistema principal resistente a la fuerza del viento		$h \leq 10 \text{ m}$
Tabla 2	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado Paredes y cubierta
Edificios cerrados total y parcialmente		

PRESION DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m ²)									
Ubicación	Clasificación del edificio	Velocidad básica del viento (m/seg)							
		38	40	45	49	54	58	63	67
Cubierta	Cerrado	-670	-766	-958	-1150	-1389	-1580	-1868	-2155
	Parcialmente cerrado	-910	-1006	-1245	-1485	-1772	-2107	-2443	-2778
Paredes	Cerrado total o parcialmente	575	671	814	958	1150	1389	1580	1820

Notas:

1. Las presiones del viento indicadas representan lo siguiente:

Cubierta: Presión neta (suma de las presiones externa e interna) aplicada normalmente a todas las superficies de la cubierta.

Paredes: Presión neta combinada (suma de las presiones a barlovento y sotavento, externas e internas) aplicada normalmente a toda superficie de pared a barlovento.

2. Los valores indicados son para exposición B. Para otras exposiciones, estos valores se deben multiplicar por los siguientes factores:

Exposición	Factor
C	1,40
D	1,66

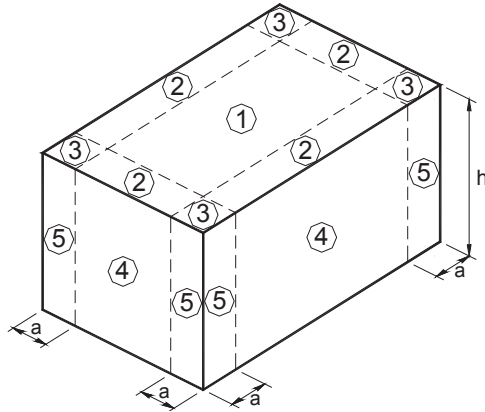
3. Los valores indicados para la cubierta se basan en un área tributaria menor o igual que 10 m². Para áreas tributarias mayores, los valores se deben multiplicar por los siguientes factores de reducción:

Area (m ²)	Factor de reducción (Se permite interpolación lineal)
≤ 10	1,0
25	0,9
≥ 100	0,8

4. Los valores indicados corresponden a un factor de importancia $I = 1,0$. Para otros valores de I , los mismos se deben multiplicar por I .

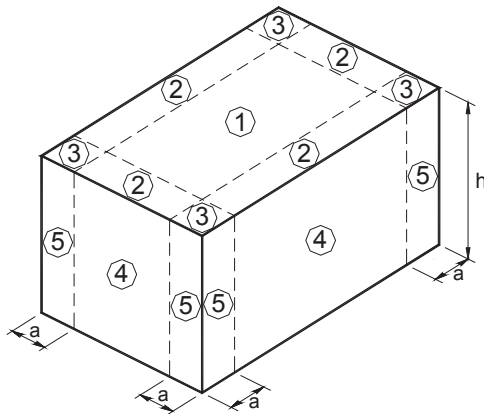
5. Los signos más y menos indican presiones que actúan hacia y desde la superficie exterior, respectivamente.

Componentes y revestimientos		$h \leq 10 \text{ m}$
Tabla 3 A	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado Cubierta
Edificios cerrados		



PRESIONES DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m^2)										
Ubicación	Zona	Área efectiva de viento (m^2)	Velocidad básica del viento V (m/seg)							
			38	40	45	49	54	58	63	67
Cubierta	1	1	+500 -623	+500 -719	+500 -862	+500 -1054	+527 -1245	+575 -1437	+671 -1677	+766 -1916
		2	+500 -623	+500 -671	+500 -862	+500 -1006	+500 -1198	+575 -1437	+623 -1629	+719 -1868
		10	+500 -575	+500 -623	+500 -766	+500 -958	+500 -1150	+500 -1341	+527 -1533	+623 -1772
	2	1	+500 -1054	+500 -1150	+500 -1437	+500 -1724	+527 -2060	+575 -2443	+671 -2826	+766 -3257
		2	+500 -910	+500 -1054	+500 -1293	+500 -1581	+500 -1868	+575 -2203	+623 -2539	+719 -2922
		10	+500 -671	+500 -766	+500 -910	+500 -1150	+500 -1341	+500 -1581	+527 -1820	+623 -2108
	3	1	+500 -1581	+500 -1772	+500 -2156	+500 -2635	+527 -3114	+575 -3688	+671 -4263	+766 -4886
		2	+500 -1293	+500 -1437	+500 -1772	+500 -2156	+500 -2587	+575 -3018	+623 -3497	+719 -4024
		10	+500 -671	+500 -766	+500 -910	+500 -1150	+500 -1341	+500 -1581	+527 -1820	+623 -2108

Componentes y revestimientos		$h \leq 10 \text{ m}$
Tabla 3 A (cont.)	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado Paredes
Edificios cerrados		

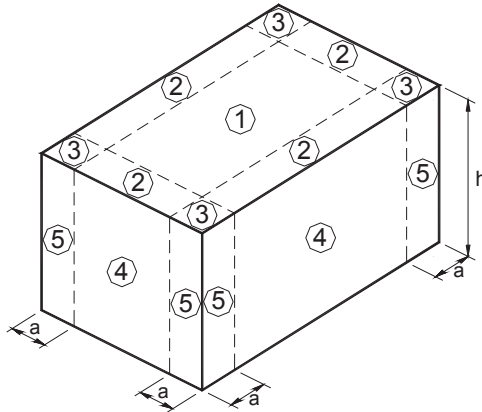


PRESIONES DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m ²)										
Ubicación	Zona	Área efectiva de viento (m ²)	Velocidad básica del viento V (m/seg)							
			38	40	45	49	54	58	63	67
Paredes	4	1	+623	+719	+862	+1054	+1245	+1437	+1677	+1916
			-671	-766	-910	-1150	-1341	-1581	-1820	-2108
		5	+575	+623	+766	+910	+1102	+1293	+1485	+1724
	-623		-671	-862	-1054	-1245	-1437	-1677	-1916	
	50	+500	+527	+623	+766	+910	+1102	+1245	+1437	
		-527	-575	-719	-862	-1006	-1198	-1389	-1629	
5		+623	+719	+862	+1054	+1245	+1437	+1677	+1916	
	-814	-910	-1150	-1389	-1677	-1964	-2251	-2587		
	+575	+623	+766	+910	+1102	+1293	+1485	+1724		
50	-719	-766	-958	-1198	-1389	-1629	-1916	-2203		
	+500	+527	+623	+766	+910	+1102	+1245	+1437		
	-527	-575	-719	-862	-1006	-1198	-1389	-1629		

Notas:

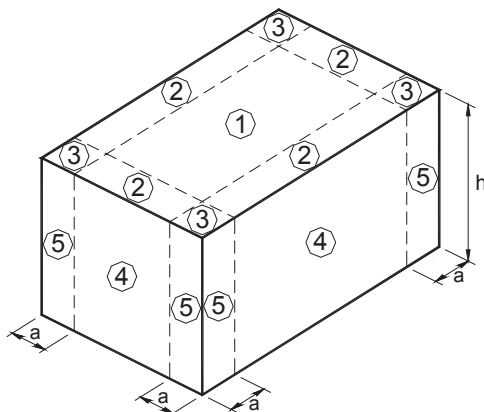
- Las presiones del viento de diseño representan la presión neta (suma de las presiones externa e interna) aplicada normalmente a todas las superficies.
- Los valores indicados corresponden a la exposición B. Para otras exposiciones los mismos se deben multiplicar por los siguientes factores: Exposición C: 1,40 y exposición D: 1,66
- Se permite la interpolación lineal entre los valores de áreas tributarias.
- Los valores indicados corresponden a un factor de importancia $I = 1,0$. Para otros valores de I , los mismos se deben multiplicar por I .
- Los signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie exterior, respectivamente.
- Todos los elementos componentes y de revestimiento se deben diseñar para las presiones negativas y positivas que se indican en la tabla.
- Simbología:
 - a: 10% de la menor dimensión horizontal ó $0,4 h$, la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1 m.
 - h: altura media de cubierta, en m.

Componentes y revestimientos		$h \leq 10 \text{ m}$
Tabla 3 B	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado Cubierta
Edificios parcialmente cerrados		



PRESIONES DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m ²)										
Ubicación	Zona	Área efectiva de viento (m ²)	Velocidad básica del viento V (m/seg)							
			38	40	45	49	54	58	63	67
Cubierta	1	1	+500 -814	+500 -910	+623 -1150	+766 -1389	+910 -1629	+1054 -1916	+1198 -2203	+1389 -2539
		2	+500 -814	+500 -910	+575 -1102	+719 -1341	+862 -1581	+1006 -1868	+1150 -2156	+1341 -2491
		10	+500 -766	+500 -862	+527 -1054	+671 -1293	+766 -1533	+910 1772	+1054 -2060	+1245 -2395
	2	1	+500 -1245	+500 -1389	+623 -1724	+766 -2060	+910 -2491	+1054 -2874	+1198 -3353	+1389 -3880
		2	+500 -1150	+500 -1245	+575 -1581	+719 -1868	+862 -2251	+1006 -2635	+1150 -3066	+1341 -3497
		10	+500 -862	+500 -958	+527 -1198	+671 -1437	+766 -1724	+910 -2012	+1054 -2347	+1245 -2730
	3	1	+500 -1772	+500 -1964	+623 -2443	+766 -2970	+910 -3497	+1054 -4119	+1198 -4790	+1389 -5509
		2	+500 -1485	+500 -1677	+575 -2060	+719 -2491	+862 -2970	+1006 -3497	+1150 -4024	+1341 -4646
		10	+500 -862	+500 -958	+527 -1198	+671 -1437	+766 -1724	+910 -2012	+1054 -2347	+1245 -2730

Componentes y revestimientos		$h \leq 10 \text{ m}$
Tabla 3 B (cont.)	Presiones del viento de diseño	Procedimiento simplificado Paredes
Edificios parcialmente cerrados		



PRESIONES DEL VIENTO DE DISEÑO (N/m ²)										
Ubicación	Zona	Área efectiva de viento (m ²)	Velocidad básica del viento V (m/seg)							
			38	40	45	49	54	58	63	67
Paredes	4	1	+814	+910	+1150	+1389	+1629	+1916	+2203	+2539
			-862	-958	-1198	-1437	-1724	-2012	-2347	-2730
		5	+766	+862	+1054	+1245	+1485	+1772	+2012	+2347
	-814		-910	-1102	-1341	-1629	-1916	-2203	-2539	
	5	1	+671	+719	+910	+1102	+1293	+1533	+1772	+2060
			-719	-814	-1006	-1198	-1437	-1677	-1916	-2203
5		+814	+910	+1150	+1389	+1629	+1916	+2203	+2539	
	-1006	-1150	-1437	-1724	-2060	-2395	-2778	-3209		
5	5	+766	+862	+1054	+1245	+1485	+1772	+2012	+2347	
		-910	-1006	-1245	-1485	-1772	-2108	-2443	-2778	
5	50	+671	+719	+910	+1102	+1293	+1533	+1772	+2060	
		-719	-814	-1006	-1198	-1437	-1677	-1916	-2203	

Notas:

- Las presiones del viento de diseño representan la presión neta (suma de las presiones externa e interna) aplicada normalmente a todas las superficies.
- Los valores indicados corresponden a la exposición B. Para otras exposiciones los mismos se deben multiplicar por los siguientes factores: Exposición C: 1,40 y exposición D: 1,66
- Se permite la interpolación lineal entre los valores de áreas tributarias.
- Los valores indicados corresponden a un factor de importancia $I = 1,0$. Para otros valores de I , los mismos se deben multiplicar por I .
- Los signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie exterior, respectivamente.
- Todos los elementos componentes y de revestimiento se deben diseñar para las presiones negativas y positivas que se indican en la tabla.
- Simbología:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal ó 0,4 h , la que sea menor, pero no menos que 4% de la menor dimensión horizontal ó 1 m.
 - h : altura media de cubierta, en m.

Tabla 4

Constantes de exposición del terreno

Exposición	α	z_g (m)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (m)	$\bar{\varepsilon}$	z_{min} (m)
A	5,0	457	1/5	0,64	1/3,0	0,30	0,45	55	1/2,0	18,3
B	7,0	366	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	98	1/3,0	9,2
C	9,5	274	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152	1/5,0	4,6
D	11,5	213	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198	1/8,0	2,1

z_{min} : altura mínima utilizada para asegurar que la altura equivalente \bar{z} es mayor que $0,6h$ ó z_{min} . Para edificios con $h \leq z_{min}$, \bar{z} se debe tomar como z_{min} .

Tabla 5 Coeficientes de exposición para la presión dinámica, K_h y K_z

Altura sobre el nivel del terreno, z (m)	Exposición (Nota 1)					
	A		B		C	D
	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2	Casos 1 y 2
0 – 5	0,68	0,33	0,72	0,59	0,87	1,05
6	0,68	0,36	0,72	0,62	0,90	1,08
7,50	0,68	0,39	0,72	0,66	0,94	1,12
10	0,68	0,44	0,72	0,72	1,00	1,18
12,50	0,68	0,48	0,77	0,77	1,05	1,23
15	0,68	0,51	0,81	0,81	1,09	1,27
17,50	0,68	0,55	0,84	0,84	1,13	1,30
20	0,68	0,57	0,88	0,88	1,16	1,33
22,50	0,68	0,60	0,91	0,91	1,19	1,36
25	0,68	0,63	0,93	0,93	1,21	1,38
30	0,68	0,68	0,98	0,98	1,26	1,43
35	0,72	0,72	1,03	1,03	1,30	1,47
40	0,76	0,76	1,07	1,07	1,34	1,50
45	0,80	0,80	1,10	1,10	1,37	1,53
50	0,83	0,83	1,14	1,14	1,40	1,56
55	0,86	0,86	1,17	1,17	1,43	1,59
60	0,89	0,89	1,20	1,20	1,46	1,61
75	0,98	0,98	1,28	1,28	1,53	1,68
90	1,05	1,05	1,35	1,35	1,59	1,73
105	1,12	1,12	1,41	1,41	1,64	1,78
120	1,18	1,18	1,46	1,46	1,69	1,82
135	1,23	1,23	1,51	1,51	1,73	1,86
150	1,29	1,29	1,56	1,56	1,77	1,89

Notas:

1. **Caso 1:** a. Todos los componentes y revestimientos.
 b. Sistema principal resistente a la fuerza del viento en edificios de baja altura diseñados usando la Figura 4.

- Caso 2:** a. Todos los sistemas principales resistentes a la fuerza de viento con excepción de aquellos en edificios de baja altura diseñados usando la Figura 4.
 b. Todos los sistemas principales resistentes a la fuerza de viento en otras estructuras.

2. El coeficiente de exposición para la presión dinámica se puede determinar mediante la siguiente expresión:

Para $5 \text{ m} \leq z \leq z_g$:

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

Para $z < 5 \text{ m}$:

$$K_z = 2,01(5/z_g)^{2/\alpha}$$

Observación: No se debe tomar z menor que 30 m para el Caso 1 en exposición A, ni menos que 10 m para el caso 1 en exposición B.

3. α y z_g se obtienen de la Tabla 4.

4. Se permite la interpolación lineal para valores intermedios de la altura z.

Las categorías de exposición están definidas en el artículo 5.6.

Tabla 6

Factor de direccionalidad del viento, K_d

Tipo de estructura	Factor de direccionalidad K_d *
Edificios	
Sistema principal resistente a la fuerza de viento	0,85
Componentes y revestimientos	0,85
Cubiertas abovedadas	0,85
Chimeneas, tanques y estructuras similares	
Cuadradas	0,90
Hexagonales	0,95
Redondas	0,95
Carteles llenos	0,85
Carteles abiertos y estructura reticulada	0,85
Torres reticuladas	
Triangular, cuadrada, rectangular	0,85
Toda otra sección transversal	0,95

* El factor de direccionalidad K_d se ha calibrado con las combinaciones de carga especificadas en el Apéndice B. Este factor se debe aplicar solo cuando se use conjuntamente con las combinaciones de carga especificadas en B.3 o en los respectivos reglamentos de aplicación.

Tabla 7

Coeficientes de presión interna para edificios, GC_{pi}

Clasificación de cerramiento	GC_{pi}
Edificios abiertos	0,00
Edificios parcialmente cerrados	+ 0,55 - 0,55
Edificios cerrados	+ 0,18 - 0,18

Notas:

1. Los signos más y menos significan presiones actuando hacia y desde las superficies internas.
2. Los valores de GC_{pi} se deben usar con q_z o q_h como se especifica en el artículo 5.12.
3. Para determinar los requisitos de carga crítica para la condición apropiada, se deben considerar dos casos:
 - I. un valor positivo de GC_{pi} aplicado a todas las superficies internas.
 - II. un valor negativo de GC_{pi} aplicado a todas las superficies internas.

Sist. princ. resist. a la fuerza de viento/Comp. y revest.		Todo h
Tabla 8	Coeficientes de presión externa, C_p	Cubiertas abovedadas
Edificios total o parcialmente cerrados		

Condiciones	Relación flecha/luz de vano, r	C_p		
		Cuarto a barlovento	Mitad central	Cuarto a sotavento
Cubierta sobre una estructura elevada	$0 < r < 0,2$	- 0,9	- 0,7 - r	- 0,5
	$0,2 \leq r < 0,3^*$	$1,5 r - 0,3$	- 0,7 - r	- 0,5
	$0,3 \leq r \leq 0,6$	$2,75 r - 0,7$	- 0,7 - r	- 0,5
Cubierta que arranca a nivel del terreno	$0 < r \leq 0,6$	$1,4 r$	- 0,7 - r	- 0,5

* Cuando la relación flecha/luz de vano es $0,2 \leq r \leq 0,3$, se deben usar también para el cuarto a barlovento los coeficientes alternativos dados por $(6 r - 2,1)$.

Notas:

1. Los valores indicados valen para la determinación de cargas promedio sobre los sistemas principales resistentes a la fuerza del viento
2. Los signos más y menos significan presiones que actúan acercándose ó alejándose de las superficies, respectivamente
3. Para el viento dirigido paralelo al eje de la bóveda, se deben usar los coeficientes de presión de la Figura 3 con el viento dirigido paralelo a la cumbre.
4. Para componentes y revestimientos:
 - I. En el perímetro de la cubierta se deben usar los coeficientes de presión externa de la Figura 5B con el valor de θ correspondiente a la pendiente del arranque de la bóveda.
 - II. Para las áreas restantes de la cubierta se deben usar los coeficientes de presión externa indicados en la Tabla 8, multiplicados por 0,87.

Sistema principal resistente a la fuerza del viento		Todo h
Tabla 9	Coefficientes de fuerza, C_f	Cubiertas de vertiente única
Edificios abiertos		

Angulo de la cubierta, θ (grados)	L/B						
	5	3	2	1	1/2	1/3	1/5
10	0,20	0,25	0,30	0,45	0,55	0,70	0,75
15	0,35	0,45	0,50	0,70	0,85	0,90	0,85
20	0,50	0,60	0,75	0,90	1,00	0,95	0,90
25	0,70	0,80	0,95	1,15	1,10	1,05	0,95
30	0,90	1,00	1,20	1,30	1,20	1,10	1,00

Angulo de la cubierta, θ (grados)	Ubicación del centro de presión X/L		
	L/B		
	2 a 5	1	1/5 a 1/2
10 a 20	0,35	0,30	0,30
25	0,35	0,35	0,40
30	0,35	0,40	0,45

Notas:

- Las fuerzas del viento actúan normalmente a la superficie. Se deben considerar dos casos:
 - Fuerzas del viento dirigidas hacia el interior.
 - Fuerzas del viento dirigidas hacia el exterior.
- Se debe suponer que el ángulo de la cubierta varía $\pm 10^\circ$ respecto al ángulo real y se debe usar aquel valor que conduzca al mayor coeficiente de fuerza.
- Simbología:
 - B : dimensión de la cubierta medida normalmente a la dirección del viento, en m.
 - L : dimensión de la cubierta medida paralelamente a la dirección del viento, en m.
 - X : distancia desde el borde de la cubierta a barlovento al centro de presión, en m.
 - θ : ángulo del plano de la cubierta respecto de la horizontal, en grados.

Otras estructuras		Todo h
Tabla 10	Coeficientes de fuerza, C_f	Chimeneas, tanques y estructuras similares

Sección transversal	Tipo de superficie	h/D		
		1	7	25
Cuadrada (viento normal a la cara)	Todas	1,3	1,4	2
Cuadrada (viento según la diagonal)	Todas	1,0	1,1	1,5
Hexagonal u octogonal	Todas	1,0	1,2	1,4
Circular $(D\sqrt{q_z} > 5,3)$, D en m, q_z en N/m^2	Moderadamente suave	0,5	0,6	0,7
	Rugosa ($D'/D \cong 0,02$)	0,7	0,8	0,9
	Muy rugosa ($D'/D \cong 0,08$)	0,8	1,0	1,2
Circular $(D\sqrt{q_z} \leq 5,3)$, D en m, q_z en N/m^2	Todas	0,7	0,8	1,2

Notas:

1. La fuerza de viento de diseño se debe determinar en base al área A_f de la estructura proyectada sobre un plano normal a la dirección del viento. Se supone que la fuerza actúa paralelamente a la dirección del viento.
2. Se permite la interpolación lineal para valores de h/D distintos de los indicados.
3. Simbología:
 - D : diámetro de la sección transversal circular y menor dimensión horizontal de la sección transversal cuadrada, hexagonal u octogonal a la altura considerada, en m;
 - D' : profundidad de los elementos salientes tales como costillas y alerones, en m;
 - h : altura de la estructura, en m; y
 - q_z : presión dinámica evaluada a la altura z sobre el terreno, en N/m^2 .

Otras estructuras		Todo h
Tabla 11	Coefficientes de fuerza, C_f	Paredes libres llenas y Carteles llenos

A nivel del terreno		Sobre el nivel del terreno	
v	C_f	M/N	C_f
≤ 3	1,2	≤ 6	1,2
5	1,3	10	1,3
8	1,4	16	1,4
10	1,5	20	1,5
20	1,75	40	1,75
30	1,85	60	1,85
≥ 40	2,0	≥ 80	2,0

Notas:

1. El término "carteles" en las notas que siguen se aplica también a "paredes libres".
2. Los carteles con aberturas que abarquen menos del 30% del área total se deben considerar como carteles llenos.
3. Los carteles para los cuales la distancia desde el terreno hasta el borde inferior sea menor que 0,25 veces la dimensión vertical, se deben considerar a nivel del terreno.
4. Para considerar ambas direcciones del viento, normal y oblicua, se deben tener en cuenta dos casos:
 - I. La fuerza resultante actúa normalmente a la cara del cartel, sobre una línea vertical que pasa a través del centro geométrico.
 - II. La fuerza resultante actúa normalmente a la cara del cartel, a una distancia desde la línea vertical que pasa a través del centro geométrico igual a 0,2 veces el ancho promedio del cartel.
5. Simbología:
 - v : relación altura / ancho;
 - M : mayor dimensión del cartel, en m;
 - N : menor dimensión del cartel, en m.

Otras estructuras		Todo h
Tabla 12	Coeficientes de fuerza, C_f	Carteles abiertos y Estructuras reticuladas
Estructuras abiertas		

ε	Elementos de caras planas	Elementos circulares	
		$(D\sqrt{q_z} \leq 5,3)$	$(D\sqrt{q_z} > 5,3)$
< 0,1	2,0	1,2	0,8
0,1 a 0,29	1,8	1,3	0,9
0,3 a 0,7	1,6	1,5	1,1

Notas:

1. Los carteles con aberturas que abarquen 30% o más del área total se clasifican como carteles abiertos.
2. El cálculo de las fuerzas de viento de diseño se realiza en base al área de todos los elementos expuestos y elementos proyectados sobre un plano normal a la dirección del viento. Se supone que las fuerzas actúan paralelas a la dirección del viento.
3. El área A_f consecuente con estos coeficientes de fuerza es el área sólida (descontando los huecos), proyectada normalmente a la dirección del viento.
4. Simbología:

ε : relación del área sólida (A_f) al área total (incluidos los huecos);

D : diámetro de un elemento redondo típico, en m;

q_z : presión dinámica evaluada a la altura z sobre nivel del terreno, en N/m^2 .

Otras estructuras		Todo h
Tabla 13	Coeficientes de fuerza, C_f	Torres reticuladas
Estructuras abiertas		

Sección Transversal de la Torre	C_f
Cuadrada	$4,0 \varepsilon^2 - 5,9 \varepsilon + 4,0$
Triangular	$3,4 \varepsilon^2 - 4,7 \varepsilon + 3,4$

Notas:

1. Para todas las direcciones del viento consideradas, el área A_f consecuente con los coeficientes de fuerza especificados es el área sólida (descontando los huecos), de una cara de la torre proyectada sobre el plano de aquella cara para el segmento de torre en consideración.
2. Los coeficientes de fuerza especificados valen para torres con perfiles angulares estructurales o elementos de caras planas similares.
3. Para torres que contienen elementos circulares es aceptable multiplicar los coeficientes de fuerza especificados por el siguiente factor al determinar las fuerzas de viento sobre tales elementos:

$$0,51\varepsilon^2 + 0,57, \quad \text{pero no mayor que } 1,0$$

4. Las fuerzas del viento se deben aplicar en las direcciones que generen las máximas fuerzas y reacciones en el elemento. Para torres con secciones transversales cuadradas, cuando el viento actúe según la dirección de una diagonal de la torre, las fuerzas del viento se deben multiplicar por el siguiente factor:

$$1 + 0,75 \varepsilon, \quad \text{pero no mayor que } 1,2$$

5. Las fuerzas del viento sobre accesorios a la torre tales como escaleras, conductos, luces, ascensores, etc., se deben calcular usando los coeficientes de fuerza apropiados para estos elementos.
6. Se debe tener en cuenta el incremento de cargas debido a la adherencia de hielo. (Ver Reglamento CIRSOC 104 - 2005)
7. Simbología:

ε : relación del área sólida (A_f) al área total (incluidos los huecos) de una cara de la torre para el segmento en consideración.

APÉNDICE A - CLASIFICACIÓN DE EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

A los fines de la aplicación del presente Reglamento los edificios y otras estructuras se clasifican, basados en la naturaleza de su ocupación, de acuerdo con la Tabla A-1.

TABLA A-1 - Clasificación de Edificios y Otras Estructuras para Cargas de Viento

Naturaleza de la Ocupación	Categoría
<p>Edificios y otras estructuras que representan un bajo riesgo para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones Agrícolas. ▪ Ciertas instalaciones temporarias. ▪ Instalaciones menores para almacenamiento. 	I
<p>Todos los edificios y otras estructuras excepto aquellos listados en Categorías I, III y IV.</p>	II
<p>Edificios y otras estructuras que representan un peligro substancial para la vida humana en caso de falla incluyendo, pero no limitado a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Edificios y otras estructuras donde se reúnen más de 300 personas en un área. ▪ Edificios y otras estructuras para guarderías, escuelas primarias y secundarias con capacidad mayor que 150 personas. ▪ Edificios y otras estructuras con instalaciones para el cuidado diurno con capacidad mayor que 150 personas. ▪ Edificios y otras estructuras con una capacidad mayor que 500 personas para universidades o instalaciones para educación de adultos. ▪ Instalaciones para el cuidado de la salud con una capacidad de 50 o más pacientes residentes pero sin instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. ▪ Instalaciones para cárceles y detenciones. ▪ Estaciones de generación de energía y otras instalaciones de utilidad pública no incluidas en la Categoría IV. <p>Edificios y otras estructuras que contienen suficientes cantidades de sustancias tóxicas o explosivas como para ser peligrosas al público si se liberan, incluyendo, pero no limitado, a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalaciones petroquímicas. ▪ Instalaciones para almacenamiento de combustibles. ▪ Plantas de fabricación o almacenamiento de productos químicos peligrosos. ▪ Plantas de fabricación o almacenamiento de explosivos. <p>Edificios y otras estructuras equipados con contención secundaria de sustancias tóxicas, explosivas u otras peligrosas (incluyendo, pero no limitado a, tanques de doble pared, receptáculos de tamaño suficiente para contener un derrame u otros medios de contención de derrames o explosiones dentro de los límites de la instalación y prevenir la liberación de cantidades de contaminantes nocivas para el aire, el suelo, el agua freática o superficial) deben clasificarse como estructuras de Categoría II.</p>	III
<p>Edificios y otras estructuras diseñadas como instalaciones esenciales, incluyendo, pero no limitados a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hospitales y otras instalaciones para el cuidado de la salud que tienen instalaciones para cirugía o tratamientos de emergencia. ▪ Cuarteles de bomberos, centros de rescate, estaciones de policía y garajes para vehículos de emergencia. ▪ Refugios diseñados contra sismos, huracanes y otras emergencias. ▪ Centros de comunicaciones y otras instalaciones necesarias para respuestas a emergencias. ▪ Estaciones generadoras de energía y otras instalaciones de utilidad pública necesarias en una emergencia. ▪ Estructuras auxiliares necesarias para la operación de aquellas de Categoría IV durante una emergencia (incluyendo pero no limitado a torres de comunicación, tanques de almacenamiento de combustible, torres de refrigeración, estructuras de sub-estaciones de electricidad, tanques de agua para incendio u otras estructuras de alojamiento o soporte de agua, otros materiales o equipamiento para combatir el fuego. ▪ Torres de control de aviación, centros de control de tráfico aéreo y hangares de emergencia. ▪ Instalaciones de almacenamiento de agua y estructuras de bombeo requeridas para mantener la presión de agua para combatir incendios. ▪ Edificios y otras estructuras con funciones críticas de defensa nacional. 	IV

Las categorías varían de I a IV, donde la categoría I representa edificios y otras estructuras con bajo peligro para la vida humana en caso de falla y la categoría IV representa instalaciones esenciales. Cada edificio u otra estructura se debe asignar a la categoría aplicable más alta.

Cuando los edificios u otras estructuras tienen usos múltiples, se debe examinar la relación entre los usos de las distintas partes del edificio u otra estructura y la independencia de los sistemas estructurales de aquellas diferentes partes.

La clasificación para cada sistema estructural independiente de un edificio u otra estructura de uso múltiple debe ser aquella del grupo de uso más alto en cualquier parte del edificio u otra estructura que sea dependiente de aquel sistema estructural básico.

APÉNDICE B - COMBINACIONES DE CARGAS QUE INCLUYEN CARGA DE VIENTO

B.1. GENERALIDADES

Los edificios y otras estructuras se deben diseñar siguiendo las disposiciones del artículo B.3., las que se utilizarán para el dimensionamiento de todos los elementos de una estructura ejecutados con un material de construcción particular.

B.2. SIMBOLOGÍA (solo válida para este Apéndice)

<i>D</i>	carga permanente.
<i>E</i>	carga sísmica.
<i>H</i>	carga debida a la presión lateral del terreno, agua freática, o presión de materiales ensilados.
<i>L</i>	sobrecarga.
<i>L_r</i>	sobrecarga de cubierta.
<i>R</i>	carga de lluvia.
<i>S</i>	carga de nieve.
<i>W</i>	carga de viento.

B.3. COMBINACIONES DE CARGAS MAYORADAS USANDO EL DISEÑO POR RESISTENCIA

B.3.1. Campo de validez

Las combinaciones de cargas y los factores de mayoración dados en el artículo B.3.2. se deben utilizar solamente en aquellos casos en que el reglamento de diseño del material utilizado lo autorice específicamente.

B.3.2. Combinaciones básicas

Las estructuras, sus componentes y fundaciones se deben diseñar de modo que sus resistencias de cálculo igualen o excedan los efectos de las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones que incluyen el viento:

1. $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (1,0 L \text{ ó } 0,8 W)$
2. $1,2 D + 1,6 W + 1,0 L + 0,5 (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
3. $0,9 D + 1,6 W + 1,6 H$

Excepciones:

1. El factor de carga para *L* en las combinaciones **1** y **2** se puede tomar igual a **0,5** para aquellos destinos en que la sobrecarga mínima uniformemente distribuida sea igual o menor que **5 kN/m²**. Para garajes o áreas ocupadas como lugares de reunión de público, el coeficiente será igual a **1,0**.
2. Si la acción estructural debida a *H* actúa en sentido contrario a la debida a *W* en la combinación **3**, el factor de carga de *H* se debe hacer igual a cero. Cuando la

presión lateral del terreno provea resistencia a acciones estructurales provenientes de otras fuerzas, no se debe incluir en **H** pero sí en la resistencia de diseño.

Se debe investigar cada estado límite de resistencia relevante, lo mismo que los efectos de una o más cargas no actuantes. Se deben investigar cuando corresponda, los efectos más desfavorables tanto de las cargas de viento como de las sísmicas, pero no es necesario suponer que actúan simultáneamente.

ANEXOS

NOTA: Los símbolos y notación usados en cada uno de los siguientes Anexos, son válidos solamente para el Anexo en el cual se explicitan

ANEXO I - CUBIERTAS AISLADAS

I.1. Las presiones de diseño sobre cubiertas aisladas se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$p = q_h G C_{pn} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Los coeficientes de presión neta C_{pn} para cubiertas aisladas están dados en las Tablas I.1, I.2 e I.3, las cuales contemplan el efecto combinado del viento tanto sobre la superficie superior como sobre la superficie inferior de las mismas para todas las direcciones de viento. El factor de efecto de ráfaga G se tomará igual a **0,85**.

I.2. Las cubiertas aisladas deben ser capaces de resistir las presiones netas máximas (positivas mayores) y mínimas (negativas mayores), dependiendo estas últimas del grado de bloqueo bajo la cubierta. La relación de bloqueo ζ en cualquier sección transversal es igual a la altura de las obstrucciones bajo la cubierta dividida por la altura del alero a sotavento, ambas áreas normales a la dirección del viento. El valor $\zeta = 0$ representa una cubierta sin obstrucciones debajo. El valor $\zeta = 1$ representa la cubierta totalmente bloqueada con contenidos hasta el alero a sotavento. Los valores de C_{pn} para bloqueos intermedios se pueden interpolar linealmente entre estos dos extremos y se aplican solamente desde la posición de máximo bloqueo hacia barlovento. Desde la posición de máximo bloqueo hacia sotavento deben usarse los coeficientes para $\zeta = 0$.

I.3. Los valores en las columnas con el encabezamiento “Coeficientes locales”, correspondientes a las áreas cargadas definidas en la Figura I.1, se deben utilizar para el diseño de las áreas respectivas de la cubierta. Donde se superponen las áreas de coeficientes locales, se debe tomar el mayor de los dos valores dados.

I.4. Los valores en la columna con el encabezamiento “Coeficientes globales” se deben utilizar para el diseño de los elementos que soportan la cubierta aislada. Para cubiertas de vertiente única se debe considerar el centro de presión actuando a **0,3 W** desde el borde a barlovento. En cubiertas a dos aguas, el centro de presión se considerará actuando en el centro de cada faldón.

Adicionalmente, las cubiertas a dos aguas deben ser capaces de resistir las fuerzas, considerando un faldón con las presiones máximas o mínimas y el otro descargado.

I.5. Además de las presiones normales a la cubierta, habrá cargas horizontales sobre la misma debidas a las presiones de viento actuando sobre cualquier cenefa en los aleros, o sobre cualquier tímpano entre aleros y cumbres en cubiertas a dos aguas. Las cargas sobre estos elementos de fachada se deben calcular en base al área de la superficie que enfrenta al viento, usando un coeficiente de presión neta de $C_{pn} = 1,3$ sobre las cenefas y/o tímpanos a barlovento y $C_{pn} = 0,6$ sobre las cenefas y/o tímpanos a sotavento, actuando en la dirección del viento.

I.6. Se deben considerar fuerzas de fricción actuando sobre la totalidad de las superficies superior e inferior de una cubierta aislada vacía o la totalidad de la superficie superior para una cubierta aislada totalmente bloqueada. Los valores del coeficiente de empuje por fricción se obtienen de la Tabla I.4 y las fuerzas de fricción se deben combinar con las fuerzas debidas a la presión normal.

Si existieran cenefas en los aleros o bordes, solo se debe considerar la fuerza mayor entre la de fricción o la actuante sobre la cenefa según el artículo I.5.

Tabla I.1 – Coeficientes de presión neta, C_{pn} para cubiertas aisladas de vertiente única					
Inclinación de la cubierta θ	Caso de carga	Coeficientes globales	Coeficientes locales		
			A	B	C
0°	Máximo, todo ζ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,3	- 1,8	- 2,2
5°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4 (- 1,2)	- 1,4 (- 1,2)	- 2,6	- 2,6 (- 2,1)
10°	Máximo, todo ζ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4 (- 1,1)	- 1,4 (- 1,1)	- 2,6	- 2,7 (- 1,8)
15°	Máximo, todo ζ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5 (- 1,0)	- 1,5 (- 1,0)	- 2,9	- 2,8 (- 1,6)
20°	Máximo, todo ζ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5 (- 0,9)	- 1,5 (- 0,9)	- 2,9	- 2,7 (- 1,5)
25°	Máximo, todo ζ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4 (- 0,8)	- 1,4 (- 0,8)	- 2,5	- 2,5 (- 1,4)
30°	Máximo, todo ζ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4 (- 0,8)	- 1,4 (- 0,8)	- 2,0	- 2,3 (- 1,2)

Notas

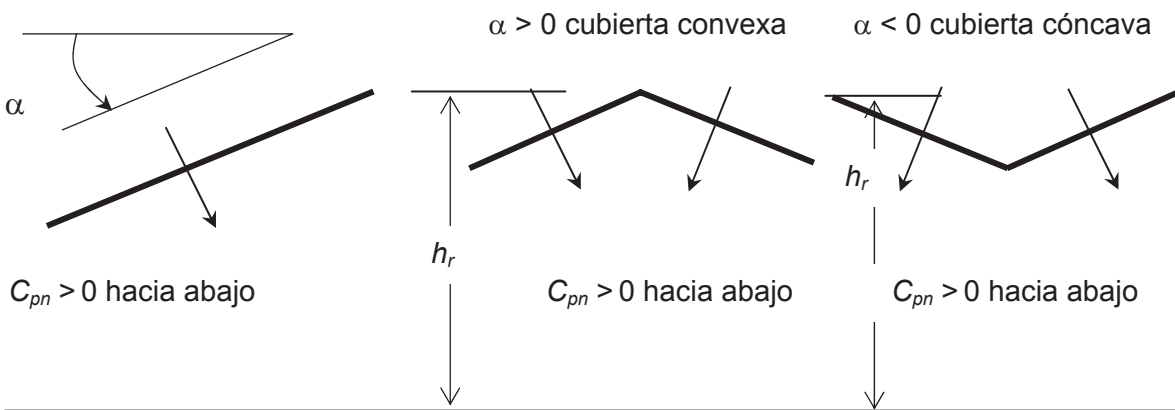
- Se puede interpolar para relaciones de bloqueo en el rango $0 < \zeta < 1$ y para inclinaciones intermedias de cubierta.
- Cuando se dan dos valores para $\zeta = 1$, el primer valor es para bloqueo hacia el alero más bajo a sotavento y el segundo valor (entre paréntesis) es para bloqueo hacia el alero más alto a sotavento.
- Los casos de carga cubren todas las direcciones posibles del viento.

Tabla I.2 – Coeficientes de presión neta, C_{pn} para cubiertas aisladas a dos aguas						
Inclinación de la cubierta θ	Caso de carga	Coeficientes globales	Coeficientes locales			
			A	B	C	D
- 20°	Máximo, todo ζ	+ 0,7	+ 0,8	+ 1,6	+ 0,6	+ 1,7
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,7	- 0,9	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5	- 1,5	- 2,4	- 2,4	- 1,2
- 15°	Máximo, todo ζ	+ 0,5	+ 0,6	+ 1,5	+ 0,7	+ 1,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,5	- 1,5	- 2,7	- 2,6	- 1,2
- 10°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,6	+ 1,4	+ 0,8	+ 1,1
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,8	- 1,3	- 1,5	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4	- 1,4	- 2,5	- 2,5	- 1,2
- 5°	Máximo, todo ζ	+ 0,3	+ 0,5	+ 1,5	+ 0,8	+ 0,8
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,5	- 0,5	- 1,3	- 1,6	- 0,6
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,4	- 1,4	- 2,3	- 2,4	- 1,2
5°	Máximo, todo ζ	+ 0,3	+ 0,6	+ 1,8	+ 1,3	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,6	- 0,6	- 1,4	- 1,4	- 1,1
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 2,0	- 1,8	- 1,5
10°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,7	+ 1,8	+ 1,4	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,7	- 0,7	- 1,5	- 1,4	- 1,4
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,8	- 1,6	- 1,6
15°	Máximo, todo ζ	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,9	+ 1,4	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,8	- 0,9	- 1,7	- 1,4	- 1,8
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,6	- 1,3	- 1,7
20°	Máximo, todo ζ	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,9	+ 1,5	+ 0,4
	Mínimo $\zeta = 0$	- 0,9	- 1,2	- 1,8	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,5	- 1,2	- 1,7
25°	Máximo, todo ζ	+ 0,7	+ 1,2	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,5
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,4	- 1,1	- 1,6
30°	Máximo, todo ζ	+ 0,9	+ 1,3	+ 1,9	+ 1,6	+ 0,7
	Mínimo $\zeta = 0$	- 1,0	- 1,4	- 1,9	- 1,4	- 2,0
	Mínimo $\zeta = 1$	- 1,2	- 1,2	- 1,3	- 1,1	- 1,6

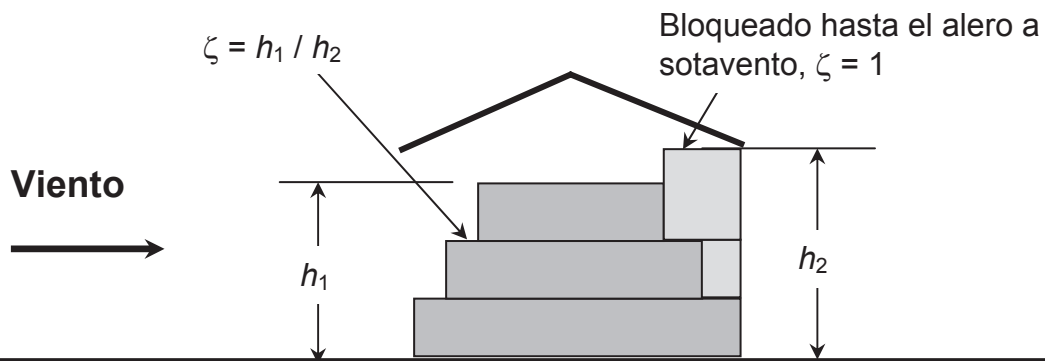
Notas

1. Se puede interpolar para relaciones de bloqueo en el rango $0 < \zeta < 1$ y para inclinaciones intermedias de cubierta.
2. La interpolación para inclinaciones de cubierta intermedias se debe realizar entre valores de igual signo.
3. Los casos de carga cubren todas las direcciones posibles del viento.

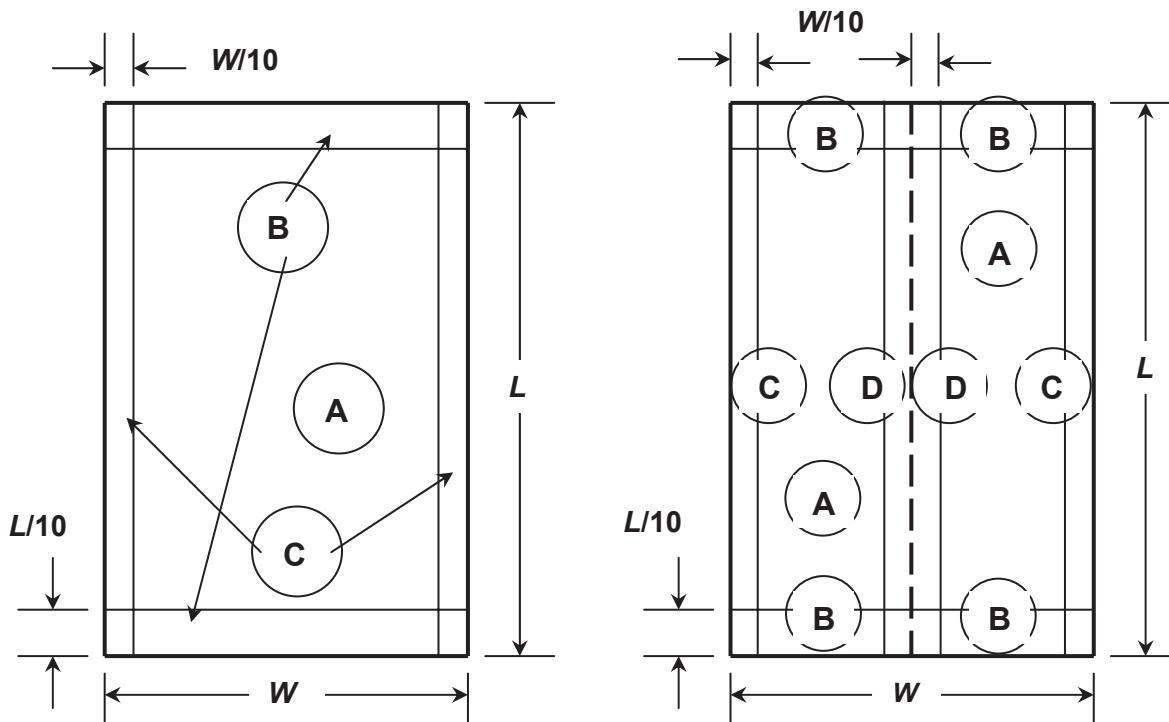
Figura I.1 – Cubiertas aisladas



a) Generalidades



b) Relación de bloqueo



c) Zonas en cubiertas aisladas de una y dos aguas

Tabla I.3 – Factores de reducción para cubiertas aisladas múltiples		
Ubicación	Factores para todas las relaciones de bloqueo	
	ζ	
	Sobre máximo	Sobre mínimo
Módulo extremo	1,00	0,81
Segundo módulo	0,87	0,64
Módulos tercero y subsiguientes	0,68	0,63

Tabla I.4 – Coeficientes de empuje por fricción	
Tipo de superficie	Coeficiente de empuje por fricción
Superficies lisas sin ondulaciones o nervaduras transversales a la dirección del viento	0,01
Superficies con ondulaciones transversales a la dirección del viento	0,02
Superficies con nervaduras transversales a la dirección del viento	0,04

ANEXO II - COEFICIENTES DE FUERZA PARA ESTRUCTURAS O ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON SECCIÓN TRANSVERSAL UNIFORME

II.1. INTRODUCCIÓN

Las cargas de viento sobre estructuras o partes de estructuras con relaciones de esbeltez $8 \leq \ell/b < 40$ se determinarán utilizando las siguientes expresiones:

$$F = GC_f K_e A_f q_z \quad [N] \quad (II.1)$$

$$F_x = GC_{fx} K_e A_f q_z \quad [N] \quad (II.2)$$

$$F_y = GC_{fy} K_e A_f q_z \quad [N] \quad (II.3)$$

siendo:

- q_z la presión dinámica evaluada a la altura z del baricentro del área A_f usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.2.
- G el factor de efecto de ráfaga del artículo 5.8.
- C_f el coeficiente de fuerza neta de las Tablas II.1 y II.2.
- C_{fx}, C_{fy} los coeficientes de fuerza en la dirección de los ejes x , y de la estructura o elemento estructural de las Tablas II.3a, II.3b y II.4.
- A_f el área proyectada normal al viento = $b \cdot \ell$
- b la dimensión transversal definida en las Tablas II.1 a II.5.
- ℓ la longitud de la estructura o elemento.
- K_e el factor de corrección por esbeltez de la Tabla II.6.

II.2. FORMAS PRISMÁTICAS CON SECCIONES TRANSVERSALES REDONDEADAS EN LAS ARISTAS

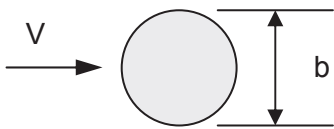
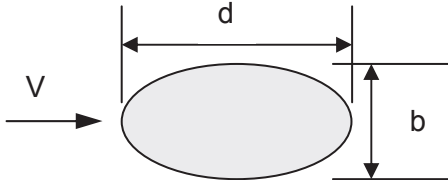
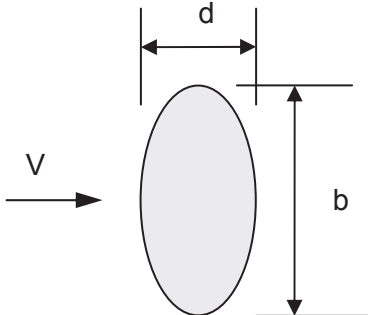
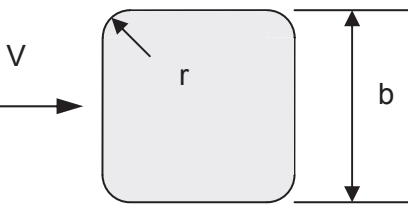
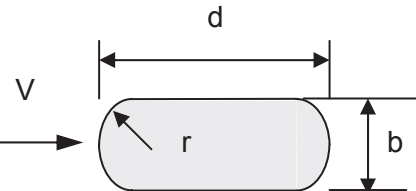
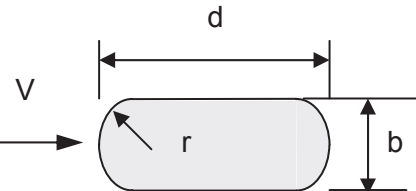
Los coeficientes de fuerza para formas prismáticas con secciones transversales redondeadas en las aristas se obtendrán de Tabla II.1 en función de $V_z \cdot b$. Para valores intermedios de $V_z \cdot b$ se acepta la interpolación lineal. La velocidad V_z a la altura z se calcula mediante:

$$V_z = \left(\frac{z}{10} \right)^\alpha V$$

siendo:

- V_z la velocidad de ráfaga a la altura z .
- z la altura del baricentro del área A_f , en metros.
- V la velocidad básica del viento obtenida de la Figura 1.
- α el exponente para la ley potencial de la velocidad de ráfaga de **3 seg**, de Tabla 4.

Tabla II.1 - Coeficientes de fuerza para formas prismáticas redondeadas

Forma de la sección transversal	Coeficiente de fuerza C_f	
	$V_z b < 4 \text{ m}^2/\text{s}$	$V_z b > 10 \text{ m}^2/\text{s}$
<p>Rugosa o con salientes</p>  <p>Lisa</p>	1,2	1,2
 <p>Elipse</p> $\frac{b}{d} = \frac{1}{2}$	0,7	0,3
 <p>Elipse</p> $\frac{b}{d} = 2$	1,7	1,5
 $\frac{b}{d} = 1 ; \frac{r}{b} = \frac{1}{3}$ $\frac{b}{d} = 1 ; \frac{r}{b} = \frac{1}{16}$	1,2	0,6
 $\frac{b}{d} = \frac{1}{2} ; \frac{r}{b} = \frac{1}{2}$	1,3	0,7
 $\frac{b}{d} = \frac{1}{2} ; \frac{r}{b} = \frac{1}{2}$	0,4	0,3

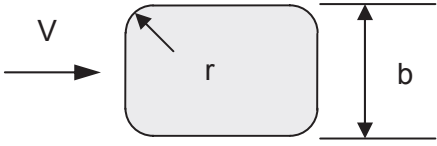
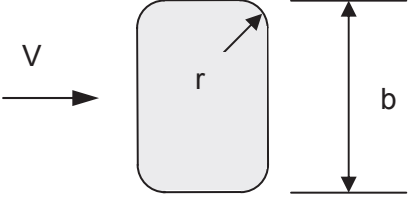
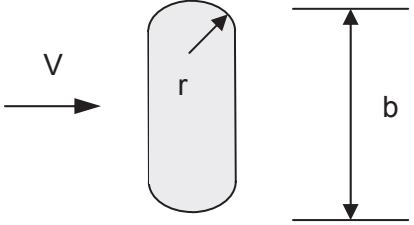
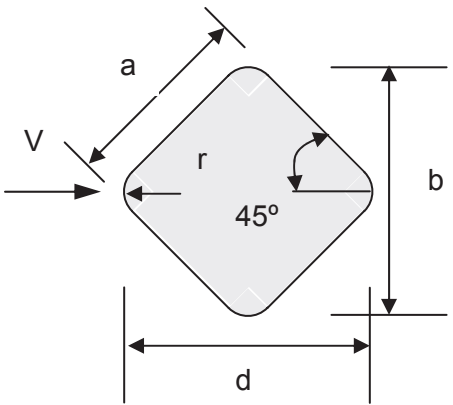
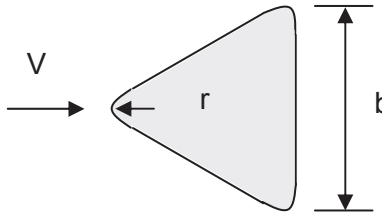
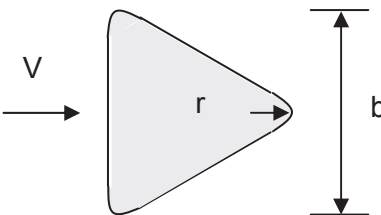
Forma de la sección transversal		Coeficiente de fuerza C_f	
		$V_z b < 4 \text{ m}^2/\text{s}$	$V_z b > 10 \text{ m}^2/\text{s}$
	$\frac{b}{d} = \frac{1}{2} ; \frac{r}{b} = \frac{1}{6}$	0,7	0,7
	$\frac{b}{d} = 2 ; \frac{r}{b} = \frac{1}{12}$	1,9	1,9
	$\frac{b}{d} = 2 ; \frac{r}{b} = \frac{1}{4}$	1,6	0,6
	$\frac{r}{a} = \frac{1}{3}$	1,2	0,5
	$\frac{r}{a} = \frac{1}{12}$	1,6	1,6
	$\frac{r}{a} = \frac{1}{48}$	1,6	1,6

Tabla II.1 - (Continuación)

Forma de la sección transversal	Coeficiente de fuerza C_f	
	$V_z b < 4 \text{ m}^2/\text{s}$	$V_z b > 10 \text{ m}^2/\text{s}$
 $\frac{r}{b} = \frac{1}{4}$ $\frac{r}{b} = \frac{1}{12}$ $\frac{r}{b} = \frac{1}{48}$	1,2	0,5
 $\frac{r}{b} = \frac{1}{4}$ $\frac{1}{12} > \frac{r}{b} > \frac{1}{48}$	1,3	0,5
	1,4	1,4
	1,3	1,3
	2,1	2,1

Notas:

- Los valores en Tabla II.1 se han derivado de los ensayos en túnel de viento que se describen en el trabajo Delaney, N.K. y Sorensen, N.E., "Low-speed Drag of Cylinders of Various Shapes", National Advisory Committee for Aeronautics, Technical Note 3038, 1953.
- Los coeficientes de fuerza para formas prismáticas con secciones transversales redondeadas en las aristas dependen del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{V b}{\nu}$$

siendo:

- V la velocidad básica del viento en m/s de la Figura 1.
- b una dimensión de la sección transversal, en m.
- ν la viscosidad cinemática

- Para aire a presión y temperatura constantes, Re es proporcional a $V b$. En flujo turbulento de gran escala el número de Reynolds "crítico" varía en un amplio rango en el cual se puede interpolar linealmente.

II.3. FORMAS PRISMÁTICAS CON SECCIONES TRANSVERSALES DE ARISTAS VIVAS

Los coeficientes de fuerza para formas prismáticas con secciones transversales de aristas vivas, con excepción de los prismas rectangulares, se obtendrán de la Tabla II.2 .

Nota: Los coeficientes de fuerza para secciones de aristas vivas son independientes del número de Reynolds. La Tabla II.2. presenta los valores para las secciones transversales poligonales más comunes, con excepción de los prismas rectangulares, que se tratan separadamente en el artículo II.4.

II.4. PRISMAS DE SECCION RECTANGULAR

Los coeficientes de fuerza C_{fx} y C_{fy} para prismas de sección rectangular se obtendrán de Tablas II.3a y II.3b.

Para estructuras con relaciones $d/b > 1$, inclinadas con respecto al viento un ángulo $\theta \leq 15^\circ$, los valores de C_{fx} obtenidos de Tabla II.3a deberán incrementarse por el factor $[1 + (d/b) \text{tg } \theta]$.

Para estructuras con relaciones $d/b \leq 1$, inclinadas con respecto al viento un ángulo $\theta \leq 15^\circ$ no se requiere incrementar los valores C_{fx} .

II.5. PERFILES ESTRUCTURALES

Los coeficientes de fuerza C_{fx} y C_{fy} para secciones de perfiles, simples o compuestas, se obtienen de Tabla II.4. En la misma, el ángulo θ de dirección del viento debe medirse siempre en sentido antihorario.

II.6. COEFICIENTES DE FUERZA PARA TIRANTES, CABLES Y TUBERÍAS DE ESBELTEZ INFINITA

Los coeficientes de fuerza C_f para tirantes, cables y tuberías de esbeltez infinita se obtendrán de la Tabla II.5.

II.7. CORRECCIONES POR ESBELTEZ

Los factores de corrección por esbeltez K_e se obtendrán de Tabla II.6., donde la relación de esbeltez de la estructura o elemento estructural es mayor que **8,0**.

Nota:

Cuando la esbeltez de la estructura o elemento estructural se reduce se facilita el flujo de aire alrededor de sus extremos. Este trayecto adicional de aire reduce la magnitud de la fuerza promedio actuante.


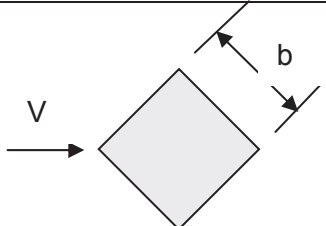
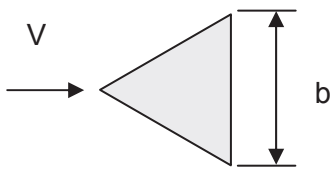
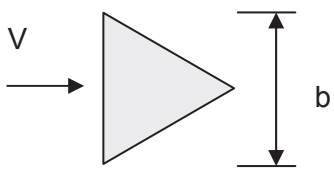
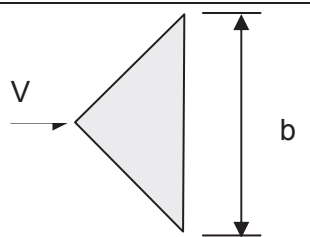
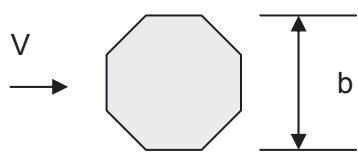
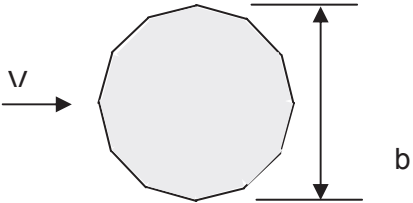
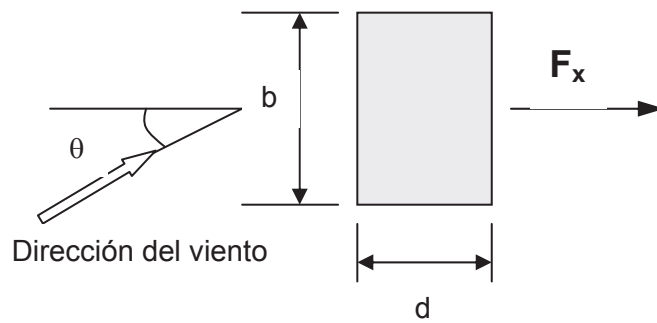
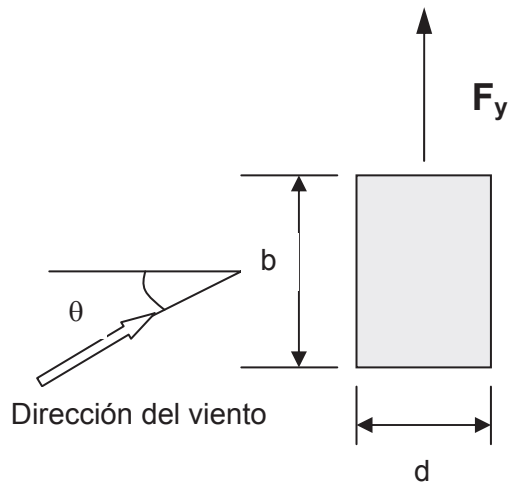
Tabla II.2 - Coeficientes de fuerza para prismas con aristas vivas		
Forma de la sección		Coeficiente de fuerza C_f
	Cuadrado con cara frente al viento	2,2
	Cuadrado con arista frente al viento	1,5
	Triángulo equilátero con arista frente al viento	1,2
	Triángulo equilátero con cara frente al viento	2,0
	Triángulo rectángulo	1,55
	Octógono	1,4
	Dodecágono	1,3

Tabla II.3A - Coeficientes de fuerza C_{fx} para prismas rectangulares



Relación de dimensiones $\left(\frac{d}{b}\right)$	Coeficiente de fuerza C_{fx}
0,10	2,2
0,65	3,0
1	2,2
2	1,6
4	1,3
≥ 10	1,1

Tabla II.3B - Coeficientes de fuerza C_{fy} para prismas rectangulares



Relación de dimensiones $\left(\frac{d}{b}\right)$	Coeficiente de fuerza C_{fy}
0,5	$\pm 1,2$
1,5	$\pm 0,8$
2,5	$\pm 0,6$
4	$\pm 0,8$
≥ 20	$\pm 1,0$

Notas:

1. Los datos de este artículo se tomaron de Jancauskas, E.D., "The Cross-Wind Excitation of Bluff Structures", Ph.D.Thesis, Monash University, 1983. El valor máximo de C_{fx} que se obtiene para secciones con relaciones d/b alrededor de 0.65, fueron presentados por primera vez por Nakaguchi, N., Hashimoto, K. y Muto, S. "An Experimental Study on Aerodynamic Drag of Rectangular Cylinders", Journal Japan Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.16, 1968.
2. La Tabla II.3B contiene valores máximos de C_{fy} para ángulos $\theta < 20^\circ$. Este tipo de variación puede ocurrir en flujo turbulento nominalmente paralelo a una cara.
3. Para direcciones oblicuas de viento $\theta > 20^\circ$, se necesita de información más detallada o el consejo de especialistas.

Tabla II.4 – Coeficientes de fuerza C_{fx} , C_{fy} para perfiles estructurales

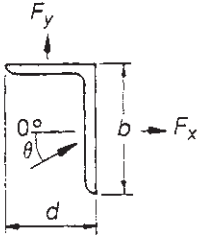
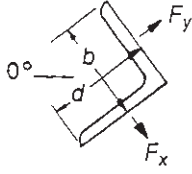
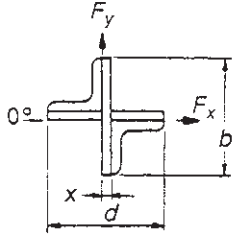
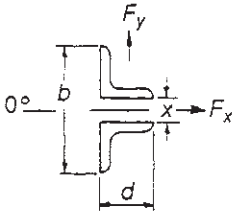
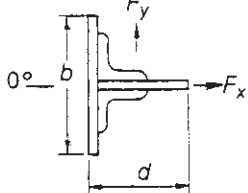
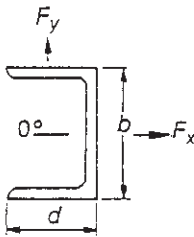
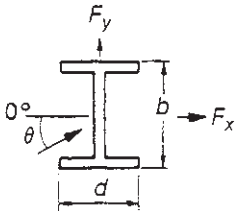
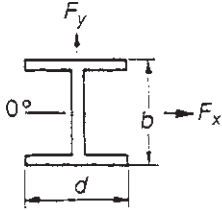
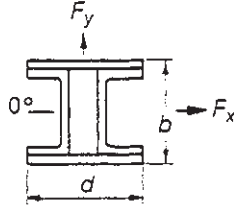
 <p>$d = 0.5b$</p>		 <p>$d = b$</p>		 <p>$x = 0.1b$ $d = b$</p>		
θ	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$
0°	+1,9	+0,95	+1,8	+1,8	+1,75	+0,1
45°	+1,8	+0,8	+2,1	+1,8	+0,85	+0,85
90°	+2,0	+1,7	-1,9	-1,0	+0,1	+1,75
135°	-1,8	-0,1	-2,0	+0,3	-0,75	+0,75
180°	-2,0	+0,1	-1,4	-1,4	-1,75	-0,1
 <p>$x = 0.1b$ $d = 0.45b$</p>		 <p>$d = 1.1b$</p>		 <p>$d = 0.43b$</p>		
θ	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$
0°	+1,6	0	+2,0	0	+2,05	0
45°	+1,5	-0,1	+1,2	+0,9	+1,85	+0,6
90°	-0,95	+0,7	-1,6	+2,15	0	+0,6
135°	-0,5	+1,05	-1,1	+2,4	-1,6	+0,4
180°	-1,5	0	-1,7	$\pm 2,1$	-1,8	0
 <p>$d = 0.48b$</p>		 <p>$d = b$</p>		 <p>$d = 1.6b$</p>		
θ	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$	$C_{F,x}$	$C_{F,y}$
0°	+2,05	0	+1,6	0	+1,4	0
45°	+1,95	+0,6	+1,5	+1,5	+1,2	+1,6
90°	$\pm 0,5$	+0,9	0	+1,9	0	+2,2

Tabla II.4 - Continuación

Nota:

Estos datos no se publicaron y aparecen por primera vez en las normas suizas SIA Technische Normen Nr.160, "Normen für Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung Bauten", 1956. Se debe notar que la dimensión b utilizada en la definición de los coeficientes de fuerza no siempre es normal a la dirección del flujo.

Tabla II.5 – Coeficientes de fuerza para cables, tirantes y tuberías

	Características del flujo de aire	Características de la superficie	C_f
CABLES	$V_z b < 0,6 \text{ m}^2/\text{s}$	Trenzados finos	1,20
		Trenzados gruesos	1,30
	$V_z b \geq 0,6 \text{ m}^2/\text{s}$	Trenzados finos	0,90
		Trenzados gruesos	1,10
TIRANTES Y TUBERÍAS	$V_z b < 0,6 \text{ m}^2/\text{s}$	Lisa	1,20
		Moderadamente rugosa	1,20
	$V_z b \geq 0,6 \text{ m}^2/\text{s}$	Lisa	0,50
		Moderadamente rugosa	0,70

Tabla II.6 - Factor de corrección por relación de esbeltez

Relación de esbeltez $\left(\frac{\ell}{b}\right)$	Factor de corrección K_e
8	0,7
14	0,8
30	0,9
40 o más	1,0

Nota : Para valores intermedios de la relación de esbeltez

$\left(\frac{\ell}{b}\right)$, se permite la interpolación lineal.

ANEXO III – PROPIEDADES DINÁMICAS DE LAS CONSTRUCCIONES

III.1. CÁLCULO DEL PERÍODO FUNDAMENTAL EN SISTEMAS DE FORMA SIMPLE

III.1.1. Introducción

En este Anexo se presentan fórmulas y métodos aproximados para determinar el período del modo fundamental de oscilación de las construcciones más frecuentes. Se supone implícitamente que:

- Se trata de oscilaciones planas no acopladas con otros modos de oscilación, en las cuales las distintas masas que componen la estructura se desplazan paralelamente a un mismo plano, sin excitar por este hecho oscilaciones perpendiculares a dicho plano.
- Los pares de inercia desarrollados por la rotación de las diversas masas alrededor de ejes horizontales normales al plano de la figura son despreciables frente a las otras fuerzas de inercia puestas en juego.

Las estructuras que presentan un plano de simetría vertical en la dirección en que actúa el viento satisfacen la primera condición, quedando excluidas las estructuras asimétricas, en las cuales cualquier oscilación lateral produce oscilaciones de torsión. La segunda suposición implica despreciar las inercias rotacionales, lo que conduce a estimar un período del modo fundamental con un error que en general no supera el **5%** por defecto.

Por lo expuesto precedentemente, los períodos calculados según el presente anexo son algo menores que los reales.

III.1.2. Esquemmatización de la estructura

La distribución de masas en la construcción puede ser:

- a) Distribuida continuamente, caso de fustes de torres, chimeneas, etc.
- b) Discretizada, o sea concentrada en diferentes niveles de la construcción, como por ejemplo el caso de edificios en altura.

III.1.3. Estructuras que presentan una masa concentrada en el extremo superior

La masa en consideración puede estar apoyada en:

- a) Un soporte con masa despreciable
- b) Un soporte con masa no despreciable

Caso a) : Soporte con masa despreciable

Se trata del caso de un depósito elevado apoyado en un soporte constituido por columnas verticales o inclinadas, arriostradas entre sí o trianguladas.

El período del modo fundamental está dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P f}{g}}$$

siendo:

- T** el periodo a determinar
- P** el peso de la masa concentrada, actuando en el baricentro de la misma
- f** el desplazamiento horizontal de la masa debido a una carga unitaria del mismo sentido actuando en el baricentro de aquella
- g** la aceleración de la gravedad

En el caso particular de un soporte de inercia constante en toda su altura la expresión anterior resulta:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P h^3}{3EIg}}$$

siendo:

- I** el momento de inercia de la sección del soporte
- E** el módulo de elasticidad del material del soporte
- h** la altura del baricentro de la masa

Caso b) : Soporte con masa no despreciable

El período viene dado ahora por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P^* h^3}{3EIg}}$$

siendo:

$$P^* = P + 0,236 P_{\text{soporte}}$$

Si el soporte presenta momento de inercia variable, se debe adoptar un valor equivalente de **I**, obtenido con la condición de igualar la flecha en el extremo superior al aplicar la carga unitaria horizontal.

III.1.4. Estructuras que presentan masa repartida en toda su altura

Cabe distinguir los siguientes casos:

- a) Prismas o cilindros de sección constante
- b) Troncos de cono de secciones homotéticas
- c) Troncos de cono o de pirámide cualesquiera

Caso a) : Prismas o cilindros de sección constante

El período está dado por:

$$T = 1,79h^2 \sqrt{\frac{\rho}{EIg}}$$

siendo:

- h*** la altura del prisma o cilindro
- I*** el momento de inercia de la sección
- p*** el peso por unidad de altura del prisma o cilindro

Caso b) : Troncos de cono de sección homotética

Siendo **C** el centro de homotecia ubicado en la vertical del baricentro de la base, y con la nomenclatura de la Figura III.1, el período se determina según la expresión:

$$T = K h^2 \sqrt{\frac{\rho}{EIg}}$$

K Coeficiente a extraer de la Figura III.1 en función de **a/L**

Caso c) : Troncos de cono o de pirámide cualesquiera [Figura III.2 (a)]

La siguiente expresión permite determinar el período de estructuras de este tipo, cuyo espesor sea constante o variable linealmente con la altura, sin llegar a ser de secciones homotéticas.

$$T = \frac{2\pi h^2}{\Omega} \sqrt{\frac{\rho}{EIg}}$$

siendo:

- h*** la altura de la construcción, según la Figura III.2 (a)
- p*** el peso por unidad de altura al nivel de la base
- I*** el momento de inercia de la sección al nivel de la base
- Ω** un coeficiente a extraer de la Figura III.2 (b), función de
 $\lambda = \frac{e_s}{e}$ y $\mu = \frac{d_s}{d}$
- e_s** el espesor de la pared resistente en el extremo superior
- e*** el espesor de la pared al nivel de la base
- d_s** el diámetro exterior en el extremo superior
- d*** el diámetro exterior al nivel de la base

Figura III.1 – Troncos de cono de sección homotética

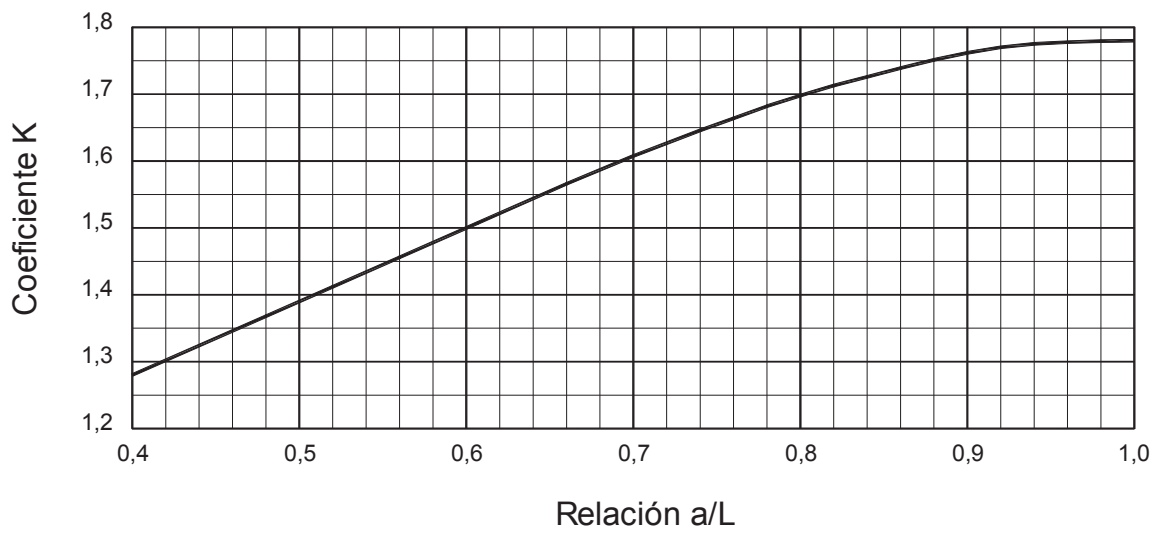
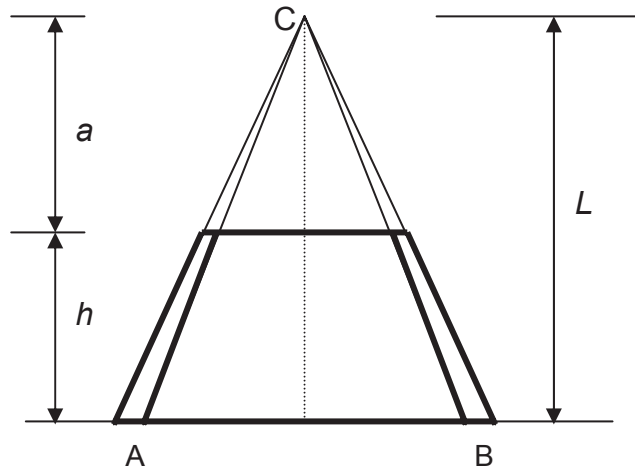


Figura III.2A – Troncos de cono o de pirámide cualesquiera

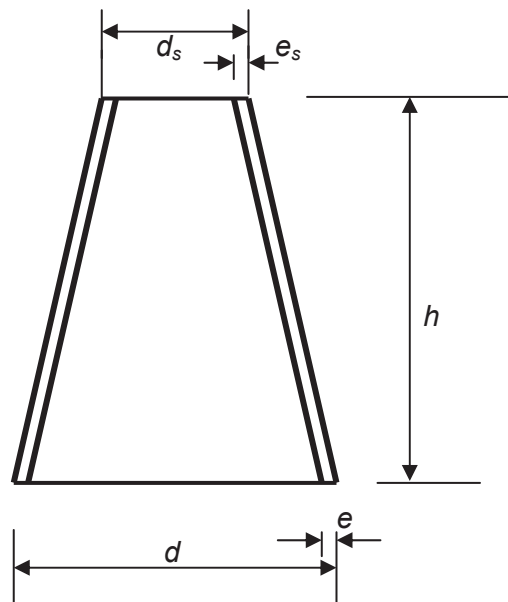
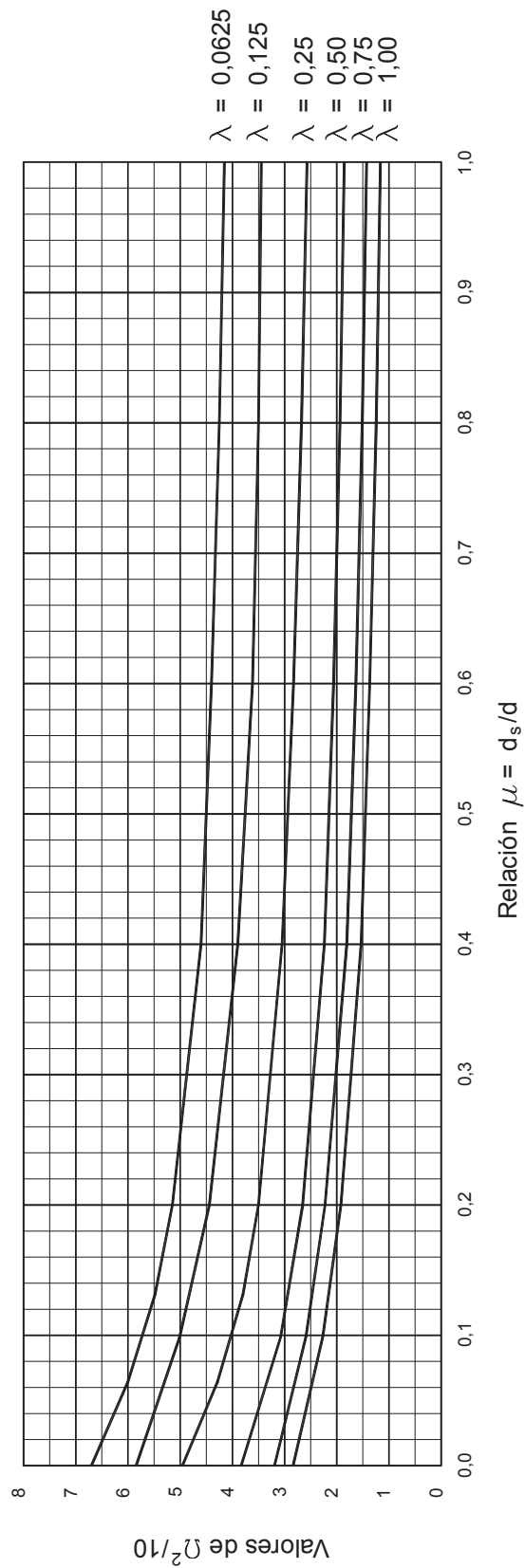


Figura III.2B – Troncos de cono o de pirámide cualesquiera



III.1.5. Estructuras que presentan masas discretas

Estas construcciones se presentan con frecuencia en la práctica, siendo más representativo el caso de edificios en altura.

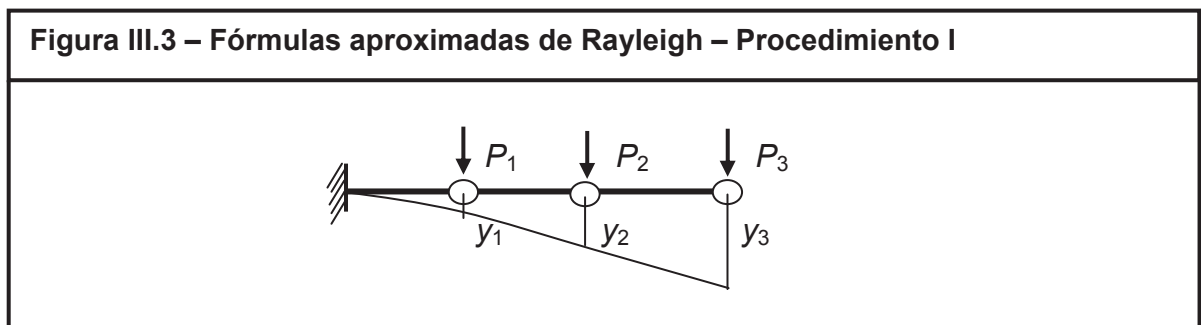
Se describen las siguientes alternativas para la determinación del período correspondiente al modo fundamental de oscilación:

- Fórmulas aproximadas de Rayleigh
- Fórmulas simplificadas aplicables a los casos de edificios de vivienda en forma de paralelepípedo
- Método exactos

Caso a) : Fórmulas aproximadas de Rayleigh

Estas expresiones conducen a la estimación del período por defecto, y eventualmente pueden tener en cuenta la rotación de las fundaciones. Se pueden aplicar dos procedimientos:

Procedimiento I : Como indica la Figura III.3, se trabaja con la estructura girada a **90°** en el campo gravitatorio, con los pesos P_i aplicados verticalmente en correspondencia con cada masa.

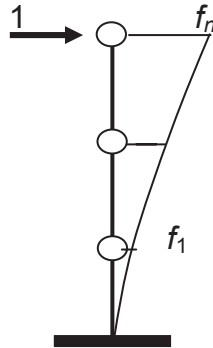


Siendo y_i las flechas correspondientes a las distintas masas de peso P_i bajo la suposición de comportamiento perfectamente elástico, el período se determina según:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_1^n P_i y_i^2}{g \sum_1^n P_i y_i}}$$

Procedimiento II : Si no es necesaria una gran precisión se puede usar el siguiente método aproximado. Se admite que la estructura estará sometida a una fuerza horizontal unitaria actuando al nivel de la última masa, según se indica en la Figura III.4. Llamando f_i a los desplazamientos horizontales experimentados por las diferentes masas cuyo peso es P_i , el período se determina según la expresión:

Figura III.4 – Fórmulas aproximadas de Rayleigh – Procedimiento II



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_1^n P_i f_i^2}{g f_n}}$$

Caso b) : Fórmulas simplificadas aplicables a edificios de vivienda

Las expresiones que se presentan a continuación conducen a valores ligeramente mayores del período respecto a los períodos determinados mediante ensayos.

Se denominará en lo que sigue con **h** a la altura del edificio y con **L** la dimensión en planta en la dirección considerada.

Los tipos a analizar son:

- a) Estructura de contraviento constituida por muros de mampostería o de hormigón simple
- b) Estructura de contraviento constituida por tabiques de hormigón armado
- c) Estructura de contraviento constituida por pórticos de hormigón armado
- d) Estructura de contraviento constituida por pórticos metálicos

En la Tabla III.1 se resume la expresión del período fundamental para cada caso.

Tabla III.1 – Fórmulas simplificadas en edificios de vivienda				
Tipo de estructura	a)	b)	c)	d)
Período fundamental <i>T</i>	$0,06 \frac{h}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{h}{2L+h}}$	$0,08 \frac{h}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{h}{L+h}}$	$0,09 \sqrt{\frac{h}{\sqrt{L}}}$	$0,10 \frac{h}{\sqrt{L}}$

Caso c) : Métodos exactos

La determinación del período fundamental se puede realizar alternativamente mediante métodos exactos, los que por lo general requieren el uso de programas de computación para resolver problemas de valores propios, sobre todo cuando el número de pisos aumenta. En la bibliografía sobre dinámica de estructuras se pueden consultar asimismo métodos numéricos que posibilitan el cálculo manual, entre los cuales ha alcanzado gran divulgación el procedimiento de aproximaciones sucesivas propuesto por Stodola-Vianello.

III.2. RELACIÓN DE AMORTIGUAMIENTO CRÍTICO

La relación de amortiguamiento β , expresada como porcentaje del crítico, puede obtenerse de la Tabla III.2.

Tipo de construcción	β
Edificios con estructura de hormigón armado, con tabiques o divisiones con mampostería de ladrillos. Construcciones de mampostería.	0,020
Edificios con estructura de acero soldado y divisiones de paneles livianos.	0,010
Torres y chimeneas de hormigón armado.	0,015
Torres y chimeneas de hormigón pretensado.	0,010
Torres, chimeneas y antenas de acero soldado.	0,005
Torres, chimeneas y antenas de acero roblonado.	0,010
Estructuras de madera.	0,030

ANEXO IV - COEFICIENTES DE PRESIÓN EXTERNA (C_p) PARA DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES CIRCULARES

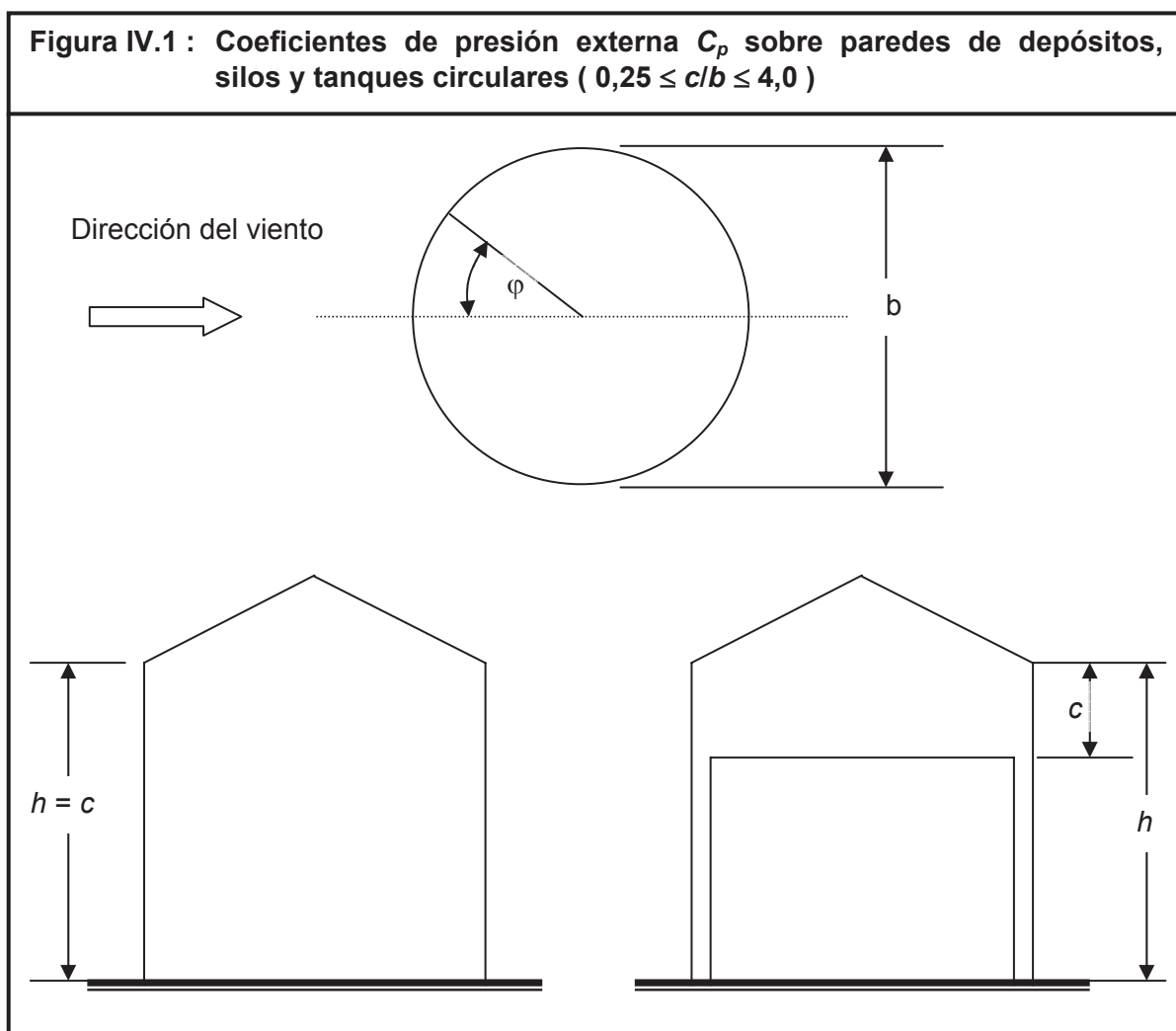
IV.1. GENERALIDADES

Las presiones externas p para depósitos, silos y tanques circulares (ver la Figura IV.1) se calculan mediante la siguiente expresión

$$p = G C_p q_h \quad [\text{N/m}^2] \quad (\text{IV.1})$$

siendo:

- G el factor de efecto de ráfaga = **0,85**
- C_p el coeficiente de presión externa
- q_h la presión dinámica calculada a la altura h (ver Figura IV.1)



IV.2. PRESIONES EN PAREDES

Los coeficientes de presión externa C_p para las paredes de depósitos, silos y tanques de sección circular apoyados en el suelo, o en columnas de una altura no mayor que la altura c del cilindro, se obtendrán de la siguiente expresión:

$$C_p(\varphi) = k_c C_{p1}(\varphi)$$

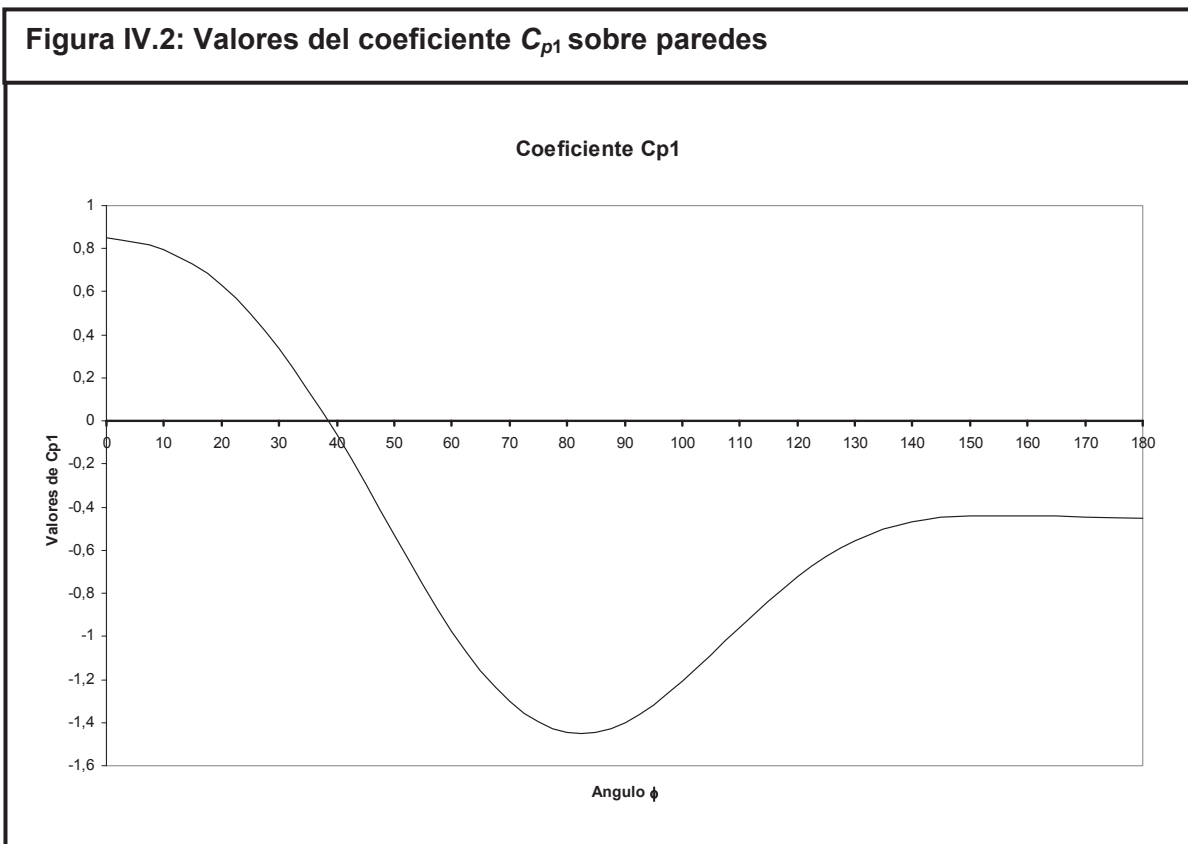
donde:

$$C_{p1}(\varphi) = -0,5 + 0,4 \cos \varphi + 0,8 \cos 2\varphi + 0,3 \cos 3\varphi - 0,1 \cos 4\varphi - 0,05 \cos 5\varphi$$

$$k_c = 1,0 \quad \text{para } C_{p1} \geq -0,15$$

$$k_c = 1,0 - 0,55 (C_{p1} + 0,15) \log_{10} \left(\frac{c}{b} \right) \quad \text{para } C_{p1} < -0,15$$

Los valores de $C_{p1}(\varphi)$ se indican en la Figura IV. 2.



IV.3. FUERZA TOTAL DE EMPUJE

La fuerza total de empuje para la pared de depósitos, silos y tanques circulares, elevados o apoyados sobre el terreno, se calcula con la expresión:

$$F_e = 0,63 q_h b c \quad [N]$$

IV.4. PRESIONES SOBRE EL FONDO DE DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES ELEVADOS

Las presiones sobre el fondo de depósitos, silos y tanques elevados se calcularán usando la expresión (IV.1), con los valores de C_p que se indican en Tabla IV.1.

Tabla IV.1 : Coeficientes de presión para fondos de depósitos, silos y tanques

Separación relativa ($1-c/h$)	$C_p(\text{max})$	$C_p(\text{min})$
$\geq 1/3$	0,8	-0,6
0,0	0,0	0,0

Nota: Para valores intermedios puede interpolarse linealmente.

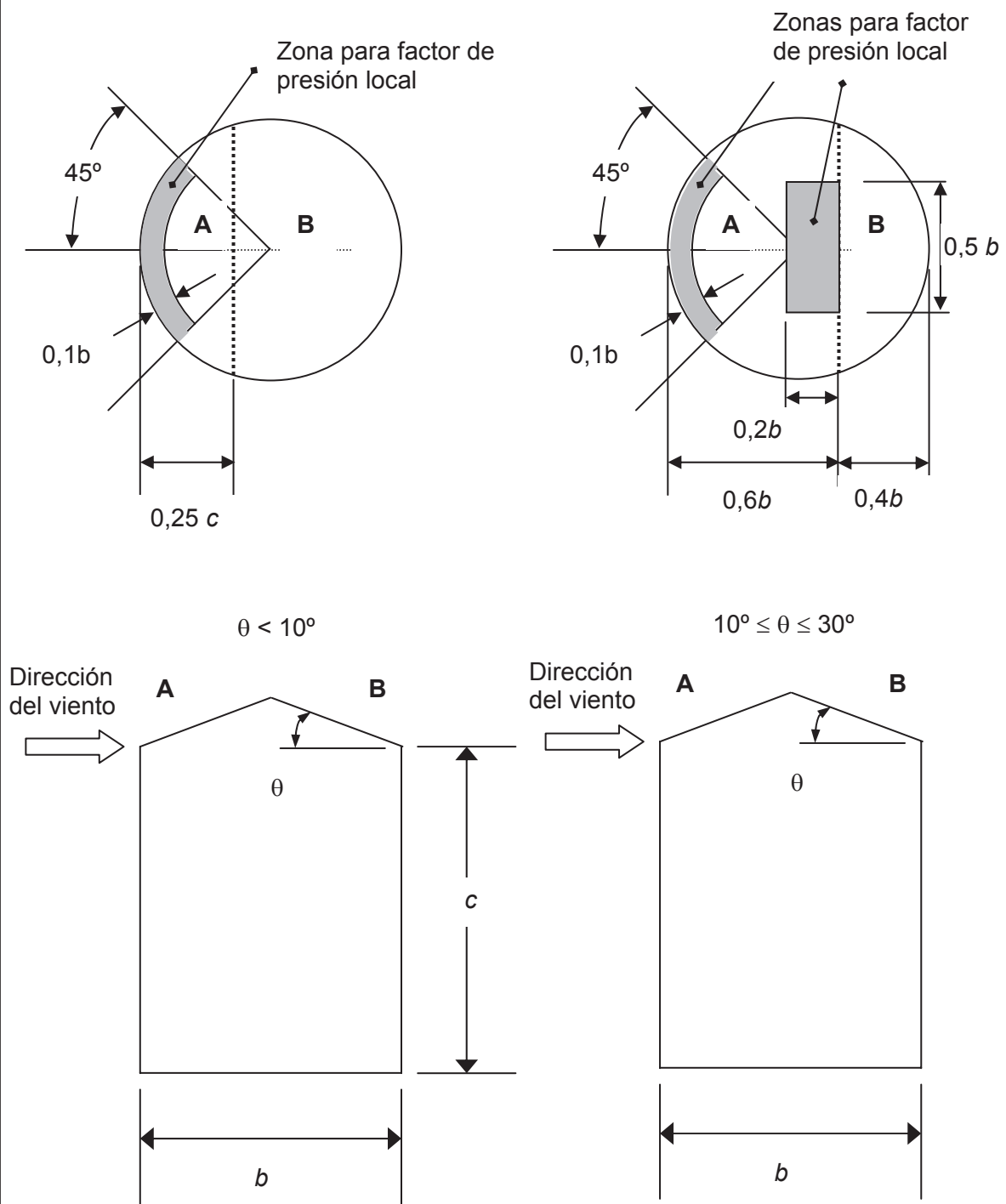
IV.5. PRESIONES SOBRE LA CUBIERTA DE DEPÓSITOS, SILOS Y TANQUES ELEVADOS

Los coeficientes de presión externa C_p de expresión (IV.1) para la cubierta o tapa de depósitos, silos o tanques de sección circular se obtienen de la Figura IV.3.

En los bordes a barlovento de la cubierta y en la región próxima al vértice del cono, para inclinaciones $\theta > 10^\circ$, se debe considerar un factor de amplificación local igual a **1,5**.

Nota: Las cargas especificadas están basadas en datos obtenidos mediante ensayos en tunel de viento llevados a cabo por Sabransky, I.J., "Wind Pressure Distribution on Cylindrical Storage Silos", M. Eng. Sc. Thesis, Monash University, 1984 y Macdonald, P.A., Kwok, K.C.S. y Holmes, J.D., "Wind Loads on Storage Bins, Silos and Tanks I, Point Pressure Measurements on Isolated Structures", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol 31, 1988, p. 165-188, para silos aislados. El agrupamiento de silos puede, en algunos casos, producir cargas significativamente diferentes de las especificadas, por lo cual el proyectista debe recurrir al asesoramiento de especialistas en estos casos. A falta de información más detallada, los silos agrupados con separación entre paredes mayor que dos diámetros, se pueden considerar como silos aislados. Si se trata de un grupo de silos próximos entre sí, con separaciones menores que un décimo del diámetro, el mismo se puede considerar como una estructura única.

Figura IV.3 : Coeficientes de presión externa para la cubierta de depósitos, silos y tanques circulares ($0.25 \leq c/b \leq 4.0$)



Coeficientes de presión externa C_p para cubierta de depósitos, silos y tanques circulares	
Zona A	Zona B
-0,8	-0,5

ANEXO V - COEFICIENTES DE PRESIÓN PARA PASADIZOS CERRADOS ENTRE EDIFICIOS

V.1. INTRODUCCIÓN

Las presiones p para pasadizos cerrados entre edificios se calculan mediante la siguiente expresión:

$$p = q_z G (C_p - C_{pi}) \quad [\text{N/m}^2]$$

siendo:

- q_z la presión dinámica evaluada a la altura $z = 3h$ de cubierta del pasadizo, usando la exposición definida en el artículo 5.6.3
- G el factor de efecto de ráfaga = **0,85**
- C_p el coeficiente de presión externa (ver Tabla V.1)
- C_{pi} el coeficiente de presión interna (ver Tabla V.2)

Los coeficientes indicados en las Tablas V.1 y V.2 valen para las siguientes relaciones geométricas:

$$h : b : L = 1 : 1 : 10$$

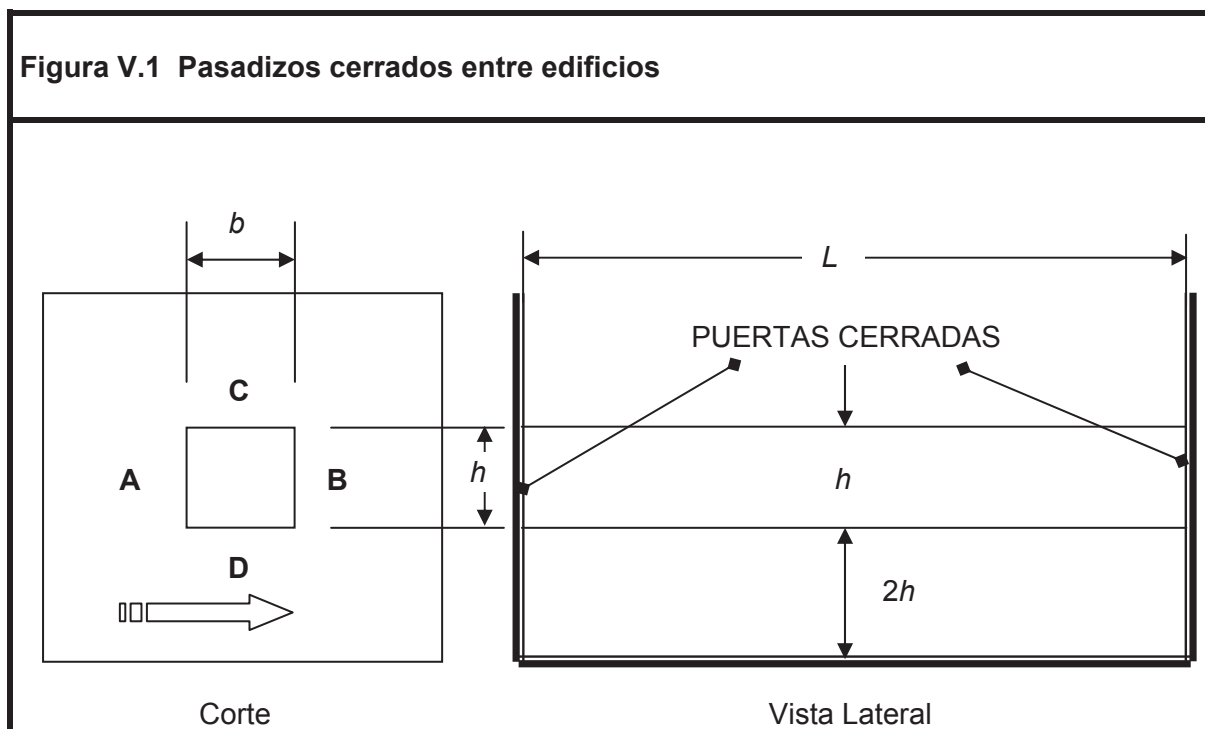


Tabla V.1 – Coeficientes de presión externa C_p

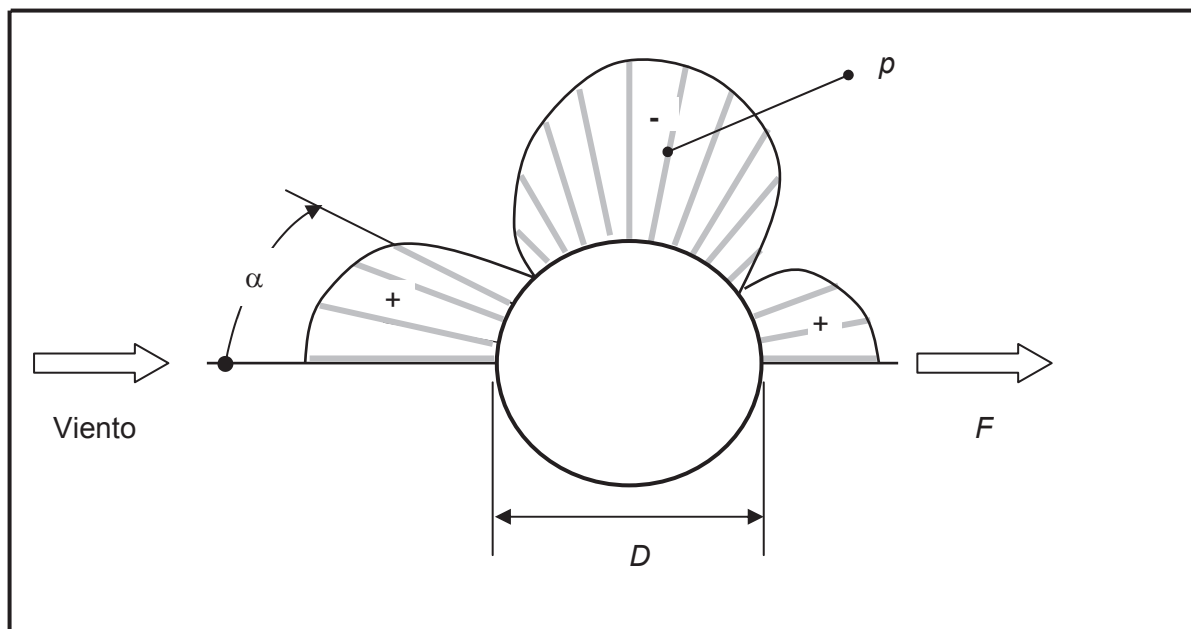
A	B	C	D
+ 0,8	- 1,2	- 1,4	- 1,5

Tabla V.2 – Coeficientes de presión interna C_{pi}

ABERTURAS	C_{pi}
Uniformemente distribuidas	- 0,5
Predominantes sobre lado "A"	+ 0,7
Predominantes sobre lado "B"	- 1,1
Predominantes sobre lado "C"	- 1,3

Nota: Los coeficientes indicados en las Tablas V.1 y V.2 se basan en ensayos en túnel de viento en los cuales no se ha simulado el perfil correcto de velocidades ni la turbulencia del viento por lo que se deben utilizar con precaución. Se han tomado de la norma Suiza "Normen für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten", Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, N° 160, Zurich, Suiza, 1956.

ANEXO VI – COEFICIENTES DE PRESIÓN Y FUERZA PARA ESFERAS



La fuerza de diseño sobre una esfera se debe calcular con la expresión:

$$F = q_z G C_f A_f \quad [N] \quad (VI.1)$$

siendo:

- q_z la presión dinámica evaluada a la altura del baricentro del área A_f usando la exposición definida en el artículo 5.6.3.2.
- G el factor de efecto de ráfaga del artículo 5.8.
- C_f coeficiente de fuerza neta. Para $D \sqrt{q_z} > 25$, y superficie moderadamente suave se tomará $C_f = 0,2$
- A_f el área proyectada normal al viento, en m^2 . $A_f = \frac{\pi D^2}{4}$
- D el diámetro de la esfera, en m.

Las presiones externas sobre la superficie de la esfera se calculan mediante la expresión:

$$p = q_z G C_p \quad [N/m^2] \quad (VI.2)$$

siendo:

- q_z la presión dinámica evaluada a la altura z .
- G el factor de efecto de ráfaga del artículo 5.8.
- C_p el coeficiente de presión externa de la Tabla VI.1.

Tabla VI.1 – Coeficientes de presión externa para $D \sqrt{q_z} > 25$ y superficie moderadamente suave

α	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
C_p	+1,0	+0,9	+0,5	-0,1	-0,7	-1,1	-1,2	-1,0	-0,6	-0,2	+0,1	+0,3	+0,4

Nota: Los coeficientes de presión y fuerza dados en este Anexo valen para esferas con $D \sqrt{q_z} > 25$ y superficie moderadamente suave. Los mismos se basan en ensayos en túnel de viento en los cuales no se ha simulado el perfil correcto de velocidades ni la turbulencia del viento por lo que se deben utilizar con precaución. Se han tomado de la norma Suiza “Normen für die Belastungsannahmen, die Inbetriebnahme und die Überwachung der Bauten”, Schweizerischer Ingenieur und Architekten Verein, N° 160, Zurich, Suiza, 1956.