

Contenido

	Página
Preámbulo	VII
1 Alcance y campo de aplicación	1
2 Referencias normativas	1
3 Términos y definiciones	2
4 Simbología	5
5 Generalidades	9
5.1 Presiones de viento actuando en caras opuestas de cada superficie del edificio	9
5.2 Carga mínima de viento	10
6 Método 1: Procedimiento simplificado	10
6.1 Alcances del procedimiento	10
6.2 Procedimiento de cálculo	11
6.3 Revestimientos que permiten el flujo del aire	17
7 Método 2: Procedimiento analítico	22
7.1 Alcances del procedimiento	22
7.2 Limitaciones	22
7.3 Procedimiento de diseño	22
7.4 Velocidad básica de viento	23
7.5 Factor de importancia	28
7.6 Clasificación de rugosidad de la superficie y exposición del edificio	28

Contenido

	Página
7.7 Efectos topográficos	32
7.8 Factor del efecto ráfaga	34
7.9 Clasificaciones del grado de cerramiento	37
7.10 Distribución de velocidades	37
7.11 Coeficientes de presiones y fuerzas	38
7.12 Cargas de viento para edificios cerrados o parcialmente cerrados	60
7.13 Cálculo de cargas de viento en edificios abiertos con techos de pendiente única, a dos aguas dispuestos en forma cóncava y a dos aguas dispuestos en forma convexa	67
7.14 Diseño de las cargas de viento de paredes independientes y letreros sólidos	75
7.15 Diseño de cargas de viento en otras estructuras	75
8 Método 3: Procedimiento del túnel de viento	76
8.1 Alcance del procedimiento	76
8.2 Condiciones de las pruebas	76
8.3 Respuesta dinámica	76
8.4 Limitación	76

Figuras

Figura 1 Zonas de aplicación de las presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, para $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, techos y muros	13
Figura 2 Zonas de aplicación de las presiones de viento en elementos secundarios y de revestimiento para el método simplificado - $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, muros y techos	18
Figura 3 Zonificación por velocidades de viento zona centro-norte	26
Figura 4 Zonificación por velocidades de viento zona centro-sur	27

Contenido

	Página
Figura 5 Efectos topográficos en escarpes, cimas o colinas	33
Figura 6 Coeficientes de presión externa, C_p en techos y muros del SPRFV, para estructuras cerradas y parcialmente cerradas, aplicable a todas las alturas - Método 2 analítico	41
Figura 7 Coeficientes de presión externa, C_p en techo en forma de domos, estructuras cerradas, parcialmente cerradas, todas las alturas - Método 2 analítico	42
Figura 8 a) Coeficiente de presión externa, GC_{pf} para techos y muros del SPRFV en edificios de baja altura - Casos básicos de cargas - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas, $h \leq 18,3$ m - Método 2 analítico	44
Figura 8 b) Coeficiente de presión externa, GC_{pf} para techos y muros del SPRFV en edificios de baja altura - Casos con carga torsional - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas, $h \leq 18,3$ m - Método 2 analítico	45
Figura 9 Coeficiente de presión externa, GC_p para muros con $h \leq 18,3$ m, en elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	46
Figura 10 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos aguas, con $\theta \leq 7^\circ$ y $h \leq 18,3$ m para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y semicerradas - Método 2 analítico	47
Figura 11 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos y cuatro aguas, con $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$ y $h \leq 18,3$ m para elementos secundarios y revestimiento - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas	48
Figura 12 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos aguas, con $27^\circ < \theta \leq 45^\circ$ y $h \leq 18,3$ m para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	49
Figura 13 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos escalonados y con $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	50
Figura 14 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos triangulares con múltiples vanos y $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	51

Contenido

	Página
Figura 15 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos con una sola pendiente, $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$ y $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	52
Figura 16 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos con una sola pendiente, $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$ y $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	53
Figura 17 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos en forma de dientes de sierra con $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	54
Figura 18 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos en forma de domo, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	55
Figura 19 Coeficiente de presión externa, GC_p para techos y muros, con $h > 18,3$ m, para elementos y secundarios revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico	56
Figura 20 Coeficiente de fuerza, C_f , para muros sólidos independientes y letrero sólida - Todas las alturas - Método 2 analítico	59
Figura 21 Casos de cargas de viento de diseño sistema SPRV - Todas las alturas - Método 2 analítico	66
Figura 22 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de pendiente única, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $q \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos	68
Figura 23 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos	69
Figura 24 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma convexa, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos	70
Figura 25 Coeficiente de presión neta, C_N para techos con una pendiente, de dos aguas dispuestos en forma convexa y en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos	71

Contenido

	Página
Figura 26 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de pendiente única, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios y revestimientos en edificios abiertos	72
Figura 27 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios y revestimientos en edificios abiertos	73
Figura 28 Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma convexa, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios en edificios abiertos	74
Tablas	
Tabla 1 Presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, kN/m^2 , p_{s30} (exposición B, $h = 9,1$ m, $K_{zt} = I = 1$) $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, muros y techos	14
Tabla 2 Factor de ajuste por altura y exposición para construcciones, λ - $h \leq 18,3$ m estructura cerrada, muros y techos	16
Tabla 3 Presiones netas de viento de diseño en elementos secundarios y revestimiento método simplificado, kN/m^2 - p_{s30} (exposición B a $h = 9,1$ m, $K_{zt} = 1$, $I = 1$), $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, muros y techos	19
Tabla 4 Presiones neta de viento de diseño en techos en voladizo de elementos secundarios y revestimientos método simplificado, kN/m^2 - p_{s30} (exposición B a $h = 9,1$ m, con $I = 1$), $h \leq 18,3$ m muros y techos	21
Tabla 5 Velocidad básica de viento para diferentes estaciones	24
Tabla 6 Velocidad básica de viento para distintas zonas del país	25
Tabla 7 Factor de direccionalidad del viento	28
Tabla 8 Factor de importancia de la estructura	28
Tabla 9 Coeficiente de exposición de la distribución de velocidades, K_h y K_z	31
Tabla 10 Factores topográficos para exposición C, K_{zt} - Método 2 analítico	33
Tabla 11 Parámetros para el aumento de velocidad sobre colinas y escarpes - Método 2 analítico	34

Contenido

	Página
Tabla 12 Constantes del terreno de exposición	35
Tabla 13 Coeficiente de presión interna, GC_{pi} - Método 2 analítico, casos de estructura cerradas, parcialmente cerradas y abiertas, muros y techos - Válido para todas las alturas	38
Tabla 14 Coeficiente de presión externa, C_p - Método 2 analítico, estructuras cerradas, parcialmente cerradas y abiertas - Válido para todas las alturas	39
Tabla 15 Coeficiente de presión externa para techos, C_p , para uso q_h - Método 2 analítico, estructuras cerradas, parcialmente cerradas o abiertas - Válido para todas las alturas	40
Tabla 16 Coeficiente de presión externa, C_p para techos curvados - Aplicable a estructuras cerradas y parcialmente cerradas, todas las alturas - Método 2 analítico	43
Tabla 17 Coeficiente de fuerza, C_f para chimeneas, estanques, equipos de azotea y estructuras similares - Todas las alturas - Método 2 analítico	57
Tabla 18 Coeficiente de fuerza, C_f para señalética abiertas y marcos de estructuras enrejadas - Todas las alturas - Método 2 analítico	58
Tabla 19 Coeficiente de fuerza, C_f para torres arriostradas - Todas las alturas - Estructuras abiertas - Método 2 analítico	58

Diseño estructural - Cargas de viento

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Esta norma se estudió a través del Comité Técnico *Diseño estructural*, para establecer la forma en que se debe considerar la acción del viento en el cálculo de construcciones, tanto para su sistema principal resistente a las fuerzas del viento (SPRFV), como para los revestimientos y elementos secundarios.

Para la elaboración de esta norma no se ha tomado en consideración la Norma Internacional ISO 4354:1997 *Wind actions on structures*, debido a la necesidad de mantener la concordancia y los criterios de diseño adoptados en otras normas del área.

En la elaboración de esta norma se ha tomado en consideración la norma ASCE/SEI 7-05 *Minimum Design Loads for Buildings and other structures*, además de antecedentes estadísticos nacionales de velocidades máximas de viento.

La norma NCh432 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio el Comité estuvo constituido por las organizaciones y personas naturales siguientes:

AMCS Ltda.
Ingeniería y Construcciones ALBRO Ltda.
Instituto Nacional de Normalización, INN
RCP Ingeniería y Servicios Ltda.
Universidad de Chile - IDIEM

Christián Schnaidt M.
David Campusano B.
Eduardo Sanhueza R.
Rodrigo Concha P.
Víctor Aguila O.

NCh432

Esta norma anulará y reemplazará, cuando sea declarada Norma Chilena Oficial, a la norma NCh432.Of1971 *Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones*, declarada Oficial de la República por Decreto N° 994, de fecha 08 de noviembre de 1971, del Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

MAPAS

Los mapas que se incluyen, Figuras 3 y 4, están autorizados para su circulación por Resolución N° 171 de mayo de 2009 de la Dirección de Fronteras y Límites del Estado.

La edición y circulación de los mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se refieren o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen en modo alguno al Estado de Chile, de acuerdo al Artículo 2°, letra g) del DFL N° 83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 30 de noviembre de 2010.

Diseño estructural - Cargas de viento

1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece la forma en que se debe considerar la acción del viento en el cálculo de construcciones, tanto para su sistema principal resistente a las fuerzas del viento (SPRFV) como para los revestimientos y elementos secundarios.

1.2 Las cargas de viento de diseño para las estructuras, incluyendo el SPRFV y los revestimientos y elementos secundarios, deben ser determinados mediante alguno de los procedimientos siguientes.

1.2.1 Método 1: Procedimiento simplificado, tal como se especifica en cláusula 6 para edificios que cumplan con los requerimientos allí especificados.

1.2.2 Método 2: Procedimiento analítico, tal como se especifica en cláusula 7 para edificios que cumplan con los requerimientos allí especificados.

1.2.3 Método 3: Túnel de viento, tal como se especifica en cláusula 8.

2 Referencias normativas

El documento referenciado siguiente es indispensable para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado (incluyendo cualquier enmienda).

NCh3171	<i>Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas.</i>
---------	--

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

3.1 aberturas: aperturas o agujeros en el edificio que permiten que el aire fluya a través del edificio y que están diseñados como *aberturas* durante el diseño para viento, tal como se define por estas disposiciones

3.2 altura de alero, h : distancia entre la superficie del suelo adyacente al edificio y la línea del alero del techo de un muro en particular. Si la altura de alero varía a lo largo del muro, se debe usar la altura promedio

3.3 altura media de techo, h : promedio de la altura del alero y la altura del punto más alto de la superficie del techo, excepto para pendientes de techo menores o iguales que 10° , donde la altura media del techo debe ser igual a la máxima altura del techo

3.4 aprobado: aceptable para la Autoridad Revisora¹⁾

3.5 área efectiva de viento, A : área usada para determinar GC_p . Para los elementos secundarios y de revestimiento, el área efectiva de viento en Figuras 9 a 19 y en Figuras 26 a 28, es la luz multiplicada por un ancho efectivo, el cual no debe ser menor que la tercera parte de la longitud libre o luz. Para el anclaje de revestimientos, el área efectiva de viento no debe ser mayor que el área tributaria para un anclaje individual

3.6 barlovento: sector desde donde proviene el viento

3.7 colina: referente a los efectos topográficos indicados en 7.7, una superficie de tierra caracterizada por un cambio de pendiente en cualquier dirección horizontal

3.8 cima: referente a los efectos topográficos indicados en 7.7, cima alargada de una colina, caracterizado por una fuerte pendiente en dos direcciones

3.9 edificio abierto: edificio que tiene en cada muro, al menos un 80% de aperturas. Esta condición es expresada para cada muro por la ecuación siguiente: $A_o \geq 0,8 \times A_g$

en que:

A_o = área total de aberturas en un muro que recibe una presión externa positiva, expresada en metros cuadrados, (m^2);

A_g = área bruta del muro donde se encuentre A_o , expresada en metros cuadrados, m^2 .

3.10 edificio cerrado: edificio que no cumple con los requerimientos de edificios abiertos o parcialmente cerrados

1) Autoridad Revisora: entidad designada por la Autoridad Competente para la revisión de proyectos de cálculo estructural.

3.11 edificio de baja altura: edificios cerrados o parcialmente cerrados que cumplen con las condiciones siguientes:

- 1) La altura media del techo h es menor o igual que 18,3 m.
- 2) La altura media del techo h no supera a la menor dimensión horizontal.

3.12 edificio de diafragma simple: edificio en que las cargas de barlovento y sotavento se transmiten a través de los diafragmas de piso y techo al mismo SPRFV vertical (por ejemplo, que no existan separaciones estructurales como juntas de dilatación)

3.13 edificios u otras estructuras de forma regular: edificios u otras estructuras que no tengan inusual irregularidad geométrica en forma espacial

3.14 edificios u otras estructuras flexibles: edificios y otras estructuras esbeltas, que tienen una frecuencia fundamental menor que 1 Hz

3.15 edificios u otras estructuras rígidas: edificios u otras estructuras que tienen una frecuencia fundamental mayor o igual que 1 Hz

3.16 edificio parcialmente cerrado: edificio que cumple con las dos condiciones siguientes:

- 1) El área total de aberturas en el muro que recibe la presión externa positiva sea mayor que la suma de las áreas de las aberturas en la envolvente del edificio (muros y techo) por más de un 10%.
- 2) El área total de aberturas en un muro que recibe una presión externa positiva que supere los $0,37 \text{ m}^2$ o un 1% del área del muro en cuestión, lo que sea menor, y el porcentaje de aberturas respecto a la envolvente del edificio no sea mayor que un 20%.

Estas condiciones se expresan con las ecuaciones siguientes:

$$- A_o > 1,10 \times A_{oi}$$

$$- \begin{cases} A_o > 0,37 \text{ m}^2 \text{ o } A_o > 0,01 \times A_g, \text{ (la que sea menor)} \\ A_{oi} / A_{gi} \leq 0,20 \end{cases}$$

en que:

A_o y A_g = se definen igual que para un edificio abierto;

A_{oi} = suma de las áreas de las aberturas en la envolvente del edificio (muros y techos) sin incluir a A_o , expresada en metros cuadrados, (m^2);

A_{gi} = suma de las superficies brutas de la envolvente del edificio (muros y techo) sin incluir A_g , expresada en metros cuadrados, (m^2).

3.17 elementos secundarios y revestimiento: elementos de la envolvente del edificio que no califican como parte del SPRFV

3.18 envolvente del edificio: revestimientos, techos, muros exteriores, cristales, componentes de puertas, ventanas, claraboyas y otros componentes que envuelven al edificio

3.19 escarpe: referente a los efectos topográficos indicados en 7.7, un acantilado o cuesta empinada generalmente separando dos niveles o zonas de pendiente suave (ver Figura 5)

3.20 factor de importancia, I : factor que representa el grado de peligro para la vida humana y el daño a la propiedad

3.21 fuerza de diseño, F : fuerza estática equivalente a usar para la determinación de las cargas de viento para edificios abiertos y otras estructuras

3.22 literatura reconocida: publicación de resultados y documentos técnicos que están aprobados

3.23 presión de diseño: presión estática equivalente usada para la determinación de las cargas de viento en edificios

3.24 sistema principal resistente a las fuerzas del viento (SPRFV): conjunto de elementos estructurales destinados a prestar apoyo y estabilidad a la estructura general. El sistema en general, recibe la carga de viento de más de una superficie

3.25 sotavento: parte opuesta a aquella de donde proviene el viento

3.26 techo libre: techo con una configuración generalmente conformada como las que se muestran desde Figuras 22 a 25 (pendiente única, dos pendientes con forma cóncava o dos pendientes con forma convexa), en edificios abiertos sin muros perimetrales por debajo de la superficie del techo

3.27 velocidad básica del viento, V : velocidad de ráfaga de 3 s a 10 m sobre el nivel de suelo en exposición C (ver 7.6.4), determinado de acuerdo a 7.6.5

4 Simbología

Los símbolos empleados en esta norma tienen el significado que se indica a continuación:

A	= área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m^2);
A_f	= área de edificios abiertos u otras estructuras, ya sea normal a la dirección del viento o proyectadas en un plano normal a la dirección del viento, expresada en metros cuadrados (m^2);
A_g	= área bruta del muro donde se encuentre A_o , expresada en metros cuadrados (m^2);
A_{gi}	= suma de la superficie bruta de la envolvente del edificio (muros y techo) sin incluir A_g , expresada en metros cuadrados (m^2);
A_o	= área total de aberturas en un muro que recibe una presión externa positiva, expresada en metros cuadrados (m^2);
A_{oi}	= suma de las áreas de las aberturas en la envolvente del edificio (muros y techos) sin incluir a A_o , expresada en metros cuadrados (m^2);
A_{og}	= área total de aberturas en la envolvente del edificio, expresada en metros cuadrados (m^2);
A_s	= área bruta del muro independiente sólido o letrero sólido, expresada en metros cuadrados (m^2);
a	= ancho de la zona de coeficiente de presión, expresada en metros, (m);
B	= dimensión horizontal de un edificio medida normal a la dirección del viento, expresada en metros (m);
\bar{b}	= factor de la velocidad promedio en el tiempo del viento en ecuación 20 obtenido desde Tabla 12;
\hat{b}	= factor de 3 s de la velocidad de ráfaga según Tabla 12;
C_f	= coeficiente de fuerza utilizado en la determinación de las cargas de viento para otras estructuras;
C_N	= coeficiente de presión de red utilizado para la determinación de las cargas de viento en edificios abiertos;
C_p	= coeficiente de presión externa utilizado para la determinación de las cargas de viento para edificios;

NCh432

c	= factor de intensidad de turbulencia en ecuación 7 obtenido desde Tabla 12;
D	= diámetro de una estructura o miembro circular, expresada en metros (m);
D'	= altura de elementos protuberantes, tales como nervaduras y elementos en forma de alerones, expresada en metros (m);
F	= fuerza de viento para el diseño de otras estructuras, expresada en newton (N);
G	= factor del efecto ráfaga;
G_f	= factor del efecto ráfaga para SPRFV de edificios flexibles y otras estructuras;
GC_{pn}	= coeficiente combinado de presión neta para parapetos o muros cortos de esquinas o balcones;
GC_p	= producto del coeficiente de presión externa y el factor de efecto ráfaga usado en la determinación de cargas de viento para edificios;
GC_{pf}	= producto del coeficiente equivalente de presión externa y el factor de efecto ráfaga utilizado en la determinación de las cargas de viento para SPRFV para edificios de baja altura;
GC_{pi}	= producto del coeficiente de presión interna y factor de efecto ráfaga utilizado en la determinación de las cargas de viento para edificios;
g_Q	= factor máximo de respuesta de fondo indicado en ecuaciones 6 y 10;
g_R	= factor máximo de la respuesta resonante indicado en ecuación 10;
g_V	= factor máximo de respuesta del viento indicado en ecuaciones 6 y 10;
H	= altura de una colina o escarpe indicada en Figura 5, expresada en metros (m);
h	= altura media del techo de un edificio o altura de otra estructura, exceptuando donde se debe usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10°, expresada en metros (m);
h_e	= altura de alero del techo en un muro en particular, o el promedio de la altura de los aleros si ésta varía a través del muro, expresada en metros (m);
I	= factor de importancia;

$I_{\bar{z}}$	= intensidad de la turbulencia indicada en ecuación 7;
K_1, K_2 y K_3	= multiplicadores para obtener K_{zt} , según Tabla 10;
K_d	= factor de direccionalidad del viento, según Tabla 7;
K_h	= coeficiente de exposición a la velocidad del viento evaluada a una altura $z = h$;
K_z	= coeficiente de exposición a la velocidad del viento evaluada a una altura z ;
K_{zt}	= factor topográfico, tal como se define en 7.7;
L	= dirección horizontal de un edificio medida en forma paralela a la dirección del viento, expresada en metros, (m);
L_h	= distancia horizontal a barlovento medido desde la cima de la colina o escarpe según Figura 5, hasta la mitad de la altura de la colina o escarpe, expresada en metros (m);
L_z	= escala integral de longitud de turbulencia, expresada en metros (m);
L_r	= dimensión horizontal de la esquina de retorno de un muro sólido independiente o de un letrero sólido, Figura 20, expresada en metros (m);
ℓ	= factor de escala integral de longitud de Tabla 12, expresada en metros (m);
N_1	= frecuencia reducida, según ecuación 14;
n_1	= frecuencia natural de un edificio, expresada en hertz (Hz);
p	= presión de diseño usada para determinar las cargas de viento en un edificio, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_L	= presión de viento actuando en la cara del sotavento en Figura 21, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_{net}	= presión de diseño neta del viento según ecuación 2, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_{net30}	= presión de diseño neta del viento para la exposición B a $h = 9,1$ m e $I = 1,0$ en Tabla 1, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_p	= presión neta combinada en un parapeto según ecuación 26, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);

NCh432

p_s	= presión de diseño neta del viento según ecuación 1, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_{s30}	= presión simplificada de diseño para el SPRFV, a una exposición B a $h = 9,1$ m e $I = 1,0$ en Tabla 3, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
p_w	= presión de viento actuando en la cara del barlovento en Figura 21, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
Q	= factor de respuesta de fondo indicado en ecuación 8;
q	= distribución de velocidades, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
q_h	= distribución de velocidades evaluada a una altura $z = h$, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
q_i	= distribución de velocidades para la determinación de la presión interna, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
q_p	= distribución de velocidades en la parte superior del parapeto, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
q_z	= distribución de velocidades evaluada a una altura z sobre el nivel del suelo, expresada en newton por metros cuadrados (N/m ²);
R	= factor de respuesta resonante indicado en ecuación 12;
R_B, R_h, R_L, R_n	= factores para obtener R indicado en ecuación 12;
R_i	= factor de reducción indicado en ecuación 22;
s	= dimensión vertical del muro sólido independiente o letrero sólido indicado en Figura 20;
r	= aumento proporcional a la luz de los techos de arco;
V	= velocidad básica del viento, expresada en metros por segundo (m/s);
V_i	= volumen interno sin particionar, expresado en metros cúbicos (m ³);
$\bar{V}_{\bar{z}}$	= velocidad media del viento por hora a una altura \bar{z} ;
W	= 1) ancho de la construcción en Figura 14; 2) ancho de la luz en Figura 1, expresada en metros por segundo (m/s);

X	= distancia al centro de presiones del borde del barlovento en Figuras 22, 23, 24 y 25, expresada en metros (m);
x	= distancia del barlovento o sotavento de la cima de un escarpe o colina en Figura 5, expresada en metros (m);
z	= altura sobre el nivel del suelo, expresada en metros (m);
\bar{z}	= altura equivalente de una construcción, expresada en metros (m);
z_g	= altura nominal de la capa límite atmosférica usada en esta norma. Estos valores se obtienen de Tabla 12;
$z_{min.}$	= exposición constante indicado en Tabla 12;
α	= exponente de la ley de potencia de la velocidad de ráfaga 3 s indicado en Tabla 12;
$\hat{\alpha}$	= recíproco de α indicado en Tabla 12;
$\bar{\alpha}$	= exponente de la ley de potencia de la velocidad media por hora indicado en ecuación 20 y Tabla 12;
β	= relación de amortiguamiento, porcentaje crítico para edificios y otras estructuras;
ϵ	= relación entre el área sólida y el área bruta de un muro independiente, letrero cerrado, letrero abierto, caras de una torre atada o una estructura enrejada;
λ	= factor de ajuste para altura y exposición de edificios indicado en Tabla 2;
$\bar{\epsilon}$	= exponente de la ley de potencia de la escala de largo integral indicado en ecuación 9, obtenido de Tabla 12;
θ	= ángulo del techo con respecto a la horizontal;
v	= relación ancho-largo de la señal sólida.

5 Generalidades

5.1 Presiones de viento actuando en caras opuestas de cada superficie del edificio

Se debe tomar en cuenta la suma algebraica de las presiones que actúan en caras opuestas de la superficie de cada edificio para el cálculo de las cargas de diseño de viento para el SPRFV y para los elementos secundarios y de revestimiento de edificios.

5.2 Carga mínima de viento

Las cargas de diseño determinadas mediante cualquiera de estos métodos no pueden ser menores a las especificadas en 5.2.1 y 5.2.2.

5.2.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

La carga de viento que se usa en el diseño del sistema principal resistente a las fuerzas del viento (SPRFV) de edificios cerrados, parcialmente cerrados u otras estructuras no debe ser menor que 480 N/m^2 , multiplicado por el área del edificio o estructura proyectada en el plano vertical, normal a la supuesta dirección del viento. La fuerza de diseño para edificios abiertos u otras estructuras no debe ser menor que 480 N/m^2 multiplicado por el área A_f .

5.2.2 Elementos secundarios y de revestimiento

La presión de diseño del viento para elementos secundarios y de revestimiento de edificios no debe ser menor a una presión neta de 480 N/m^2 actuando en dirección normal a la superficie.

6 Método 1: Procedimiento simplificado

6.1 Alcances del procedimiento

Los edificios cuyas cargas de diseño de viento sean determinadas de acuerdo con este procedimiento deben satisfacer todas las condiciones de 6.1.1 ó 6.1.2. Si un edificio cumple sólo 6.1.2 para el diseño de sus elementos secundarios y de revestimiento, entonces su SPRFV debe ser diseñado con los métodos 2 (indicado en cláusula 7) ó 3 (indicado en cláusula 8).

6.1.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

Para el diseño del SPRFV la estructura debe satisfacer todas las condiciones siguientes:

- 1) La estructura es un edificio de diafragma simple, según lo definido en cláusula 3.
- 2) La estructura es un edificio de baja altura, según lo definido en cláusula 3.
- 3) La estructura es cerrada, según lo definido en cláusula 3.
- 4) El edificio o construcción es de forma regular, según lo definido en cláusula 3.
- 5) La estructura no califica como un edificio flexible, según lo definido en cláusula 3.
- 6) La estructura no tiene una respuesta característica que sea producida por las cargas de viento, desprendimiento por vórtice, inestabilidad debido a las oscilaciones, y no tiene una ubicación para la cual se deba hacer una consideración especial que canalice estos efectos o sacudidas, debido a las obstrucciones de barlovento.

- 7) La estructura tiene una sección transversal relativamente simétrica en cada dirección ya sea con azotea, o con techo de forma triangular o piramidal con $\theta \leq 45^\circ$.
- 8) El edificio está exento de casos de carga torsional como se indica en Figura 8, Nota 5, o los casos torsionales definidos en Figura 8, Nota 5, no controlan el diseño de ningún SPRFV del edificio.

6.1.2 Elementos secundarios y de revestimiento

Para el diseño de los elementos secundarios y de revestimiento de una construcción se deben cumplir las condiciones siguientes:

- 1) La altura media del techo, h , debe ser menor o igual que 18,3 m ($h \leq 18,3$ m).
- 2) La estructura es cerrada, según lo definido en cláusula 3.
- 3) El edificio o estructura es de forma regular, según lo definido en cláusula 3.
- 4) La estructura no tiene una respuesta característica que sea producida por las cargas de viento, desprendimiento por vórtice, inestabilidad debido a las oscilaciones, y no tiene una ubicación para la cual se deba hacer una consideración especial que canalice estos efectos o sacudidas, debido a las obstrucciones de barlovento.
- 5) La construcción tiene techo plano o un techo triangular con $\theta \leq 45^\circ$, o piramidal con $\theta \leq 27^\circ$.

6.2 Procedimiento de cálculo

- 1) La velocidad básica de viento, V , debe ser determinada de acuerdo a lo indicado en 7.4 y se debe asumir que el viento proviene de cualquier dirección horizontal.
- 2) El factor de importancia I , debe ser determinado de acuerdo a lo indicado en 7.5.
- 3) La categoría de exposición debe ser determinada de acuerdo a lo indicado en 7.6.
- 4) El coeficiente de ajuste por altura y exposición, λ , debe ser determinado de acuerdo a lo indicado en Tabla 2.

6.2.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

Las presiones de viento simplificadas, p_s , para el SPRFV de construcciones de baja altura y diafragma simple representan las presiones netas (suma de internas y externas), aplicadas sobre las proyecciones verticales y horizontales de las superficies de la estructura como se muestra en Figura 1. Para las presiones horizontales (Zonas A, B, C, D), p_s es la combinación de las presiones netas de barlovento y sotavento. p_s se determina con la ecuación siguiente:

$$p_s = \lambda \times K_{zt} \times I \times p_{s30} \quad (1)$$

en que:

λ = factor de ajuste para altura y exposición de construcciones, según Tabla 2;

K_{zt} = factor topográfico evaluado a la altura media del techo, según 7.7;

I = factor de importancia, según 7.5;

p_{s30} = presión simplificada de diseño para el SPRFV, según Tabla 1.

6.2.1.1 Presiones mínimas

El efecto de las presiones de viento sobre el SPRFV indicadas en 6.2.1.1 no debe ser menor que el valor mínimo establecido en 5.2, asumiendo que las presiones, p_s , para las zonas A, B, C y D son iguales que 480 N/m^2 , mientras que en las zonas E, F, G y H se asume una presión de 0 N/m^2 .

6.2.2 Elementos secundarios y de revestimiento

6.2.2.1 Determinación de la presión de viento de diseño

La presión neta de diseño, p_{net} , para elementos secundarios y de revestimiento de edificios diseñados usando el método 1, representa las presiones netas (suma de internas y externas) que se deben aplicar a cada superficie del edificio como se muestra en Figura 2. p_{net} se debe determinar con la ecuación siguiente:

$$p_{net} = \lambda \times K_{zt} \times I \times p_{net30} \quad (2)$$

en que:

λ = factor de ajuste para altura y exposición de construcciones, según Tabla 2 para diferentes exposiciones (ver 7.6.4);

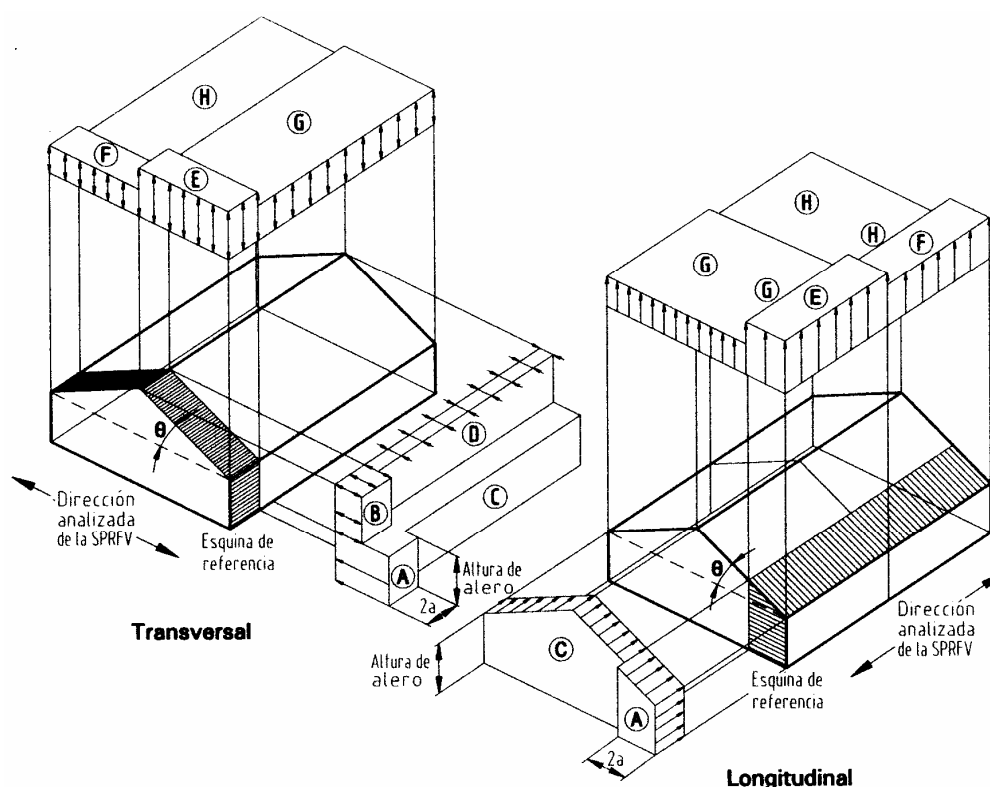
K_{zt} = factor topográfico evaluado a la altura media del techo, según 7.7;

I = factor de importancia;

p_{net30} = presión simplificada de diseño para los elementos secundarios y de revestimiento, evaluada para una exposición B a $h = 9,1 \text{ m}$ e $I = 1,0$, según Tablas 3 y 4.

6.2.2.2 Presiones mínimas

La presión positiva de diseño, p_{net} , indicada en 6.2.2.1 no debe ser menor que 480 N/m^2 , y la presión negativa de diseño, p_{net} , indicada en 6.2.2.1 no debe ser menor que -480 N/m^2 .



- 1) Las presiones mostradas son aplicadas en las proyecciones horizontales y verticales, para exposición B , a una altura de 9,1 m, $I = 1,0$ y $K_{zt} = 1$. Ajustes a otras condiciones se realizan con ecuación 1.
- 2) Los patrones de carga mostrados deben ser aplicados en cada esquina de la estructura, así como en la esquina de referencia (ver Figura 8).
- 3) Para el diseño del SPRFV longitudinal usar $\theta = 0$ y localizar el límite de las zonas E/F, G/H en la mitad del largo del edificio.
- 4) Los casos de carga 1 y 2 deben ser chequeados para $25^\circ < \theta < 45^\circ$. El caso de carga 2 para 25° es utilizado sólo para interpolar entre 25° y 30° .
- 5) Signos positivos o negativos significan presiones actuando hacia y desde la superficie proyectada, respectivamente.
- 6) Para otras pendientes distintas a las mostradas, está permitida la interpolación lineal.
- 7) La carga horizontal total no debe ser menor a la determinada asumiendo $p_s = 0$ en las zonas B y D.
- 8) Las zonas de presión representan lo siguiente:

Zonas de presión horizontales: la suma de las presiones de barlovento y sotavento netas (suma de internas y externas) en proyecciones verticales de:

A: Zona de término de muro.

C: Zona interior de muro.

B: Zona de término de techo.

D: Zona interior de techo.

Zonas de presiones verticales: presiones netas (suma de internas y externas) en proyecciones horizontales de:

E: Zona de término de techo a barlovento.

G: Zona interior del techo a barlovento.

F: Zona de término del techo a sotavento.

H: Zona interior del techo a sotavento.

- 9) Cuando las zonas E o G se ubican en un techo en voladizo en el sector a barlovento del edificio, se debe usar E_{oh} y G_{oh} para las presiones en proyección horizontal del voladizo. Para voladizos en el sector de sotavento, se deben aplicar presiones básicas en esas zonas.
- 10) Notación:
 - a : el 10% de la dimensión horizontal menor, o $0,4 h$, utilizando el valor más bajo, pero no menor que el 4% de la menor dimensión horizontal o 0,9 m;
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m), excepto cuando la altura del alero se deba utilizar para ángulos de techo menores que 10° ;
 - θ : ángulo en el plano del techo desde la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 1 - Zonas de aplicación de las presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, para $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, techos y muros

Tabla 1 - Presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, kN/m^2 ,
 $p_{s,30}$ (exposición B, $h = 9,1 \text{ m}$, $K_z = I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructuras cerradas, muros y techos

Velocidad básica del viento m/s	Angulo del techo °	Caso	Zonas									
			Presiones horizontales				Presiones verticales				Voladizos	
			A	B	C	D	E	F	G	H	Eoh	Goh
20	0 a 5	1	0,15	-0,08	0,10	-0,05	-0,18	-0,10	-0,13	-0,08	-0,25	-0,20
	10	1	0,17	-0,07	0,11	-0,04	-0,18	-0,11	-0,13	-0,08	-0,25	-0,20
	15	1	0,19	-0,07	0,12	-0,03	-0,18	-0,12	-0,13	-0,09	-0,25	-0,20
	20	1	0,21	-0,06	0,14	-0,03	-0,18	-0,13	-0,13	-0,10	-0,25	-0,20
	25	1	0,19	0,03	0,14	0,03	-0,08	-0,12	-0,06	-0,10	-0,16	-0,13
		2	-	-	-	-	-0,03	-0,06	-0,01	-0,04	-	-
	30 a 45	1	0,17	0,12	0,14	0,10	0,01	-0,10	0,00	-0,09	-0,06	-0,07
		2	0,17	0,12	0,14	0,10	0,07	-0,05	0,06	-0,04	-0,06	-0,07
25	0 a 5	1	0,24	-0,12	0,16	-0,07	-0,29	-0,16	-0,20	-0,13	-0,39	-0,31
	10	1	0,27	-0,11	0,18	-0,07	-0,29	-0,17	-0,20	-0,13	-0,39	-0,31
	15	1	0,30	-0,10	0,19	-0,05	-0,29	-0,19	-0,20	-0,14	-0,39	-0,31
	20	1	0,33	-0,09	0,22	-0,05	-0,29	-0,20	-0,20	-0,15	-0,39	-0,31
	25	1	0,30	0,05	0,22	0,05	-0,13	-0,18	-0,10	-0,16	-0,25	-0,21
		2	-	-	-	-	-0,05	-0,10	-0,01	-0,06	-	-
	30 a 45	1	0,27	0,18	0,21	0,15	0,02	-0,16	0,01	-0,14	-0,09	-0,11
		2	0,27	0,18	0,21	0,15	0,11	-0,08	0,09	-0,06	-0,09	-0,11
30	0 a 5	1	0,34	-0,18	0,23	-0,11	-0,41	-0,23	-0,29	-0,18	-0,56	-0,44
	10	1	0,38	-0,16	0,26	-0,09	-0,41	-0,25	-0,29	-0,19	-0,56	-0,44
	15	1	0,43	-0,14	0,27	-0,08	-0,41	-0,27	-0,29	-0,21	-0,56	-0,44
	20	1	0,47	-0,13	0,32	-0,07	-0,41	-0,29	-0,29	-0,22	-0,56	-0,44
	25	1	0,43	0,07	0,31	0,07	-0,19	-0,26	-0,14	-0,23	-0,36	-0,30
		2	-	-	-	-	-0,07	-0,14	-0,02	-0,09	-	-
	30 a 45	1	0,38	0,26	0,31	0,21	0,03	-0,23	0,01	-0,20	-0,14	-0,16
		2	0,38	0,26	0,31	0,21	0,15	-0,12	0,13	-0,08	-0,14	-0,16
35	0 a 5	1	0,47	-0,24	0,31	-0,14	-0,56	-0,32	-0,39	-0,25	-0,76	-0,61
	10	1	0,52	-0,22	0,35	-0,13	-0,56	-0,34	-0,39	-0,26	-0,76	-0,61
	15	1	0,58	-0,20	0,37	-0,11	-0,56	-0,36	-0,39	-0,28	-0,76	-0,61
	20	1	0,64	-0,17	0,43	-0,09	-0,56	-0,39	-0,39	-0,30	-0,76	-0,61
	25	1	0,58	0,09	0,42	0,10	-0,26	-0,35	-0,19	-0,31	-0,48	-0,41
		2	-	-	-	-	-0,10	-0,19	-0,02	-0,12	-	-
	30 a 45	1	0,52	0,36	0,42	0,29	0,04	-0,32	0,01	-0,27	-0,18	-0,21
		2	0,52	0,36	0,42	0,29	0,20	-0,16	0,17	-0,11	-0,18	-0,21

(continúa)

Tabla 1 - Presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, kN/m^2 ,
 P_{s30} (exposición B, $h = 9,1 \text{ m}$, $K_z = I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructuras cerradas, muros y techos (continuación)

Velocidad básica del viento m/s	Angulo del techo °	Caso	Zonas									
			Presiones horizontales				Presiones verticales				Voladizos	
			A	B	C	D	E	F	G	H	Eoh	Goh
40	0 a 5	1	0,61	-0,31	0,40	-0,19	-0,73	-0,41	-0,51	-0,32	-0,99	-0,79
	10	1	0,68	-0,29	0,46	-0,17	-0,73	-0,45	-0,51	-0,34	-0,99	-0,79
	15	1	0,76	-0,26	0,48	-0,14	-0,73	-0,48	-0,51	-0,36	-0,99	-0,79
	20	1	0,84	-0,22	0,56	-0,12	-0,73	-0,51	-0,51	-0,39	-0,99	-0,79
	25	1	0,76	0,12	0,55	0,13	-0,34	-0,46	-0,25	-0,41	-0,63	-0,54
		2	-	-	-	-	-0,13	-0,25	-0,30	-0,16	-	-
	30 a 45	1	0,68	0,47	0,54	0,38	0,05	-0,41	0,02	-0,36	-0,24	-0,28
		2	0,68	0,47	0,54	0,38	0,27	-0,21	0,23	-0,15	-0,24	-0,28
45	0 a 5	1	0,77	-0,40	0,51	-0,24	-0,93	-0,52	-0,64	-0,41	-1,26	-1,00
	10	1	0,87	-0,36	0,58	-0,21	-0,93	-0,56	-0,64	-0,43	-1,26	-1,00
	15	1	0,97	-0,32	0,61	-0,18	-0,93	-0,60	-0,64	-0,46	-1,26	-1,00
	20	1	1,07	-0,28	0,71	-0,15	-0,93	-0,64	-0,64	-0,49	-1,26	-1,00
	25	1	0,97	0,15	0,70	0,16	-0,43	-0,58	-0,31	-0,52	-0,80	-0,68
		2	-	-	-	-	-0,16	-0,32	-0,04	-0,20	-	-
	30 a 45	1	0,87	0,59	0,69	0,48	0,07	-0,52	0,02	-0,45	-0,30	-0,35
		2	0,87	0,59	0,69	0,48	0,33	-0,26	0,29	-0,18	-0,30	-0,35
50	0 a 5	1	0,95	-0,49	0,63	-0,29	-1,14	-0,65	-0,79	-0,50	-1,55	-1,24
	10	1	1,07	-0,44	0,71	-0,26	-1,14	-0,70	-0,79	-0,54	-1,55	-1,24
	15	1	1,19	-0,40	0,76	-0,22	-1,14	-0,74	-0,79	-0,57	-1,55	-1,24
	20	1	1,31	-0,35	0,88	-0,19	-1,14	-0,79	-0,79	-0,60	-1,55	-1,24
	25	1	1,19	0,19	0,86	0,20	-0,53	-0,72	-0,38	-0,64	-0,99	-0,84
		2	-	-	-	-	-0,20	-0,39	-0,50	-0,25	-	-
	30 a 45	1	1,07	0,73	0,85	0,59	0,08	-0,65	0,03	-0,56	-0,38	-0,43
		2	1,07	0,73	0,85	0,59	0,41	-0,32	0,36	-0,23	-0,38	-0,43
55	0 a 5	1	1,15	-0,60	0,76	-0,35	-1,38	-0,79	-0,96	-0,61	-1,88	-1,50
	10	1	1,30	-0,54	0,86	-0,31	-1,38	-0,84	-0,96	-0,65	-1,88	-1,50
	15	1	1,44	-0,48	0,92	-0,27	-1,38	-0,90	-0,96	-0,69	-1,88	-1,50
	20	1	1,59	-0,42	1,06	-0,23	-1,38	-0,96	-0,96	-0,73	-1,88	-1,50
	25	1	1,44	0,23	1,04	0,24	-0,64	-0,87	-0,46	-0,78	-1,19	-1,02
		2	-	-	-	-	-0,24	-0,47	-0,07	-0,30	-	-
	30 a 45	1	1,30	0,88	1,03	0,71	0,10	-0,79	0,04	-0,67	-0,45	-0,52
		2	1,30	0,88	1,03	0,71	0,50	-0,39	0,43	-0,28	-0,45	-0,52

(continúa)

**Tabla 1 - Presiones de viento en el SPRFV para el método simplificado, kN/m^2 ,
 p_{s30} (exposición B, $h = 9,1 \text{ m}$, $K_z = I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructuras cerradas, muros y techos (conclusión)**

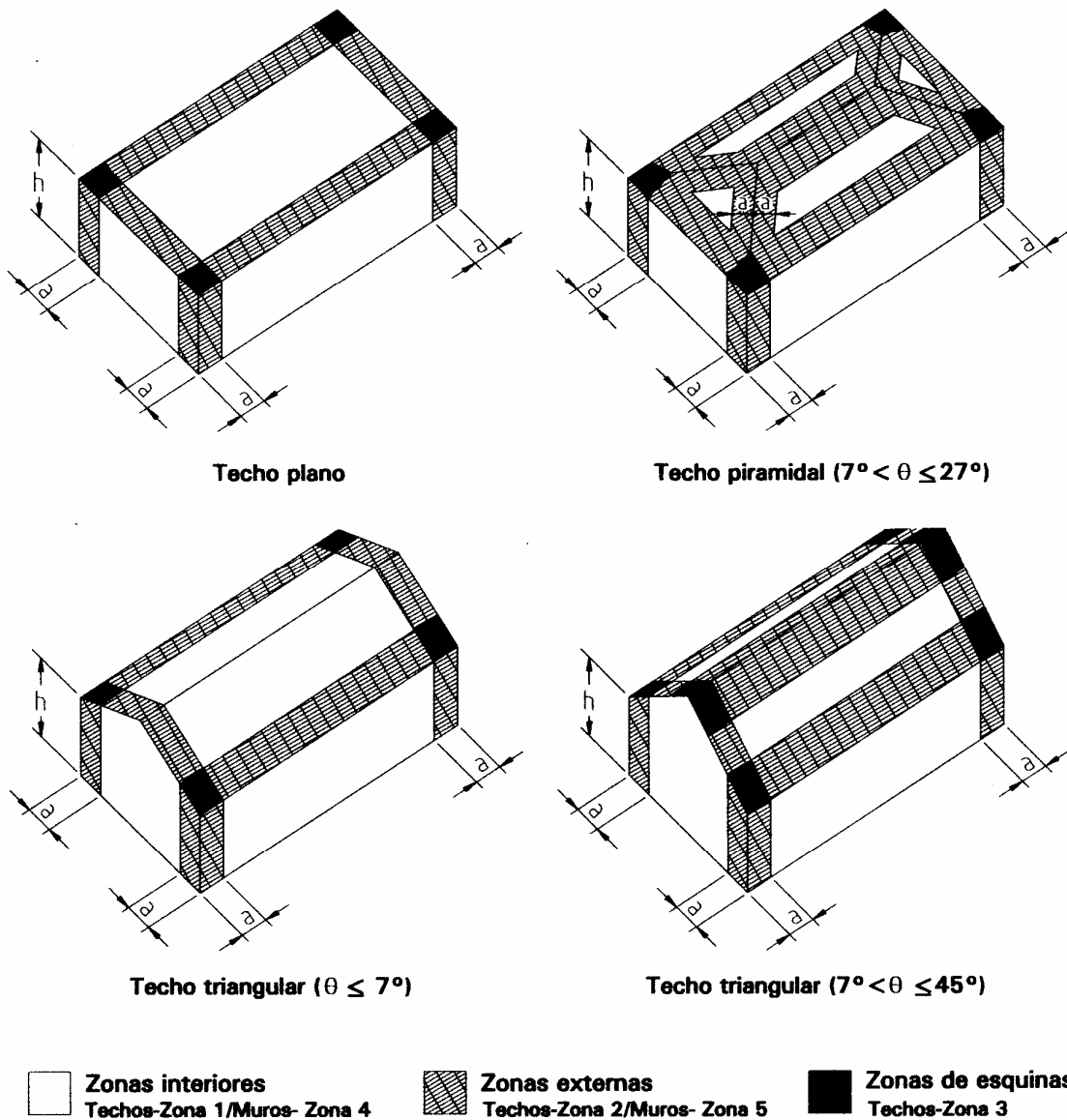
Velocidad básica del viento m/s	Angulo del techo °	Caso	Zonas									
			Presiones horizontales				Presiones verticales				Voladizos	
			A	B	C	D	E	F	G	H	Eoh	Goh
60	0 a 5	1	1,37	-0,71	0,91	-0,42	-1,64	-0,94	-1,15	-0,72	-2,24	-1,78
	10	1	1,55	-0,64	1,03	-0,37	-1,64	-1,00	-1,15	-0,77	-2,24	-1,78
	15	1	1,72	-0,57	1,09	-0,33	-1,64	-1,07	-1,15	-0,82	-2,24	-1,78
	20	1	1,89	-0,50	1,26	-0,28	-1,64	-1,15	-1,15	-0,86	-2,24	-1,78
	25	1	1,72	0,28	1,24	0,28	-0,76	-1,04	-0,55	-0,93	-1,42	-1,21
		2	-	-	-	-	-0,29	-0,56	-0,08	-0,36	-	-
	30 a 45	1	1,55	1,05	1,22	0,84	0,12	-0,94	0,04	-0,80	-0,54	-0,62
		2	1,55	1,05	1,22	0,84	0,59	-0,46	0,51	-0,33	-0,54	-0,62
65	0 a 5	1	1,60	-0,84	1,07	-0,49	-1,93	-1,10	-1,34	-0,85	-2,63	-2,09
	10	1	1,82	-0,75	1,21	-0,44	-1,93	-1,18	-1,34	-0,91	-2,63	-2,09
	15	1	2,01	-0,67	1,28	-0,38	-1,93	-1,26	-1,34	-0,96	-2,63	-2,09
	20	1	2,22	-0,59	1,48	-0,33	-1,93	-1,34	-1,34	-1,01	-2,63	-2,09
	25	1	2,01	0,33	1,45	0,33	-0,89	-1,22	-0,65	-1,09	-1,67	-1,42
		2	-	-	-	-	-0,34	-0,66	-0,09	-0,42	-	-
	30 a 45	1	1,82	1,24	1,44	0,98	0,14	-1,10	0,05	-0,94	-0,63	-0,72
		2	1,82	1,24	1,44	0,98	0,69	-0,54	0,60	-0,39	-0,63	-0,72

**Tabla 2 - Factor de ajuste por altura y exposición para construcciones, λ -
 $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructura cerrada, muros y techos**

Altura media del techo m	λ		
	Exposición		
	B	C	D
4,6	1,00	1,21	1,47
6,1	1,00	1,29	1,55
7,6	1,00	1,35	1,61
9,1	1,00	1,40	1,66
10,7	1,05	1,45	1,70
12,2	1,09	1,49	1,74
13,7	1,12	1,53	1,78
15,2	1,16	1,56	1,81
16,8	1,19	1,59	1,84
18,3	1,22	1,62	1,87

6.3 Revestimientos que permiten el flujo del aire

Las cargas de viento de diseño determinadas a partir de Tablas 3 y 4 deben ser utilizadas para todos los revestimientos que permiten el flujo de aire, a menos que datos provenientes de ensayos aprobados, o literatura reconocida determinen cargas de viento menores para el tipo de revestimiento permeable al aire considerado.



- 1) Las presiones mostradas son aplicadas normal a la superficie, para exposición *B*, a $h = 9,1$ m, $I = 1,0$ y $K_{zt} = 1,0$. Ajustar a otras condiciones a través de ecuación 2.
- 2) Signos positivos y negativos significan presiones actuando hacia y desde las superficies, respectivamente.
- 3) Para techos piramidales con $\theta < 25^\circ$ la zona 3 se debe tratar como zona 2.
- 4) Para las áreas efectivas de viento intermedio a las entregadas, el valor puede ser interpolado. Si esto no es así se debe usar el valor asociado a la menor área efectiva de viento.
- 5) Notación:
 - a : El 10% de la dimensión horizontal menor, o $0,4 h$, utilizando el valor más bajo, pero no menor que el 4% de la dimensión horizontal o 0,9 m.
 - h : Altura media del techo, expresada en metros (m), excepto para ángulos de techo menores que 10° , donde se debe utilizar la altura del alero.
 - θ : Ángulo en el plano del techo desde la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 2 - Zonas de aplicación de las presiones de viento en elementos secundarios y de revestimiento para el método simplificado - $h \leq 18,3$ m estructuras cerradas, muros y techos

Tabla 3 - Presiones netas de viento de diseño en elementos secundarios y revestimiento método simplificado, $kN/m^2 - p_{net\ 30}$ (exposición B a $h = 9,1\ m$, $K_{zt} = I = 1$), $h \leq 18,3\ m$ estructuras cerradas, muros y techos

	Zona	Area efectiva m^2	Velocidad básica de viento							
			m/s							
			20		25		30		35	
Techo de ángulo 0° a 7°	1	0,93	0,07	-0,17	0,11	-0,27	0,16	-0,39	0,21	-0,53
	1	1,86	0,07	-0,17	0,10	-0,26	0,15	-0,38	0,20	-0,52
	1	4,65	0,06	-0,16	0,09	-0,25	0,13	-0,37	0,18	-0,50
	1	9,29	0,06	-0,16	0,09	-0,25	0,13	-0,36	0,17	-0,48
	2	0,93	0,07	-0,29	0,11	-0,45	0,16	-0,65	0,21	-0,89
	2	1,86	0,07	-0,26	0,10	-0,40	0,15	-0,58	0,20	-0,79
	2	4,65	0,06	-0,22	0,09	-0,34	0,13	-0,49	0,18	-0,67
	2	9,29	0,06	-0,19	0,09	-0,29	0,13	-0,42	0,17	-0,58
	3	0,93	0,07	-0,43	0,11	-0,68	0,16	-0,98	0,21	-1,33
	3	1,86	0,07	-0,36	0,10	-0,56	0,15	-0,81	0,20	-1,10
	3	4,65	0,06	-0,17	0,09	-0,27	0,13	-0,39	0,18	-0,53
	3	9,29	0,06	-0,19	0,09	-0,29	0,13	-0,42	0,17	-0,58
Techo de ángulo $> 7^\circ$ hasta 27°	1	0,93	0,10	-0,16	0,16	-0,25	0,22	-0,36	0,30	-0,48
	1	1,86	0,09	-0,16	0,14	-0,24	0,21	-0,35	0,28	-0,47
	1	4,65	0,08	-0,16	0,12	-0,24	0,18	-0,35	0,24	-0,47
	1	9,29	0,07	-0,14	0,11	-0,22	0,16	-0,32	0,21	-0,44
	2	0,93	0,10	-0,27	0,16	-0,43	0,22	-0,62	0,30	-0,84
	2	1,86	0,09	-0,25	0,14	-0,40	0,21	-0,57	0,28	-0,78
	2	4,65	0,08	-0,23	0,12	-0,35	0,18	-0,51	0,24	-0,69
	2	9,29	0,07	-0,20	0,11	-0,32	0,16	-0,45	0,21	-0,62
	3	0,93	0,10	-0,41	0,16	-0,64	0,22	-0,92	0,30	-1,25
	3	1,86	0,09	-0,38	0,14	-0,59	0,21	-0,86	0,28	-1,16
	3	4,65	0,08	-0,34	0,12	-0,54	0,18	-0,78	0,24	-1,06
	3	9,29	0,07	-0,32	0,11	-0,50	0,16	-0,72	0,21	-0,98
Techo de ángulo $> 27^\circ$ hasta 45°	1	0,93	0,16	-0,17	0,25	-0,27	0,36	-0,39	0,48	-0,53
	1	1,86	0,16	-0,16	0,24	-0,26	0,35	-0,37	0,47	-0,50
	1	4,65	0,15	-0,15	0,23	-0,24	0,33	-0,34	0,45	-0,47
	1	9,29	0,14	-0,14	0,22	-0,22	0,32	-0,32	0,44	-0,44
	2	0,93	0,16	-0,20	0,25	-0,32	0,36	-0,45	0,48	-0,62
	2	1,86	0,16	-0,19	0,24	-0,30	0,35	-0,43	0,47	-0,59
	2	4,65	0,15	-0,18	0,23	-0,28	0,33	-0,41	0,45	-0,56
	2	9,29	0,14	-0,17	0,22	-0,27	0,32	-0,39	0,44	-0,53
	3	0,93	0,16	-0,20	0,25	-0,32	0,36	-0,45	0,48	-0,62
	3	1,86	0,16	-0,19	0,24	-0,30	0,35	-0,43	0,47	-0,59
	3	4,65	0,15	-0,18	0,23	-0,28	0,33	-0,41	0,45	-0,56
	3	9,29	0,14	-0,17	0,22	-0,27	0,32	-0,39	0,44	-0,53
Muros	4	0,93	0,17	-0,19	0,27	-0,29	0,39	-0,42	0,53	-0,58
	4	1,86	0,16	-0,18	0,26	-0,28	0,37	-0,41	0,50	-0,56
	4	4,65	0,16	-0,17	0,24	-0,26	0,35	-0,38	0,47	-0,52
	4	9,29	0,15	-0,16	0,23	-0,25	0,33	-0,36	0,45	-0,48
	4	46,45	0,13	-0,14	0,20	-0,22	0,29	-0,32	0,39	-0,44
	5	0,93	0,17	-0,23	0,27	-0,35	0,39	-0,51	0,53	-0,69
	5	1,86	0,16	-0,22	0,26	-0,34	0,37	-0,49	0,50	-0,67
	5	4,65	0,16	-0,19	0,24	-0,30	0,35	-0,43	0,47	-0,59
	5	9,29	0,15	-0,18	0,23	-0,28	0,33	-0,41	0,45	-0,56
	5	46,45	0,13	-0,14	0,20	-0,22	0,29	-0,32	0,39	-0,44

(continúa)

Tabla 3 - Presiones netas de viento de diseño en elementos secundarios y revestimiento método simplificado, $\text{kN/m}^2 - p_{\text{net } 30}$ (exposición B a $h = 9,1 \text{ m}$, $K_z = I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructuras cerradas, muros y techos (continuación)

	Zona	Area efectiva m^2	Velocidad básica de viento							
			m/s							
			40		45		50		55	
Techo de ángulo 0° a 7°	1	0,93	0,28	-0,69	0,35	-0,87	0,44	-1,08	0,53	-1,30
	1	1,86	0,26	-0,67	0,30	-0,85	0,41	-1,05	-0,50	-1,27
	1	4,65	0,24	-0,65	0,30	-0,82	0,38	-1,01	0,45	-1,23
	1	9,29	0,23	-0,63	0,28	-0,80	0,35	-0,99	0,42	-1,19
	2	0,93	0,28	-1,16	0,35	-1,47	0,44	-1,81	0,53	-2,19
	2	1,86	0,26	-1,03	0,33	-1,31	0,41	-1,61	0,50	-1,95
	2	4,65	0,24	-0,87	0,30	-1,10	0,38	-1,36	0,45	-1,65
	2	9,29	0,23	-0,75	0,28	-0,95	0,35	-1,17	0,42	-1,42
	3	0,93	0,28	-1,74	0,35	-2,20	0,44	-2,72	0,53	-3,29
	3	1,86	0,26	-1,44	0,33	-1,83	0,41	-2,25	0,50	-2,73
	3	4,65	0,24	-0,69	0,30	-0,87	0,38	-1,08	0,45	-1,30
	3	9,29	0,23	-0,75	0,28	-0,95	0,35	-1,17	0,42	-1,42
Techo de ángulo $> 7^\circ$ hasta 27°	1	0,93	0,40	-0,63	0,50	-0,80	0,62	-0,99	0,75	-1,19
	1	1,86	0,36	-0,62	0,46	-0,78	0,57	-0,96	0,69	-1,16
	1	4,65	0,31	-0,62	0,39	-0,78	0,48	-0,96	0,58	-1,16
	1	9,29	0,28	-0,57	0,35	-0,73	0,44	-0,90	0,53	-1,08
	2	0,93	0,40	-1,10	0,50	-1,39	0,62	-1,72	0,75	-2,08
	2	1,86	0,36	-1,01	0,46	-1,28	0,57	-1,58	0,69	-1,91
	2	4,65	0,31	-0,90	0,39	-1,13	0,48	-1,40	0,58	-1,69
	2	9,29	0,28	-0,81	0,35	-1,02	0,44	-1,26	0,53	-1,53
	3	0,93	0,40	-1,63	0,50	-2,06	0,62	-2,54	0,75	-3,07
	3	1,86	0,36	-1,52	0,46	-1,92	0,57	-2,38	0,69	-2,87
	3	4,65	0,31	-1,38	0,39	-1,75	0,48	-2,16	0,58	-2,61
	3	9,29	0,28	-1,27	0,35	-1,61	0,44	-1,99	0,53	-2,41
Techo de ángulo $> 27^\circ$ hasta 45°	1	0,93	0,63	-0,69	0,80	-0,87	0,99	-1,08	1,19	-1,30
	1	1,86	0,62	-0,65	0,78	-0,83	0,96	-1,02	1,16	-1,24
	1	4,65	0,59	-0,61	0,75	-0,77	0,92	-0,95	1,12	-1,15
	1	9,29	0,57	-0,57	0,73	-0,73	0,90	-0,90	1,08	-1,08
	2	0,93	0,63	-0,81	0,80	-1,02	0,99	-1,26	1,19	-1,53
	2	1,86	0,62	-0,77	0,78	-0,97	0,96	-1,20	1,16	-1,46
	2	4,65	0,59	-0,73	0,75	-0,92	0,92	-1,13	1,12	-1,37
	2	9,29	0,57	-0,69	0,73	-0,87	0,90	-1,08	1,08	-1,30
	3	0,93	0,63	-0,81	0,80	-1,02	0,99	-1,26	1,19	-1,53
	3	1,86	0,62	-0,77	0,78	-0,97	0,96	-1,20	1,16	-1,46
	3	4,65	0,59	-0,73	0,75	-0,92	0,92	-1,13	1,12	-1,37
	3	9,29	0,57	-0,69	0,73	-0,87	0,90	-1,08	1,08	-1,30

(continúa)

Tabla 3 - Presiones netas de viento de diseño en elementos secundarios y revestimiento método simplificado, $\text{kN/m}^2 - p_{\text{net } 30}$ (exposición B a $h = 9,1 \text{ m}$, $K_z = I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ estructuras cerradas, muros y techos (conclusión)

	Zona	Area efectiva m^2	Velocidad básica de viento m/s							
			40		45		50		55	
Muros	4	0,93	0,69	-0,75	0,87	-0,95	1,08	-1,17	1,30	-1,42
	4	1,86	0,66	-0,73	0,83	-0,92	1,03	-1,13	1,24	-1,37
	4	4,65	0,62	-0,67	0,78	-0,85	0,96	-1,05	1,16	-1,27
	4	9,29	0,59	-0,63	0,75	-0,80	0,92	-0,99	1,12	-1,19
	4	46,45	0,51	-0,57	0,65	-0,73	0,80	-0,90	0,97	-1,08
	5	0,93	0,69	-0,90	0,87	-1,13	1,08	-1,40	1,30	-1,69
	5	1,86	0,66	-0,87	0,83	-1,10	1,03	-1,36	1,24	-1,65
	5	4,65	0,62	0,77	0,78	0,97	0,96	1,20	1,16	1,46
	5	9,29	0,59	-0,73	0,75	-0,92	0,92	-1,13	1,12	-1,37
	5	46,45	0,51	-0,57	0,65	-0,73	0,80	-0,90	0,97	-1,08

Tabla 4 - Presiones neta de viento de diseño en techos en voladizo de elementos secundarios y revestimientos método simplificado, $\text{kN/m}^2 - p_{\text{net } 30}$ (exposición B a $h = 9,1 \text{ m}$, con $I = 1$), $h \leq 18,3 \text{ m}$ muros y techos

	Zona	Area efectiva m^2	Velocidad básica de viento m/s							
			20	25	30	35	40	45	50	55
Techo de ángulo 0° a 7°	2	0,93	-0,24	-0,37	-0,53	-0,72	-0,94	-1,19	-1,46	-1,77
	2	1,86	-0,25	-0,38	-0,55	-0,75	-0,98	-1,24	-1,53	-1,85
	2	4,65	-0,24	-0,37	-0,53	-0,73	-0,95	-1,20	-1,49	-1,80
	2	9,29	-0,24	-0,37	-0,53	-0,72	-0,94	-1,19	-1,46	-1,77
	3	0,93	-0,41	-0,64	-0,92	-1,26	-1,64	-2,08	-2,56	-3,10
	3	1,86	-0,32	-0,50	-0,72	-0,98	-1,28	-1,63	-2,01	-2,43
	3	4,65	-0,21	-0,32	-0,46	-0,63	-0,82	-1,04	-1,28	-1,55
	3	9,29	-0,12	-0,19	-0,27	-0,36	-0,47	-0,59	-0,73	-0,89
Techo de ángulo $> 7^\circ$ hasta 27°	2	0,93	-0,32	-0,50	-0,72	-0,98	-1,28	-1,63	-2,01	-2,43
	2	1,86	-0,32	-0,50	-0,72	-0,98	-1,28	-1,63	-2,01	-2,43
	2	4,65	-0,32	-0,50	-0,72	-0,98	-1,28	-1,63	-2,01	-2,43
	2	9,29	-0,32	-0,50	-0,72	-0,98	-1,28	-1,63	-2,01	-2,43
	3	0,93	-0,05	-0,08	-0,12	-0,17	-0,22	-0,27	-0,34	-0,41
	3	1,86	-0,57	-0,89	-1,28	-1,74	-2,27	-2,87	-3,55	-4,29
	3	4,65	-0,42	-0,65	-0,94	-1,29	-1,68	-2,13	-2,63	-3,19
	3	9,29	-0,37	-0,57	-0,82	-1,12	-1,46	-1,85	-2,28	-2,76
Techo de ángulo $> 27^\circ$ hasta 45°	2	0,93	-0,29	-0,46	-0,66	-0,90	-1,17	-1,48	-1,83	-2,22
	2	1,86	-0,28	-0,44	-0,64	-0,87	-1,14	-1,44	-1,77	-2,15
	2	4,65	-0,27	-0,42	-0,61	-0,83	-1,09	-1,38	-1,70	-2,06
	2	9,29	-0,26	-0,41	-0,59	-0,80	-1,05	-1,33	-1,64	-1,99
	3	0,93	-0,29	-0,46	-0,66	-0,90	-1,17	-1,48	-1,83	-2,22
	3	1,86	-0,28	-0,44	-0,64	-0,87	-1,14	-1,44	-1,77	-2,15
	3	4,65	-0,27	-0,42	-0,61	-0,83	-1,09	-1,38	-1,70	-2,06
	3	9,29	-0,26	-0,41	-0,59	-0,80	-1,05	-1,33	-1,64	-1,99

7 Método 2: Procedimiento analítico

7.1 Alcances del procedimiento

Un edificio o estructura cuyo diseño de cargas de viento son determinadas de acuerdo a esta cláusula deben cumplir con las condiciones siguientes:

- 1) El edificio o cualquier otra estructura tiene forma regular, según lo definido en cláusula 3.
- 2) El edificio o estructura no tiene una respuesta característica que sea producida por las cargas de viento, desprendimiento por vórtice, inestabilidad debido a las oscilaciones, y no tiene una ubicación para la cual se deba hacer una consideración especial que canalice estos efectos o sacudidas, debido a las obstrucciones de barlovento.

7.2 Limitaciones

7.2.1 Los requerimientos de esta cláusula toman en consideración el efecto de la amplificación de cargas causado por ráfagas en resonancia con vibraciones provocadas por el viento en edificios o estructuras flexibles. Los edificios o estructuras que no cumplan con los requerimientos descritos en 7.1 o que tengan una geometría o respuesta característica inusual deben ser diseñados usando documentos de la literatura reconocidos como los efectos de las cargas de viento o se debe seguir el procedimiento del túnel de viento especificado en cláusula 8.

7.2.2 Blindaje

No debe haber reducciones en la distribución de velocidades debido al blindaje o protección que ofrecen edificios u otras estructuras adyacentes ni por las características del terreno.

7.2.3 Revestimientos que permiten el flujo del aire

Las cargas de viento determinadas, deben ser usadas en los revestimientos que permiten el flujo del aire, a menos que se considere una base de datos válida o literatura reconocida que demuestre que se pueden usar cargas menores para el tipo de revestimiento permeable al aire.

7.3 Procedimiento de diseño

- 1) La velocidad básica del viento, V y el factor de direccionalidad del viento k_d se deben determinar de acuerdo a lo especificado en 7.4.
- 2) El factor de importancia I se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.5.
- 3) Una categoría de exposición o categorías de exposición y los coeficientes de exposición a la velocidad del viento k_z o k_h , según sea el caso, se deben determinar para cada dirección del viento de acuerdo lo especificado en 7.6.

- 4) El factor topográfico k_{zt} se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.7.
- 5) El factor del efecto ráfaga G o G_f según corresponda, se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.8.
- 6) La clasificación de la categoría de exposición se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.9.
- 7) El coeficiente de presión interna GC_{pi} se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.11.1.
- 8) Los coeficientes de presión externa C_p o GC_{pf} o el coeficiente de fuerzas C_f , según corresponda, se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.11.2 ó 7.11.3 respectivamente.
- 9) La distribución de velocidades q_z o q_h , según corresponda, se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.10.
- 10) La carga de diseño de viento p o F , se debe determinar de acuerdo a lo especificado en 7.12, 7.13, 7.14 y 7.15 según corresponda.

7.4 Velocidad básica de viento

7.4.1 La velocidad básica V , que se considera para el cálculo de la presión básica, debe ser estimada a partir de información climática regional, la cual no debe ser menor que la velocidad del viento asociada a la probabilidad anual de 0,02 (media de un intervalo de 50 años) y la estimación se debe ajustar a la equivalencia de la velocidad de ráfaga de 3 s a 10 m por sobre el terreno en exposición de campo abierto. Este estudio debe ser aceptado por la Autoridad Revisora correspondiente y debe abarcar un período no menor que 5 años. En Tabla 5 se presentan los valores de la velocidad básica obtenidas al momento de la confección de esta norma.

Tabla 5 - Velocidad básica de viento para diferentes estaciones

Nº	Latitud S	Longitud O	Estación	V m/s
1	18° 20'	70° 20'	Arica	23,0
2	20° 32'	70° 11'	Iquique	25,8
3	22° 27'	68° 55'	Calama	36,8
4	23° 26'	70° 26'	Antofagasta	24,3
5	29° 54'	71° 12'	La Serena	32,1
6	30° 14'	71° 38'	DGF-Lengua de Vaca	34,6
7	32° 08'	71° 31'	CENMA-Pichidangui	29,2
8	33° 23'	70° 47'	Pudahuel	30,3
9	33° 26'	70° 39'	Torre Entel	24,1
10	33° 27'	70° 31'	La Reina	22,4
11	33° 34'	70° 37'	La Platina	16,7
12	35° 13'	72° 17'	Putú	29,0
13	36° 46'	73° 03'	Concepción	40,0
14	36° 47'	73° 07'	ENAP-Bío Bío	43,5
15	38° 45'	72° 38'	Temuco	35,2
16	41° 26'	73° 07'	Puerto Montt	33,9
17	42° 55'	72° 43'	Chaitén	49,2
18	43° 10'	73° 43'	Quellón	49,7
19	43° 38'	71° 47'	Palena	38,2
20	45° 35'	71° 07'	Coyhaique	44,8
21	45° 54'	71° 72'	Balmaceda	47,6
22	46° 32'	71° 41'	Chile Chico	41,5
23	47° 14'	72° 55'	Cochrane	38,1
24	53° 00'	70° 51'	Punta Arenas	53,5
Estas velocidades han sido registradas principalmente en aeródromos y aeropuertos.				

7.4.2 Las velocidades básicas de Tabla 5, sólo pueden ser utilizadas para zonas cercanas al lugar de medición, siempre que éstas no se encuentren en terrenos montañosos, desfiladeros o zonas especiales de viento.

7.4.3 En el caso que no se cuente con la estadística necesaria a que se refiere en 7.4.1 y no se encuentre cerca de las ciudades indicadas en Tabla 5, se puede utilizar la zonificación por paralelos establecida tanto en Tabla 6 como por Figuras 3 y 4.

Tabla 6 - Velocidad básica de viento para distintas zonas del país

Latitud S °	Velocidad básica m/s
17° 29' - 27°	30
27° - 35°	35
35° - 42°	40
42° - 50°	50
50° - 56° 32'	55

7.4.4 Regiones especiales de viento

La velocidad básica del viento se debe incrementar en donde los registros o la experiencia indiquen que la velocidad del viento es mayor que aquella que aparece en Figuras 3 y 4. Se deben estudiar los terrenos montañosos, desfiladeros, y regiones especiales para condiciones inusuales de viento. La Autoridad Revisora debe, si es necesario, ajustar los valores entregados en Figuras 3 y 4 para justificar los valores locales de velocidades mayores. Este ajuste se debe basar en información meteorológica y una estimación de la velocidad básica del viento obtenida de acuerdo a las condiciones indicadas en 7.4.1.

7.4.5 Factor de direccionalidad del viento

El factor de direccionalidad del viento, K_d , se debe determinar de acuerdo a Tabla 7. Este factor sólo puede ser aplicado cuando se utilizan las combinaciones de cargas especificadas en NCh3171.

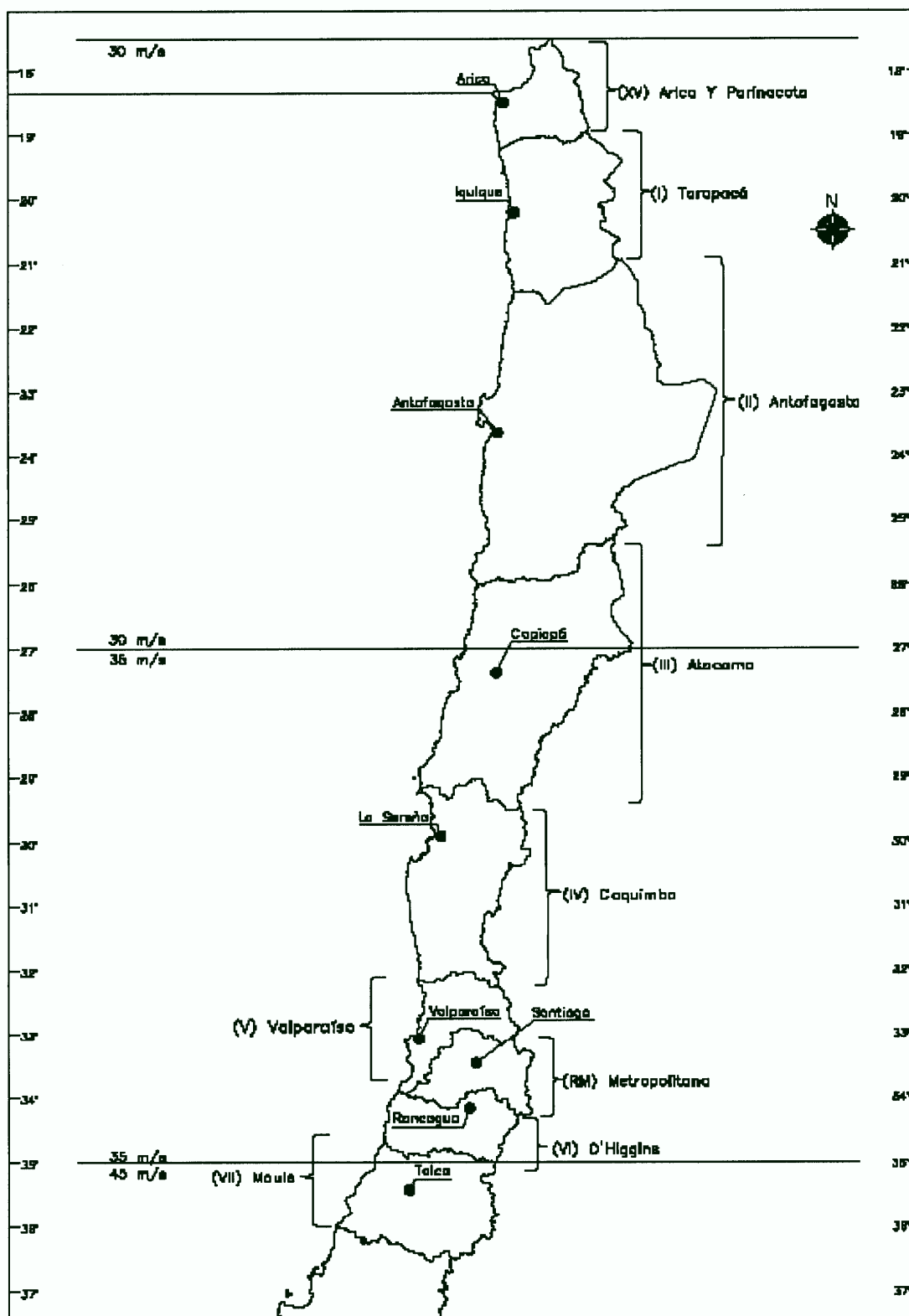


Figura 3 – Zonificación por velocidades de viento zona centro-norte

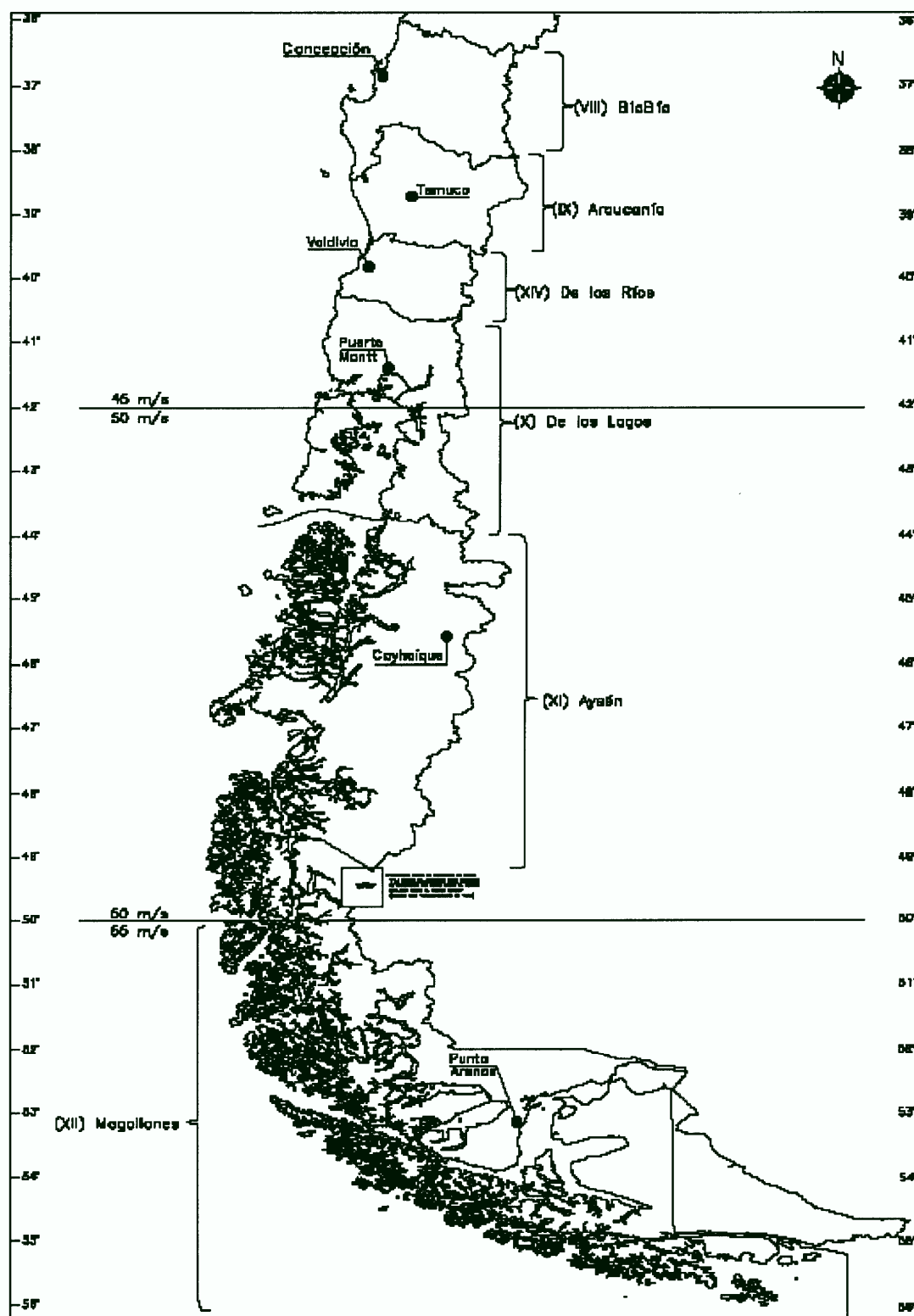


Figura 4 – Zonificación por velocidades de viento zona centro-sur

Tabla 7 - Factor de direccionalidad del viento

Tipo de estructura	K_d ¹⁾
Edificios:	
SPRFV	0,85
Elementos secundarios	0,85
Techos abovedados en arco	0,85
Chimeneas, estanques y estructuras similares:	
Cuadrados	0,90
Hexagonales	0,95
Circulares	0,95
Señalética sólidas	0,85
Señalética sólidas y marcos de estructuras enrejadas	0,85
Torres enrejadas sujetas con cables:	
Triangulares, cuadradas y rectangulares	0,85
Todas las demás secciones transversales	0,95
1) El factor de direccionalidad K_d ha sido calibrado con la combinación de cargas especificadas en NCh3171. Este factor debe ser aplicado únicamente cuando se use en conjunto con la combinación de cargas en NCh3171.	

7.5 Factor de importancia

Se debe determinar un factor de importancia, I , para las distintas construcciones según lo indicado en Tabla 8, basándose en la categoría de ocupación de edificios y otras estructuras establecida en NCh3171.

Tabla 8 - Factor de importancia de la estructura

Categoría	Factor de importancia
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

7.6 Clasificación de rugosidad de la superficie y exposición del edificio

7.6.1 General

Para cada dirección del viento considerada, la exposición del barlovento se debe basar en la rugosidad de la superficie del terreno que se determina a través de la topografía, vegetación y las otras construcciones adyacentes.

7.6.2 Direcciones y sectores de viento

Para cada dirección del viento en la cual se debe evaluar la carga de viento, la exposición del edificio o estructura se debe determinar a través de los dos sectores de barlovento extendidos 45° por ambos lados de la dirección seleccionada del viento. Las exposiciones en estos dos sectores se deben determinar de acuerdo a lo indicado en 7.6.3 y 7.6.4 y la exposición resultante más alta se debe usar para representar las cargas desde esa dirección.

7.6.3 Categorías de la rugosidad de la superficie

Se definen las siguientes categorías de rugosidad superficial dentro de cada sector de 45° , las cuales se determinan para las distancias a barlovento del sitio, definidas en 7.6.4.

- **Rugosidad Tipo B:** áreas urbanas y suburbanas, áreas arboladas u otros terrenos con numerosos obstáculos poco espaciados de tamaño similar a una vivienda unifamiliar o mayor.
- **Rugosidad Tipo C:** terrenos abiertos con obstrucciones dispersas con alturas menores que 9,1 m.
- **Rugosidad Tipo D:** áreas planas y despejadas y superficies de agua. Esta categoría incluye terrenos planos barrosos, salinos y hielo sin quebrar.

7.6.4 Categorías de exposición

Para efectos de aplicación de esta norma la exposición de los edificios o estructuras se clasifican en la forma siguiente:

- **Exposición B:** la exposición B debe ser aplicada en donde prevalezcan las condiciones de rugosidad Tipo B en dirección del barlovento por una distancia de al menos 792 m o 20 veces la altura del edificio, se aplica la mayor de estas condiciones. Para edificios cuya altura media del techo sea menor o igual que 9,1 m, la distancia de barlovento se debe reducir a 456 m.
- **Exposición C:** la exposición C se debe aplicar en todos aquellos casos en que no se cumplan con las condiciones tanto de la categoría B como de la D.
- **Exposición D:** la exposición D debe ser aplicada en donde prevalezcan las condiciones de rugosidad Tipo D en dirección del barlovento por una distancia de al menos 1 524 m o 20 veces la altura del edificio, se aplica la mayor de estas condiciones. La exposición D se debe extender en áreas en la dirección del sotavento de superficies con rugosidades del Tipo B o C por una distancia de 200 m o 20 veces la altura del edificio, se aplica la mayor de estas condiciones.

Para sitios ubicados en zonas de transición entre categorías de exposición, se utiliza la categoría resultante que entregue la fuerza del viento mayor. Exposiciones intermedias entre las categorías anteriores están permitidas en zonas de transición siempre que sea determinada a través de un método de análisis racional definido por la literatura reconocida.

7.6.5 Categorías de exposición para el sistema principal resistente a las fuerzas del viento

7.6.5.1 Edificios y otras estructuras

Para cada dirección del viento considerada, las cargas de viento para el diseño del SPRFV determinadas a partir de Figura 6, se deben basar en las categorías de exposición definidas en 7.6.4.

7.6.5.2 Edificios de baja altura

Las cargas de viento para el diseño del SPRFV para edificios de baja altura se deben determinar utilizando una distribución de velocidades q_h resultante de la exposición a cargas de viento más altas para cada dirección en el lugar, utilizando el coeficiente de presión externa GC_{pf} determinado según Figura 8.

7.6.6 Categorías de exposición para revestimientos y elementos secundarios

Las presiones de diseño para revestimientos y elementos secundarios para todo tipo de edificios y otras estructuras, se deben determinar a partir de la exposición con las cargas de viento más altas para cada dirección de éste, en el lugar.

7.6.7 Coeficiente de exposición de la distribución de velocidades

Se basan en las categorías de exposición definidas en 7.6.4, el coeficiente de exposición de la distribución de velocidades k_z o k_h según corresponda, se debe determinar de Tabla 9. Para lugares ubicados en zonas de transición entre las diferentes categorías de exposición, como son, zonas cercanas al cambio de la rugosidad de la superficie del terreno, se permite utilizar valores intermedios de k_z o k_h de entre los que se encuentran en Tabla 9, siempre y cuando sean determinados por un método de análisis racional de la literatura reconocida.

Tabla 9 - Coeficiente de exposición de la distribución de velocidades, K_h y K_z

Altura sobre el nivel del suelo, z m	Exposición			
	B		C	D
	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2	Casos 1 y 2
0-4,6	0,70	0,57	0,85	1,03
6,1	0,70	0,62	0,90	1,08
7,6	0,70	0,66	0,94	1,12
9,1	0,70	0,70	0,98	1,16
12,2	0,76	0,76	1,04	1,22
15,2	0,81	0,81	1,09	1,27
18,0	0,85	0,85	1,13	1,31
21,3	0,89	0,89	1,17	1,34
24,4	0,93	0,93	1,21	1,38
27,4	0,96	0,96	1,24	1,4
30,5	0,99	0,99	1,26	1,43
36,6	1,04	1,04	1,31	1,48
42,7	1,09	1,09	1,36	1,52
48,8	1,13	1,13	1,39	1,55
54,9	1,17	1,17	1,43	1,58
61,0	1,20	1,20	1,46	1,61
76,2	1,28	1,28	1,53	1,68
91,4	1,35	1,35	1,59	1,73
106,7	1,41	1,41	1,64	1,78
121,9	1,47	1,47	1,69	1,82
137,2	1,52	1,52	1,73	1,86
152,4	1,56	1,56	1,77	1,89

Caso 1

a) Todos los elementos secundarios y de revestimiento.

b) SPRFV en construcciones de baja altura diseñado usando Figura 8.

Caso 2

a) Todos los SPRFV, excepto en construcciones de baja altura diseñado usando Figura 8.

b) SPRFV en otras estructuras.

El coeficiente de exposición de la distribución de velocidades, se puede determinar también con las ecuaciones siguientes:

$$K_z = 2,01 \times \left(z / z_g \right)^{2/\alpha}, \text{ para } 4,6 \text{ m} \leq z \leq z_g \quad (3)$$

$$K_z = 2,01 \times \left(4,6 / z_g \right)^{2/\alpha}, \text{ para } z < 4,6 \text{ m} \quad (4)$$

NOTA - z no se debe considerar menos que 18,3 m para caso 1 y exposición B.

en que:

z_g = altura nominal de la capa límite atmosférica, según Tabla 12;

α = exponente de la ley de potencia de la velocidad de ráfaga 3 s, según Tabla 12.

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

Las categorías de exposición son definidas en 7.6.4.

7.7 Efectos topográficos

7.7.1 Velocidad del viento a lo largo de colinas, cimas y escarpes

Se debe incluir en el cálculo de las solicitaciones de viento los efectos de la velocidad del viento sobre colinas, cimas y escarpes aislados que constituyen cambios abruptos en la topografía del terreno, ubicados en cualquier categoría de exposición, cuando se cumpla con las condiciones siguientes:

- 1) La colina, cima o escarpe tiene que estar aislada y no estar obstruida en la dirección de barlovento por otra característica topográfica de altura comparable a una distancia equivalente a 100 veces la altura topográfica del elemento contiguo ($100 H$) o 3,22 km, se aplica la menor de estas condiciones. Esta distancia se debe medir horizontalmente desde el punto alto de la colina, cima o escarpe.
- 2) La colina, cima o escarpe tiene una altura mayor que 2 o más veces a la altura de las singularidades topográficas adyacentes dentro de un radio de 3,22 km en cualquier cuadrante.
- 3) La estructura está localizada en la mitad superior de una colina o en la cima o cerca de la cima del escarpe, tal como se muestra en Figura 5.
- 4) $H/L_h \geq 0,2$.
- 5) H es mayor o igual que 4,5 m para exposiciones C y D y a 18,3 m para exposiciones B.

7.7.2 Factor topográfico

El efecto de la aceleración del viento se debe incluir en el cálculo de las cargas de diseño del viento a través del factor K_{zt} :

$$K_{zt} = (1 + K_1 \times K_2 \times K_3)^2 \quad (5)$$

Para determinar los valores de K_1 , K_2 y K_3 , se deben utilizar Tablas 10 y 11.

Si las condiciones del sitio y la localización de las estructuras no corresponden a las especificadas en 7.7.1, entonces K_{zt} se debe considerar igual que 1,0.

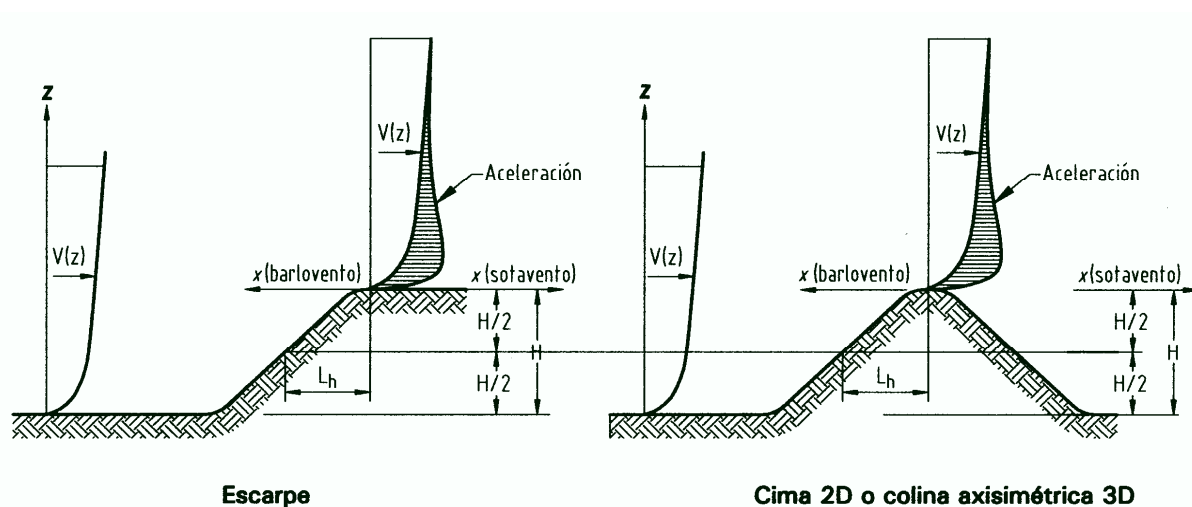


Figura 5 - Efectos topográficos en escarpes, cimas o colinas

Tabla 10 - Factores topográficos para exposición C, K_z - Método 2 analítico

H/L_h	Factor K_1			x/L_h	Factor K_2		z/L_h	Factor K_3		
	Cima 2D	Escarpe 2D	Colina Axisim. 3D		Cima 2D	Todos los otros casos		Cima 2D	Escarpe 2D	Colina Axisim. 3D
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

- 1) Para valores de H/L_h , x/L_h y z/L_h que no sean los mostrados en tabla, se permite la interpolación lineal.
- 2) Para $H/L_h > 0,5$, se debe asumir $H/L_h = 0,5$ para la evaluación de K_1 , y sustituir $2H$ por L_h para evaluar K_2 y K_3 .
- 3) Los factores se basan en el supuesto de que el viento se aproxima a la colina o escarpe a lo largo de la dirección de máxima pendiente.
- 4) Notación:
 - H = altura de una colina o escarpe relativa al terreno desde donde viene el viento, expresada en metros (m);
 - L_h = distancia de barlovento de la cima de la colina o escarpe, donde la diferencia en la elevación del suelo es la mitad de la altura de la colina o escarpe, expresada en metros (m);
 - K_1 = factor que representa la forma del rasgo topográfico y el efecto del incremento de velocidad;
 - K_2 = factor que representa la reducción del incremento de velocidad con la distancia a la cima, para barlovento o sotavento;
 - K_3 = factor que representa la reducción del incremento de velocidad con la altura sobre el terreno local;
 - x = distancia hacia barlovento o sotavento de la cima al edificio, expresada en metros (m);
 - z = altura sobre el nivel del suelo, expresada en metros (m);
 - μ = factor de atenuación horizontal;
 - γ = factor de atenuación de la altura.

Tabla 11 - Parámetros para el aumento de velocidad sobre colinas y escarpes - Método 2 analítico

Forma de la colina	$K_1/(H/L_h)$			γ	μ	
	Exposición				Cima de barlovento	Cima de sotavento
	B	C	D			
Colina 2D (o valles con H negativo) en K_1/HL_h	1,30	1,45	1,55	3,00	1,50	1,50
Escarpes 2D	0,75	0,85	0,95	2,50	1,50	4,00
Colinas Axisim. 3D	0,95	1,05	1,15	4,00	1,50	1,50
<div><div>-</div><div>$K_{zt} = (1 + K_1K_2K_3)^2$</div></div> <div><div>-</div><div>K_1 determinado de tabla.</div></div> <div><div>-</div><div>$K_2 = \left(1 - \frac{ x }{\mu L_h}\right)$</div></div> <div><div>-</div><div>$K_3 = e^{-z/L_h}$</div></div>						

7.8 Factor del efecto ráfaga

7.8.1 Estructuras rígidas

Para estructuras rígidas, definidas en cláusula 3, el factor del efecto ráfaga se debe considerar como 0,85 o se calcula a partir de la fórmula:

$$G = 0,925 \times \left(\frac{1 + 1,7 \times g_Q \times I_{\bar{z}} \times Q}{1 + 1,7 \times g_v \times I_{\bar{z}}} \right) \quad (6)$$

$$I_{\bar{z}} = c \times \left(\frac{10}{\bar{Z}} \right)^{1/6} \quad (7)$$

en que:

$I_{\bar{z}}$ = intensidad de turbulencia a una altura \bar{Z} ;

\bar{Z} = altura equivalente de la estructura, definida como $0,6 \times h$, pero no menor que $z_{min.}$ para todas las alturas h de las construcciones;

$z_{min.}$, c = constantes del terreno de exposición, según Tabla 12;

g_Q y g_v = 3,4;

Q = factor de respuesta de fondo.

Tabla 12 - Constantes del terreno de exposición

Exposición	α	z_g m	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ m	$\bar{\epsilon}$	$z_{\min.}$ m
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3, 0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

$z_{\min.}$ = mínima altura usada para asegurar que la altura equivalente \bar{z} es mayor que $0,6 h$ $z_{\min.}$.

Para edificios con $h \leq z_{\min.}$ \bar{z} se debe tomar $z_{\min.}$.

El factor de respuesta de fondo Q está dado por:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \times \left(\frac{B + h}{L_{\bar{z}}} \right)^{0,63}}} \quad (8)$$

$$L_{\bar{z}} = I \times \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\epsilon}} \quad (9)$$

en que:

B = dimensión horizontal de un edificio medido normal a la dirección del viento;

h = altura media del techo;

\bar{z} = altura equivalente de la estructura, definida como $0,6 \times h$ pero no menor que $z_{\min.}$ para todas las alturas h de las construcciones;

$I, \bar{\epsilon}$ = constantes del terreno de exposición, según Tabla 12;

$L_{\bar{z}}$ = escala de longitud integral de turbulencia.

7.8.2 Estructuras flexibles o susceptibles a efectos dinámicos

Para estructuras flexibles o susceptibles a efectos dinámicos, el factor del efecto ráfaga se debe calcular con la fórmula siguiente:

$$G_f = 0,925 \times \left(\frac{1 + 1,7 \times I_{\bar{z}} \times \sqrt{g_Q^2 \times Q^2 + g_R^2 \times R^2}}{1 + 1,7 \times g_v \times I_{\bar{z}}} \right) \quad (10)$$

g_Q y g_v se deben considerar como 3,4 y g_R está dado por:

$$g_R = \sqrt{2 \times \ln(3\,600 \times n_1)} + \frac{0,577}{\sqrt{2 \times \ln(3\,600 \times n_1)}} \quad (11)$$

R , el factor de respuesta resonante, está dado por:

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} \times R_n \times R_h \times R_B (0,53 + 0,47 \times R_L)} \quad (12)$$

$$R_n = \frac{7,47 \times N_1}{(1 + 10,3 \times N_1)^{5/3}} \quad (13)$$

$$N_1 = \frac{n_1 \times L_{\bar{z}}}{\bar{V}_{\bar{z}}} \quad (14)$$

$$R_{\ell} = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2 \times \eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \text{ para } \eta > 0 \quad (15)$$

$$R_{\ell} = 1 \text{ para } \eta = 0 \quad (16)$$

El subíndice ℓ de ecuación 16 se toma como h , B y L respectivamente, en donde h corresponde a la altura media del techo, B corresponde a la dimensión horizontal normal a la dirección del viento y L corresponde a la dimensión horizontal paralela a la dirección del viento. R_{ℓ} se considera con su subíndice respectivo según las condiciones siguientes:

$$R_{\ell} = R_h \text{ cuando } \eta = \frac{4,6 \times n_1 \times h}{\bar{V}_{\bar{z}}} \quad (17)$$

$$R_{\ell} = R_B \text{ cuando } \eta = \frac{4,6 \times n_1 \times \epsilon \times B}{\bar{V}_{\bar{z}}} \quad (18)$$

$$R_{\ell} = R_L \text{ cuando } \eta = \frac{15,4 \times n_1 \times L}{\bar{V}_{\bar{z}}} \quad (19)$$

$$\bar{V}_{\bar{z}} = \bar{b} \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\alpha}} \times V \quad (20)$$

en que:

$\bar{V}_{\bar{z}}$ = velocidad media del viento a una altura \bar{z} ;

n_1 = frecuencia natural de la estructura;

β = coeficiente de amortiguamiento crítico;

\bar{b} y $\bar{\alpha}$ = constantes del terreno de exposición, según Tabla 11;

ϵ = relación entre el área sólida y el área bruta;

V = velocidad básica del viento.

7.8.3 Análisis racional

En lugar del procedimiento definido en 7.8.1 y 7.8.2, se permite la definición del factor del efecto ráfaga a través de un análisis racional definido en la literatura reconocida.

7.8.4 Limitaciones

El factor del efecto ráfaga no se debe determinar por separado cuando se combine el factor del efecto ráfaga y los coeficientes de presiones, y estos coeficientes (GC_p , GC_{pi} y GC_{pf}) sean determinados a partir de figuras y tablas.

7.9 Clasificaciones del grado de cerramiento

7.9.1 General

Con el propósito de determinar los coeficientes de presiones internas, todas las construcciones se deben clasificar como cerradas, parcialmente cerradas o abiertas, según se define en cláusula 3.

7.9.2 Aberturas

Para determinar la clasificación del grado de cerramientos definidos en 7.9.1, se debe determinar la cantidad de aberturas existen en la envolvente del edificio.

7.9.3 Clasificaciones múltiples

Si una construcción por definición cumple con ambas definiciones de abierto o parcialmente cerrado, se clasifica como un edificio abierto. Una construcción que no cumpla con ninguna de las dos definiciones de abierto o parcialmente cerrado se clasifica como un edificio cerrado.

7.10 Distribución de velocidades

La distribución de velocidades q_z , evaluada a una altura z se calcula con la ecuación siguiente:

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \times I \quad (21)$$

en que:

q_z = distribución de velocidades, expresada en newton por metros cuadrados (N/m^2);

K_z = coeficiente de exposición de la distribución de velocidades, según 7.6.7;

K_{zt} = factor topográfico evaluado a la altura media del techo, según 7.7.2;

NCh432

K_d = coeficiente de direccionalidad del viento, según 7.4.5;

I = factor de importancia, según 7.5;

V = velocidad básica de viento, según cláusula 7, expresada en metros por segundos (m/s).

A menos que se disponga de suficientes datos climáticos para justificar la selección de un valor diferente para el cálculo de la distribución de velocidades, se debe utilizar la constante numérica 0,613 de ecuación 21.

La distribución de velocidades calculada a la altura media de techo h , se realiza utilizando ecuación 21 y se denomina q_h .

7.11 Coeficientes de presiones y fuerzas

7.11.1 Coeficiente de presión interna

El coeficiente de presión interna, GC_{pi} se determina de Tabla 13, basada en la clasificación de cerramiento de los edificios, determinada en 7.9.

Tabla 13 - Coeficiente de presión interna, GC_{pi} - Método 2 analítico, casos de estructuras cerradas, parcialmente cerradas y abiertas, muros y techos - Válido para todas las alturas

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

NOTAS

- 1) Los signos positivos y negativo de Tabla 13, significan presiones actuando, hacia o desde la cara interna respectivamente.
- 2) Los valores de GC_{pi} deben ser usados con q_z o q_h según lo especificado en 6.12.
- 3) Para determinar los requerimientos de la carga crítica, se deben considerar dos casos para la condición apropiada:
 - i) Un valor positivo de GC_{pi} aplicado a todas las caras internas.
 - ii) Un valor negativo de GC_{pi} aplicado a todas las caras internas.

7.11.1.1 Factor de reducción para construcciones de grandes volúmenes, R_i

Para edificios parcialmente cerrados que contienen un único y gran volumen sin particionar, el coeficiente de presión interna GC_{pi} se debe multiplicar por el factor de reducción, R_i siguiente:

$$R_i = 0,5 \times \left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{127 \times V_i}{950\,000 \times A_{og}}}} \right) \leq 1,0 \quad (22)$$

en que:

A_{og} = área total de aberturas en la envolvente del edificio (muros y techos), expresada en metros cuadrados (m^2);

V_i = volumen interno sin particionar, expresado en metros cúbicos (m^3).

7.11.2 Coeficientes de presión externa

7.11.2.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

El coeficiente de presión externa para el SPRFV, C_p se entrega en Figuras 6 y 7, y en Tablas 14, 15 y 16. La combinación del factor del efecto ráfaga y el coeficiente de presión externa, GC_{pf} se entregan en Figura 8 para construcciones de baja altura. Los valores del coeficiente de presiones y del factor del efecto ráfaga de Figura 8, no se deben separar.

**Tabla 14 - Coeficiente de presión externa, C_p - Método 2 analítico,
estructuras cerradas, parcialmente cerradas y abiertas -
Válido para todas las alturas**

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

Tabla 15 - Coeficiente de presión externa para techos, C_p , para uso q_h - Método 2 analítico, estructuras cerradas, parcialmente cerradas o abiertas - Válido para todas las alturas

Dirección del viento	Barlovento									Sotavento		
	Angulo, θ °									Angulo, θ °		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^{c)}$	10	15	> 20
Normal al borde para $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,70	-0,5	-0,30	-0,20	-0,20	0,00 ^{a)}	-	-	-0,30	-0,50	-0,60
		-0,18	0,00 ^{a)}	0,20	0,30	0,30	0,40	0,40	0,01 θ			
	0,5	-0,90	-0,7	-0,40	-0,30	-0,20	-0,20	0,00 ^{a)}	0,01 θ	-0,50	-0,50	-0,60
		-0,18	-0,18	0,00 ^{a)}	0,20	0,20	0,30	0,40	0,01 θ			
	$\geq 1,0$	-1,30 ^{b)}	-1	-0,7	-0,50	-0,30	-0,20	0,00 ^{a)}	0,01 θ	-0,70	-0,60	-0,60
		-0,18	-0,18	-0,18	0,00 ^{a)}	0,20	0,20	0,30	0,01 θ			
Normal al borde para $\theta < 10^\circ$ y paralelo al borde para todo θ	$\leq 0,5$	Distancia horizontal de borde de barlovento			C_p		a) Valor establecido para propósitos de interpolación. b) Valor puede ser reducido linealmente según el área donde se aplica, según la tabla siguiente:					
		0 a $h/2$			-0,9, -0,18							
		$h/2$ a h			-0,9, -0,18							
		h a $2 h$			-0,5, -0,18							
		$> a 2 h$			-0,3, -0,18							
	$\geq 1,0$	0 a $h/2$			-1,3 ^{b)} , -0,18		c) Para techos con pendientes mayores que 80° , utilizar $C_p = 0,8$.					
		$> h/2$			-0,7, -0,18							

Área m^2	Factor de reducción
$\leq 9,3$	1
23,2	0,9
$\geq 92,9$	0,8

NOTAS

- Los signos positivo y negativo, significan presiones actuando, hacia o desde la superficie respectivamente.
- Se permite la interpolación lineal para valores L/B , h/L y θ distintos a los mostrados. Esta interpolación sólo se permite entre valores con el mismo signo. Cuando no se den valores con el mismo signo, se asume 0 para propósitos de interpolación.
- Cuando se dan dos valores de C_p esto indica que el techo inclinado a barlovento está sometido a presiones positivas o negativas y la estructura soportante se debe diseñar para ambos casos. La interpolación del parámetro h/L sólo se puede hacer para C_p del mismo signo.
- Para techos con una sola pendiente, la superficie está toda en barlovento o toda en sotavento.
- Para edificios flexibles, el uso correcto de G_f está determinado en 7.5.8.
- Notación:
 - B : dimensión horizontal del edificio, medidos en dirección normal al viento, expresada en metros (m);
 - L : dimensión horizontal del edificio, medidos en dirección paralela al viento, expresada en metros (m);
 - h : altura media, expresada en metros (m), con excepción de techos con inclinaciones tales que $\theta < 10^\circ$, en que h corresponde a la altura del alero, expresada en metros (m);
 - z : altura sobre el nivel del suelo, expresada en metros (m);
 - G : factor del efecto ráfaga;
 - q_z, q_h : presión de velocidad, evaluados a la altura respectiva, expresada en newton por metros cuadrados (N/m^2);
 - θ : ángulo del techo medido desde la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).
- Para techos de buhardilla la superficie horizontal superior y la superficie inclinada a sotavento deben ser tratadas como superficies expuestas a sotavento de la tabla.
- A excepción del caso de techos del SPRFV que consta de momentos resistentes en vigas, el corte horizontal total no debe ser menor que el determinado por descuidar las fuerzas del viento en la superficie del techo.

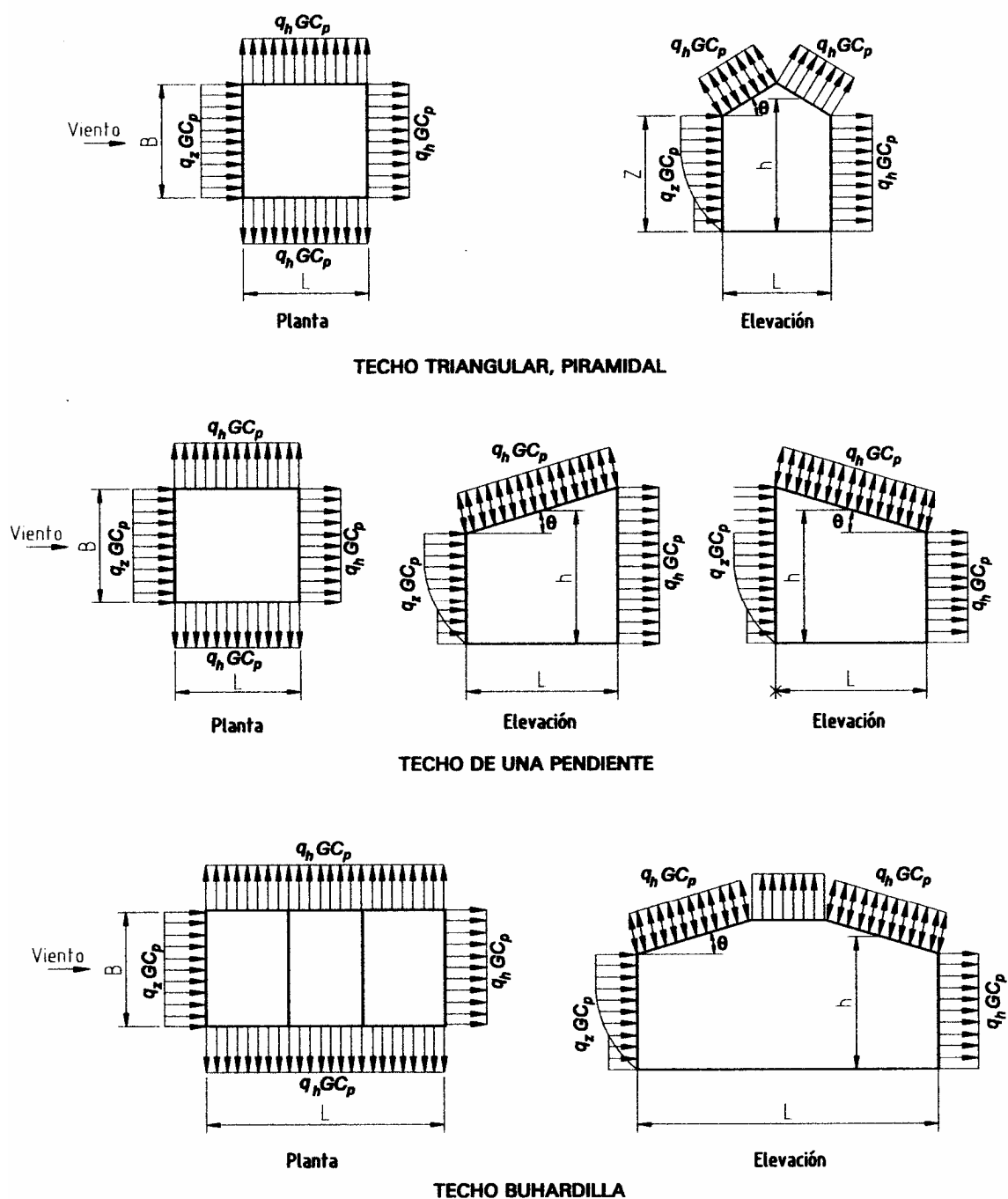
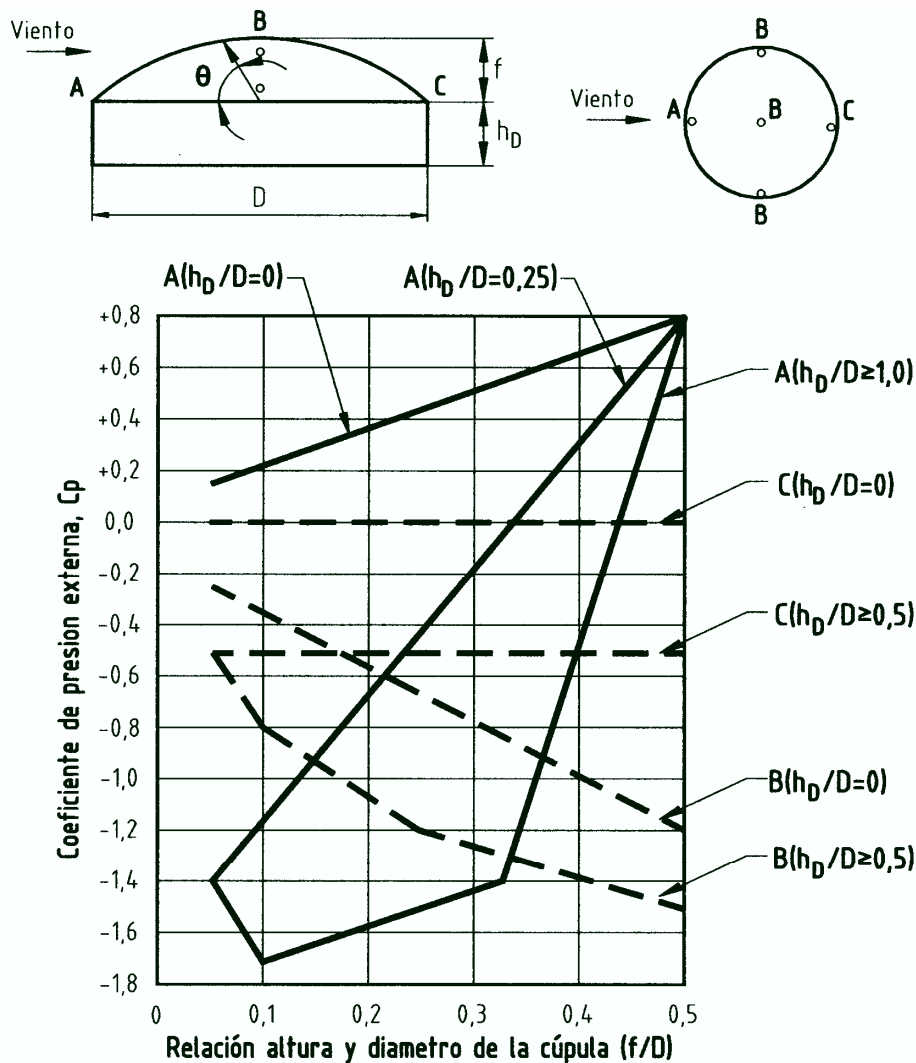


Figura 6 - Coeficientes de presión externa, C_p en techos y muros del SPRFV, para estructuras cerradas y parcialmente cerradas, aplicable a todas las alturas - Método 2 analítico



Coefficientes de Presión Externa para Cúpulas con base circular
(Adaptado del Eurocodigo, 1995)

NOTAS

- 1) Dos casos de cargas deben ser considerados:
 Caso A : Valor de C_p entre A y B y entre B y C debe ser determinado por interpolación lineal, a lo largo de arcos en la cúpula, paralelos a la dirección del viento.
 Caso B : C_p es el valor constante de A para ángulos $\theta \leq 25^\circ$ y debe ser determinado por interpolación desde 25° hasta B y desde B hasta C.
- 2) Valores denotados C_p se deben usar con $q_{(h_D+f)}$ donde $h_D + f$ es la altura de la cima de la cúpula.
- 3) Signos más o menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) C_p es una constante en la superficie de la cúpula para arcos de círculos perpendiculares a la dirección del viento; por ejemplo, el arco pasando a través de B-B-B y todos los arcos paralelos a B-B-B.
- 5) Para valores de h_D/D intermedios a los mostrados en las curvas del gráfico, se permite la interpolación lineal.
- 6) $\theta = 0^\circ$ en el punto al inicio de la curva, $\theta = 90^\circ$ en el punto superior central de la cúpula. f es medido desde el punto inicial a la parte superior de la cúpula.
- 7) El corte horizontal total no es menor que el determinado sin considerar las fuerzas del viento en la superficie del techo.
- 8) Para valores de f/D menores que 0,05, usar Tabla 15.

Figura 7 - Coeficientes de presión externa, C_p en techo en forma de domos, estructuras cerradas, parcialmente cerradas, todas las alturas - Método 2 analítico

Tabla 16 - Coeficiente de presión externa, C_p para techos curvados - Aplicable a estructuras cerradas y parcialmente cerradas, todas las alturas - Método 2 analítico

Condiciones	Razón elevación/luz	C_p		
		Cuarto a barlovento	Mitad central	Cuarto a sotavento
Techo en la estructura elevada	$0 < r < 0,2$	-0,9	-0,7-r	-0,5
	$0,2 \leq r < 0,3^a)$	$1,5r-0,3$	-0,7-r	-0,5
	$0,3 \leq r \leq 0,6$	$2,75r-0,7$	-0,7-r	-0,5
Techo desarrollándose desde el suelo	$0 < r \leq 0,6$	$1,4 r$	-0,7-r	-0,5
<p>a) Cuando la razón elevación/luz, r, se encuentra entre $0,2 \leq r \leq 0,3$, la alternativa dada por 6r- 2,1 puede ser usada para el cuarto a barlovento.</p> <p>NOTAS</p> <p>1) Los valores listados son para la determinación de la carga media en el SPRFV.</p> <p>2) Los signos positivo y negativo, significan presiones actuando, hacia o desde la cara interna respectivamente.</p> <p>3) Para vientos dirigidos paralelos al eje, utilizar los coeficientes de presión de la tabla con viento paralelo al borde.</p> <p>4) Para los elementos secundarios y revestimientos:</p> <p>1. Para el techo perimetral usar el coeficiente de presión externa de Figuras 9, 10, 11 y 12 con θ basado en la pendiente del punto de inicio de la curva.</p> <p>2. Para las áreas de los techos restantes, usar los coeficientes de presión externa de esta tabla multiplicados por 0,87.</p>				

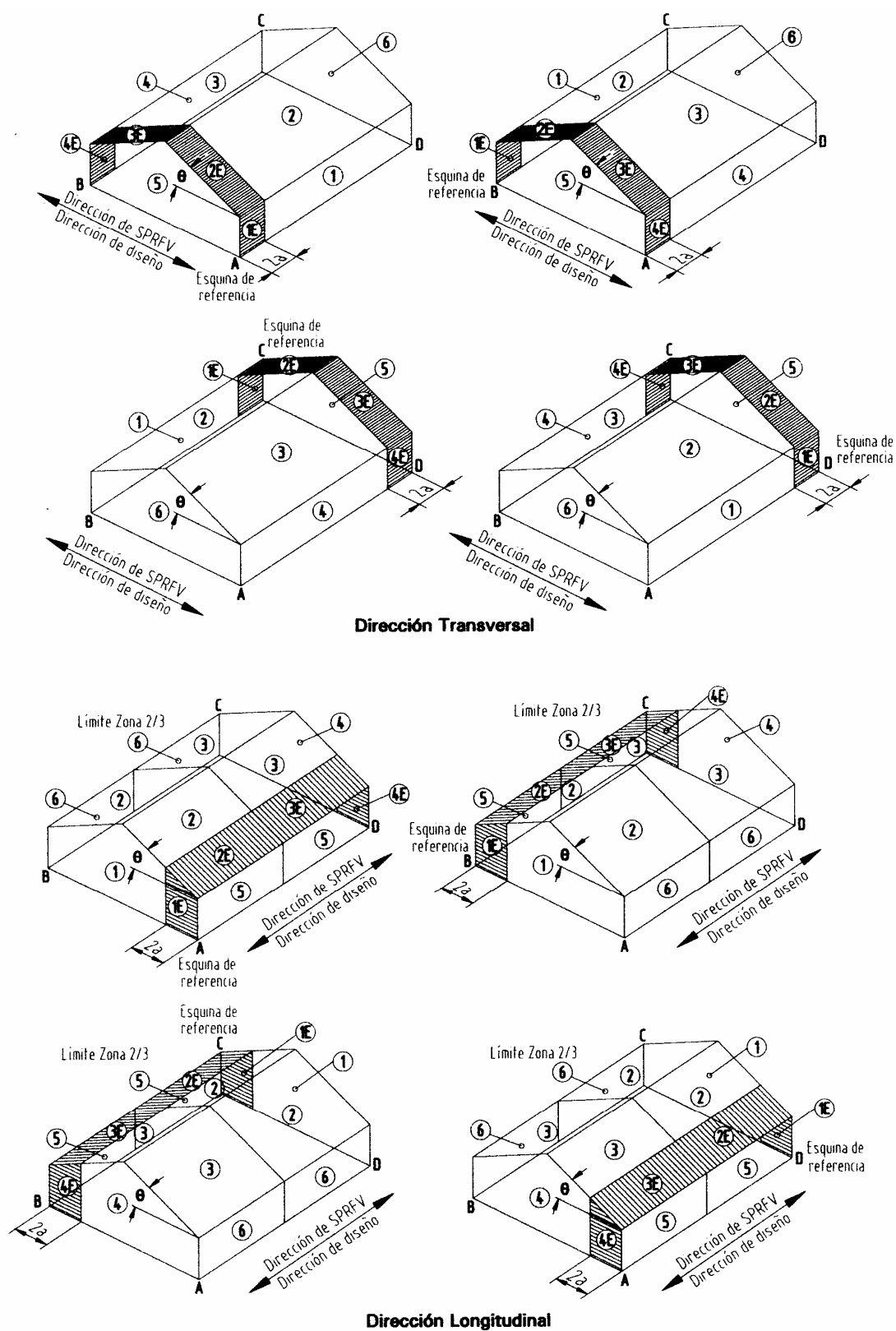


Figura 8 a) - Coeficiente de presión externa, GC_{pf} para techos y muros del SPRFV en edificios de baja altura - Casos básicos de cargas - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas, $h \leq 18,3$ m - Método 2 analítico

Angulo de techo θ °	Superficie del edificio									
	1	2	3	4	5	6	1E	2E	3E	4E
0 - 5	0,40	-0,69	-0,37	-0,29	-0,45	-0,45	0,61	-1,07	-0,53	0,43
20	0,53	-0,69	-0,48	-0,43	-0,45	-0,45	0,80	-1,07	-0,69	-0,64
30 - 45	0,56	0,21	-0,43	-0,37	-0,45	-0,45	0,69	0,27	-0,53	-0,48
90	0,56	0,56	-0,37	-0,37	-0,45	-0,45	0,69	0,69	-0,48	-0,48

NOTAS

- 1) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 2) Para otros valores de θ fuera de los mostrados, la interpolación lineal está permitida.
- 3) Los edificios deben ser diseñados para todas las direcciones del viento usando los ocho modelos de carga [ver Figura 8 a)]. El modelo de carga debe ser aplicado en cada esquina del edificio, así como en la esquina de referencia.
- 4) Las combinaciones de presiones internas y externas (ver Tabla 13) debe ser evaluada como un requisito para obtener la carga más desfavorable.
- 5) Para los casos de cargas torsionales mostrados abajo, las presiones en zonas designadas con un "T" (1T, 2T, 3T, 4T) deben ser un 25% de la presión total de viento, (zonas 1, 2, 3, 4).

Excepción: Edificios de un piso con altura menor o igual que 9,1 m, edificios de dos pisos de marcos o menos con una construcción liviana de marcos, y edificios de dos pisos o menos diseñados con diafragmas flexibles, no necesitan ser diseñados para los casos de carga torsional.

La carga torsional [ver Figura 8 b)] debe ser aplicada a los ocho modelos de cargas básicas [ver Figura 8 a)] aplicadas en cada esquina de referencia.

- 6) Excepto para marcos de momento-resistentes, el corte total horizontal no debe ser menor que el determinado sin considerar las fuerzas del viento en la superficie del techo.
- 7) Para el diseño de SPRFV provisto de resistencia lateral en una dirección paralela a la línea de borde o para techos planos, usar $\theta = 0^\circ$ y localizar el límite de la zona 2/3 en la mitad del largo del edificio.
- 8) Cuando el coeficiente de presión para techo, GC_{pf} , sea negativo en una zona 2 o 2E, se aplica en la zona 2/2E para una distancia desde el borde del techo igual que 0,5 veces la dimensión horizontal del edificio, paralelo a la dirección del SPRFV que se está diseñando, o 2,5 veces la altura del alero, h_e , en el muro a barlovento, la que sea menor; para el remanente de la zona 2/2E que se extiende a la línea de borde, se debe usar el coeficiente de presión GC_{pf} para una zona 3/3E.

9) Notación:

- a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal o $0,9 m$;
- h : altura media del techo de un edificio, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
- θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

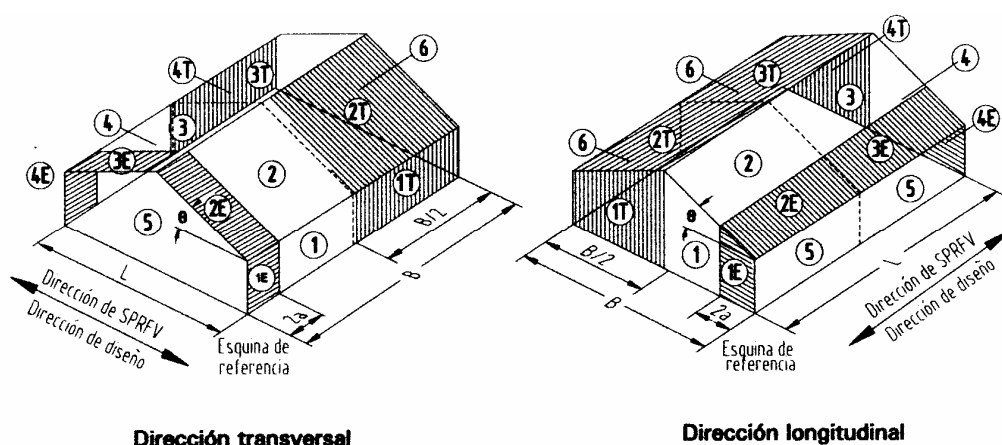
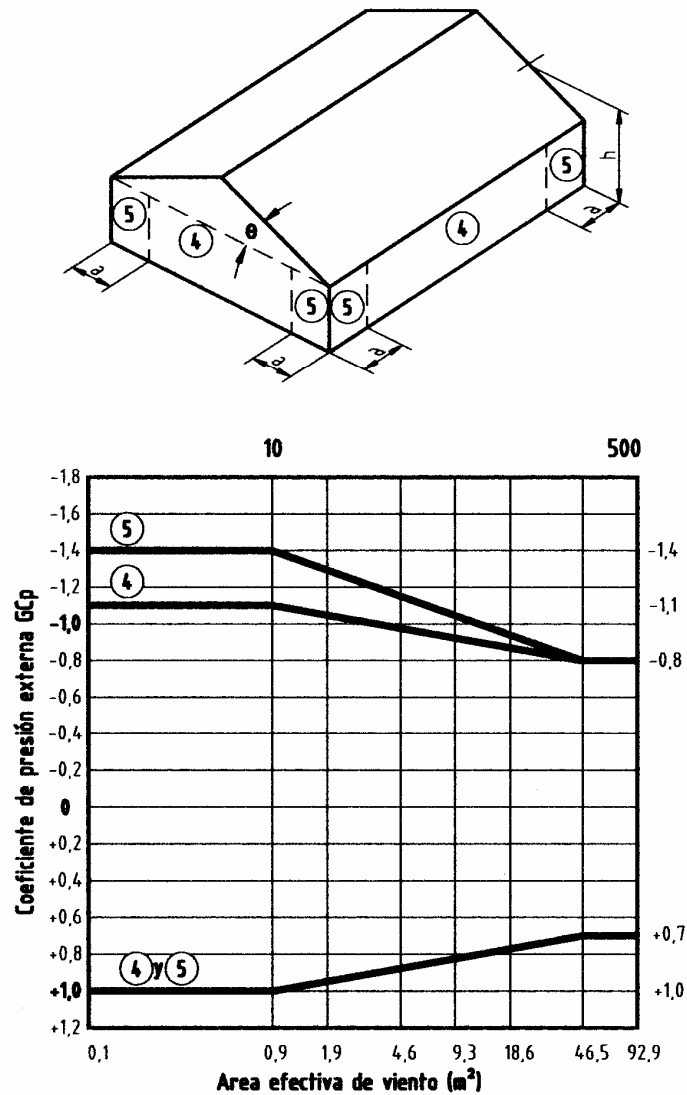


Figura 8 b) - Coeficiente de presión externa, GC_{pf} , para techos y muros del SPRFV en edificios de baja altura - Casos con carga torsional - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas, $h \leq 18,3 m$ - Método 2 analítico

7.11.2.2 Elementos secundarios y de revestimiento

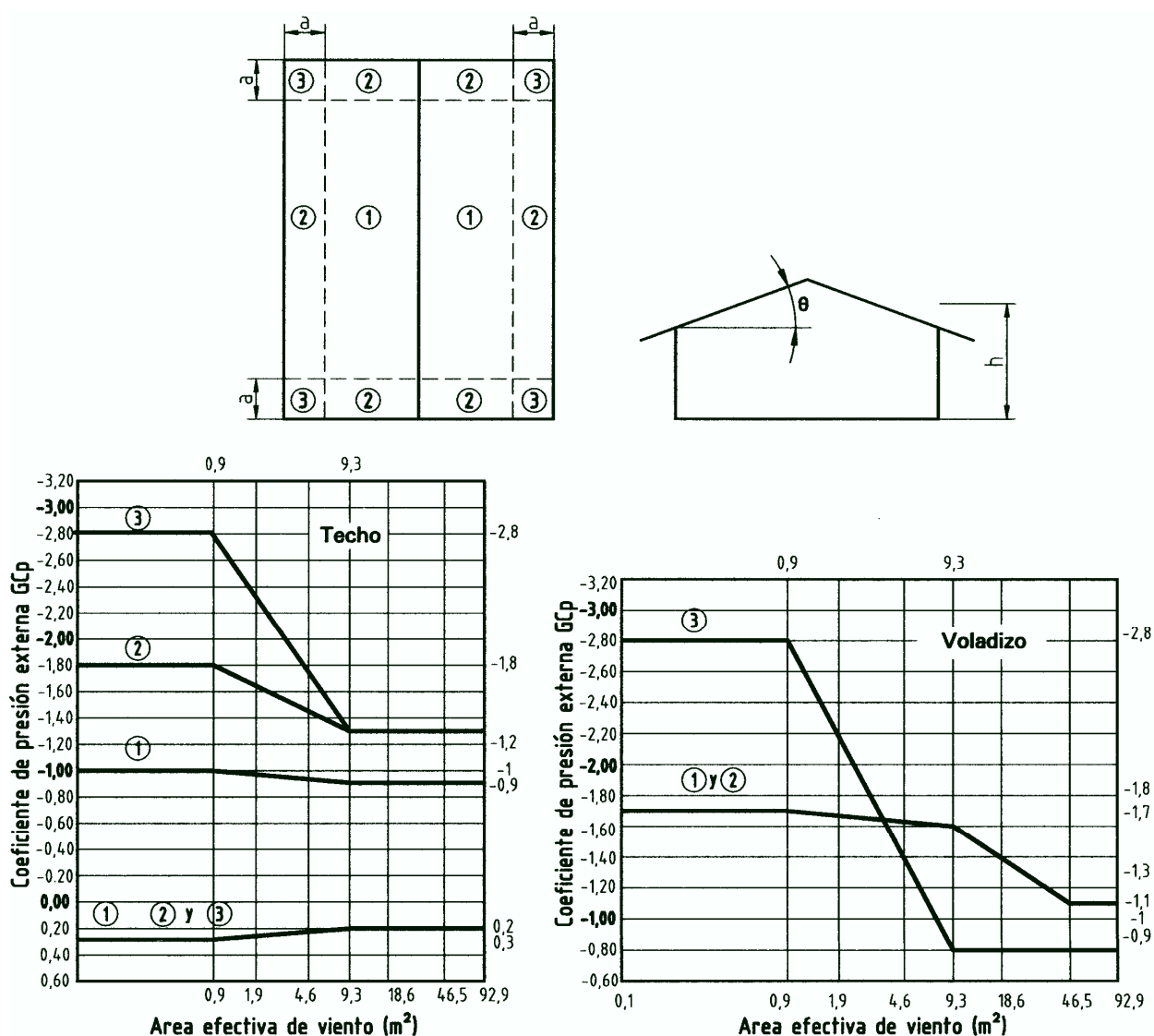
La combinación del efecto ráfaga con el coeficiente de presiones externas para elemento secundarios y de revestimiento, GC_p se determinan según lo indicado desde Figuras 9 a 19. Los valores del coeficiente de presiones y del factor del efecto ráfaga no se deben separar.



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usado con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más o menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se diseña para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Los valores de GC_p para muros se deben reducir en 10% cuando $\theta \leq 10^\circ$.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo de un edificio, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos de techos menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

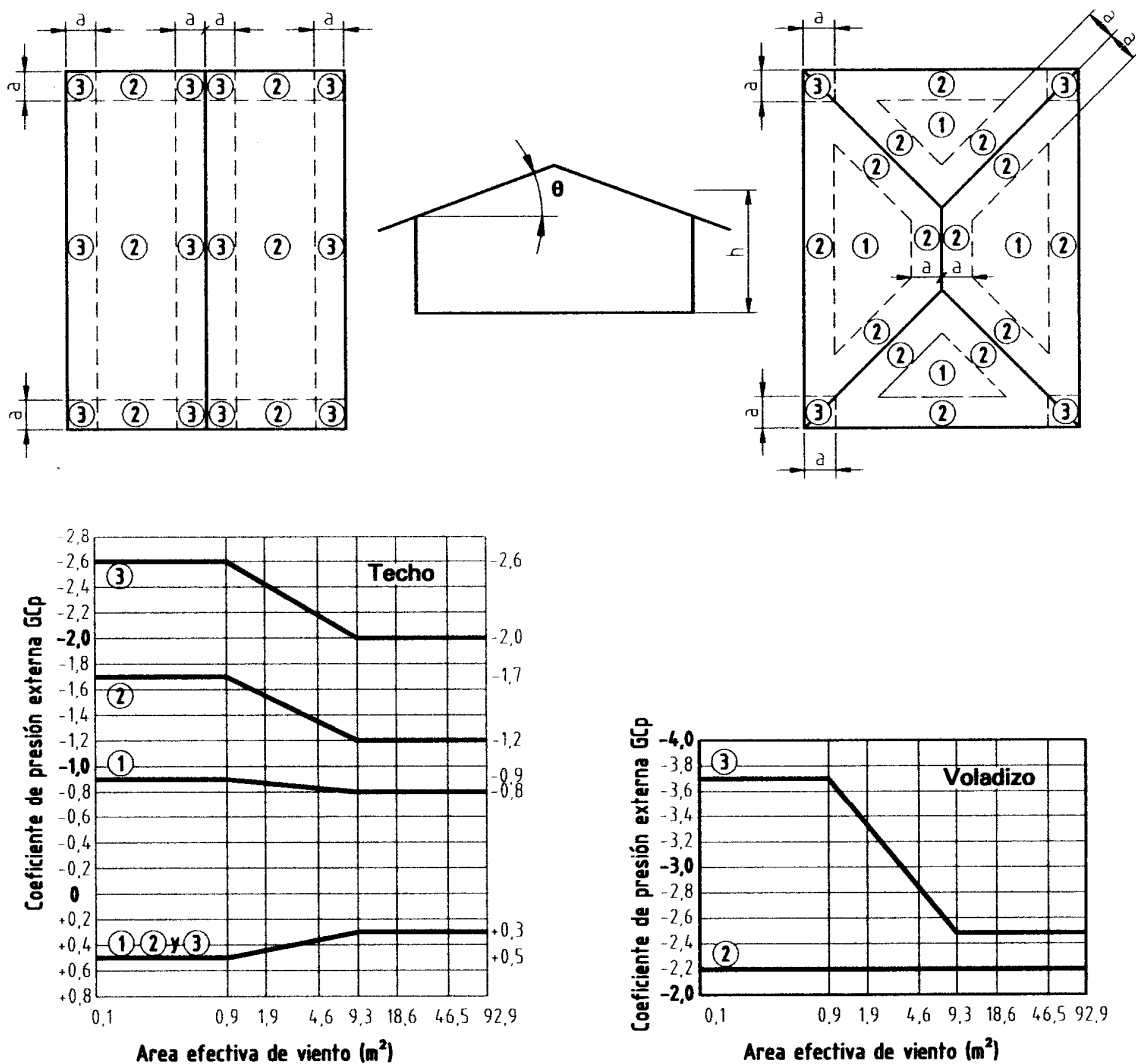
Figura 9 - Coeficiente de presión externa, GC_p para muros con $h \leq 18,3 m$, en elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usado con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m²).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde de la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se diseña para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Si un parapeto es mayor o igual que 0,9 m en todo el perímetro del techo, con $\theta \leq 7^\circ$, los valores negativos de GC_p en la zona 3 deben ser igual a los de la zona 2, y valores positivos de GC_p en las zonas 2 y 4 deben ser igual a los de los muros de las zonas 4 y 5 respectivamente (ver Figura 9).
- 6) Valores de GC_p para techos en voladizo incluye de contribución de las presiones de ambas superficies, inferior y superior.
- 7) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o 0,4 h , la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión o 0,9 m;
 - h : se debe usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

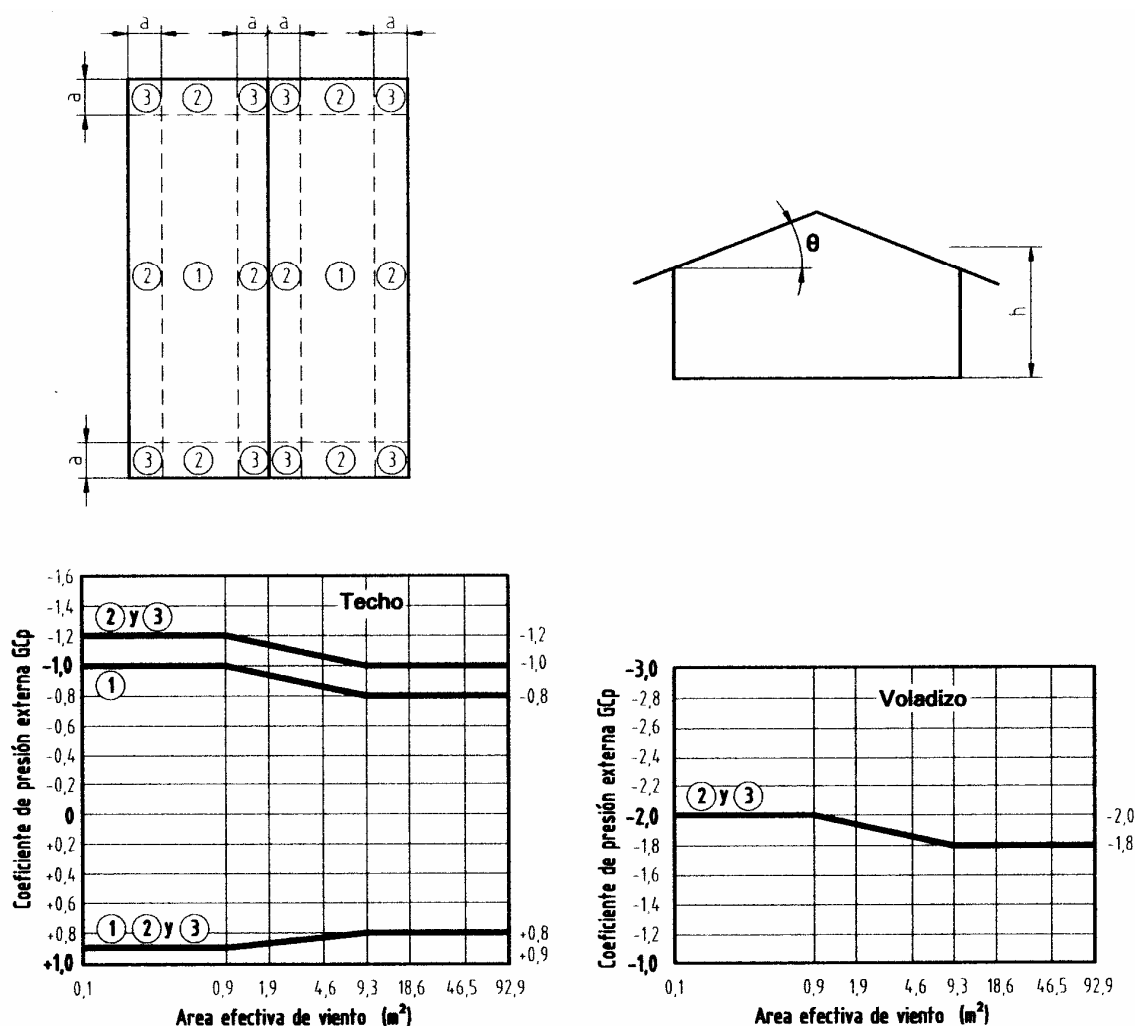
Figura 10 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos aguas, con $\theta \leq 7^\circ$ y $h \leq 18,3$ m para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y semicerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical denota GC_p para ser usado con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se diseña para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Valores de GC_p para voladizo de techo incluye la contribución de las presiones de ambas superficies, superior e inferior.
- 6) Para techos piramidales con $7^\circ \leq \theta \leq 27^\circ$, las franjas de los bordes y los coeficientes de presión para los bordes del techo triangular se debe aplicar en cada lado del techo.
- 7) Para techos piramidales con $\theta \leq 25^\circ$, la zona 3 debe ser tratada como zona 2.
- 8) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo de un edificio, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

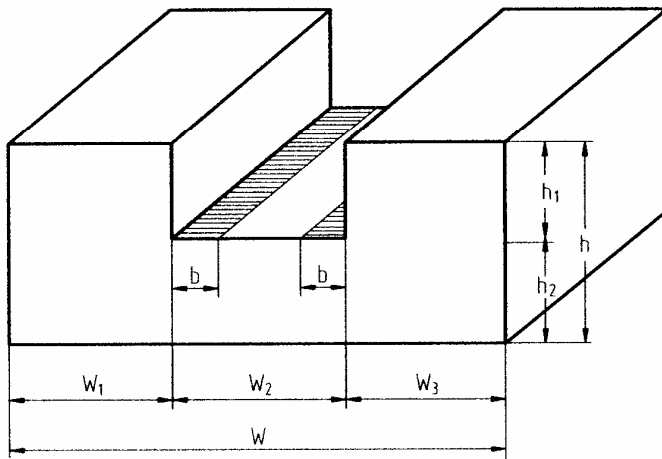
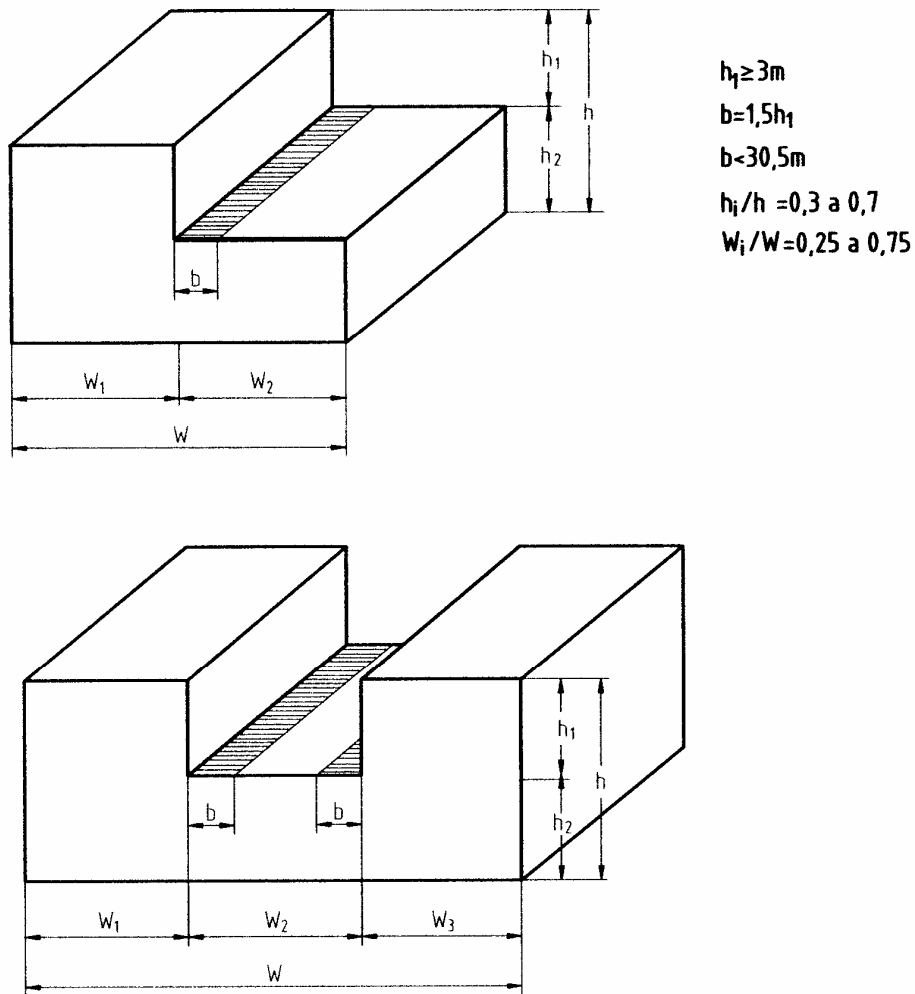
Figura 11 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos y cuatro aguas, con $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$ y $h \leq 18,3 m$ para elementos secundarios y revestimiento - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usado con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados, m^2 .
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se diseña para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Valores de GC_p para voladizos de techo incluye la contribución de las presiones de ambas superficies superior e inferior.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 12 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos a dos aguas, con $27^\circ < \theta \leq 45^\circ$ y $h \leq 18,3 m$ para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



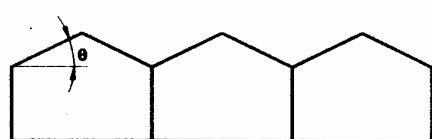
NOTAS

1) En el nivel más bajo de la zona plana, los techos reforzados se muestran en esta figura, la denominación de la zona y los coeficientes de presión que se aplican se muestran en Figura 10, excepto que en la parte superior de la intersección con el muro, la zona 3 se trata como zona 2 y la zona 2 se trata como zona 1. Los valores positivos de GC_p , igual a los de los muros de Figura 9 se aplican en las áreas achuradas mostradas en esta figura.

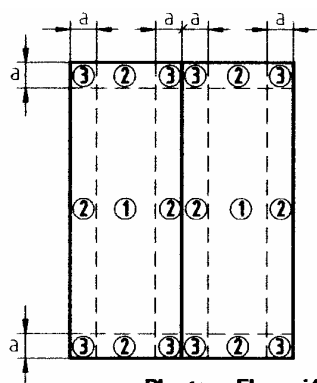
2) Notación:

- b : $1,5 h_1$ pero no mayor que 30,5 m;
 h : Altura media del techo, expresada en metros (m);
 h_1 : h_1 o h_2 en Figura 13, $h = h_1 + h_2$; $h_1 \geq 3,1$ m; $h_1/h = 0,3$ a $0,7$;
 W : Ancho del edificio;
 W_i : W_1 o W_2 o W_3 . $W = W_1 + W_2$ o $W_1 + W_2 + W_3$; $W_i/W = 0,25$ a $0,75$;
 θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

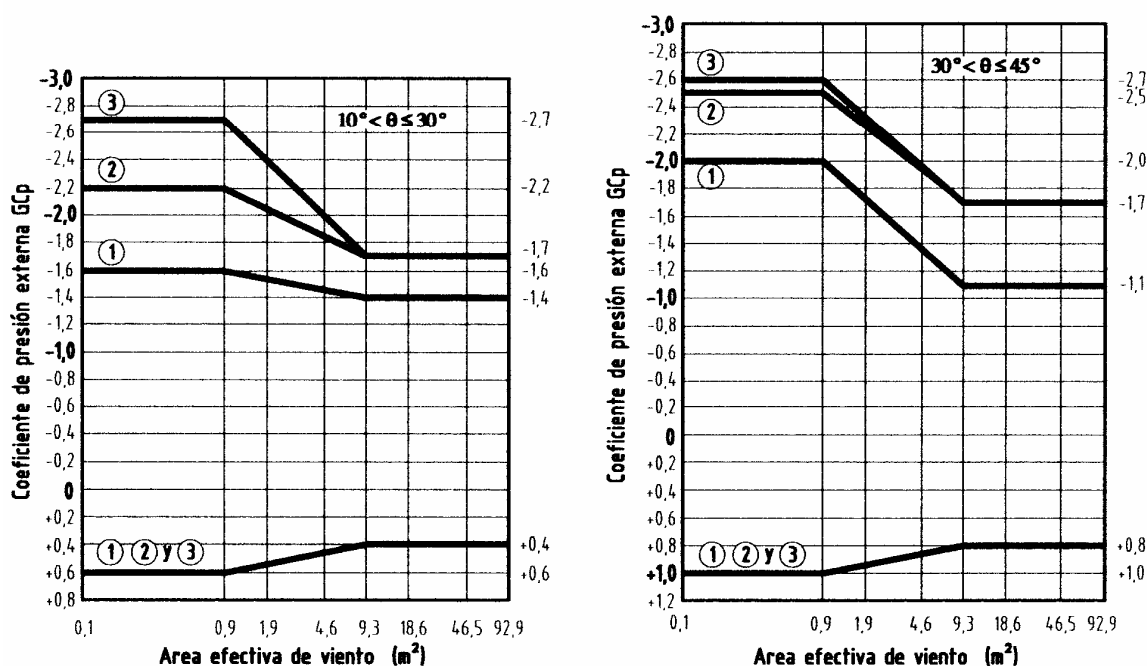
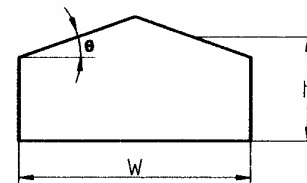
Figura 13 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos escalonados y con $h \leq 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



Elevación del edificio
(2 o más tramos)



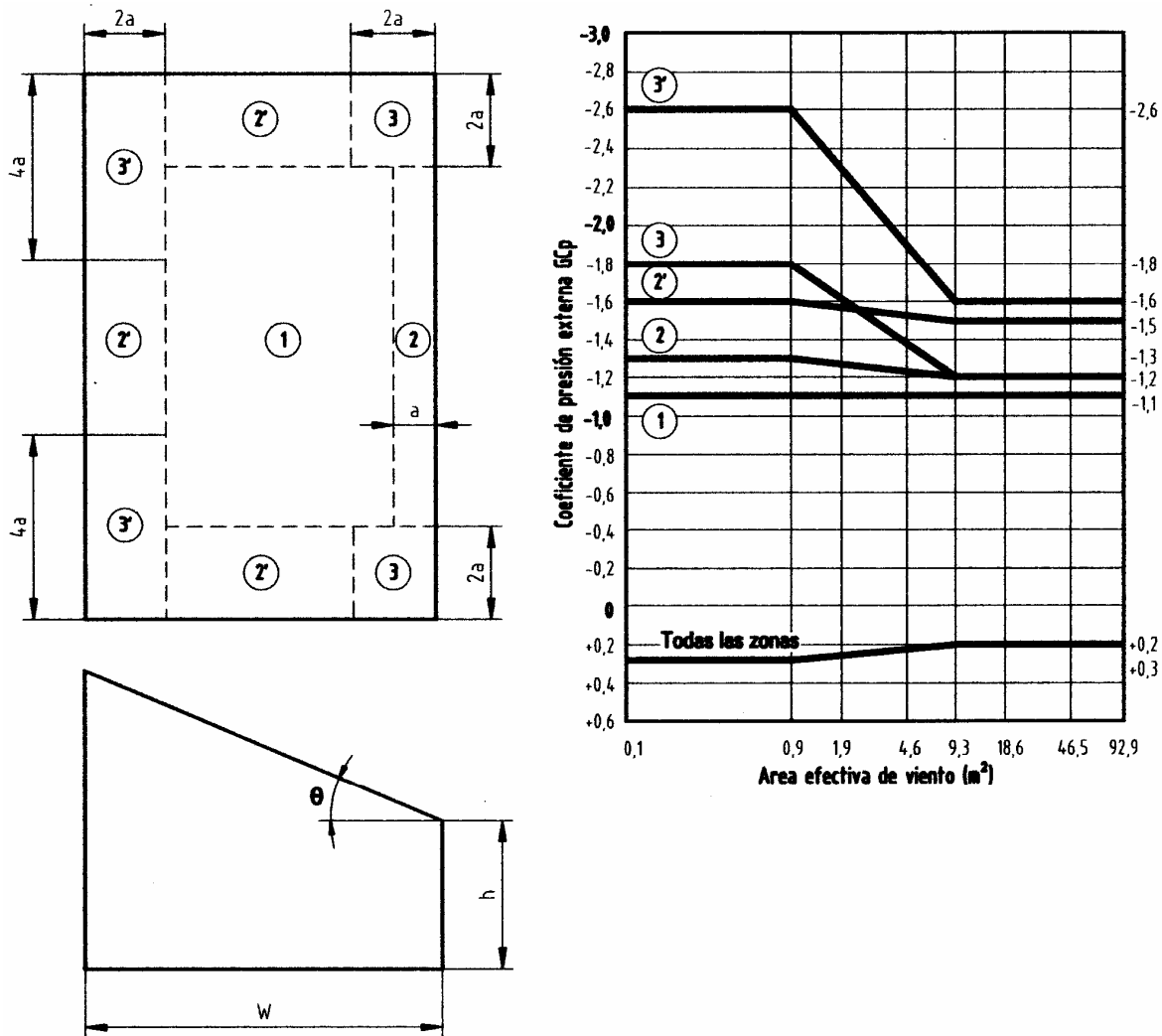
Planta y Elevación de un sólo tramo



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usada con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva del viento, expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Para $\theta \leq 10^\circ$, los valores de GC_p que se utilizan son los de Figuras 9, 10, 11 y 12.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal de un tramo simple o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal de un tramo simple o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo de un edificio, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
 - W : ancho del módulo del edificio, expresado en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

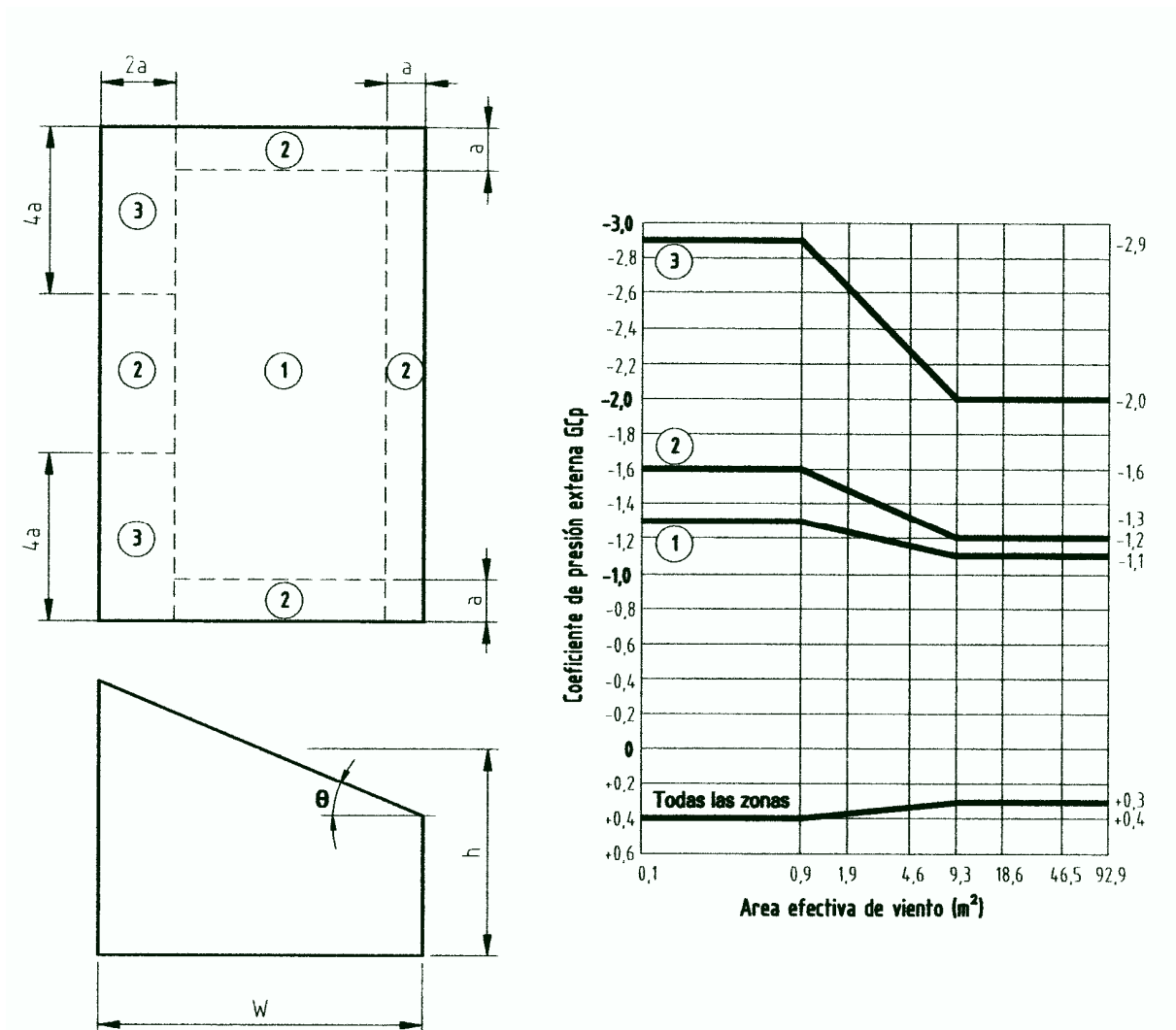
Figura 14 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos triangulares con múltiples vanos y $h \leq 18,3 m$, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usada con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Para $\theta \leq 3^\circ$, los valores de GC_p que se deben utilizar son los de Figura 10.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal de un tramo simple o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal de un tramo simple o $0,9 m$.
 - h : Se debe usar la altura del alero para ángulos de techo menores o iguales que 10° , expresada en metros (m).
 - W : Ancho de un tramo del edificio, expresado en metros (m).
 - θ : Angulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

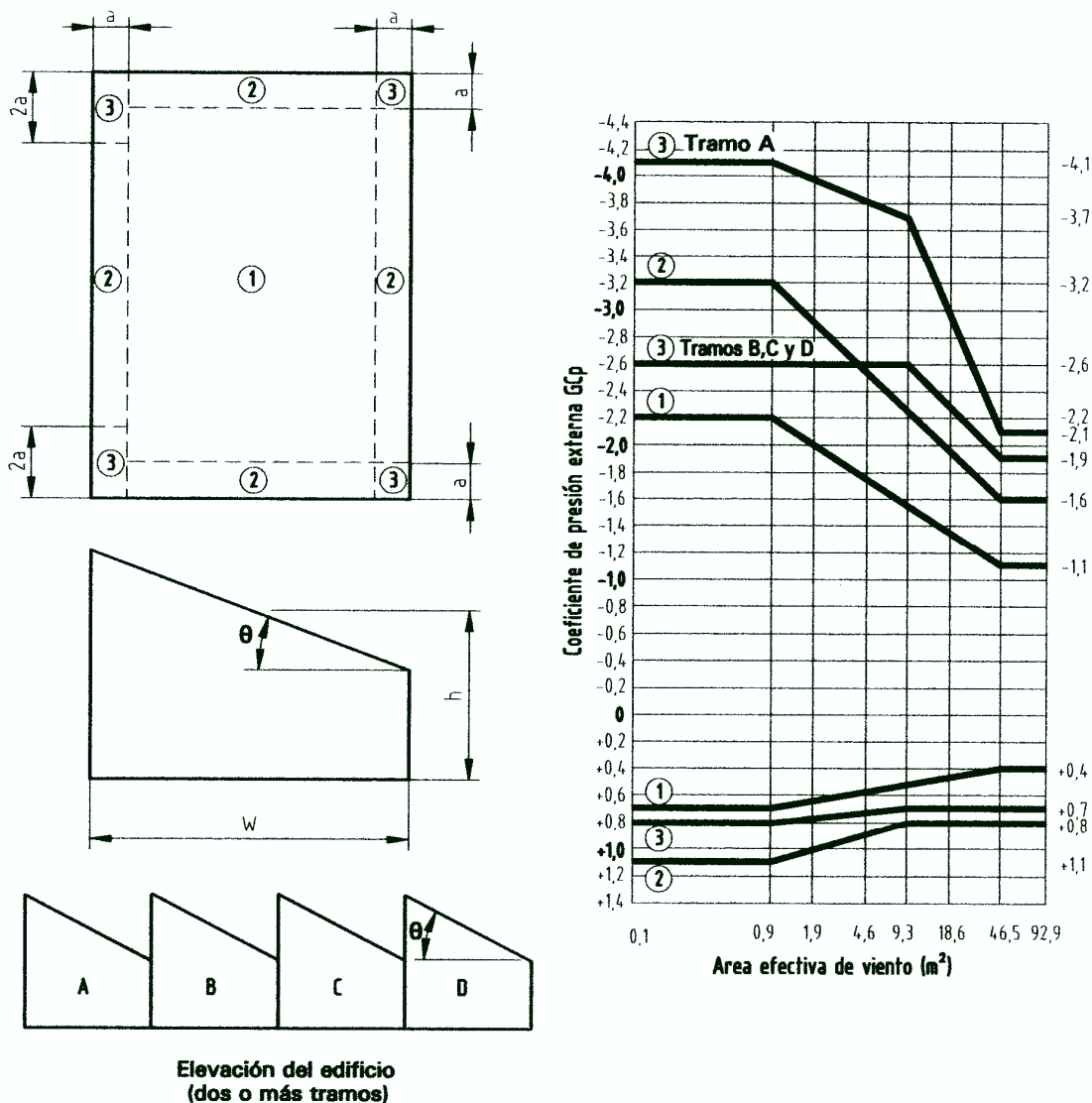
Figura 15 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos con una sola pendiente, $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$ y $h \leq 18,3 m$, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usada con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento A , expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal de un tramo simple o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal de un tramo simple o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m) excepto que se deba utilizar la altura del alero del techo cuando $\theta < 10^\circ$;
 - W : ancho del edificio, expresado en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

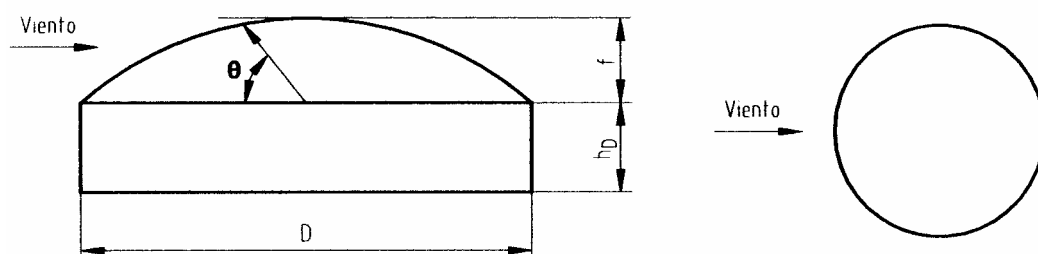
Figura 16 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos con una sola pendiente, $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$ y $h \leq 18,3 m$, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usada con q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento, expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 5) Para $\theta \leq 10^\circ$, los valores de GC_p que se deben utilizar son los de Figuras 9, 10, 11 y 12.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal de un tramo simple o $0,4 h$, la que sea menor, pero no menor que el 4% de la mínima dimensión horizontal de un tramo simple o $0,9 m$;
 - h : altura media del techo, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos menores o iguales que 10° , expresada en metros (m)
 - W : ancho del edificio, expresado en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 17 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos en forma de dientes de sierra con $h \leq 18,3 m$, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico

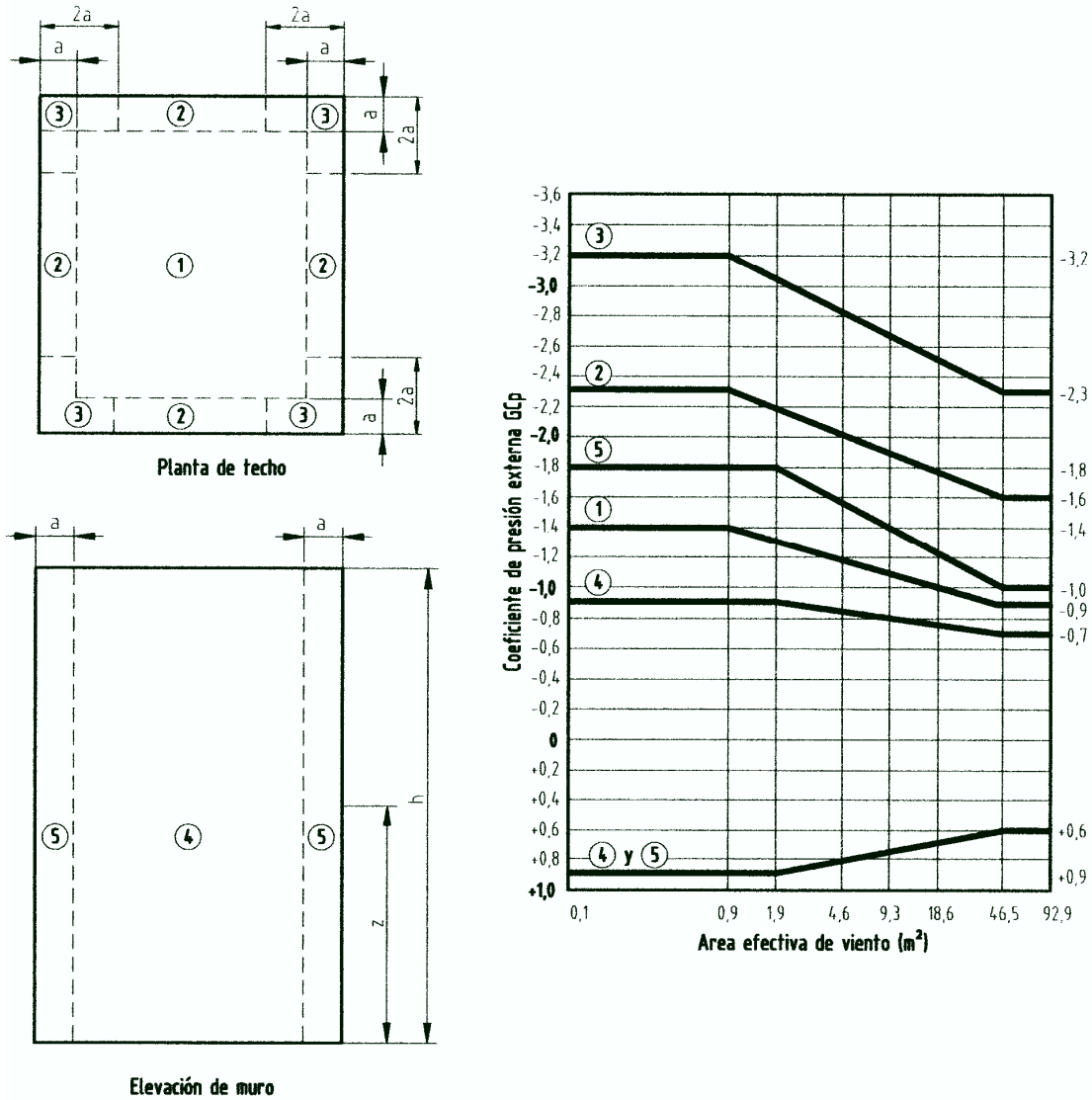


Coeficientes de presión externa para cúpulas con base circular			
	Presiones negativas	Presiones positivas	Presiones positivas
θ , grados	0 - 90	0 - 60	61 - 90
GC_p	-0,9	+0,9	+0,5

NOTAS

- 1) Los valores denotados GC_p son usados con $q_{(h_D+f)}$ donde $h_D + f$ es la altura a la cima de la cúpula.
- 2) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 3) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 4) Valores se aplican para $0 \leq h_D/D \leq 0,5$, $0,2 \leq f/D \leq 0,5$.
- 5) $\theta = 0^\circ$ en el punto donde comienza la curva de la cúpula, $\theta = 90^\circ$ en el punto central más alto de la cúpula f es medido desde el punto donde comienza la curva hasta el punto más alto.

Figura 18 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos en forma de domo, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico



NOTAS

- 1) La escala vertical corresponde a GC_p para ser usada con un apropiado q_z o q_h .
- 2) La escala horizontal denota el área efectiva de viento A , expresada en metros cuadrados (m^2).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 4) Usar q_z con valores positivos de GC_p y q_h con valores negativos de GC_p .
- 5) Cada componente se debe diseñar para presiones máximas positivas y negativas.
- 6) Los coeficientes son para techos con pendientes $\theta \leq 10^\circ$. Para otras pendientes y geometrías de techo, usar los valores de GC_p de Figuras 9, 10, 11 y 12.
- 7) Si un parapeto dado igual o más alto que 0,9 m en todo el perímetro del techo con $\theta \leq 10^\circ$, la zona 3 debe ser tratada como zona 2.
- 8) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal, pero no menor que 0,9 m;
 - h : altura media del techo, excepto cuando se deba usar la altura del alero para ángulos menores o iguales que 10° , expresada en metros (m);
 - z : altura sobre el terreno, expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 19 - Coeficiente de presión externa, GC_p para techos y muros, con $h > 18,3$ m, para elementos secundarios y revestimientos - Estructuras cerradas y parcialmente cerradas - Método 2 analítico

7.11.3 Coeficientes de fuerza

Los coeficientes de fuerza C_f se determinan según Tablas 17, 18 y 19, así como en Figura 20.

Tabla 17 - Coeficiente de fuerza, C_f para chimeneas, estanques, equipos de azotea y estructuras similares - Todas las alturas - Método 2 analítico

Sección transversal	Tipo de superficie	h/D		
		1	7	25
Cuadrada (viento normal a la cara)	Todas	1,3	1,4	2,0
Cuadrada (viento a lo largo de la diagonal)	Todas	1,0	1,1	1,5
Hexagonal y octogonal	Todas	1,0	1,2	1,4
Redonda ($D\sqrt{q_z} > 5,3$, D en m y q_z en N/m^2)	Moderadamente suave	0,5	0,6	0,7
	Rugosas ($D'/D = 0,02$)	0,7	0,8	0,9
	Muy rugosas ($D'/D = 0,08$)	0,8	1,0	0,2
Redonda ($D\sqrt{q_z} \leq 5,3$, D en m y q_z en N/m^2)	Todas	0,7	0,8	1,2

NOTAS

- 1) El diseño de la fuerza del viento se calcula en base al área de la estructura proyectada en un plano normal a la dirección del viento. Se asume que la fuerza actúa paralela a la dirección del viento.
- 2) Se permite la interpolación lineal para valores de h/D distintos a los mostrados.
- 3) Notación:

D : Diámetro de la sección transversal circular y la menor dimensión de la sección transversal cuadrada, hexagonal u octogonal de la elevación considerada, expresado en metros (m).

D' : Altura de los elementos protuberantes, como forma de alerones, expresada en metros (m).

h : Altura de la estructura, expresada en metros (m).

q_z : Presión de velocidad evaluada a una altura z sobre el nivel del suelo, expresada en newton por metros cuadrados (N/m^2).

Tabla 18 - Coeficiente de fuerza, C_f para señalética abiertas y marcos de estructuras enrejadas - Todas las alturas - Método 2 analítico

ϵ	Elementos con caras planas	Elementos redondeados	
		$D\sqrt{q_z} \leq 5,3$	$D\sqrt{q_z} > 5,3$
<0,1	2	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

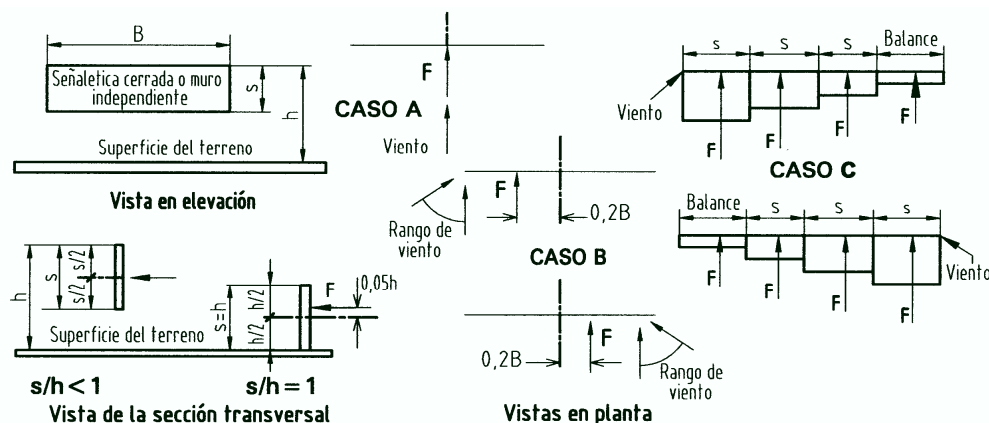
- 1) Letreros con aperturas que comprenden el 30% o más del área bruta, son clasificadas como señalética abiertas.
- 2) El cálculo para diseño de las fuerzas de viento se debe basar en el área de todos los elementos expuestos y los elementos proyectados en un plano normal a la dirección del viento. Las fuerzas se asumen que actúan paralelas a la dirección del viento.
- 3) El área A_f consistente con esos coeficientes de fuerzas, es el área sólida proyectada normal a la dirección del viento.
- 4) Notación:
 ϵ : relación del área sólida y el área bruta;
 D : diámetro de un elemento redondo típico, expresado en metros (m);
 q_z : presión de velocidad evaluada a una altura z sobre el nivel del suelo, expresada en newton por metros cuadrados (N/m²).

Tabla 19 - Coeficiente de fuerza, C_f para torres arriostradas - Todas las alturas - Estructuras abiertas - Método 2 analítico

Sección transversal de la torre	C_f
Cuadrada	$4,0 \times \epsilon^2 - 5,9 \times \epsilon + 4,0$
Triangular	$3,4 \times \epsilon^2 - 4,7 \times \epsilon + 3,4$

NOTAS

- 1) Para todas las direcciones del viento consideradas, el área A_f consistente con los coeficientes de fuerza deben ser el área sólida de una cara de la torre proyectada en el plano de esa cara para un tramo de la torre en cuestión.
- 2) Los coeficientes de fuerza especificados son para torres con ángulos estructurales o elementos estructurales de caras planas.
- 3) Cuando se determina la fuerza de viento en torres que contienen elementos redondeados, es aceptable determinar la fuerza sobre estos elementos multiplicando el coeficiente de fuerza por el factor siguiente:
 $0,51 \times \epsilon^2 + 0,57$, pero no mayor que 1.
- 4) Las fuerzas de viento se deben aplicar en las direcciones que causen los máximos esfuerzos internos en los elementos y las máximas reacciones en los apoyos. Para torres de sección cuadrada, las fuerzas de viento deben ser multiplicados por el factor siguiente, cuando el viento se dirige en dirección diagonal a través de la torre.
 $1 + 0,75 \times \epsilon$, pero no mayor que 1,2.
- 5) Las fuerzas de viento sobre elementos de una torre como escaleras, ductos, luces, ascensores, etc., deben ser calculadas utilizando el apropiado coeficiente de fuerza.
- 6) En caso de acumulación de hielo en la estructura se debe considerar la fuerza sobre éste, a través de NCh431.
- 7) Notación:
 ϵ : relación del área sólida y el área bruta de una cara de la torre, para el segmento en análisis.

 C_f , Caso A y Caso B

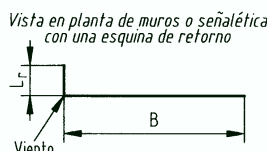
Relación s/h	Relación de apariencia B/s											
	$\leq 0,05$	0,1	0,2	0,5	1	2	2	5	10	20	30	≥ 45
1	1,80	1,70	1,65	1,55	1,45	1,40	1,35	1,35	1,30	1,30	1,30	1,30
0,9	1,85	1,75	1,70	1,60	1,55	1,50	1,45	1,45	1,40	1,40	1,40	1,40
0,7	1,90	1,85	1,75	1,70	1,65	1,60	1,60	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
0,5	1,95	1,85	1,80	1,75	1,75	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,75
0,3	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,85	1,85	1,85
0,2	1,95	1,90	1,85	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,85	1,90	1,90	1,95
$\leq 0,16$	1,95	1,90	1,85	1,85	1,80	1,80	1,85	1,85	1,85	1,90	1,90	1,95

 C_f , Caso C

Región (distancia horizontal del borde del barlovento)	Relación de apariencia B/s									Región (distancia horizontal del borde del barlovento)	Relación de apariencia B/s	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10		13	≥ 45
0 a s	2,25	2,60	2,90	3,10 ¹⁾	3,30 ¹⁾	3,40 ¹⁾	3,55 ¹⁾	3,65 ¹⁾	3,75 ¹⁾	0 a s	4,00 ¹⁾	4,30 ¹⁾
s a 2 s	1,50	1,70	1,90	2,00	2,15	2,25	2,30	2,35	2,45	s a 2 s	2,60	2,55
2 s a 3 s		1,15	1,30	1,45	1,55	1,65	1,70	1,75	1,85	2 s a 3 s	2,00	1,95
3 s a 10 s			1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	0,95	3 s a 4 s	1,50	1,85
										4 s a 5 s	1,35	1,85
										5 s a 10 s	0,90	1,10
										> 10 s	0,55	0,55

L_r/s	Factor de reducción
0,3	0,90
1,0	0,75
≥ 2	0,60

*) Valores se multiplicarán por el siguiente factor de reducción cuando exista un retorno en la esquina



NOTAS

- El término *letrero* en las notas, también aplica para *muros autosoportantes*.
- Letreros con aberturas que comprenden menos del 30% del área bruta son clasificados como letreros sólidos. Los coeficientes de fuerza para letreros sólidos con aberturas, se permite que sean multiplicados por el factor de reducción $(1-(1-\varepsilon)^{1,5})$.
- Para los casos de direcciones del viento tanto normal como oblicuas, se deben considerar los casos siguientes:
 - Para $s/h < 1$:
 - Caso A : La fuerza resultante actúa normal a la cara de los letreros a través del centro geométrico.
 - Caso B : La fuerza resultante actúa normal a la cara de los letreros a una distancia del centro geométrico igual que 0,2 veces del ancho promedio de los letreros hacia el borde a barlovento.
 - Para $B/s \geq 2$, debe ser considerado el Caso C:
 - Caso C : La fuerza resultante actúa normal a la cara de los letreros por el centro geométrico de cada región.
 - Para $s/h = 1$:
 - El mismo caso anterior, salvo que la ubicación de la resultante vertical de las fuerzas se produce a una distancia por encima del centro geométrico, igual que 0,05 veces la altura media del letrero.
- Para el Caso C donde $s/h > 0,8$, los coeficientes de fuerza deben ser multiplicados por el factor de reducción $(1,8-s/h)$.
- La interpolación lineal se permite para otros valores de s/h , B/s y L_r/s de los que se muestran.
- Notación:
 - B : dimensión horizontal de los letreros, expresada en metros (m);
 - h : altura del letrero, expresada en metros (m);
 - s : dimensión vertical del letrero, expresada en metros (m);
 - ε : relación del área sólida y el área bruta.
 - L_r : dimensión horizontal equivalente de la esquina de retorno.

Figura 20 - Coeficiente de fuerza, C_f , para muros sólidos independientes y letrero sólida - Todas las alturas - Método 2 analítico

7.11.4 Techos en voladizo

7.11.4.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

Los techos en voladizo se diseñan para presiones positivas en la superficie inferior de éstos en la dirección barlovento correspondiente a un coeficiente de presión externa, $C_p = 0,8$ combinado con las presiones determinadas en Tabla 15 y en Figura 8.

7.11.4.2 Elementos secundarios y de revestimiento

Para todo tipo de estructuras, los techos en voladizo se diseñan para las presiones determinadas según los coeficientes de presiones indicados en Figuras 10, 11 y 12.

7.11.5 Parapetos

7.11.5.1 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

Los coeficientes de presiones para el efecto en las fuerzas de diseño sobre el SPRFV de los parapetos se establecen en 7.12.2.4.

7.11.5.2 Elementos secundarios y de revestimiento

Los coeficientes de presiones para el diseño de los elementos secundarios y de revestimiento de los parapetos se extraen a partir de los coeficientes de los muros y techo de acuerdo a lo especificado en 7.12.4.4.

7.12 Cargas de viento para edificios cerrados o parcialmente cerrados

7.12.1 General

7.12.1.1 Convención de signos

Las presiones positivas actúan hacia la superficie (presión) y las presiones negativas actúan alejándose de la superficie (succión).

7.12.1.2 Condición crítica de carga

Los valores de las presiones externas e internas se combinan algebraicamente para determinar la carga más crítica.

7.12.1.3 Áreas tributarias mayores que 65 m²

Los elementos secundarios y de revestimiento con un área tributaria mayor que 65 m² se deben diseñar usando las disposiciones para el SPRFV.

7.12.2 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

7.12.2.1 Construcciones rígidas de cualquier altura

El diseño de las cargas de viento para el SPRFV de construcciones rígidas de cualquier altura se determina con la ecuación siguiente:

$$p = q \times G \times C_p - q_i \times (GC_{pi}) \quad (\text{N/m}^2) \quad (23)$$

en que:

$q = q_z$ = para muros a barlovento evaluados a una altura z sobre el suelo;

$q = q_h$ = para muros a sotavento, muros laterales y techos evaluados a una altura h ;

$q_i = q_h$ = Para muros a barlovento, muros laterales, muros a sotavento y techos de estructuras cerradas y para presiones internas negativas de estructuras parcialmente cerradas;

$q_i = q_z$ = para presiones internas positivas evaluadas en estructuras parcialmente cerradas, donde la altura z está definida como el nivel de la abertura más alta de la estructura que podría afectar la presión interna positiva. Para evaluación de presiones internas positivas, q_i debe ser evaluado conservadoramente a una altura h ;

G = factor del efecto ráfaga, según 7.8;

C_p = coeficiente de presión externa, según lo indicado en Tablas 14, 15 y 16;

GC_{pi} = coeficiente de presión interna, según lo indicado en Tabla 13.

Las presiones se aplican simultáneamente en muros a barlovento y sotavento y en las superficies de los techos definidas en Figura 6.

q y q_i deben ser evaluadas usando las categorías de exposición definidas en 7.6.4. Las presiones deben ser aplicadas simultáneamente en muros a barlovento y a sotavento y a las superficies de techo como se define en Figura 6 y Tabla 16.

7.12.2.2 Construcciones de baja altura

Alternativamente, las presiones de diseño del viento para el SPRFV de construcciones de baja altura se determinan con la ecuación siguiente:

$$p = q_h \times \left[(GC_{pf}) - (GC_{pi}) \right] \quad (\text{N/m}^2) \quad (24)$$

en que:

q_h = distribución de velocidades evaluada a la altura media del techo, utilizando las categorías de exposición definidas en 7.6.4;

GC_{pf} = coeficiente de presión externa, según lo indicado en Figura 8;

GC_{pi} = coeficiente de presión interna, según lo indicado en Tabla 13.

7.12.2.3 Estructuras flexibles

El diseño de las presiones de viento para el SPRFV de estructuras flexibles se determina con la ecuación siguiente:

$$p = q \times G_f \times C_p - q_i \times (GC_{pi}) \quad (\text{N/m}^2) \quad (25)$$

Donde q , q_i , C_p y (GC_{pi}) son definidos en 7.12.2.1, y el factor del efecto ráfaga, G_f , se define en 7.8.2.

7.12.2.4 Parapetos

La presión de diseño de viento para el efecto que tienen los parapetos sobre el SPRFV de construcciones rígidas, de baja altura o edificios flexibles con techos planos, triangulares o piramidales se determina con la ecuación siguiente:

$$p_p = q_p \times GC_{pn} \quad (\text{N/m}^2) \quad (26)$$

en que:

p_p = presión neta combinada en el parapeto debido a la combinación de presiones netas desde las superficies frontales y traseras del parapeto. Signos positivo (y negativo) significan que la presión neta actúa a favor (y en contra) a la cara frontal (exterior) del parapeto;

q_p = distribución de velocidades evaluada en lo más alto del parapeto;

GC_{pn} = coeficiente de presión neta combinada:

+ 1,5 para el parapeto a barlovento;

-1,0 para el parapeto a sotavento.

7.12.3 Diseño para diferentes casos de carga de viento

El SPRFV de construcciones de todo tipo de altura, cuyas cargas de viento han sido determinadas según 7.12.2.1 y 7.12.2.3, deben ser diseñadas para los casos de cargas de viento definidas en Figura 21. La excentricidad e para estructuras rígidas debe ser medida desde el centro geométrico de la cara de la construcción y debe ser considerada para cada eje principal (e_x, e_y). La excentricidad e para estructuras flexibles debe ser determinada según la siguiente ecuación y se debe considerar para cada uno de los ejes principales (e_x, e_y).

$$e = \frac{e_Q + 1,7 \times I_z \times \sqrt{(g_Q \times Q \times e_Q)^2 + (g_R \times R \times e_R)^2}}{1 + 1,7 \times I_z \times \sqrt{(g_Q \times Q)^2 + (g_R \times R)^2}} \quad (27)$$

en que:

e_Q = excentricidad e como se determina para una estructura rígida en Figura 21;

e_R = distancia entre el centro elástico de corte y el centro de masa de cada piso;

I_z, g_Q = coeficientes definidos en 7.8;

Q, g_R = coeficientes definidos en 7.8;

R = coeficiente definido en 7.8.

El signo de la excentricidad e debe ser positivo o negativo, tomando en cuenta el que cause el efecto de carga más severo.

Construcciones de un solo piso con h menor o igual que 9,1 m, edificios de dos pisos o menos, estructurados con construcción de marcos ligeros, y construcciones de dos pisos o menos diseñados con diafragma flexible necesitan solo ser diseñados con el caso de cargas 1 y el caso de carga 3 de Figura 21.

7.12.4 Elementos secundarios y de revestimientos

7.12.4.1 Construcciones de baja altura y construcciones con $h \leq 18,3$ m

Las presiones de diseño en los elementos secundarios y de revestimiento de construcciones de baja altura y construcciones con $h \leq 18,3$ m deben ser determinadas con la ecuación siguiente:

$$p = q_h \times \left[\left(GC_{pf} \right) - \left(GC_{pi} \right) \right] \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (28)$$

en que:

q_h = distribución de velocidades evaluada a la altura media del techo, utilizando las categorías de exposición definidas en 7.6.4, evaluar según ecuación 21;

GC_{pf} = coeficiente de presión externa, según lo indicado desde Figura 9 hasta Figura 18;

GC_{pi} = coeficiente de presión interna, según lo indicado en Tabla 13.

7.12.4.2 Construcciones con $h > 18,3$ m

Las presiones de diseño en los elementos secundarios y de revestimiento para todas las construcciones con $h > 18,3$ m deben ser determinadas con la ecuación siguiente:

$$p = q \times GC_p - q_i \times \left(GC_{pi} \right) \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (29)$$

en que:

$q = q_z$ = para muros a barlovento evaluados a una altura z sobre el suelo;

$q = q_h$ = para muros a sotavento, muros laterales y techos evaluados a una altura h ;

$q_i = q_h$ = para muros a barlovento, muros laterales, muros a sotavento y techos de estructuras cerradas y para presiones internas negativas de estructuras parcialmente cerradas;

$q_i = q_z$ = para presiones internas positivas evaluadas en estructuras parcialmente cerradas, donde la altura z está definida como el nivel de la abertura más alta de la estructura que puede afectar la presión interna positiva. Para evaluación de presiones internas positivas, q_i debe ser evaluado conservadoramente a una altura h ;

GC_p = coeficiente de presión externa, según lo indicado en Figura 19;

GC_{pi} = coeficiente de presión interna, según lo indicado en Tabla 13.

7.12.4.3 Método alternativo para determinar las presiones de diseño para elementos secundarios y de revestimiento en construcciones con $18,3 \text{ m} < h < 27,4 \text{ m}$

Alternativamente a los requerimientos de 7.12.4.2, el diseño de elementos secundarios y de revestimiento para construcciones con altura media de techo mayor que 18,3 m y menor que 27,4 m, se deben utilizar los valores desde Figura 9 hasta Figura 19 sólo si la razón alto/ancho es menor o igual que 1 (excepto cuando se permita por Figura 19, Nota 6) y se utilice ecuación 28.

7.12.4.4 Parapetos

La presión de viento de diseño de elementos secundarios y de revestimiento de los parapetos debe ser diseñada por la ecuación siguiente:

$$p = q_p \times \left[\left(GC_{pf} \right) - \left(GC_{pi} \right) \right] \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (30)$$

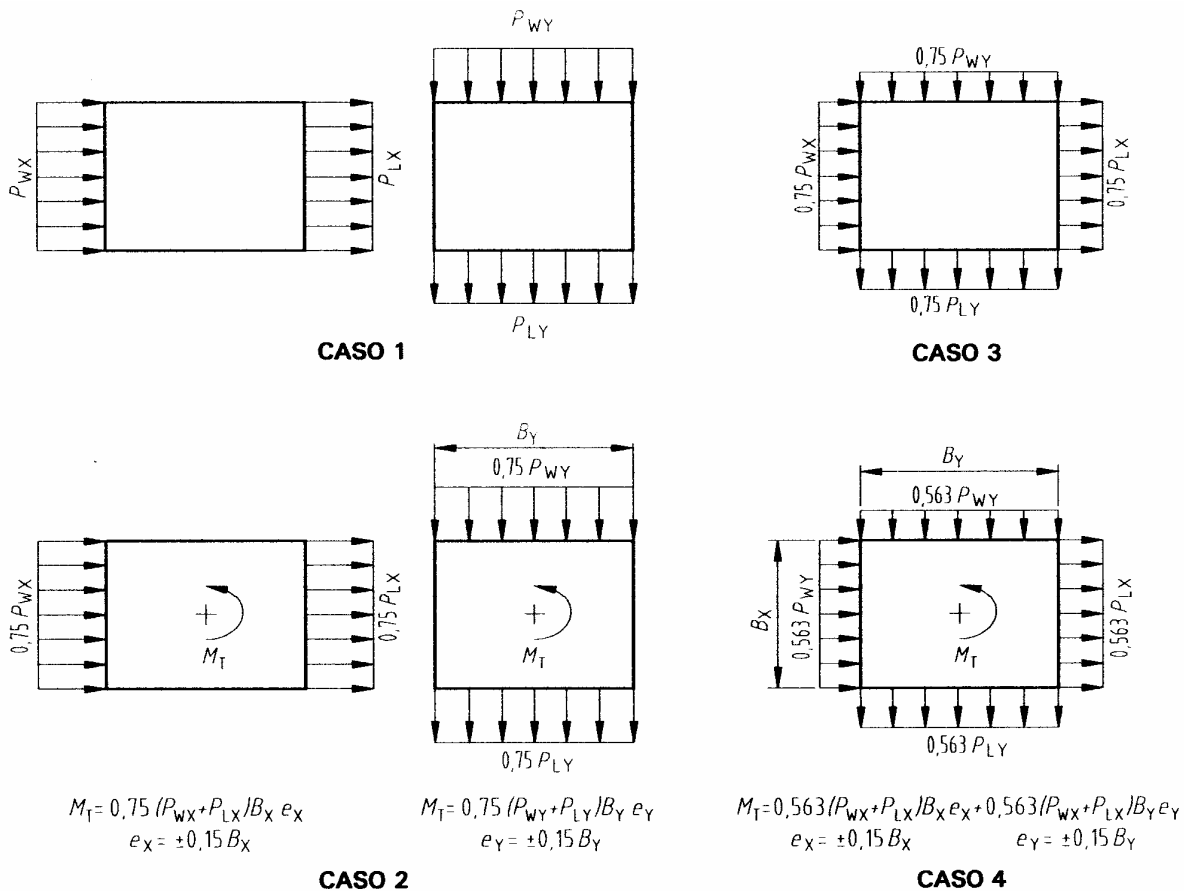
en que:

q_p = distribución de velocidades evaluada en lo más alto del parapeto;

GC_p = coeficiente de presión externa, según lo indicado desde Figura 9 hasta Figura 18;

GC_{pi} = coeficiente de presión interna, según lo indicado en Tabla 13.

Se deben considerar dos casos de carga. El caso A consiste en aplicar, la presión positiva aplicable (en muros, Figura 9 o Figura 19) a la superficie frontal del parapeto, mientras se aplica, donde corresponda, la presión negativa en bordes o esquinas del techo a la superficie posterior (desde Figura 9 hasta Figura 19). El caso B consiste en aplicar, la presión positiva aplicable (en muros, Figura 9 o Figura 19) a la superficie posterior del parapeto, y aplicar donde corresponda, la presión negativa en la superficie de frontal (desde Figura 9 hasta Figura 19). Los bordes y esquinas se estructuran como se muestra desde Figura 9 hasta Figura 19. GC_p se determina para la apropiada pendiente de techo y el área efectiva de estas mismas figuras. Si la presión interna está presente, ambos casos se deben evaluar frente a presiones negativas y positivas.



- Caso 1** Diseño con la presión del viento completa actuando sobre el área proyectada perpendicular a cada eje principal de la estructura, considerada por separado a lo largo de cada eje principal.
- Caso 2** Diseño con 3/4 de la presión del viento actuando sobre el área proyectada perpendicular a cada eje principal de la estructura en conjunto como un momento torsional como el mostrado, considerada por separado en cada eje principal.
- Caso 3** Carga de viento como la definida en el Caso 1, pero considerando que actúa simultáneamente el 75% del valor especificado.
- Caso 4** Carga de viento como la definida en el Caso 2, pero considerando que actúa simultáneamente el 75% del valor especificado.

NOTAS

- 1) La presión del viento de diseño en las caras de barlovento y sotavento deben ser determinadas de acuerdo con lo previsto en 7.12.2.1 y 7.12.3, aplicable para edificios de grandes alturas.
- 2) Los diagramas muestran la vista en planta del edificio.
- 3) Notación:

P_{WX}, P_{WY} : presión de diseño en la cara a barlovento actuando en los ejes principales X e Y, respectivamente;

P_{LX}, P_{LY} : presión de diseño en la cara de sotavento en los ejes principales X e Y, respectivamente;

$e (e_X, e_Y)$: excentricidad de los ejes principales X e Y de la estructura, respectivamente;

M_T : momento torsional por unidad de altura actuando sobre un eje vertical del edificio.

**Figura 21 - Casos de cargas de viento de diseño sistema SPRV -
Todas las alturas - Método 2 analítico**

7.13 Cálculo de cargas de viento en edificios abiertos con techos de pendiente única, a dos aguas dispuestos en forma cóncava y a dos aguas dispuesto en forma convexa

7.13.1 General

7.13.1.1 Convención de signo

El signo positivo o negativo significa que la presión actúa a favor o en contra de la superficie del techo respectivamente.

7.13.1.2 Condición de carga crítica

El coeficiente de presión neta C_N incluye las contribuciones de la zona alta y baja de cualquier superficie. Todos los casos de carga indicados para cada pendiente de techo se deben evaluar.

7.13.2 Sistema principal resistente a las fuerzas del viento

La presión neta de viento de diseño para el SPRFV de techos con pendiente única, dispuestos en forma cóncava, y dispuestos en forma convexa, se debe determinar con la ecuación siguiente:

$$p = q_h \times G \times C_N \quad (31)$$

en que:

- q_h = distribución de velocidades evaluada en la altura media del techo, utilizando las categorías de exposición definidas en 7.6.4;
- G = factor del efecto ráfaga, según lo indicado en 7.8;
- C_N = coeficiente de presión neta determinado de Figuras 22 hasta Figura 25.

Para techos libres con pendiente única, con un ángulo $\theta \leq 5^\circ$ (ángulo con respecto a la horizontal) y que contengan paneles protectores, éstos se consideran como parapetos invertidos. La contribución en la carga de los protectores a las cargas del SPRFV se determina según 7.12.4.4, con q_p igual a q_h .

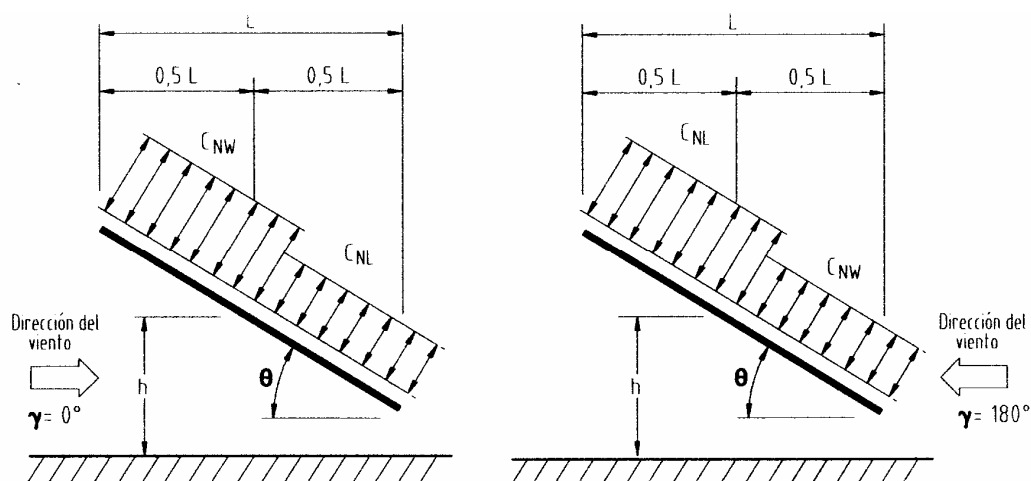
7.13.3 Elementos secundarios y de revestimiento

La presión neta de viento de diseño para los elementos secundarios y de revestimiento de techos con pendiente única, dispuesto en forma cóncava y dispuesto en forma convexa, se debe determinar con la ecuación siguiente:

$$p = q_h \times G \times C_N \quad (32)$$

en que:

- q_h = distribución de velocidades evaluada en la altura media del techo, utilizando las categorías de exposición definidas en 7.6.4;
- G = factor del efecto ráfaga, según lo indicado en 7.8;
- C_N = coeficiente de presión neta determinado de Figuras 26 hasta Figura 28.



Pendiente de techo	Caso de carga	Dirección del viento $\gamma = 0^\circ$				Dirección del viento $\gamma = 180^\circ$			
		Flujo de viento despejado		Flujo de viento obstruido		Flujo de viento despejado		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
0°	A	1,2	0,3	-0,5	-1,2	+1,2	0,3	-0,5	-1,2
	B	-1,1	-0,1	-1,1	-0,6	-1,1	-0,1	-1,1	-0,6
$7,5^\circ$	A	-0,6	-1	-1	-1,5	0,9	1,5	-0,2	-1,2
	B	-1,4	0	-1,7	-0,8	1,6	0,3	0,8	-0,3
15°	A	-0,9	-1,3	-1,1	-1,5	1,3	1,6	0,4	-1,1
	B	-1,9	0	-2,1	-0,6	1,8	0,6	1,2	-0,3
$22,5^\circ$	A	-1,5	-1,6	-1,5	-1,7	1,7	1,8	0,5	-1
	B	-2,4	-0,3	-2,3	-0,9	2,2	0,7	1,3	0
30°	A	-1,8	-1,8	-1,5	-1,8	2,1	2,1	0,6	-1
	B	-2,5	-0,5	-2,3	-1,1	2,6	1	1,6	0,1
$37,5^\circ$	A	-1,8	-1,8	-1,5	-1,8	2,1	2,2	0,7	-0,9
	B	-2,4	-0,6	-2,2	-1,1	2,7	1,1	1,9	0,3
45°	A	-1,6	-1,8	-1,3	-1,8	2,2	2,5	0,8	-0,9
	B	-2,3	-0,7	-1,9	-1,2	2,6	1,4	2,1	0,4

NOTAS

- 1) C_{NW} y C_{NL} denotan presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior) para barlovento y sotavento para la mitad de la superficie del techo, respectivamente.
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo del viento (bloqueo > 50%).
- 3) Para valores de θ entre $7,5^\circ$ y 45° , la interpolación lineal se permite. Para valores de θ menores que $7,5^\circ$, usar los coeficientes de cargas para $\theta = 0^\circ$.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 5) Todos los estados de cargas mostrados para cada pendiente de techo deben ser investigados.
- 6) Notación:

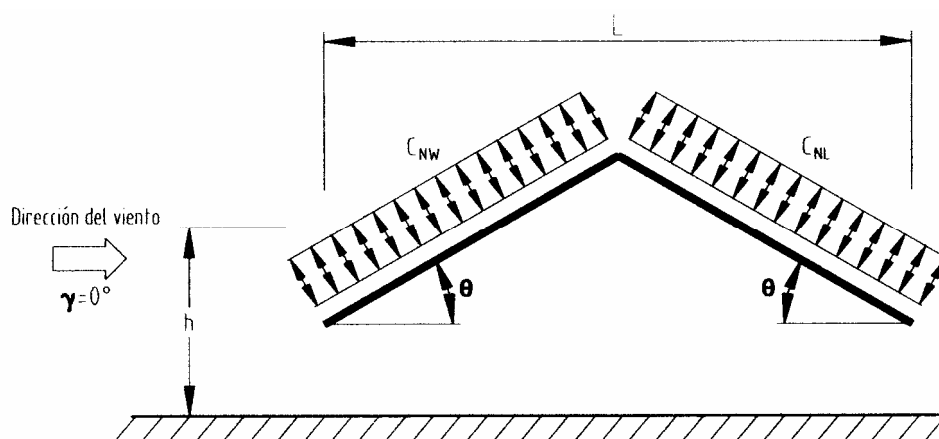
L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);

h : altura media de techo, expresada en metros (m);

γ : dirección del viento, expresada en grados ($^\circ$);

θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 22 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de pendiente única, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $q \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos



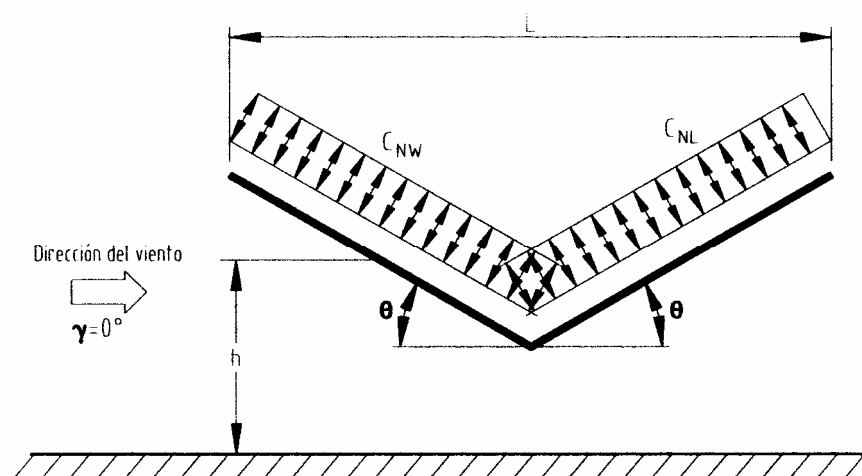
Pendiente del techo	Caso de carga	Dirección del viento $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$			
		Flujo de viento despejado		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
7,5°	A	1,1	-0,3	-1,6	-1
	B	0,2	-1,2	-0,9	-1,7
15°	A	1,1	-0,4	-1,2	-1
	B	0,1	-1,1	-0,6	-1,6
22,5°	A	1,2	0,1	-1,2	-1,2
	B	-0,1	-0,8	-0,8	-1,7
30°	A	1,3	0,3	-0,7	-0,7
	B	-0,1	-0,9	-0,2	-1,1
37,5°	A	1,3	0,6	-0,6	-0,6
	B	-0,2	-0,6	-0,3	-0,9
45°	A	1,1	0,9	-0,5	-0,5
	B	-0,3	-0,5	-0,3	-0,7

NOTAS

- 1) C_{NW} y C_{NL} denotan presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior) para barlovento y sotavento en la mitad de la superficie del techo, respectivamente.
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo del viento (bloqueo > 50%).
- 3) Para valores de θ entre 7,5° y 45°, la interpolación lineal está permitida. Para valores de θ menor que 7,5°, usar los coeficientes de cargas para techos con una pendiente.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 5) Todos los estados de cargas mostrados para cada pendiente de techo deben ser investigados.
- 6) Notación:

- L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);
- h : altura media del techo, expresada en metros (m);
- γ : dirección del viento, expresada en grados (°);
- θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados (°).

Figura 23 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos



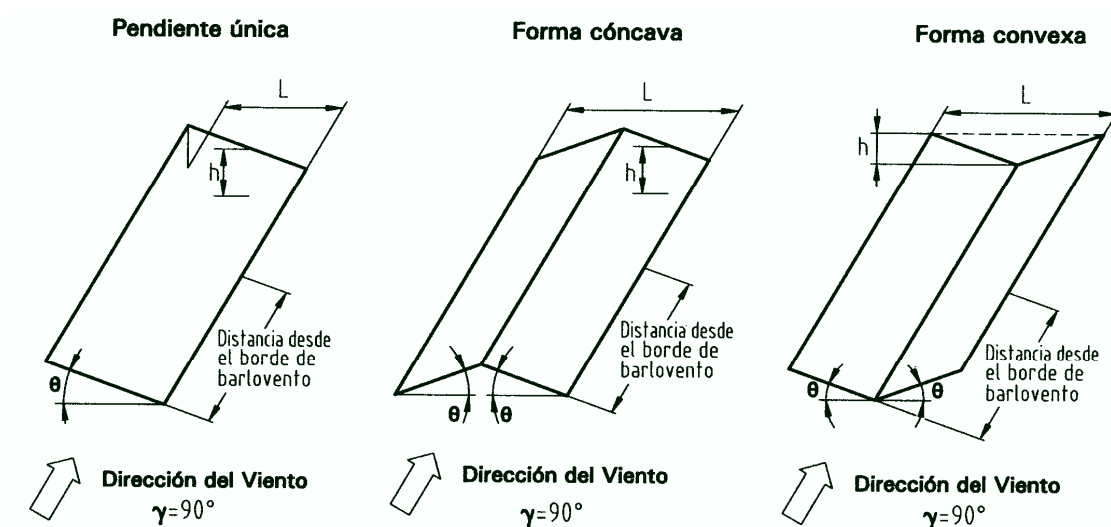
Pendiente del techo	Caso de carga	Dirección del viento $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$			
		Flujo de viento despejado		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
7,5°	A	-1,1	0,3	-1,6	-0,5
	B	-0,2	1,2	-0,9	-0,8
15°	A	-1,1	0,4	-1,2	-0,5
	B	0,1	1,1	-0,6	-0,8
22,5°	A	-1,1	-0,1	-1,2	-0,6
	B	-0,1	0,8	-0,8	-0,8
30°	A	-1,3	-0,3	-1,4	-0,4
	B	-0,1	0,9	-0,2	-0,4
37,5°	A	-1,3	-0,6	-1,4	-0,3
	B	0,2	0,6	-0,3	-0,4
45°	A	-1,1	-0,9	-1,2	-0,3
	B	0,3	0,5	-0,3	-0,4

NOTAS

- 1) C_{NW} y C_{NL} denotan presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior) para barlovento y sotavento en la mitad de la superficie del techo, respectivamente.
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo del viento (bloqueo > 50%).
- 3) Para valores de θ entre 7,5° y 45°, la interpolación lineal está permitida. Para valores de θ menor que 7,5°, usar los coeficientes de cargas para techos con una pendiente.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y desde la superficie, respectivamente.
- 5) Todos los estados de cargas mostrados para cada pendiente de techos deben ser investigados.
- 6) Notación:

- L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);
- h : altura media del techo, expresada en metros (m);
- γ : dirección del viento, expresada en grados (°);
- θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados (°).

Figura 24 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma convexa, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos



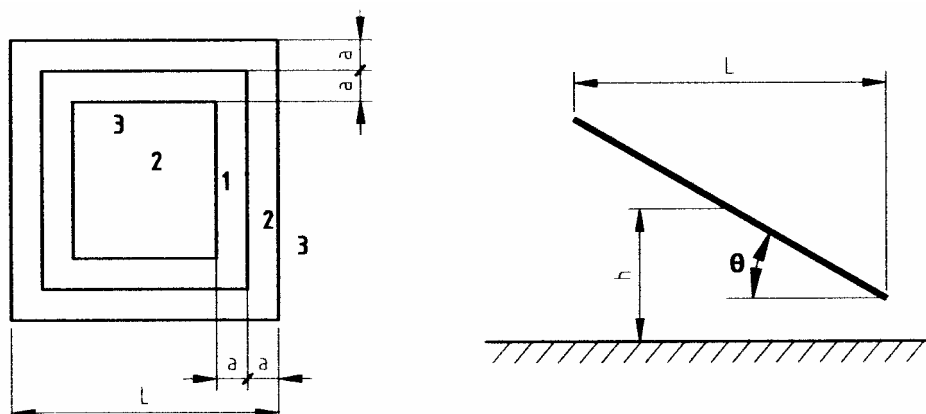
Distancia horizontal desde borde de barlovento	Pendiente de techo θ	Caso de carga	Flujo de viento despejado	Flujo de viento obstruido
			C_N	C_N
$\leq h$	Todas las pendientes	A	-0,8	-1,2
	$\theta \leq 45^\circ$	B	0,8	0,5
$> h, \leq 2h$	Todas las pendientes	A	-0,6	-0,9
	$\theta \leq 45^\circ$	B	0,5	0,5
$> 2h$	Todas las pendientes	A	-0,3	-0,6
	$\theta \leq 45^\circ$	B	0,3	0,3

NOTAS

- 1) C_N denota presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior).
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo del viento (bloqueo $> 50\%$).
- 3) Signos más y menos significan presión actuando hacia y afuera de la superficie, respectivamente.
- 4) Todos los estados de cargas mostrados para cada pendiente de techo deben ser investigados.
- 5) Para techos con pendiente única con θ menor que 5° , los valores de C_N mostrados se aplican también para los casos donde $\gamma = 0^\circ$ y $0,05 \leq h/L \leq 0,25$. Ver Figura 22 para otros valores de h/L .
- 6) Notación:

- L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresado en metros (m);
- h : altura media del techo, expresada en metros (m);
- γ : dirección del viento, expresada en grados ($^\circ$);
- θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 25 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos con una pendiente, de dos aguas dispuestos en forma convexa y en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$ y $\gamma = 0^\circ, 180^\circ$, para el SPRFV en edificios abiertos

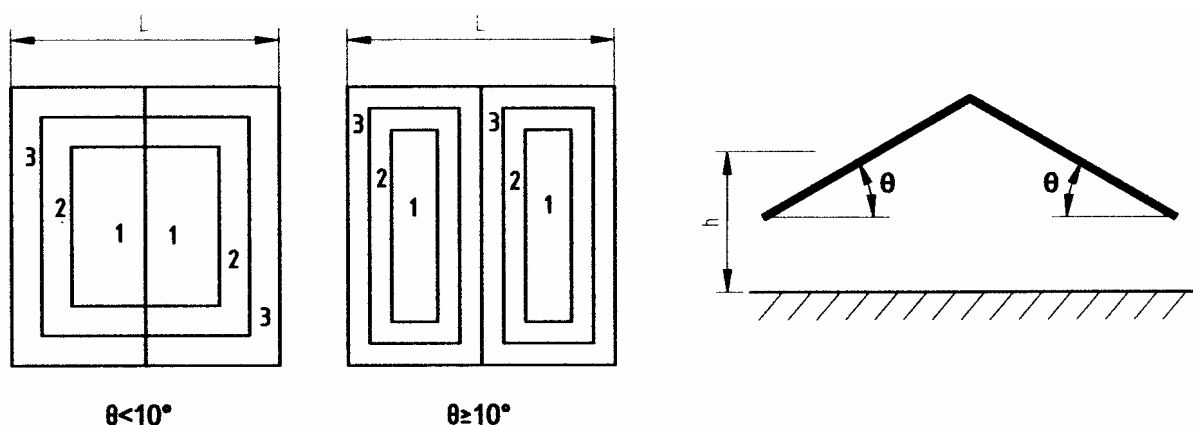


Pendiente de techo θ	Area efectiva de viento	C_N											
		Flujo de viento despejado						Flujo de viento obstruido					
		Zona 3		Zona 2		Zona 1		Zona 3		Zona 2		Zona 1	
0°	$\leq a^2$	2,4	-3,3	1,8	-1,7	1,2	-1,1	1	-3,6	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,8	-1,7	1,8	-1,7	1,2	-1,1	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,2	-1,1	1,2	-1,1	1,2	-1,1	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2
7,5°	$\leq a^2$	3,2	-4,2	2,4	-2,1	1,6	-1,4	1,6	-5,1	1,2	-2,6	0,8	-1,7
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	2,4	-2,1	2,4	-2,1	1,6	-1,4	1,2	-2,6	1,2	-2,6	0,8	-1,7
	$> 4,0 a^2$	1,6	-1,4	1,6	-1,4	1,6	-1,4	0,8	-1,7	0,8	-1,7	0,8	-1,7
15°	$\leq a^2$	3,6	-3,8	2,7	-2,9	1,8	-1,9	2,4	-4,2	1,8	-3,2	1,2	-2,1
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	2,7	-2,9	2,7	-2,9	1,8	-1,9	1,8	-3,2	1,8	-3,2	1,2	-2,1
	$> 4,0 a^2$	1,8	-1,9	1,8	-1,9	1,8	-1,9	1,2	-2,1	1,2	-2,1	1,2	-2,1
30°	$\leq a^2$	5,2	-5	3,9	-3,8	2,6	-2,5	3,2	-4,6	2,4	-3,5	1,6	2,3
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	3,9	-3,8	3,9	-3,8	2,6	-2,5	2,4	-3,5	2,4	-3,5	1,6	-2,3
	$> 4,0 a^2$	2,6	-2,5	2,6	-2,5	2,6	-2,5	1,6	-2,3	1,6	-2,3	1,6	-2,3
45°	$\leq a^2$	5,2	-4,6	3,9	-3,5	2,6	-2,3	4,2	-3,8	3,2	-2,9	2,1	-1,9
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	3,9	-3,5	3,9	-3,5	2,6	-2,3	3,2	-2,9	3,2	-2,9	2,1	-1,9
	$> 4,0 a^2$	2,6	-2,3	2,6	-2,3	2,6	-2,3	2,1	-1,9	2,1	-1,9	2,1	-1,9

NOTAS

- 1) C_N denota presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior).
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo de viento (bloqueo $> 50\%$).
- 3) Para otros valores de θ de los mostrados, la interpolación lineal está permitida.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y afuera de la superficie, respectivamente.
- 5) Elementos secundarios y revestimientos se deben diseñar para los coeficientes de presión positivos y negativos que se muestran.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$ que es la más pequeña, pero no menor que 4% de la dimensión horizontal o 0,9 m;
 - L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m);
 - γ : dirección del viento, expresada en grados ($^\circ$);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 26 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de pendiente única, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios y revestimientos en edificios abiertos

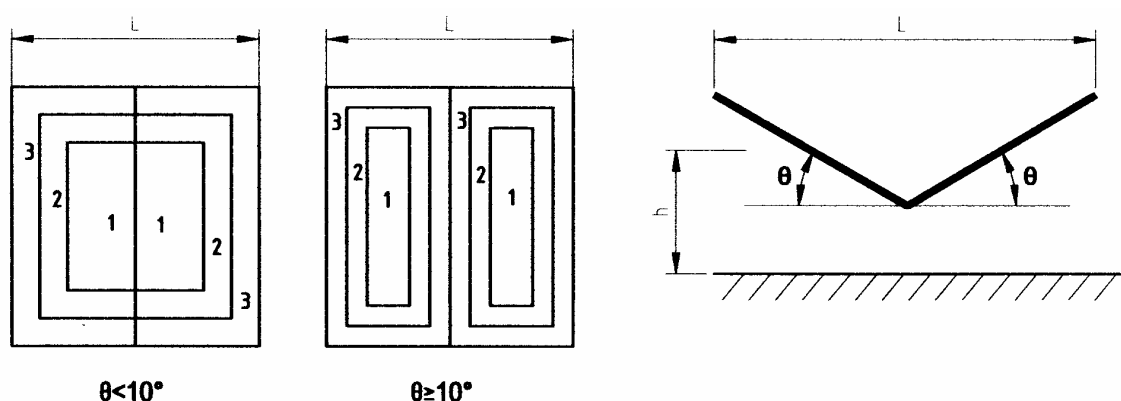


Pendiente de techo θ	Area efectiva de viento	C_N											
		Flujo de viento despejado						Flujo de viento obstruido					
		Zona 3		Zona 2		Zona 1		Zona 3		Zona 2		Zona 1	
0°	$\leq a^2$	2,4	-3,3	1,8	-1,7	1,2	-1,1	1	-3,6	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,8	-1,7	1,8	-1,7	1,2	-1,1	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,2	-1,1	1,2	-1,1	1,2	-1,1	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2
7,5°	$\leq a^2$	2,2	-3,6	1,7	-1,8	1,1	-1,2	1	-5,1	0,8	-2,6	0,5	-1,7
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,7	-1,8	1,7	-1,8	1,1	-1,2	0,8	-2,6	0,8	-2,6	0,5	-1,7
	$> 4,0 a^2$	1,1	-1,2	1,1	-1,2	1,1	-1,2	0,5	-1,7	0,5	-1,7	0,5	-1,7
15°	$\leq a^2$	2,2	-2,2	1,7	-1,7	1,1	-1,1	1	-3,2	0,8	-2,4	0,5	-1,6
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,7	-1,7	1,7	-1,7	1,1	-1,1	0,8	-2,4	0,8	-2,4	0,5	-1,6
	$> 4,0 a^2$	1,1	-1,1	1,1	-1,1	1,1	-1,1	0,5	-1,6	0,5	-1,6	0,5	-1,6
30°	$\leq a^2$	2,6	-1,8	2	-1,4	1,3	-0,9	1	-2,4	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	2	-1,4	2	-1,4	1,3	-0,9	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,3	-0,9	1,3	-0,9	1,3	-0,9	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2
45°	$\leq a^2$	2,2	-1,6	1,7	-1,2	1,1	-0,8	1	-2,4	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,7	-1,2	1,7	-1,2	1,1	-0,8	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,1	-0,8	1,1	-0,8	1,1	-0,8	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2

NOTA

- 1) C_N denota presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior).
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo de viento (bloqueo $> 50\%$).
- 3) Para otros valores de θ de los mostrados, la interpolación lineal está permitida.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y afuera de la superficie, respectivamente.
- 5) Elementos secundarios y revestimientos se deben diseñar para los coeficientes de presión positivos y negativos que se muestran.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$ que es la más pequeña, pero no menor que 4% de la dimensión horizontal o $0,9 m$;
 - L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 27 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma cóncava, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios y revestimientos en edificios abiertos



Pendiente de techo θ	Area efectiva de viento	C_N											
		Flujo de viento despejado						Flujo de viento obstruido					
		Zona 3		Zona 2		Zona 1		Zona 3		Zona 2		Zona 1	
0°	$\leq a^2$	2,4	-3,3	1,8	-1,7	1,2	-1,1	1	-3,6	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,8	-1,7	1,8	-1,7	1,2	-1,1	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,2	-1,1	1,2	-1,1	1,2	-1,1	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2
7,5°	$\leq a^2$	2,4	-3,3	1,8	-1,7	1,2	-1,1	1	-4,8	0,8	-2,4	0,5	-1,6
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,8	-1,7	1,8	-1,7	1,2	-1,1	0,8	-2,4	0,8	-2,4	0,5	-1,6
	$> 4,0 a^2$	1,2	-1,1	1,2	-1,1	1,2	-1,1	0,5	-1,6	0,5	-1,6	0,5	-1,6
15°	$\leq a^2$	2,2	-2,2	1,7	-1,7	1,1	-1,1	1	-2,4	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,7	-1,7	1,7	-1,7	1,1	-1,1	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	1,1	-1,1	1,1	-1,1	1,1	-1,1	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2
30°	$\leq a^2$	1,8	-2,6	1,4	-2	0,9	-1,3	1	-2,8	0,8	-2,1	0,5	-1,4
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,4	-2	1,4	-2	0,9	-1,3	0,8	-2,1	0,8	-2,1	0,5	-1,4
	$> 4,0 a^2$	0,9	-1,3	1,9	-1,3	0,9	-1,3	0,5	-1,4	0,5	-1,4	0,5	-1,4
45°	$\leq a^2$	1,6	-2,2	1,2	-1,7	0,8	-1,1	1	-2,4	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> a^2; \leq 4,0 a^2$	1,2	-1,7	1,2	-1,7	0,8	-1,1	0,8	-1,8	0,8	-1,8	0,5	-1,2
	$> 4,0 a^2$	0,4	-1,1	1,8	-1,1	0,8	-1,1	0,5	-1,2	0,5	-1,2	0,5	-1,2

NOTAS

- 1) C_N denota presión neta (contribuciones de las superficies superior e inferior).
- 2) Flujo de viento despejado denota un flujo de viento relativamente libre con un bloqueo menor o igual que 50%. Flujo de viento obstruido denota objetos por debajo de la inhibición del flujo de viento (bloqueo $> 50\%$).
- 3) Para otros valores de θ de los mostrados, la interpolación lineal está permitida.
- 4) Signos más y menos significan presión actuando hacia y afuera de la superficie, respectivamente.
- 5) Elementos secundarios y revestimientos se diseñan para los coeficientes de presión positivos y negativos que se muestran.
- 6) Notación:
 - a : 10% de la menor dimensión horizontal o $0,4 h$ que es la más pequeña, pero no menor que 4% de la dimensión horizontal o 0,9 m;
 - L : dimensión horizontal del techo, medido a lo largo de la dirección del viento, expresada en metros (m);
 - h : altura media del techo, expresada en metros (m);
 - γ : dirección del viento, expresada en grados ($^\circ$);
 - θ : ángulo del techo con respecto a la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).

Figura 28 - Coeficiente de presión neta, C_N para techos de dos aguas dispuestos en forma convexa, con $0,25 \leq h/L \leq 1,0$; $\theta \leq 45^\circ$, para elementos secundarios y revestimientos en edificios abiertos

7.14 Diseño de las cargas de viento de paredes independientes y letreros sólidos

Las fuerzas de viento de diseño para paredes independientes y letreros deben ser determinadas con la fórmula siguiente:

$$F = q_h \times G \times C_f \times A_s \quad (\text{N}) \quad (33)$$

en que:

q_h = distribución de velocidades evaluada en la altura h (definida en ecuación 21);

G = factor del efecto ráfaga, según lo indicado en 7.8;

C_f = coeficiente de la fuerza neta según Figura 20;

A_s = área bruta del muro independiente o del letrero.

7.15 Diseño de cargas de viento en otras estructuras

7.15.1 Cálculo de fuerza del viento para otras estructuras

Las fuerzas de viento de diseño para otras estructuras se determinan con la fórmula siguiente:

$$F = q_z \times G \times C_f \times A_f \quad (\text{N}) \quad (34)$$

en que:

q_z = distribución de velocidades evaluada a una altura z del área A_f ;

G = factor del efecto ráfaga, según lo indicado en 7.8;

C_f = coeficiente de la fuerza neta según Figuras 21, 22 y 23;

A_f = área proyectada normal al viento, excepto cuando C_f sea especificada para el área de la superficie efectiva.

7.15.2 Estructuras de azotea y equipos para construcciones con $h \leq 18,3$ m

La fuerza de viento en las estructuras de azotea y equipos con A_f menor que $(0,1 \times B \times h)$, localizados en construcciones con $h \leq 18,3$ m, debe ser determinada con ecuación 34, incrementada por un factor de 1,9. El factor se puede reducir linealmente de 1,9 a 1,0 según como A_f aumente desde $(0,1 \times B \times h)$ a $(B \times h)$.

8 Método 3: Procedimiento del túnel de viento

8.1 Alcance del procedimiento

La prueba del túnel de viento debe ser usada cuando sea necesario según lo indicado en 7.1. Las pruebas del túnel de viento se permiten en lugar de los procedimientos indicados en los métodos 1 y 2 para cualquier edificio o estructura.

8.2 Condiciones de las pruebas

Las pruebas de túnel de viento, o ensayos similares que empleen fluidos que no sean aire, utilizados para determinar las cargas de diseño de viento para cualquier edificio o estructura, se lleva a cabo en conformidad con esta cláusula. Las pruebas para determinar las fuerzas y presiones medias y fluctuantes deben cumplir con cada una de las condiciones siguientes:

- 1) El límite de la capa atmosférica natural ha sido modelada para tener en cuenta la variación de la velocidad del viento con la altura.
- 2) Tanto las escalas macro y micro relevantes a los componentes longitudinales de la turbulencia atmosférica deben ser modeladas aproximadamente a la misma escala que se utiliza para modelar el edificio o estructura.
- 3) El edificio o estructura modelado junto con las estructuras vecinas y topografía deben ser similares a sus homólogos reales, excepto para construcciones de baja altura que cumplan con los requerimientos de 7.1, donde se permiten ensayos para el edificio modelado en un sitio con exposición única definidas en 7.6.4.
- 4) El área proyectada del modelo del edificio u otra estructura y alrededores es menor que el 8% del área transversal de la sección del ensayo a no ser que se realice una corrección por bloqueo.
- 5) Se debe considerar el gradiente de presión longitudinal en la prueba del túnel de viento.
- 6) El efecto del número de Reynolds en las presiones y fuerzas debe ser minimizado.
- 7) Las respuestas características de la instrumentación del túnel de viento son compatibles con las mediciones.

8.3 Respuesta dinámica

Ensayos con el propósito de determinar la respuesta dinámica de las construcciones u otras estructuras se deben hacer en conformidad con lo indicado en 8.2. El modelo estructural y el análisis asociado se deben tomar en cuenta para la distribución de masas, rigidez y amortiguamiento.

8.4 Limitación

No se permiten variaciones en la velocidad básica del viento según la dirección, a no ser que el análisis de velocidad de viento se ajuste a los requisitos indicados en 7.4.

NORMA CHILENA

***NCh* 432-2010**

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION • INN-CHILE

Diseño estructural - Cargas de viento

Structural design - Wind loads

Primera edición : 2010

CIN

COPYRIGHT © : INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Web : www.inn.cl

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)

* Prohibida reproducción y venta *