

NSR-98

Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente

Título B Cargas

TITULO B

CARGAS

INDICE

CAPITULO B.1 - REQUISITOS GENERALES	B-1
B.1.1 – ALCANCE	B-1
B.1.2 - REQUISITOS BASICOS	B-1
B.1.2.1.1 - Seguridad	B-1
B.1.2.1.2 - Funcionamiento	B-1
B.1.2.1.3 - Fuerzas causadas por deformaciones impuestas	B-1
B.1.2.1.4 - Análisis	B-1
B.1.3 - UNIDAD E INTEGRIDAD ESTRUCTURAL GENERAL	B-1
CAPITULO B.2 - COMBINACIONES DE CARGA	B-3
B.2.1 - DEFINICIONES Y LIMITACIONES	B-3
B.2.1.1 - DEFINICIONES	B-3
B.2.1.2 - LIMITACION	B-3
B.2.2 – NOMENCLATURA	B-4
B.2.3 - COMBINACIONES DE CARGA PARA SER UTILIZADAS CON EL METODO DE ESFUERZOS DE TRABAJO O EN LAS VERIFICACIONES DEL ESTADO LIMITE DE SERVICIO	B-4
B.2.3.1 - COMBINACIONES BASICAS	B-4
B.2.3.2 - FUERZAS SISMICAS	B-5
B.2.3.2.1 - Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de diseño	B-5
B.2.3.2.2 - Verificación de esfuerzos para el sismo de umbral de daño	B-5
B.2.3.2.3 - Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de umbral de daño	B-5
B.2.3.3 - OTRAS COMBINACIONES DE CARGA	B-5
B.2.3.4 - CARGAS TRANSITORIAS	B-5
B.2.4 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO O MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL, USANDO EL METODO DEL ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA	B-6
B.2.4.1 - APLICABILIDAD	B-6
B.2.4.2 - COMBINACIONES BASICAS	B-6
B.2.4.3 - COMBINACIONES Y COEFICIENTES DE REDUCCION ALTERNOS	B-6
B.2.5 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS MIXTAS, USANDO EL METODO DEL ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA	B-6
B.2.5.1 - APLICABILIDAD	B-7
B.2.5.2 - COMBINACIONES BASICAS	B-7
B.2.5.3 - OTRAS COMBINACIONES DE CARGA	B-7
B.2.5.4 - ESTRUCTURAS MIXTAS	B-7
B.2.6 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE ALUMINIO	B-8
B.2.6.1 - APLICABILIDAD	B-8
B.2.6.2 - COMBINACIONES BASICAS	B-8
B.2.7 - FUERZAS ALTERNANTES	B-8
CAPITULO B.3 - CARGAS MUERTAS	B-9
B.3.1 - DEFINICION	B-9
B.3.2 - MASA DE LOS MATERIALES	B-9
B.3.3 - CARGAS MUERTAS MINIMAS	B-9
B.3.4 - FACHADAS, MUROS DIVISORIOS Y PARTICIONES	B-10
B.3.4.1 - FACHADAS	B-10
B.3.4.2 - DIVISIONES Y PARTICIONES DE MATERIALES TRADICIONALES	B-10
B.3.4.3 - DIVISIONES LIVIANAS	B-10
B.3.5 - EQUIPOS FIJOS	B-11
B.3.6 - ACABADOS	B-11
B.3.7 - CONSIDERACIONES ESPECIALES	B-11
CAPITULO B.4 - CARGAS VIVAS	B-13
B.4.1 – DEFINICION	B-13
B.4.2 - CARGAS VIVAS UNIFORMEMENTE REPARTIDAS	B-13
B.4.2.1 - CARGAS VIVAS REQUERIDAS	B-13
B.4.2.2 - EMPUJE EN PASAMANOS Y ANTEPECHOS	B-14
B.4.3 - CARGA PARCIAL	B-14
B.4.4 - IMPACTO	B-14
B.4.5 - REDUCCION DE LA CARGA VIVA	B-14
B.4.5.1 - REDUCCION DE LA CARGA VIVA POR AREA AFERENTE	B-14
B.4.5.2 - REDUCCION POR NUMERO DE PISOS	B-14
B.4.6 - PUENTES GRUAS	B-15
B.4.7 - EFECTOS DINAMICOS	B-15
CAPITULO B.5 - EMPUJE DE TIERRA Y PRESION HIDROSTATICA	B-16
B.5.1 - EMPUJE EN MUROS DE CONTENCIÓN DE SOTANOS	B-16
B.5.2 - PRESION ASCENDENTE, SUBPRESION, EN LOSAS DE PISO DE SOTANOS	B-16

B.5.3 - SUELOS EXPANSIVOS	B-16
B.5.4 - ZONAS INUNDABLES	B-16
CAPITULO B.6 - FUERZAS DE VIENTO	B-17
B.6.1 – ALCANCE	B-17
B.6.2 – DEFINICIONES	B-17
B.6.3 – NOMENCLATURA	B-18
B.6.4 - PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LAS FUERZAS DE VIENTO QUE ACTUAN SOBRE LAS ESTRUCTURAS	B-18
B.6.4.1 - DISPOSICIONES VARIAS	B-18
B.6.4.2 - ANALISIS SIMPLE	B-19
B.6.4.2.1 - Presión producida por el viento	B-19
Tabla B.6.4-1 - Valores de q en kN/m^2 ($1 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kgf/m}^2$)	B-19
Tabla B.6.4-2 - Valores de C_p para superficies verticales	B-19
Tabla B.6.4-3 - Valores de C_p para superficies inclinadas	B-20
B.6.4.3 - ANALISIS COMPLETO	B-20
B.6.5 - VELOCIDAD DEL VIENTO DE DISEÑO	B-21
B.6.5.1 - GENERAL	B-21
B.6.5.2 - VELOCIDAD DEL VIENTO BASICO	B-21
B.6.5.3 - COEFICIENTES DE VELOCIDAD DEL VIENTO	B-21
B.6.5.4 - COEFICIENTE DE TOPOGRAFIA, S_1	B-21
Tabla B.6.5-1 - Coeficiente de topografía S_1	B-21
B.6.5.5 - COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL TERRENO, DEL TAMAÑO DEL EDIFICIO Y DE ALTURA SOBRE EL TERRENO, S_2	B-21
B.6.5.5.1 - Rugosidad del terreno	B-21
Figura B.6.5-1 - Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento básico	B-22
Tabla B.6.5-2 - Coeficiente de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno, S_2	B-23
B.6.5.5.2 - Revestimiento y tamaño del edificio	B-23
B.6.5.6 - COEFICIENTE S_3	B-23
B.6.6 - PRESION DINAMICA DEL VIENTO	B-24
B.6.6.1 - GENERAL	B-24
B.6.6.2 - COEFICIENTE S_4	B-24
Tabla B.6.6 - Coeficiente S_4	B-24
B.6.7 - COEFICIENTES DE PRESION Y COEFICIENTES DE FUERZA	B-24
B.6.7.1 - GENERAL	B-24
B.6.7.2 - COEFICIENTES DE PRESION	B-24
B.6.7.3 - COEFICIENTES DE FUERZA	B-25
B.6.7.4 - ARRASTRE POR FRICCIÓN	B-25
B.6.8 - COEFICIENTE DE FUERZA PARA ESTRUCTURAS SIN REVESTIR	B-25
B.6.8.1 - GENERAL	B-25
B.6.8.2 - COEFICIENTE DE FUERZA PARA MIEMBROS INDIVIDUALES	B-26
B.6.8.2.1 - Miembros de lados planos	B-26
B.6.8.2.2 - Secciones circulares	B-26
B.6.8.2.3 - Alambres y cables	B-26
B.6.8.3 - PORTICOS SIMPLES	B-26
B.6.8.4 - ESTRUCTURAS DE PORTICOS MULTIPLES	B-27
B.6.8.5 - TORRES DE CELOSIA	B-27
B.6.9 - COEFICIENTES DE PRESION INTERNA	B-28
Tabla B.6.7-1 - Coeficientes de presión C_{pe} para las paredes de los edificios rectangulares revestidos	B-29
Tabla B.6.7-2 - Coeficientes de presión C_{pe} para cubiertas a dos aguas de edificios rectangulares revestidos	B-30
Tabla B.6.7-3 - Coeficientes de presión C_{pe} para cubiertas a una sola agua, de edificios rectangulares revestidos con $h/w < 2$	B-31
Tabla B.6.7-4 - Coeficientes de fuerza C_r para edificios rectangulares revestidos, con techos planos (actuando en la dirección del viento)	B-32
Tabla B.6.7-5 - Coeficientes de presión C_{pe} para techos a dos aguas de edificios de varias luces iguales, con $h < w$	B-33
Tabla B.6.7-6 - Coeficientes de presión C_{pe} para cubiertas en diente de sierra, de edificios de varias luces iguales con $h < w'$	B-34
Tabla B.6.7-7 - Coeficientes de presión C_p para cubiertas inclinadas aisladas (edificios sin revestir), con $1/2 < h/w' < 1$	B-35
Tabla B.6.7-7a - Coeficientes de presión C_p para cubiertas inclinadas aisladas (edificios sin revestir)	B-36
Tabla B.6.7-8 - Coeficientes de fuerza C_r de edificios revestidos sección uniforme, ejercida en la dirección del viento	B-37
Tabla B.6.7-8 (continuación) - Coeficientes de fuerza C_r de edificios revestidos sección uniforme, ejercida en la dirección del viento	B-38
Tabla B.6.7-9 - Distribución de presión alrededor de estructuras cilíndricas	B-39
Tabla B.6.8-1 - Valores del coeficiente de reducción K para miembros de longitud y esbeltez finitas	B-40
Tabla B.6.8-2 - Coeficientes de fuerza C_{m1} y C_{m2} para miembros estructurales individuales, con lados planos, de longitud infinita	B-40
Tabla B.6.8-3 - Coeficientes de fuerza C_r para miembros estructurales individuales, de sección circular y longitud infinita	B-41
Tabla B.6.8-4 - Coeficientes de fuerza C_r para alambres y cables ($l/D > 100$)	B-41
Tabla B.6.8-5 - Coeficientes de fuerza efectiva C_r para pórticos simples	B-41
Tabla B.6.8-6 - Coeficientes de resguardo η	B-42
Tabla B.6.8-7 - Coeficiente global de fuerza C_f para torres compuestas de elementos de lados planos	B-42
Tabla B.6.8-8 - Coeficiente global de fuerza C_f para torres armadas con elementos de sección circular	B-42
Tabla B.6.8-9 - Coeficiente global de fuerza C_f para torres de sección triangular equilátera, armada con perfiles de sección circular	B-42

TITULO B CARGAS

CAPITULO B.1 REQUISITOS GENERALES

B.1.1 – ALCANCE

B.1.1.1 - El presente Título de este Reglamento da los requisitos mínimos que deben cumplir las edificaciones en lo que respecta a cargas diferentes a las fuerzas o efectos que impone el sismo. Para que una estructura sismo resistente cumpla adecuadamente su objetivo, debe ser capaz de resistir además de los efectos sísmicos, los efectos de las cargas prescritas en el presente Título. El diseño de los elementos que componen la estructura de la edificación debe hacerse para la condición de carga que sea crítica y debe verificarse para las otras combinaciones de carga con el fin de demostrar que el diseño es adecuado.

B.1.2 - REQUISITOS BASICOS

B.1.2.1 - La estructura y todas sus partes debe cumplir, además de las prescripciones dadas en el Título A por razones sísmicas, los siguientes requisitos:

B.1.2.1.1 - Seguridad - La estructura de la edificación y todas sus partes deben diseñarse y construirse para que los materiales utilizados en la construcción de los elementos y sus conexiones puedan soportar todas las cargas, incluyendo cargas muertas, sin exceder las resistencias de diseño cuando se mayoran las cargas por medio de coeficientes de carga, o los esfuerzos admisibles cuando se utilicen las cargas sin mayorar.

B.1.2.1.2 - Funcionamiento - Los sistemas estructurales y sus componentes deben diseñarse para que tengan una rigidez adecuada que limite: (a) las deflexiones verticales de los elementos, (b) la deriva ante cargas de sismo y viento, (c) las vibraciones y (d) cualquier otra deformación que afecte adversamente el funcionamiento de la estructura o edificación.

B.1.2.1.3 - Fuerzas causadas por deformaciones impuestas - Deben tenerse en cuenta en el diseño las fuerzas causadas por deformaciones impuestas a la estructura por: (a) los asentamientos diferenciales contemplados en el título H, (b) los cambios dimensionales debidos a cambios de temperatura, expansiones por humedad, retracción de fraguado, flujo plástico y efectos similares.

B.1.2.1.4 - Análisis - Los efectos de las cargas en los diferentes elementos de la estructura y sus conexiones deben determinarse utilizando métodos aceptados de análisis estructural, teniendo en cuenta los principios de equilibrio y compatibilidad de deformaciones y las propiedades de los materiales tanto a corto como a largo plazo. En aquellos elementos que tiendan a acumular deformaciones residuales bajo cargas de servicio sostenidas (flujo plástico) debe tenerse en cuenta en el análisis sus efectos durante la vida útil de la estructura.

B.1.3 - UNIDAD E INTEGRIDAD ESTRUCTURAL GENERAL

B.1.3.1 - Además de los requisitos de amarre entre partes de la estructura y entre los elementos estructurales que se dan por razones sísmicas en el Título A de este Reglamento, deben tenerse en cuenta los requisitos adicionales que se dan a continuación. En el caso de estructuras de concreto reforzado debe consultarse también los requisitos de C.7.13.

B.1.3.2 - Por razones accidentales o debido a que la estructura se utiliza para fines diferentes a los previstos en el diseño, ésta puede sufrir daño local o la falta de capacidad resistente en un elemento o en una porción menor de la

edificación. Debido a esto los sistemas estructurales deben estar unidos con el fin de obtener una integridad estructural general que les permita experimentar daño local sin que la estructura en general pierda su estabilidad ni extienda el daño local a otros elementos, ni se presente colapso progresivo.

B.1.3.3 - El método mas común para obtener integridad estructural consiste en disponer los elementos estructurales de tal manera que provean estabilidad general a la estructura, dándoles continuidad y garantizando que tengan suficiente capacidad de absorción de energía (ductilidad) para que puedan transferir cargas desde una zona dañada a las regiones adyacentes sin colapso. ■

CAPITULO B.2 COMBINACIONES DE CARGA

B.2.1 - DEFINICIONES Y LIMITACIONES

B.2.1.1 - DEFINICIONES - Las definiciones que se dan a continuación hacen referencia al presente Título:

Cargas - Son fuerzas u otras sollicitaciones que actúan sobre el sistema estructural y provienen del peso de todos los elementos permanentes en la construcción, los ocupantes y sus posesiones, efectos ambientales, asentamientos diferenciales y cambios dimensionales que se restringen. Las cargas permanentes son cargas que varían muy poco en el tiempo y cuyas variaciones son pequeñas en magnitud.

Carga mayorada - Es una carga que se obtiene como el producto de una carga nominal por un coeficiente de carga. Las fuerzas sísmicas dadas en el Título A de este Reglamento corresponden a fuerzas mayoradas, pues ya han sido afectadas por el coeficiente de carga, el cual va incluido en la probabilidad de ocurrencia del sismo de diseño.

Cargas nominales - Son las magnitudes de las cargas especificadas en B.3 a B.6 de este Reglamento . Las cargas muertas, vivas y de viento que se dan en este Título son cargas nominales o reales, las cuales NO han sido multiplicadas por el coeficiente de carga.

Coeficiente de carga - Es un coeficiente que tiene en cuenta las desviaciones inevitables de las cargas reales con respecto a las cargas nominales y las incertidumbres que se tienen en el análisis estructural al transformar las cargas en efectos internos en los elementos.

Coeficiente de reducción de resistencia - Es un coeficiente que tiene en cuenta las desviaciones inevitables entre la resistencia real y la resistencia nominal del elemento y la forma y consecuencia de su tipo de falla.

Efectos de las cargas - Son las deformaciones y fuerzas internas que producen las cargas en los elementos estructurales.

Estado límite - Es una condición bajo la cual una estructura o uno de sus componentes deja de cumplir su función (estado límite de funcionamiento) o se vuelve insegura (estado límite de resistencia).

Método de la resistencia - Es un método de diseño para estados límites que considera las sollicitaciones últimas de un miembro estructural o de una estructura.

Método de los esfuerzos de trabajo - Es un método para diseñar los elementos estructurales en el cual los esfuerzos calculados elásticamente, utilizando cargas sin mayorar, no deben exceder un valor límite especificado para cada tipo de esfuerzo.

Método de los estados límites - Es un método para diseñar estructuras de tal manera que la probabilidad de falla para ciertos estados límites considerados importantes esté dentro de valores aceptables. Por lo general se estudian los estados límites de servicio y de resistencia. En este último caso se le conoce también simplemente como método de la resistencia.

Resistencia de diseño - Es el producto de la resistencia nominal por un coeficiente de reducción de resistencia.

Resistencia nominal - Es la capacidad de la estructura, o componente de ella, de resistir los efectos de las cargas, determinada por medio de cálculo en el cual se utilizan los valores nominales de las resistencias de los materiales, las dimensiones nominales del elemento y ecuaciones derivadas de principios aceptables de mecánica estructural. Estas ecuaciones provienen de ensayos de campo y ensayos de laboratorio con modelos a escala, teniendo en cuenta los efectos del modelaje y las diferencias entre las condiciones en el terreno y en laboratorio.

B.2.1.2 - LIMITACION - La seguridad de la estructura puede verificarse utilizando los requisitos de B.2.3 o alternativamente los de B.2.4, B.2.5 y B.2.6, dependiendo del método de diseño escogido y del material estructural.

Una vez se ha determinado si se usan unos requisitos u otros, el diseño debe hacerse en su totalidad siguiendo los requisitos de ese numeral para todos los elementos de la estructura.

B.2.2 - NOMENCLATURA

- D** = Carga Muerta consistente en:
 (a) Peso propio del elemento.
 (b) Peso de todos los materiales de construcción incorporados a la edificación y que son permanentemente soportados por el elemento, incluyendo muros y particiones divisorias de ambiente.
 (c) Peso del equipo permanente.
- E** = fuerzas sísmicas reducidas de diseño ($E = F_s / R$) que se emplean para diseñar los miembros estructurales.
- E_d** = Fuerza sísmica del umbral de daño.
- F** = Cargas debidas a fluidos de los cuales se conoce su peso específico, su presión y su máxima variación en la altura.
- F_s** = fuerzas sísmicas calculadas de acuerdo con los requisitos del Título A del Reglamento.
- G** = Carga debida a lluvia y granizo, sin tener en cuenta la contribución del empozamiento.
- L** = Cargas vivas debidas al uso y ocupación de la edificación, incluyendo cargas debidas a objetos móviles, particiones que se pueden cambiar de sitio. **L** incluye cualquier reducción que se permita. Si se toma en cuenta la resistencia a cargas de impacto este efecto debe tenerse en cuenta en la carga viva **L**.
- L_r** = Carga viva sobre la cubierta.
- H** = Cargas debidas al empuje lateral del suelo o a presión hidrostática.
- P** = Cargas debidas al empozamiento.
- R₀** = coeficiente de capacidad de disipación de energía básico definido para cada sistema estructural y cada grado de capacidad de disipación de energía del material estructural. Véase el Capítulo A.3.
- R** = coeficiente de capacidad de disipación de energía para ser empleado en el diseño, corresponde al coeficiente de disipación de energía básico multiplicado por los coeficientes de reducción de capacidad de disipación de energía por irregularidades en altura y en planta ($R = \phi_a \phi_p R_0$). Véase el Capítulo A.3.
- T** = Fuerzas y efectos causados por expansión o contracción debida a cambios de temperatura, retracción de fraguado, flujo plástico, cambios de humedad, asentamientos diferenciales o combinación de varios de estos efectos.
- W** = Carga de Viento.

B.2.3 - COMBINACIONES DE CARGA PARA SER UTILIZADAS CON EL METODO DE ESFUERZOS DE TRABAJO O EN LAS VERIFICACIONES DEL ESTADO LIMITE DE SERVICIO

B.2.3.1 - COMBINACIONES BASICAS - Excepto cuando así se indique en la parte correspondiente a cada uno de los materiales que se regulan en este Reglamento, deben tenerse en cuenta todas las cargas indicadas a continuación actuando en las combinaciones que se dan. El diseño debe hacerse para la combinación que produzca el efecto más desfavorable en la edificación, en su cimentación, o en el elemento estructural bajo consideración. El efecto más desfavorable puede ocurrir cuando una o varias de las cargas no actúen.

- D** (B.2.3-1)
- D + L** (B.2.3-2)
- D + W** (B.2.3-3)
- D + 0.7E** (B.2.3-4)
- D + L + W** (B.2.3-5)
- D + L + 0.7E** (B.2.3-6)

Deben considerarse los efectos más desfavorables de viento y de sismo tomándolos independientemente.

Cuando la carga muerta reduzca la posibilidad de vuelco de la estructura, **D** irá multiplicada por 0.85.

En el caso de estructuras metálicas diseñadas de acuerdo con el Capítulo F.4, en lugar de las ecuaciones B.2.3-2 y B.2.3-5 se usarán las siguientes:

$$D + L + (L_r \text{ o } G) \quad (\text{B.2.3-7})$$

$$D + L + (L_r \text{ o } G) + W \quad (\text{B.2.3-8})$$

$$D + L + (L_r \text{ o } G) + 0.7E \quad (\text{B.2.3-9})$$

B.2.3.2 - FUERZAS SISMICAS - Las fuerzas sísmicas reducidas, E , utilizadas en las combinaciones B.2.3-4, B.2.3-6 y B.2.3-9 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, F_s , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por R ($E = F_s / R$) Cuando se trata de diseñar los miembros por el método de los esfuerzos de trabajo del material, el valor del coeficiente de carga que afecta las fuerzas sísmicas E , es 0.7.

B.2.3.2.1 – Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de diseño–

Para evaluar las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.6, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas F_s , sin haber sido divididas por R , empleando $1.0E$ en vez de $0.7E$ en las ecuaciones que incluyan E en B.2.3.

B.2.3.2.2 – Verificación de esfuerzos para el sismo de umbral de daño –

Para evaluar los esfuerzos en los miembros estructurales, y no estructurales, causados por el sismo de umbral de daño en edificaciones indispensables del grupo de uso **IV**, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.12, los cuales exigen que los esfuerzos se verifiquen empleando las fuerzas sísmicas E_d , obtenidas allí, multiplicadas por un coeficiente de carga igual a 1.0, en las combinaciones B.2.3-4, B.2.3-6 y B.2.3-9. Además, en las combinaciones B.2.3-6 y B.2.3-9 puede emplearse un coeficiente de carga de 0.4 para la carga viva, en la evaluación de esfuerzos para el sismo de umbral de daño y pueden emplearse los requisitos de B.2.3.4.

B.2.3.2.3 – Verificación de las derivas por el método de esfuerzos de trabajo para el sismo de umbral de daño –

Para evaluar las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de umbral de daño en edificaciones indispensables del grupo de uso **IV**, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.12, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas E_d , obtenidas allí, multiplicadas por un coeficiente de carga igual a 1.0.

B.2.3.3 - OTRAS COMBINACIONES DE CARGA - Cuando los efectos estructurales de **F, H, P** o **T** sean importantes deberán tenerse en cuenta en el diseño.

B.2.3.4 - CARGAS TRANSITORIAS - Para las combinaciones de carga dadas en B.2.3.1, B.2.3.2 y B.2.3.3 que incluyen efectos de cargas transitorias se permiten los siguientes incrementos en los valores de los esfuerzos admisibles de los materiales:

B.2.3.4.1 - Un tercio del valor especificado para combinaciones que incluyan:

$$D + L + (W \text{ o } 0.7E)$$

$$D + L + T$$

$$D + (W \text{ o } 0.7E) + T$$

$$D + L + (L_r \text{ o } G) + (W \text{ o } 0.7E)$$

$$D + L + (L_r \text{ o } G) + T$$

B.2.3.4.2 - Un medio del valor especificado para combinaciones que incluyan:

$$D + L + (W \text{ o } 0.7E) + T$$

$$D + L + (L_r \text{ o } G) + (W \text{ o } 0.7E) + T$$

B.2.4 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE CONCRETO O MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL, USANDO EL METODO DEL ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA

B.2.4.1 - APLICABILIDAD - Las combinaciones de carga dadas en B.2.4.2 y las observaciones de B.2.4.3 y B.2.4.4 se aplicarán al diseño de estructuras de concreto o mampostería estructural, salvo que se utilicen las combinaciones alternas de B.2.5.2 en cuyo caso deberán modificarse los coeficientes de reducción de resistencia como se indica en B.2.4.5.

B.2.4.2 - COMBINACIONES BASICAS - Las estructuras de concreto o mampostería estructural, sus componentes y su cimentación deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las siguientes combinaciones:

1.4D + 1.7L	(B.2.4-1)
1.05D + 1.28L + 1.28W	(B.2.4-2)
0.9D + 1.3W	(B.2.4-3)
1.05D + 1.28L + 1.0E	(B.2.4-4)
0.9D + 1.0E	(B.2.4-5)
1.4D + 1.7L + 1.7H	(B.2.4-6)
1.05D + 1.28L + 1.05T	(B.2.4-7)
1.4D + 1.4T	(B.2.4-8)

B.2.4.2.1 - Las fuerzas sísmicas reducidas de diseño, **E**, utilizadas en las combinaciones B.2.4-4 y B.2.4-5 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, F_s , de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por **R** ($E = F_s / R$). Cuando se trata de diseñar los miembros, el valor del coeficiente de carga que afecta las fuerzas sísmicas **E**, es 1.0, dado que estas están prescritas al nivel de resistencia. La verificación de las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.6, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas F_s , sin haber sido divididas por **R**.

B.2.4.2.2 - En aquellos casos en que en la ecuación B.2.4-6 **D** o **L** reducen el efecto de **H**, **1.4D** debe ser substituido por **0.9D** y debe usarse un valor de cero en **L**.

B.2.4.2.3 - Cuando haya carga de fluido **F**, el coeficiente de carga debe ser de **1.4** y deben usarse todas las combinaciones de carga en que se incluya carga viva **L**.

B.2.4.2.4 – Si los efectos del impacto deben ser tenidos en cuenta en el diseño, estos efectos deben incluirse con la carga viva **L**.

B.2.4.3 - COMBINACIONES Y COEFICIENTES DE REDUCCION ALTERNOS - Alternativamente las estructuras de concreto o mampostería estructural, sus componentes y su cimentación podrán diseñarse para las combinaciones de carga estipuladas en B.2.5.2 pero en tal caso en vez de los coeficientes de reducción de resistencia dados en C.9.3.2 deberán utilizarse los establecidos en B.2.5.4.

B.2.5 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE ACERO Y ESTRUCTURAS MIXTAS, USANDO EL METODO DEL ESTADO LIMITE DE RESISTENCIA

B.2.5.1 - APLICABILIDAD - Las combinaciones de carga dadas en B.2.5.2 se aplicarán al diseño de estructuras de acero hechas con perfiles laminados o con perfiles formados en frío. También son aplicables a estructuras mixtas de concreto reforzado y acero estructural.

B.2.5.2 - COMBINACIONES BASICAS - Las estructuras de acero, sus componentes y su cimentación deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las siguientes combinaciones:

1.4D	(B.2.5-1)
1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r o G)	(B.2.5-2)
1.2D + 1.6(L_r o G) + (0.5L o 0.8W)	(B.2.5-3)
1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5 (L_r o G)	(B.2.5-4)
1.2D + 1.0E + (0.5L o 0.2G)	(B.2.5-5)
0.9D - (1.3W o 1.0E)	(B.2.5-6)

Las fuerzas sísmicas reducidas, **E**, utilizadas en las combinaciones B.2.5-5 y B.2.5-6 corresponden al efecto, expresado en términos de fuerza, **F_s**, de los movimientos sísmicos de diseño prescritos en el Título A, divididos por **R** (**E = F_s / R**) Cuando se trata de diseñar los miembros, el valor del coeficiente de carga que afecta las fuerzas sísmicas **E**, es 1.0, dado que estas están prescritas al nivel de resistencia. La verificación de las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño, deben utilizarse los requisitos del Capítulo A.6, los cuales exigen que las derivas se verifiquen para las fuerzas sísmicas **F_s**, sin haber sido divididas por **R**.

B.2.5.2.1 - Se tomará 1.0 como coeficiente de carga para **L** en las combinaciones B.2.5.3, B.2.5.4 y B.2.5.5 en los casos de garajes, sitios de reuniones públicas y áreas con carga viva de 500 kg/m² o más.

B.2.5.2.2 - Adicionalmente en el caso de estructuras de acero hechas con perfiles laminados, deberán estudiarse las combinaciones especiales de carga con requisitos específicos de diseño estipuladas en el Capítulo F.3.

B.2.5.2.3 - En el caso de estructuras hechas con miembros de acero formados en frío, en lugar de las combinaciones B.2.5-1 y B.2.5-3 se utilizarán las siguientes:

1.4D + L	(B.2.5-7)
1.2D + (1.4L_r o 1.6G) + (0.5L o 0.8W)	(B.2.5-8)

B.2.5.3 - OTRAS COMBINACIONES DE CARGA - Cuando los efectos estructurales de **F**, **H**, **P** o **T** sean importantes, deben tenerse en cuenta en el diseño con las siguientes cargas mayoradas: **1.3F**, **1.6H**, **1.2P** y **1.2T**.

B.2.5.4 - ESTRUCTURAS MIXTAS - Las estructuras mixtas conformadas por elementos tanto de acero estructural como de concreto reforzado deberán diseñarse para las combinaciones de carga de B.2.5.2. Los elementos de concreto se diseñarán entonces con los siguientes coeficientes de reducción de resistencia **φ**, en lugar de los prescritos en el Título C.

Flexión, sin carga axial	0.80
Tensión axial y su combinación con flexión	0.80
Comprensión axial y su combinación con flexión:	
Elementos con refuerzo en espiral que cumplan los requisitos de C.10.3	0.70
Otros elementos reforzados	0.65
Corte y torsión en elementos que resisten fuerzas estáticas	0.75
Corte en elementos de estructuras con capacidad especial de disipación de energía (DES) cuando su resistencia nominal al cortante es menor que la necesaria para desarrollar la resistencia nominal a flexión del elemento	0.55
Corte en nudos de edificaciones con capacidad especial de disipación de energía (DES)	0.80

Aplastamiento (Esfuerzos de contacto)	0.65
Concreto simple	0.55

B.2.6 - COMBINACIONES DE CARGA PARA ESTRUCTURAS DE ALUMINIO

B.2.6.1 - APLICABILIDAD - Las combinaciones de carga dadas en B.2.6.2 se aplicarán al diseño de estructuras de aluminio.

B.2.6.2 - COMBINACIONES BASICAS - Las estructuras de aluminio, sus componentes y su cimentación deben diseñarse de tal manera que sus resistencias de diseño excedan los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo con las combinaciones estipuladas para estructuras de acero en B.2.5.2 y B.2.5.3, exceptuando B.2.5.2.3.

B.2.7 - FUERZAS ALTERNANTES - En todas las combinaciones de carga de B.2.3.1, B.2.3.3, B.2.3.4, B.2.4.2, B.2.5.2 y B.2.6.2, cuando la acción de las fuerzas pueda cambiar de dirección se tendrán en cuenta todas las combinaciones de carga posibles, cambiando adecuadamente los signos de las cargas.



CAPITULO B.3 CARGAS MUERTAS

B.3.1 - DEFINICION

La carga muerta cubre todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo su estructura, los muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos fijos y todas aquellas cargas que no son causadas por la ocupación y uso de la edificación. Las fuerzas netas de preesfuerzo deben incluirse dentro de la carga muerta.

B.3.2 – MASA DE LOS MATERIALES

Al calcular las cargas muertas deben utilizarse las densidades de masa reales de materiales. Pueden usarse como guía los valores mínimos siguientes:

Material	Densidad	Material	Densidad
Acero	7 800 kg/m ³	Madera, densa, seca	750 kg/m ³
Agua dulce	1 000 kg/m ³	Madera, densidad baja, seca	450 kg/m ³
Agua marina	1 030 kg/m ³	Madera, densidad media, seca	600 kg/m ³
Aluminio	2 700 kg/m ³	Mampostería de ladrillo hueco	1 300 kg/m ³
Asfalto	1 300 kg/m ³	Mampostería de ladrillo macizo	1 800 kg/m ³
Baldosín cerámico	2 400 kg/m ³	Mampostería de piedra	2 200 kg/m ³
Cal, hidratada, compacta	730 kg/m ³	Mampostería de concreto	2 150 kg/m ³
Cal, hidratada, suelta	500 kg/m ³	Mortero de inyección para mampostería	2 250 kg/m ³
Carbón (apilado)	800 kg/m ³	Mortero de pega para mampostería	2 100 kg/m ³
Cobre	9 000 kg/m ³	Plomo	11 400 kg/m ³
Concreto Reforzado	2 400 kg/m ³	Tierra: Arcilla y grava, seca	1 600 kg/m ³
Concreto Simple	2 300 kg/m ³	Tierra: Arcilla, húmeda	1 750 kg/m ³
Enchape Arenisca	1 350 kg/m ³	Tierra: Arcilla, seca	1 000 kg/m ³
Enchape Granito	1 550 kg/m ³	Tierra: Arena y grava, húmeda	1 900 kg/m ³
Enchape Mármol	1 500 kg/m ³	Tierra: Arena y grava, seca, apisonada	1 750 kg/m ³
Escoria	1 550 kg/m ³	Tierra Arena y grava, seca, suelta	1 600 kg/m ³
Hielo	920 kg/m ³	Tierra: Limo, húmedo, apisonado	1 550 kg/m ³
Ladrillo de Arcilla, absorción baja	2 000 kg/m ³	Tierra: Limo, húmedo, suelto	1 250 kg/m ³
Ladrillo de Arcilla, absorción media	1 850 kg/m ³	Vidrio	2 560 kg/m ³
Ladrillo de Arcilla, absorción alta	1 600 kg/m ³	Yeso, suelto	1 150 kg/m ³
Madera, laminada	600 kg/m ³	Yeso, tablero para muros	800 kg/m ³

Debe tenerse en cuenta que dentro del sistema de unidades internacional (SI) el kg es una unidad de masa, por lo tanto para calcular la carga muerta debida a los efectos gravitacionales que actúan sobre la masa de los materiales, ésta debe multiplicarse por la aceleración debida a la gravedad ($g = 9.8 \text{ m/s}^2 \cong 10 \text{ m/s}^2$), para obtener densidades en N/m^3 , newtons por metro cúbico. El newton por definición es la fuerza que ejerce una masa de 1 kg al ser acelerada 1 m/s^2 . ($\text{N} = \text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$). Así, por ejemplo para el concreto reforzado, una losa de $h = 0.5 \text{ m}$ de espesor produce una carga muerta de: $m \cdot g \cdot h = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0.5 \text{ m} = 12\,000 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2 \cdot 1/\text{m}^2 = 12\,000 \text{ N/m}^2 = 12 \text{ kN/m}^2$. Para convertir de toneladas fuerza (1000 kgf) a kN se multiplica por 10 (1 ton = 10 kN, ó 1 kN = 0.1 ton)

B.3.3 – CARGAS MUERTAS MINIMAS

Al calcular las cargas muertas deben utilizarse las masas reales de los materiales. Debe ponerse especial cuidado en determinar masas representativas en este cálculo. Pueden usarse como guía los siguientes valores mínimos:

Entrepisos de madera (entresuelo, listón, arriostramientos y cielo raso pañetado)	1.20 kN/m ²	(120 kgf/m ²)
Pisos de baldosín de cemento	1.00 kN/m ²	(100 kgf/m ²)
Placa ondulada de asbesto cemento	0.18 kN/m ²	(18 kgf/m ²)
Canaleta 43	0.30 kN/m ²	(30 kgf/m ²)
Canaleta 90	0.22 kN/m ²	(22 kgf/m ²)
Teja de lámina galvanizada (zinc)	0.05 kN/m ²	(5 kgf/m ²)
Teja de aluminio	0.02 kN/m ²	(2 kgf/m ²)
Teja de barro (incluido el mortero)	0.80 kN/m ²	(80 kgf/m ²)
Alistado en cubiertas de concreto por mm de espesor	0.022 kN/m ²	(2.2 kgf/m ²)
Impermeabilización	0.15 kN/m ²	(15 kgf/m ²)
Cielos rasos livianos pegados a la losa	0.05 a 0.10 kN/m ²	(5 a 10 kgf/m ²)
Cielos rasos de yeso, suspendidos	0.25 kN/m ²	(25 kgf/m ²)
Cielos rasos de madera	0.10 a 0.50 kN/m ²	(10 a 50 kgf/m ²)
Cielos rasos de malla y pañete	0.80 a 1.00 kN/m ²	(80 a 100 kgf/m ²)

Para otros productos debe utilizarse el peso especificado por el fabricante o a falta de éste, debe evaluarse analítica o experimentalmente.

B.3.4 – FACHADAS, MUROS DIVISORIOS Y PARTICIONES

B.3.4.1 – FACHADAS – La carga muerta causada por las fachadas de la edificación debe evaluarse como una carga por metro lineal sobre el elemento estructural de soporte al borde de la losa, o como una carga concentrada en el extremo exterior cuando se trate de elementos en voladizo. Pueden emplearse los siguiente valores mínimos, por m² de área de fachada alzada:

Fachadas en ladrillo tolete a la vista y pañetado en el interior	3.00 kN/m ²	(300 kgf/m ²)
Fachadas en ladrillo tolete a la vista, más muro adosado en bloque de perforación horizontal de arcilla de 100 mm de espesor, pañetado en el interior.....	4.50 kN/m ²	(450 kgf/m ²)
Fachadas bloque de perforación horizontal de arcilla de 120 mm de espesor, pañetado en ambas caras	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
Ventanas incluye el vidrio y el marco	0.45 kN/m ²	(45 kgf/m ²)
Lámina de yeso de 16 mm (5/8") protegida, al exterior, costillas de acero y lámina de yeso de 10 mm al interior	1.00 kN/m ²	(100 kgf/m ²)
Lámina de yeso de 16 mm (5/8") protegida, mas enchape cerámico al exterior, costillas de acero y lámina de yeso de 10 mm al interior	2.50 kN/m ²	(250 kgf/m ²)
Enchapes en granito; adicional a la fachada, por cada mm de espesor del enchape	0.017/mm kN/m ²	(1.7/mm kgf/m ²)
Enchapes en mármol; adicional a la fachada, por cada mm de espesor del enchape	0.015/mm kN/m ²	(1.5/mm kgf/m ²)
Enchapes en piedra arenisca; adicional a la fachada, por cada mm de espesor del enchape	0.013/mm kN/m ²	(1.3/mm kgf/m ²)
Enchape cerámico, adicional a la fachada	1.50 kN/m ²	(150 kgf/m ²)

B.3.4.2- DIVISIONES Y PARTICIONES DE MATERIALES TRADICIONALES - La carga muerta producida por muros divisorios y particiones de materiales tradicionales, cuando éstos no hacen parte del sistema estructural, debe evaluarse para cada piso y se puede utilizar como carga distribuida en las placas. Si se hace dicho análisis, éste debe figurar en la memoria de cálculos y además debe dejarse una nota explicativa en los planos. Cuando no se realice un análisis detallado pueden utilizarse, como mínimo, 3.0 kN/m² (300 kgf/m²) de área de placa, cuando se trate de muros de ladrillo bloque hueco de arcilla o concreto y 3.5 kN/m² (350 kgf/m²) de área de placa, cuando se trate de muros de ladrillo macizo, tolete, de arcilla, concreto o silical. Estos valores hacen referencia a alturas libres de entresuelo de 2.20 m, cuando haya una mayor altura libre deben utilizarse valores proporcionales a la mayor altura. Cuando el muro haga parte del sistema estructural su peso debe contabilizarse dentro del peso propio del elemento y se exige de tener que usar los valores mínimos dados.

B.3.4.3 – DIVISIONES LIVIANAS - La carga muerta producida por muros divisorios y particiones livianas, debe evaluarse para cada piso y se puede utilizar como carga distribuida en las placas. La determinación de la carga muerta debe incluir los elementos de soporte y el espesor de las láminas de material de acabado en ambos costados de la división. Cuando el diseño se realice para estas divisiones livianas, debe colocarse una nota al respecto tanto en los planos arquitectónicos como en los estructurales. Pueden emplearse los siguiente valores mínimos, pero en

ningún caso se puede emplear menos de 0.5 kN/m^2 (50 kgf/m^2) de área de placa. Los valores están definidos para alturas libres de entrepiso de 2.20 m, cuando haya una mayor altura libre deben utilizarse valores proporcionales:

Divisiones móviles de media altura (0.40 kN/m^2 , pero debe utilizarse el mínimo).....	0.50 kN/m^2	(50 kgf/m^2)
Lámina de yeso de 13 mm ($1/2''$) en cada costado y costillas de acero o de madera, agregar 0.04 kN/m^2 (4 kgf/m^2) por cada mm adicional de espesor de la lámina	0.90 kN/m^2	(90 kgf/m^2)
Lámina de madera protegida y costillas de madera, pañetado sobre malla	2.00 kN/m^2	(200 kgf/m^2)

B.3.5 - EQUIPOS FIJOS

Dentro de las cargas muertas deben incluirse la masa correspondiente de todos los equipos fijos que estén apoyados sobre elementos estructurales tales como ascensores, bombas hidráulicas, transformadores, equipos de aire acondicionado y ventilación y otros.

B.3.6 - ACABADOS

La carga producida por los acabados de los pisos debe evaluarse para los materiales que se van a utilizar en cada uno de los pisos de la edificación. El valor que se utilice en terrazas y azoteas debe tener en cuenta los pendientes que se coloquen. Cuando no se realice un análisis detallado, puede utilizarse 1.5 kN/m^2 (150 kgf/m^2) en pisos y terrazas.

B.3.7 - CONSIDERACIONES ESPECIALES

Los profesionales que participen en el diseño y la construcción y el propietario de la edificación deben ser conscientes de los valores de las cargas muertas utilizados en el diseño y tomar las precauciones necesarias para verificar en la obra que los pesos de los materiales utilizados no superen los valores usados en el diseño.



CAPITULO B.4 CARGAS VIVAS

B.4.1 - DEFINICION

B.4.1.1 - Las cargas vivas son aquellas cargas producidas por el uso y ocupación de la edificación y no deben incluir cargas ambientales tales como viento, sismo, ni la carga muerta.

B.4.1.2 - Las cargas vivas en las cubiertas son aquellas causadas por:

- (a) Materiales, equipos y trabajadores utilizados en el mantenimiento de la cubierta y
- (b) Durante la vida de la estructura las causadas por objetos móviles y por las personas que tengan acceso a ellas.

B.4.2 - CARGAS VIVAS UNIFORMEMENTE REPARTIDAS

B.4.2.1 - CARGAS VIVAS REQUERIDAS - Las cargas vivas que se utilicen en el diseño de la estructura deben ser las máximas cargas que se espera ocurran en la edificación debido al uso que ésta va a tener. En ningún caso estas cargas vivas pueden ser menores que las cargas vivas mínimas que se dan a continuación:

Vivienda	1.80 kN/m ²	(180 kgf/m ²)
Oficinas	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
Escaleras en oficinas y vivienda.....	3.00 kN/m ²	(300 kgf/m ²)
Salones de Reunión		
- Con asientos fijos (anclados al piso).....	3.00 kN/m ²	(300 kgf/m ²)
- Sin asientos fijos	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)
Hospitales		
- Cuartos	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
- Salas de operaciones.....	4.00 kN/m ²	(400 kgf/m ²)
Coliseos y Estadios		
- Graderías.....	4.00 kN/m ²	(400 kgf/m ²)
- Escaleras.....	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)
Garajes		
- Automóviles	2.50 kN/m ²	(250 kgf/m ²)
- Vehículos pesados		Según uso
Hoteles.....	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
Escuelas, Colegios y Universidades.....	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
Bibliotecas		
- Salas de lectura	2.00 kN/m ²	(200 kgf/m ²)
- Depósitos de libros.....	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)
Cubiertas, Azoteas y Terrazas	la misma del resto de la edificación	
Cubiertas inclinadas de estructuras metálicas y de madera con imposibilidad física de verse sometidas a cargas superiores a la acá estipulada:		
- si la pendiente es mayor del 20%	0.35 kN/m ²	(35 kgf/m ²)
- si la pendiente es menor del 20%	0.50 kN/m ²	(50 kgf/m ²)
Fábricas		
- Livianas	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)
- Pesadas.....	10.00 kN/m ²	(1000 kgf/m ²)
Depósitos		
- Livianos	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)
- Pesados.....	10.00 kN/m ²	(1000 kgf/m ²)
Almacenes		
- Detal	3.50 kN/m ²	(350 kgf/m ²)
- Por Mayor	5.00 kN/m ²	(500 kgf/m ²)

B.4.2.2 - EMPUJE EN PASAMANOS Y ANTEPECHOS - Las barandas y pasamanos de escaleras y balcones, tanto exteriores como interiores, y los antepechos deben diseñarse para que resistan una fuerza horizontal de 0.75 kN (75 kgf) por metro lineal, aplicadas en la parte superior de la baranda, pasamanos o antepecho.

B.4.3 - CARGA PARCIAL - Cuando la luz de un elemento esté cargada parcialmente con la carga viva de diseño produciendo un efecto más desfavorable que cuando está cargada en la totalidad de la luz, este efecto debe ser temido en cuenta en el diseño.

B.4.4 - IMPACTO - Cuando la estructura quede sometida a carga viva generadora de impacto, la carga viva debe incrementarse, para efectos de diseño, por los siguientes porcentajes:

- (a) Soportes de Elevadores y Ascensores, 100%
- (b) Vigas de puentes grúas con cabina de operación y sus conexiones, 25%
- (c) Vigas de puentes grúas operados por control remoto y sus conexiones, 10%
- (d) Apoyos de maquinaria liviana, movida mediante motor eléctrico o por un eje, 20%
- (e) Apoyos de maquinaria de émbolo o movida por motor a pistón, no menos de 50%
- (f) Tensores que sirvan de apoyo a pisos o balcones suspendidos y escaleras, 33%

B.4.5 - REDUCCION DE LA CARGA VIVA

B.4.5.1 - REDUCCION DE LA CARGA VIVA POR AREA AFERENTE - Cuando el área de influencia del elemento estructural sea mayor o igual a 35 m² y la carga viva sea superior a 1.80 kN/m² (180 kgf/m²) e inferior a 3.00 kN/m² (300 kgf/m²), la carga viva puede reducirse utilizando la ecuación (B.4-1):

$$L = L_o \left(0.25 + \frac{4.6}{\sqrt{A_i}} \right) \tag{B.4-1}$$

Donde:

- L = Carga viva reducida, en kN/m²
- L_o = Carga viva sin reducir, en kN/m²
- A_i = Área de influencia del elemento en m²

B.4.5.1.1 - La carga viva reducida no puede ser menor del 50% de L_o en elementos que soporten un piso ni del 40% de L_o en otros elementos.

B.4.5.1.2 - El área de influencia es igual a cuatro veces el área aferente para una columna, dos veces el área aferente para una viga y al área del panel para una losa armada en dos direcciones. Para columnas y vigas equivale al área de los paneles de placa que tocan el elemento y debe tomarse así:

vigas centrales	A _i = Área de dos paneles
vigas de borde	A _i = Área de un panel
columnas centrales	A _i = Área de cuatro paneles
columnas de borde	A _i = Área de dos paneles
columnas de esquina	A _i = Área de un panel

Para elementos que soporten más de un piso deben sumarse las áreas de influencia de los diferentes pisos

B.4.5.2 - REDUCCION POR NUMERO DE PISOS - Alternativamente a lo estipulado en el numeral anterior en edificios de cinco pisos o más la carga viva para efectos del diseño de las columnas y la cimentación puede tomarse como la suma de las cargas vivas de cada piso multiplicadas por el coeficiente r correspondiente a ese piso:

- r = 1.0 para i = n a i = n - 4 (cinco pisos superiores)
- r = 1.0 + 0.10(i-n+4) para i = n - 5 a i = n - 8
- r = 0.5 para i = n - 9 en adelante

Donde:

- n = número de pisos del edificio
- i = número del piso donde se aplica el coeficiente r

B.4.6 - PUENTES GRUAS - En el diseño de las vigas carrilera de los puentes grúas debe tenerse en cuenta una fuerza horizontal equivalente a por lo menos el 20% de la suma de los pesos de la grúa y la carga levantada. En la suma no entra el peso de las partes estacionarias del puente grúa. Esta fuerza debe suponerse colocada en la parte superior de los rieles, normalmente a los mismos y debe distribuirse entre las vigas teniendo en cuenta la rigidez lateral de la estructura que soporta los rieles. Además debe tenerse en cuenta una fuerza horizontal longitudinal, aplicada al tope del riel, igual al 10% de las cargas máximas de rueda de la grúa.

B.4.7 - EFECTOS DINAMICOS - Las estructuras expuestas a excitaciones dinámicas producidas por el público tales como: estadios, coliseos, teatros, gimnasios, pistas de baile, centros de reunión o similares, deben ser diseñadas de tal manera que tengan frecuencias naturales superiores a 5 Hz (períodos naturales menores de 0.2 s) para vibraciones verticales.



CAPITULO B.5

EMPUJE DE TIERRA Y PRESION HIDROSTATICA

B.5.1 - EMPUJE EN MUROS DE CONTENCIÓN DE SOTANOS

B.5.1.1 - En el diseño de los muros de contención de los sótanos y otras estructuras aproximadamente verticales localizadas bajo tierra, debe tenerse en cuenta el empuje lateral del suelo adyacente. Deben tenerse en cuenta las posibles sobrecargas tanto vivas como muertas que pueda haber en la parte superior del suelo adyacente. Cuando parte o toda la estructura de sótano está por debajo del nivel freático, el empuje debe calcularse para el peso del suelo sumergido y la totalidad de la presión hidrostática. Deben consultarse los requisitos del Título H del Reglamento.

B.5.1.2 - El coeficiente de empuje de tierra deberá elegirse en función de las condiciones de deformabilidad de la estructura de contención, pudiéndose asignar el coeficiente de empuje activo cuando las estructuras tengan libertad de giro y de traslación; en caso contrario, el coeficiente será el de reposo o uno mayor, hasta el valor del pasivo, a juicio del ingeniero geotecnista y de acuerdo con las condiciones geométricas de la estructura y de los taludes adyacentes, cumpliendo los requisitos adicionales del Título H del Reglamento.

B.5.2 - PRESION ASCENDENTE, SUBPRESION, EN LOSAS DE PISO DE SOTANOS

En el diseño de la losa de piso del sótano y otras estructuras aproximadamente horizontales localizadas bajo tierra debe tenerse en cuenta la totalidad de la presión hidrostática ascendente aplicada sobre el área. La cabeza de presión hidrostática debe medirse desde el nivel freático. La misma consideración debe hacerse en el diseño de tanques y piscinas.

B.5.3 – SUELOS EXPANSIVOS

Cuando existan suelos expansivos bajo la cimentación de la edificación, o bajo losas apoyadas sobre el terreno, la cimentación, las losas y los otros elementos de la edificación, deben diseñarse para que sean capaces de tolerar los movimientos que se presenten, y resistir las presiones ascendentes causadas por la expansión del suelo, o bien los suelos expansivos deben retirarse o estabilizarse debajo y en los alrededores de la edificación, de acuerdo con las indicaciones del ingeniero geotecnista. Debe consultarse el Título H del Reglamento.

B.5.4 – ZONAS INUNDABLES

En aquellas zonas designadas por la autoridad competente como inundables, el sistema estructural de la edificación debe diseñarse y construirse para que sea capaz de resistir los efectos de flotación y de desplazamiento lateral causados por los efectos hidrostáticos, hidrodinámicos, y de impacto de objetos flotantes. ■

CAPITULO B.6 FUERZAS DE VIENTO

B.6.1 – ALCANCE

A continuación se presentan métodos para calcular las fuerzas de viento con que deben diseñarse las edificaciones y sus componentes. No es aplicable a las estructuras de forma o localización especiales, las cuales requieren investigación apropiada, ni a aquellas que puedan verse sometidas a oscilaciones graves inducidas por el viento, ni a estructuras de puentes. Cuando existan datos experimentales, obtenidos en túneles de viento, pueden usarse en lugar de los especificados aquí, siempre y cuando reciban la aprobación de la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes.

B.6.2 – DEFINICIONES

Las siguientes definiciones se aplican a este capítulo:

Altura - Altura de la edificación por encima del terreno adyacente.

Altura por encima del terreno - La dimensión a barlovento, por encima del nivel general del terreno.

Ancho - La menor dimensión horizontal de una edificación, por encima del terreno adyacente; o el ancho de un elemento estructural normal a la dirección del viento. Es una dimensión relacionada con la configuración en planta de la edificación.

Area de elemento de superficie - El área de una superficie sobre la cual se considera constante el coeficiente de presión.

Area frontal efectiva - Area normal a la dirección del viento.

Barlovento - Dirección de donde viene el viento.

Coefficiente de fuerza - Un coeficiente adimensional tal que multiplicado por la presión dinámica del viento incidente sobre un cuerpo y por una área apropiada, como se define en este capítulo, da la fuerza total de viento sobre este cuerpo.

Coefficiente de presión - La razón entre la presión que actúa en un punto de una superficie y la presión dinámica del viento incidente.

Frente - Dimensión de la edificación normal a la dirección del viento.

Longitud - La mayor dimensión horizontal de un edificio por encima del terreno adyacente; o la longitud entre apoyos, de un miembro estructural individual. Es una dimensión relacionada con la configuración en planta de la edificación.

Permeabilidad - Relación entre el área de las aberturas de una pared y el área total de la misma.

Presión dinámica del viento - La presión dinámica, en flujo libre, que produce la velocidad del viento de diseño.

Profundidad - Dimensión de la edificación medida en la dirección del viento.

Topografía - Las características de la superficie terrestre en lo que respecta a la configuración de valles y montañas.

Rugosidad del terreno - Las características de la superficie terrestre en lo relacionado con obstrucciones de pequeña escala tales como árboles y edificaciones (a diferencia de la topografía).

Sotavento - Dirección hacia donde va el viento.

B.6.3 – NOMENCLATURA

La nomenclatura siguiente comprende las variables utilizadas en el presente capítulo.

A	= elemento de área superficial
A_e	= área frontal efectiva
B	= menor dimensión en planta de la edificación
b	= frente
C_f	= coeficiente de fuerza
C_{fn}	= coeficiente de fuerza normal
C_{ft}	= coeficiente de fuerza transversal
C'_t	= coeficiente de arrastre por fricción
C_p	= coeficiente de presión
C_{pe}	= coeficiente de presión externa
C_{pi}	= coeficiente de presión interna
d	= profundidad
D	= diámetro
F	= fuerza
F_n	= fuerza normal
F_t	= fuerza transversal
F'	= fuerza de fricción
h	= altura
H	= altura sobre el terreno
j_o###	= ancho del miembro, según se indica en el diagrama pertinente
j	= ancho del miembro normal a la dirección del viento
k	= una constante
K	= coeficiente de reducción
ℓ	= longitud
p	= presión sobre la superficie
p_e	= presión externa
p_i	= presión interna
q	= presión dinámica del viento
R_e	= número de Reynolds
S₁	= coeficiente topográfico
S₂	= coeficiente de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno
S₃	= coeficiente estadístico
S₄	= coeficiente que tiene en cuenta la densidad del aire
V	= velocidad del viento básico (m/s)
V_s	= velocidad del viento de diseño (m/s)
w	= ancho del edificio
w'	= ancho de un vano en edificios de varios vanos
α###	= ángulo del viento (con respecto a un eje dado)
β###	= relación de solidez aerodinámica
η###	= coeficiente de resguardo por apantallamiento
v###	= viscosidad cinemática
φ###	= relación de solidez geométrica

B.6.4 - PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LAS FUERZAS DE VIENTO QUE ACTUAN SOBRE LAS ESTRUCTURAS

B.6.4.1 - DISPOSICIONES VARIAS

B.6.4.1.1 - En una estructura es preciso calcular las fuerzas de viento que actúan sobre:

- La estructura en conjunto.
- Los elementos estructurales individuales, por ejemplo paredes, techos, y
- Las unidades individuales de revestimiento y sus elementos de conexión.

B.6.4.1.2 – Edificaciones en construcción - Es importante considerar la fuerza de viento que actúe sobre una estructura sin terminar, que depende del método y secuencia de construcción y que puede llegar a ser crítica. Es razonable suponer que la velocidad máxima del viento de diseño, V_s , no se presente durante un período de construcción corto, y se puede usar en consecuencia un coeficiente de reducción S_3 para calcular el máximo viento probable. Sin embargo, no se permite usar períodos de exposición menores de dos años, con un valor mínimo de $S_3 = 0.8$.

B.6.4.1.3 - Las cargas producidas por el viento deben aplicarse en cualquier dirección.

B.6.4.1.4 - El sistema estructural de la edificación debe ser capaz de transferir a la cimentación las fuerzas producidas por el viento.

B.6.4.1.5 - Los amarres o anclajes del material de cubierta colocado dentro de una distancia $0.2B$ del borde de los aleros deben diseñarse para una presión negativa (succión), de 1.5 veces la presión dinámica, normal a la superficie.

B.6.4.2 - ANALISIS SIMPLE - Si al evaluar los efectos producidos por las fuerzas de viento con el análisis simple descrito a continuación, se encuentra que éstos no son fundamentales en el diseño, se puede adoptar el análisis simple como válido, con la presión de viento calculada mediante la ecuación B.6.4.1 y las tablas B.6.4-1, B.6.4-2 y B.6.4-3. Por el contrario, si las fuerzas de viento en algún sentido resultan determinantes, el diseño deberá regirse por el análisis completo como se establece en B.6.4.3 y subsiguientes.

B.6.4.2.1 - Presión producida por el viento - El viento produce una presión:

$$p = C_p q S_4 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{(B.6.4-1)}$$

Los valores de q para diferentes intervalos de altura se obtienen de la tabla B.6.4-1, con base en la velocidad del viento básico para el sitio, definida en B.6.5.2.

Tabla B.6.4-1 - Valores de q en kN/m^2 ($1 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kgf/m}^2$)

Altura (m)	Velocidad (kph)*						
	60	70	80	90	100	110	120
0 - 10	0.20	0.27	0.35	0.45	0.55	0.67	0.79
10 - 20	0.22	0.30	0.40	0.50	0.62	0.75	0.89
20 - 40	0.27	0.37	0.48	0.61	0.75	0.91	1.08
40 - 80	0.33	0.45	0.59	0.74	0.92	1.11	1.32
80 -150	0.40	0.54	0.71	0.90	1.11	1.34	1.59
> 150	0.50	0.68	0.88	1.12	1.38	1.67	1.99

(*véase la figura B.6.5-1)

Tabla B.6.4-2 - Valores de C_p para superficies verticales

Estructuras prismáticas con $h < 2b$	1.2
Estructuras prismáticas alargadas	1.6
Superficies cilíndricas	0.7
Superficies planas de poca profundidad tales como vallas	1.4

Para los aleros en todos los casos deberá utilizarse $C_p = -1.5$

Para pórticos a dos aguas, al considerar el viento soplando paralelamente a la cumbrera se tomará $C_p = -0.6$

Para los edificios con uno o más lados abiertos se deberá añadir -1.0 a los valores negativos de C_p que aparecen en la tabla B.6.4-3 para superficies inclinadas.

Para efectos de computar la presión del viento sobre una cubierta curva, ésta debe dividirse como mínimo en cinco segmentos iguales. La presión en cada segmento, positiva o negativa, debe determinarse usando los valores de C_p que para la pendiente respectiva aparecen en la tabla B.6.4-3.

Tabla B.6.4-3 - Valores de C_p para superficies inclinadas

Inclinación de la cubierta (grados)	Barlovento	Sotavento
0 - 10.0	- 0.8	- 0.5
10.1 - 20.0	- 0.7	- 0.5
20.1 - 30.0	- 0.4	- 0.5
30.1 - 40.0	- 0.1	- 0.5
40.1 - 50.0	+ 0.2	- 0.5
50.1 - 60.0	+ 0.5	- 0.5
60.1 - 70.0	+ 0.7	- 0.5
70.1 - 80.0	+ 0.8	- 0.5
> 80		Véase la tabla B.6.4-2

Los valores de S_4 se determinan de acuerdo con el numeral B.6.6.2.

B.6.4.3 - ANALISIS COMPLETO - Para establecer la fuerza de viento, debe procederse así:

Paso 1 - Se busca la velocidad del viento básico V en el sitio de la construcción de acuerdo con B.6.5.2.

Paso 2 - La velocidad de viento básico se multiplica por los coeficientes S_1 , S_2 y S_3 , para obtener la velocidad del viento de diseño, V_s , para la parte en consideración, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_s = V S_1 S_2 S_3 \quad (\text{B.6.4-2})$$

Paso 3 - Para los valores de S_1 , S_2 y S_3 síganse B.6.5.3 a B.6.5.6. La velocidad del viento de diseño se convierte a la presión dinámica q , en kN/m^2 , mediante la ecuación:

$$q = 0.000625 V_s^2 S_4 \quad (q \text{ en } \text{kN/m}^2 \text{ y } V_s \text{ en m/s}) \quad (\text{B.6.4-3a})$$

$$q = 0.000048 V_s^2 S_4 \quad (q \text{ en } \text{kN/m}^2 \text{ y } V_s \text{ en kph}) \quad (\text{B.6.4-3b})$$

Para determinar los valores de S_4 véase B.6.6.2.

Paso 4 - La presión dinámica q se multiplica luego por el coeficiente de presión apropiado, C_p , para obtener la presión p ejercida sobre cualquier punto de la superficie de un edificio.

$$p = C_p q \quad (\text{B.6.4-4})$$

Los valores negativos de C_p indican succión. Puesto que la fuerza resultante sobre un elemento depende de la diferencia de presión entre sus caras opuestas, pueden darse coeficientes de presión diferentes para las superficies externas, C_{pe} , e internas, C_{pi} . La fuerza de viento resultante sobre un elemento de superficie actúa normalmente a ésta y vale:

$$F = (C_{pe} - C_{pi}) q A \quad (\text{B.6.4-5})$$

en donde A es el área de la superficie.

Un valor negativo de F indica que la fuerza va dirigida hacia afuera. La fuerza total del viento, que actúa sobre una superficie, puede obtenerse sumando vectorialmente las cargas que actúan sobre todas las superficies.

Alternativamente, para hallar la fuerza total del viento sobre la edificación en conjunto, en vez de usar el procedimiento del paso 4, puede usarse un coeficiente de fuerza, C_f , cuando éste se conoce. La fuerza total de viento está dada entonces por:

$$F = C_f q A_e \quad (\text{B.6.4-6})$$

en donde A_e es el área frontal efectiva de la estructura. La dirección en la cual actúa la fuerza se indica en las tablas de coeficientes de fuerza.

En B.6.7 se dan coeficientes de presión y de fuerza para varias configuraciones de edificios, y en B.6.8, coeficientes de fuerza para estructuras sin revestir.

B.6.5 - VELOCIDAD DEL VIENTO DE DISEÑO

B.6.5.1 - GENERAL - La velocidad del viento de diseño se calcula mediante la ecuación B.6.4-2.

B.6.5.2 - VELOCIDAD DEL VIENTO BASICO - La velocidad del viento básico, V , es la velocidad de ráfaga de 3 segundos, que se estima será excedida en promedio una vez cada 50 años, medida a 10 m de altura del terreno y en campo abierto. Los valores de esta velocidad deben tomarse del mapa de amenaza eólica, figura B.6.5.1.

B.6.5.3 - COEFICIENTES DE VELOCIDAD DEL VIENTO - La velocidad del viento básico, debe modificarse mediante los coeficientes S_1 , S_2 y S_3 para tener en cuenta los efectos topográficos; de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno; y la vida útil e importancia del proyecto, respectivamente.

B.6.5.4 - COEFICIENTE DE TOPOGRAFIA, S_1 - Deben utilizarse los coeficientes dados a continuación:

Tabla B.6.5-1
Coficiente de topografía S_1

Topografía	Valor de S_1
(a) Todos los casos excepto los dados en (b) y (c).	1.0
(b) Laderas y cimas montañosas muy expuestas en donde se sabe que el viento se acelera, y valles donde debido a su forma se concentra el viento.	1.1
(c) Valles encerrados protegidos de todo viento.	0.9

B.6.5.5 - COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DEL TERRENO, DEL TAMAÑO DEL EDIFICIO Y DE ALTURA SOBRE EL TERRENO, S_2 - El efecto combinado de estos factores se tiene en cuenta mediante el coeficiente S_2 , que se obtiene de la tabla B.6.5-2 en función de los siguientes parámetros:

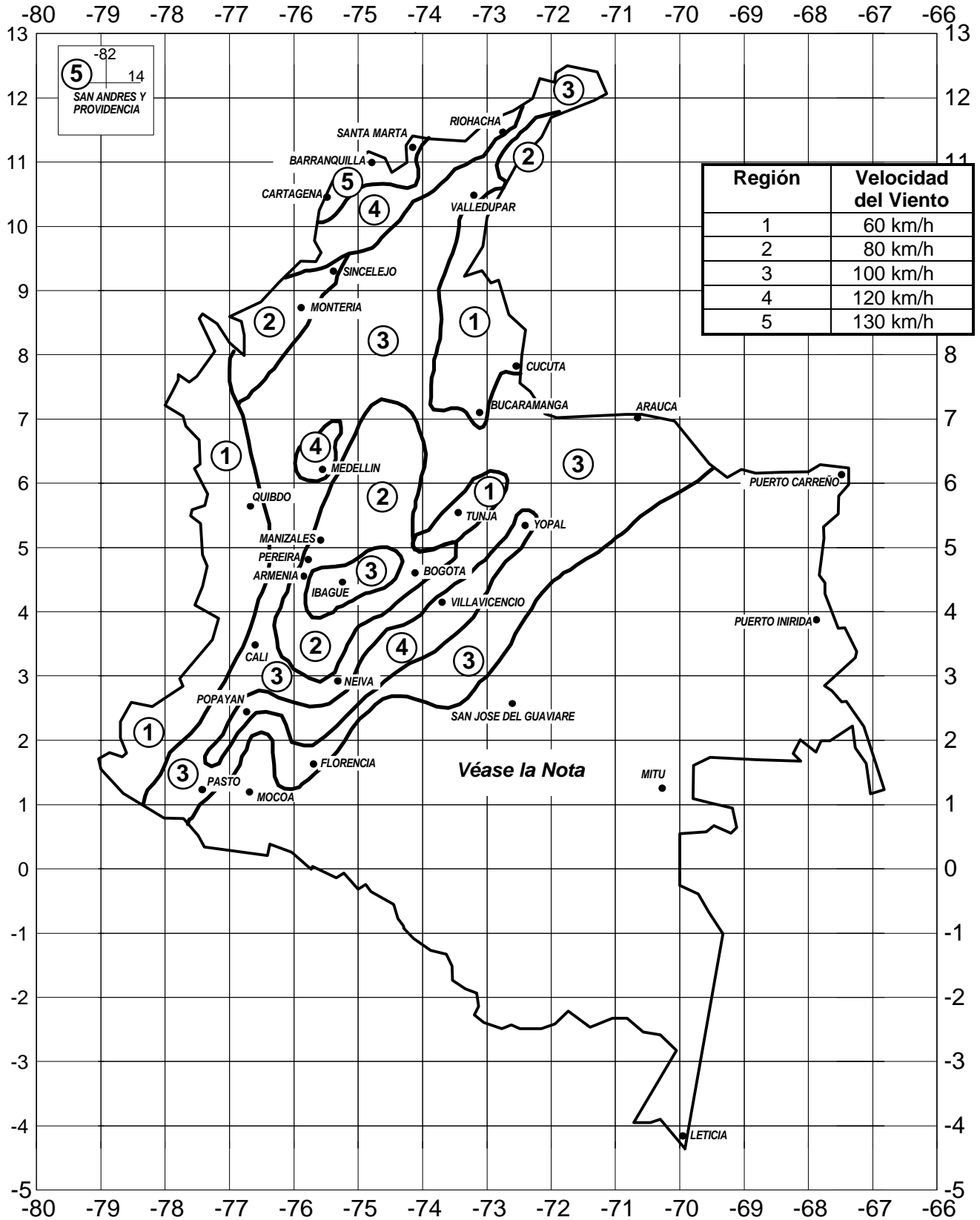
B.6.5.5.1 - Rugosidad del terreno - Para los fines de estas normas la rugosidad del terreno se divide en cuatro categorías así:

Rugosidad 1 - Grandes extensiones de campo abierto, plano o casi plano, sin abrigo, como bordes costeros, pantanos, aeropuertos, pastizales y labrantíos sin cercas de arbustos o piedra.

Rugosidad 2 - Terreno plano u ondulado con obstrucciones de arbustos o cercas alrededor de los campos, con árboles en algunos sitios y una que otra edificación. Como la mayoría de las zonas cultivadas y áreas rurales con excepción de aquellas partes muy boscosas.

Rugosidad 3 - Superficies cubiertas con numerosas obstrucciones de gran tamaño. Se supone que el nivel general de los techos y de los obstáculos es de 10 m, pero esta categoría comprende la mayoría de las áreas construidas diferentes de aquellas incluidas en la categoría 4.

Rugosidad 4 - Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones de gran tamaño con techos contruidos a 25 o más metros de altura. Esta categoría cubre únicamente los centros de las ciudades donde los edificios son no solamente altos sino poco espaciados.



Nota: Estas zonas no han sido estudiadas y se recomienda ser conservador al evaluar las fuerzas eólicas que puedan presentarse en ellas. Mientras no existan datos confiables se calcularán con base en una velocidad mínima de 100 km/h

Mapa de amenaza eólica: velocidad del viento básico
 Figura B.6.5.1

Tabla B.6.5-2
Coeficiente de rugosidad, tamaño del edificio y altura sobre el terreno, S_2

H (m)	Rugosidad 1			Rugosidad 2			Rugosidad 3			Rugosidad 4		
	CAMPOS ABIERTOS SIN OBSTRUCCIONES			CAMPOS ABIERTOS CON VALLAS			CAMPOS CON MUCHAS VALLAS; PUEBLOS O AFUERAS DE CIUDADES			ZONAS CON GRANDES Y FRECUENTES OBSTRUCCIONES COMO CENTROS DE CIUDAD		
	CLASE			CLASE			CLASE			CLASE		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	0.83	0.78	0.73	0.72	0.67	0.63	0.64	0.60	0.55	0.56	0.52	0.47
5	0.88	0.83	0.78	0.79	0.74	0.70	0.70	0.65	0.60	0.60	0.55	0.50
10	1.00	0.93	0.90	0.95	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.67	0.62	0.58
15	1.03	0.99	0.94	1.00	0.95	0.91	0.88	0.83	0.78	0.74	0.69	0.64
20	1.06	1.01	0.96	1.03	0.98	0.94	0.95	0.90	0.85	0.79	0.75	0.70
30	1.08	1.05	1.00	1.07	1.03	0.98	1.01	0.97	0.92	0.90	0.85	0.79
40	1.12	1.08	1.03	1.10	1.06	1.01	1.05	1.01	0.96	0.97	0.93	0.89
50	1.14	1.10	1.06	1.12	1.08	1.04	1.08	1.04	1.00	1.02	0.98	0.94
60	1.15	1.12	1.08	1.14	1.10	1.04	1.10	1.06	1.02	1.05	1.02	0.98
80	1.18	1.15	1.11	1.17	1.13	1.09	1.13	1.10	1.06	1.10	1.07	1.03
100	1.20	1.17	1.13	1.19	1.16	1.12	1.16	1.12	1.09	1.13	1.10	1.07
120	1.22	1.19	1.15	1.21	1.18	1.14	1.18	1.15	1.11	1.15	1.13	1.10
140	1.24	1.20	1.17	1.22	1.19	1.16	1.20	1.17	1.13	1.17	1.15	1.12
160	1.25	1.22	1.19	1.24	1.21	1.18	1.21	1.18	1.15	1.19	1.17	1.14
180	1.26	1.23	1.20	1.25	1.22	1.19	1.23	1.20	1.17	1.20	1.19	1.16
200	1.27	1.24	1.21	1.26	1.24	1.21	1.24	1.21	1.18	1.22	1.21	1.18

B.6.5.5.2 - Revestimiento y tamaño del edificio - Se establecen tres clases a saber:

Clase A - Todas las unidades de revestimiento, vidriería y cubierta y sus aditamentos; lo mismo que los miembros individuales de las estructuras sin revestir.

Clase B - Todos los edificios y estructuras cuya máxima dimensión vertical u horizontal, no llega a 50 m.

Clase C - Todos los edificios con dimensiones máximas, verticales u horizontales, que sobrepasan los 50 m.

Para entrar a la tabla B.6-5-2, se considera la altura de la parte superior de la estructura, o si se prefiere, puede dividirse ésta en varias partes, y calcularse la fuerza en cada una de ellas, aplicándole el coeficiente S_2 correspondiente al nivel superior de cada parte. La fuerza se considera aplicada a media altura de la estructura o parte considerada, respectivamente.

Al estimar la altura sobre el terreno circundante debe darse debida consideración a cualquier condición especial que presente.

B.6.5.6 - COEFICIENTE S_3 - Este coeficiente tiene en cuenta el grado de seguridad y de vida útil de la estructura. Según los grupos de uso estipulados en el numeral A.2.5.1, se utilizarán los siguientes valores:

Para todas las edificaciones y estructuras de ocupación normal correspondientes al grupo de uso **I** $S_3 = 1.00$

Para las edificaciones y estructuras de ocupación especial pertenecientes al grupo de uso **II** y las diseñadas para prestar servicios indispensables esenciales o de atención a la comunidad, correspondientes a los grupos de uso **III** y **IV** $S_3 = 1.05$

Para edificaciones agrícolas y estructuras de almacenamiento que por su ocupación implican bajo riesgo para la vida humana y para construcciones temporales $S_3 = 0.95$

B.6.6 - PRESION DINAMICA DEL VIENTO

B.6.6.1 - GENERAL - La presión dinámica del viento, q en (kN/m²) por encima de la presión atmosférica, se obtiene a partir de la velocidad del viento de diseño V_s , hallada en B.6.4.3, mediante la fórmula:

$$q = 0.000625 V_s^2 S_4 \quad (q \text{ en kN/m}^2 \text{ y } V_s \text{ en m/s}) \quad (\text{B.6.6-1})$$

$$q = 0.000048 V_s^2 S_4 \quad (q \text{ en kN/m}^2 \text{ y } V_s \text{ en kph}) \quad (\text{B.6.6-2})$$

B.6.6.2 - COEFICIENTE S_4 - Este coeficiente considera la variación de la densidad del aire con la altura sobre el nivel del mar (m). Debe tomarse de la tabla B.6.6:

Tabla B.6.6
Coeficiente S_4

ALTITUD	
(m)	S_4
0	1.00
500	0.94
1000	0.88
1500	0.83
2000	0.78
2500	0.73
3000	0.69

B.6.7 - COEFICIENTES DE PRESION Y COEFICIENTES DE FUERZA

B.6.7.1 - GENERAL - Para determinar la fuerza del viento que actúa sobre una edificación o sobre parte de ella, se multiplica la presión dinámica calculada en B.6.6 por un coeficiente que depende la forma del edificio o estructura y por el área respectiva. Existen dos tipos de coeficientes: los de presión, C_p , y los de fuerza C_f .

En las tablas B.6.7-1 a B.6.7-9 se presentan los valores de estos coeficientes para algunas configuraciones. Es posible aplicarlas a otros edificios de forma similar.

B.6.7.2 - COEFICIENTES DE PRESION - Los coeficientes de presión se aplican siempre al cálculo de la fuerza de viento que actúa sobre una superficie particular, o sobre parte de la superficie de un edificio. Dicha fuerza se considera perpendicular a la superficie en cuestión y se obtiene multiplicando el área de la superficie por el coeficiente de presión y por la presión dinámica q . La carga total de viento que actúa sobre un edificio se obtiene luego mediante la suma vectorial de todas las cargas que actúan sobre cada una de las superficies del edificio.

B.6.7.2.1 - En las tablas B.6.7-1 a B.6.7-9 se dan los valores promedio de los coeficientes para direcciones críticas del viento en uno o más cuadrantes. Para determinar la carga máxima que actúa sobre el edificio, se debe calcular la carga total para cada una de las direcciones críticas mostradas, en todos los cuadrantes. En las áreas de alta succión local, que se presentan por lo general cerca a los bordes de muros y techos, es preciso utilizar los coeficientes de efectos locales dados en las tablas, aplicados únicamente a tales áreas.

B.6.7.2.2 - Para el diseño del revestimiento y sus elementos de conexión a un miembro estructural, deben usarse los valores correspondientes a la clase A, con el coeficiente de presión aplicable específicamente al área particular en que está el revestimiento.

B.6.7.2.3 - Para el diseño estructural del elemento que sostiene el revestimiento, deben usarse las clases B o C con el coeficiente de presión aplicable al área donde esté el miembro.

B.6.7.2.4 - En el diseño contra altas presiones locales es necesario tener en cuenta los efectos secundarios como por ejemplo, la distribución debida a la rigidez del revestimiento.

B.6.7.2.5 - Para el diseño de miembros estructurales principales, deben usarse las clases B o C y los coeficientes normales del área en conjunto.

B.6.7.2.6 - Al calcular la carga de viento sobre los elementos estructurales individuales y sobre las unidades de revestimiento y sus conexiones, es necesario tener en cuenta la diferencia de presión existente entre las caras opuestas de dichos elementos o unidades. La fuerza resultante debe ser:

$$F = (C_{pe} - C_{pi}) q A \quad (\text{B.6.7-1})$$

en donde:

C_{pe} = Coeficiente de presión externa

C_{pi} = Coeficiente de presión interna

A = Área superficial del elemento estructural o de la unidad de revestimiento

Los valores de C_{pe} se obtienen de las tablas B.6.7-1 a B.6.7-9 y los de C_{pi} siguiendo el método de B.6.9. Un valor negativo de F indica que la fuerza resultante actúa hacia afuera.

B.6.7.3 - COEFICIENTES DE FUERZA - En aquellos casos en que se dan los coeficientes de fuerza, la carga total de viento sobre el edificio o estructura como un conjunto debe calcularse así:

$$F = C_f q A_e \quad (\text{B.6.7-2})$$

en donde F es la fuerza que actúa en una dirección específica en las tablas B.6.7-4 y siguientes, y C_f es el coeficiente de fuerza correspondiente para el edificio. Como dicho coeficiente varía según el viento actúe sobre una u otra cara del edificio, es necesario calcular la carga total, para todas las direcciones del viento.

Si la carga de viento se calcula dividiendo el área en partes, a cada una se le debe aplicar el valor C_f del edificio en conjunto.

B.6.7.4 - ARRASTRE POR FRICCIÓN - En algunos edificios de forma especial debe considerarse una fuerza debida al arrastre por fricción, además de las calculadas en B.6.7.2 y B.6.7.3. En edificios rectangulares revestidos sólo es necesaria dicha adición cuando la relación d/h o d/b es mayor de 4.

El arrastre por fricción, F' , en la dirección del viento, está dado por las siguientes ecuaciones:

Para $h \leq b$

$$F' = C'_f q b (d - 4h) + C'_f q 2h (d - 4h) \quad (\text{B.6.7-3})$$

Para $h > b$

$$F' = C'_f q b (d - 4b) + C'_f q 2h (d - 4b) \quad (\text{B.6.7-4})$$

El primer término en cada caso da el arrastre sobre el techo y el segundo el correspondiente a las paredes. Los términos se dan por separado para permitir el uso de valores diferentes de C'_f y q sobre las distintas superficies. A continuación se dan los valores de C'_f :

$C'_f = 0.01$ Para superficies lisas sin corrugaciones ni nervaduras normales a la dirección del viento.

$C'_f = 0.02$ Para superficies con corrugaciones normales a la dirección del viento.

$C'_f = 0.04$ Para superficies con nervaduras normales a la dirección del viento.

Para otras edificaciones en las cuales es necesario considerar el arrastre por fricción, éste se indica en las tablas de coeficientes de presión y de fuerza.

B.6.8 - COEFICIENTE DE FUERZA PARA ESTRUCTURAS SIN REVESTIR

B.6.8.1 - GENERAL - Estos requisitos se aplican a estructuras que carecen permanentemente de revestimiento y a las que temporalmente se encuentran sin él. Las estructuras que debido a su tamaño y a la velocidad del viento de diseño se encuentran en régimen supercrítico, pueden necesitar cálculos adicionales para garantizar que las cargas máximas no se presentarán con velocidades del viento menores que la máxima cuando el flujo sea subcrítico.

B.6.8.2 - COEFICIENTE DE FUERZA PARA MIEMBROS INDIVIDUALES - Los coeficientes de las tablas corresponden a miembros de longitud infinita; por consiguiente, para aplicarlos a miembros de longitud finita es necesario multiplicarlos por un coeficiente de reducción **K** que depende de la relación ℓ/j_α , en donde ℓ es la longitud del miembro y j_α su ancho en dirección normal a la del viento. Los valores de **K** están dados en la tabla B.6.8-1.

Cuando cualquier miembro llega a una placa o pared en tal forma que quede impedido el flujo libre de aire alrededor de dicho extremo de miembro, es necesario doblar el valor de la relación ℓ/j_α para determinar **K**. Si ambos extremos del miembro están obstruidos así, dicha relación debe tomarse igual a infinito.

B.6.8.2.1 - Miembros de lados planos - Los coeficientes de fuerza de la tabla B.6.8-2 corresponden a dos direcciones ortogonales y a un eje de referencia del miembro estructural. Se denominan C_{fn} y C_{ft} y dan las fuerzas normal y transversal, respectivamente, al plano de referencia, según se indica en los diagramas. Los coeficientes de fuerza dados, son para viento perpendicular al eje longitudinal del miembro y con ellos se calculan las fuerzas normal y transversal:

$$\text{Fuerza normal} \quad F_n = C_{fn} q K \ell j \quad (\text{B.6.8-1})$$

$$\text{Fuerza transversal} \quad F_t = C_{ft} q K \ell j \quad (\text{B.6.8-2})$$

Los valores de **K** se suministran en la tabla B.6.8-1.

B.6.8.2.2 - Secciones circulares - Los coeficientes de fuerza, C_f , de sección circular dependen de los valores DV_s y se dan en la tabla B.6.8-3. Los valores de la tabla sirven para todas las superficies de rugosidad pareja y altura menor de 1/100 del diámetro, es decir para todos los terminados superficiales normales, y también para miembros de longitud infinita. La fuerza está dada por la siguiente ecuación, donde los valores de **K** se suministran en la tabla B.6.8-1.

$$F = C_f q K \ell D \quad (\text{B.6.8-3})$$

B.6.8.2.3 - Alambres y cables - En la tabla B.6.8-4, se dan los coeficientes de fuerza C_f para alambres y cables, en función de los valores DV_s .

B.6.8.3 - PORTICOS SIMPLES - Como el viento puede venir de cualquier dirección, es necesario considerar la situación de carga más desfavorable. En el caso de un pórtico simple, ésta corresponde a la condición en la cual el viento sopla formando ángulo recto con el pórtico a menos que se demuestre que otro ángulo es el apropiado. La carga de viento sobre un pórtico simple se debe tomar como:

$$F = C_f q A_e \quad (\text{B.6.8-4})$$

en donde:

- A_e = Área efectiva del pórtico, medida perpendicularmente a la dirección del viento
- q = Presión dinámica del viento
- C_f = Coeficiente de fuerza efectiva

En la tabla B.6.8-5 se presentan los coeficientes de fuerza para pórticos simples constituidos por (a) miembros de lados planos o (b) miembros de sección circular en donde todas las partes del pórtico tengan valores DV_s menores o mayores de 6 m²/s.

La relación de solidez ϕ es igual al área efectiva del pórtico, medida perpendicularmente a la dirección del viento, dividida por el área comprendida entre los bordes exteriores del pórtico medida en la misma dirección del viento.

Cuando los pórticos sencillos se componen de miembros de sección circular, es posible que los miembros mayores se encuentren en el régimen de flujo supercrítico (i.e. $DV_s \geq 6$ m²/s) mientras que los más pequeños no lo estén (i.e. $DV_s < 6$ m²/s). También es posible que se fabriquen algunos detalles utilizando secciones planas. En tales casos la fuerza de viento que actúa sobre el pórtico se calcula con un coeficiente de fuerza efectivo igual a:

$$C_{fe} = Z C_{f_{super}} + (1-Z) \frac{A_{circ.sub}}{A_{sub}} C_{f_{sub}} + (1-Z) \frac{A_{plana}}{A_{sub}} C_{f_{plana}} \quad (\text{B.6.8-5})$$

en donde:

- $C_{f_{super}}$ = Coeficiente de fuerza de las secciones circulares supercríticas, obtenido en la tabla B.6.8-4.
- $C_{f_{sub}}$ = Coeficiente de fuerza de las secciones circulares subcríticas, dado en la tabla B.6.8-4.
- $C_{f_{plana}}$ = Coeficiente de fuerza de los miembros con lados planos obtenido en la tabla B.6.8-2.
- $A_{circ.sub}$ = Area efectiva de las secciones circulares subcríticas
- A_{plana} = Area efectiva de los miembros con lados planos
- A_{sub} = $A_{circ.sub} + A_{plana}$
- Z = área del pórtico en flujo supercrítico/ A_e

B.6.8.4 - ESTRUCTURAS DE PORTICOS MULTIPLES - Estos requisitos se aplican a estructuras con dos o más pórticos paralelos en los cuales el pórtico a barlovento puede apantallar a los pórticos que quedan a sotavento. El pórtico a barlovento y las partes no apantalladas de los pórticos a sotavento se calculan como se indicó en B.6.8.3, pero la carga de viento de las partes de los pórticos que quedan apantalladas se multiplican por un coeficiente de resguardo η , que depende de la relación de solidez del pórtico a barlovento, del tipo de miembro que lo constituye y de la relación de espaciamiento de los pórticos. En la tabla B.6.8-6 se dan los valores de dicho coeficiente.

B.6.8.4.1 - Cuando hay más de dos pórticos con igual geometría y espaciamiento, se considera que la carga de viento que actúa sobre el tercer pórtico y los pórticos subsecuentes, es igual a la que actúa sobre el segundo.

Las cargas en los diferentes pórticos se deben sumar para obtener la fuerza total sobre la estructura.

B.6.8.4.2 - Se define la relación de espaciamiento como la distancia, centro a centro, entre los pórticos, cerchas o vigas, dividida por la mínima dimensión global del pórtico, cercha o viga, medida en la dirección perpendicular a la del viento. En el caso de estructuras con pórticos triangulares, o con pórticos rectangulares pero colocados diagonalmente con respecto al viento, dicha relación se calcula utilizando la distancia media entre pórticos en la dirección del viento.

B.6.8.4.3 - La relación de solidez aerodinámica que aparece en la tabla B.6.8-6, permite que todas las secciones transversales de miembros sencillos se puedan incluir.

Relación de solidez aerodinámica β = relación de solidez ϕ multiplicada por una constante.

Esta constante es:

- 1.6 Para miembros con lados planos.
- 1.2 Para secciones circulares en el rango subcrítico y para miembros con lados planos en conjunto con tales secciones circulares.
- 0.5 Para secciones circulares en el rango supercrítico y para miembros con lados planos en conjunto con tales secciones circulares.

B.6.8.5 - TORRES DE CELOSIA - Las torres de celosía de secciones cuadradas y de secciones triangulares equiláteras constituyen casos especiales para los cuales puede ser conveniente utilizar un coeficiente global de fuerza en el cálculo de la carga de viento. La carga de viento debe calcularse, por conveniencia, para la condición en la cual el viento sople contra cualquier cara.

La carga de viento F que actúa en la dirección del viento es:

$$F = C_f q A_e \quad (\text{B.6.8-6})$$

en donde:

- A_e = Area efectiva de la cara (véase B.6.8.3)
- q = Presión dinámica del viento (véase B.6.6)
- C_f = Coeficiente global de fuerza (véanse las tablas B.6.8-7 a B.6.8-9)

B.6.8.5.1 - En la tabla B.6.8-7 se encuentran los valores del coeficiente global de fuerza para torres de miembros con lados planos. En torres cuadradas de celosía la carga máxima se presenta cuando el viento sopla según la diagonal y se puede tomar como 1.2 veces la carga que produce el viento al actuar sobre una cara. En torres triangulares de celosía se puede suponer que una carga de viento es constante para cualquier incidencia del viento con respecto a la cara.

B.6.8.5.2 - Puesto que en muy pocos casos los miembros de una torre de celosía, compuesta de elementos de sección transversal circular, están en el mismo régimen de flujo, bien sea sub o supercrítico, los cálculos de la fuerza del viento deben llevarse a cabo como se explicó en B.6.8.3, para el caso de los pórticos simples, teniendo en cuenta los coeficientes de resguardo dados en B.6.8.4. Cuando se pueda demostrar que todos los miembros de la torre están en el mismo régimen de flujo, se permite usar los coeficientes de fuerza C_f dados en la tabla B.6.8-8 y B.6.8-9. Estas tablas están basadas en mediciones experimentales y tienen un valor inferior al de las tablas B.6.8-5 y B.6.8-6.

B.6.9 - COEFICIENTES DE PRESION INTERNA

A continuación se indican los valores de C_{pi} que se aplican a un edificio con una planta interior razonablemente abierta y que multiplican los mismos valores de q del edificio en que se presentan. Si el interior está dividido por particiones relativamente impermeables, la diferencia de presión entre las paredes del edificio a sotavento y barlovento, debe repetirse entre tales particiones, e impone cargas a las mismas.

(1) Las dos caras opuestas igualmente permeables; las otras caras impermeables.

	C_{pi}
(a) Viento normal a la cara permeable	+0.2
(b) Viento normal a la cara impermeable	-0.3

(2) Las cuatro caras igualmente permeables -0.3

(3) Con igual permeabilidad en todas las caras, con excepción de una abertura dominante en una u otra cara, de tamaño y posición indicados a continuación:

(a) Sobre la cara de barlovento, con la permeabilidad de la cara a barlovento igual a las siguientes proporciones de la permeabilidad distribuida total de todas las caras sometidas a succión.

Proporción	C_{pi}
1.0	+0.1
1.5	+0.3
2.0	+0.5
### 3.0	+0.6

(b) Sobre la cara a sotavento (cualquier abertura dominante) C_{pi}
-0.3

(c) Sobre una cara paralela al viento:

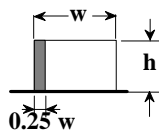
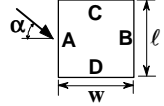
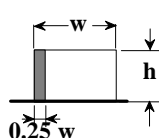
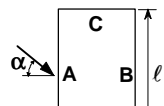
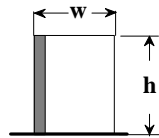
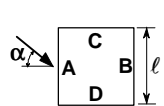
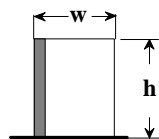
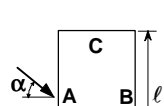
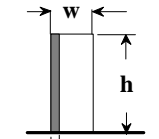
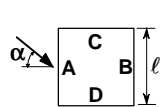
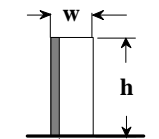
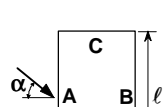
- Cualquier abertura dominante que no este en un área de alto coeficiente local C_{pe} -0.4

- En un área de alto coeficiente local C_{pe} si el área de la abertura es igual a la siguiente proporción de la otra permeabilidad total distribuida de todas las caras externas sometidas a succión.

Proporción	C_{pi}
≤ 0.25	-0.4
0.50	-0.5
0.75	-0.6
1.00	-0.7
1.50	-0.8
≥ 3.00	-0.9

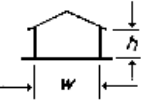
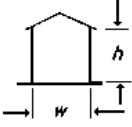
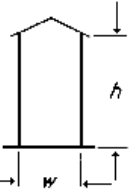
La permeabilidad distribuida debe establecerse en cada caso con tanta precisión como sea posible. Como guía se puede decir que la permeabilidad típica de una casa o grupo de oficinas con todas las ventanas cerradas está en el rango entre 0.01 % y 0.05 % del área de la fachada, dependiendo del grado de sellamiento.

Tabla B.6.7-1
Coefficientes de presión C_{pe} para las paredes de los edificios rectangulares revestidos

Relación de dimensiones (alzada)	Relación de dimensiones (planta)	Alzada	Planta	Angulo Viento α (grados)	C_{pe} para superficie				C_p Local
					A	B	C	D	
$\frac{h}{w} \leq \frac{1}{2}$	$1 < \frac{l}{w} \leq \frac{3}{2}$			0 90	+0.7 -0.5	-0.2 -0.5	-0.5 +0.7	-0.5 -0.2	-0.8
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0 90	+0.7 -0.5	-0.25 -0.5	-0.6 +0.7	-0.6 -0.1	-1.0
$\frac{1}{2} < \frac{h}{w} \leq \frac{3}{2}$	$1 < \frac{l}{w} \leq \frac{3}{2}$			0 90	+0.7 -0.6	-0.25 -0.6	-0.6 +0.7	-0.6 -0.25	-1.1
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0 90	+0.7 -0.5	-0.3 -0.5	-0.7 +0.7	-0.7 -0.1	-1.1
$\frac{3}{2} < \frac{h}{w} < 6$	$1 < \frac{l}{w} \leq \frac{3}{2}$			0 90	+0.8 -0.8	-0.25 -0.8	-0.8 +0.8	-0.8 -0.25	-1.2
	$\frac{3}{2} < \frac{l}{w} < 4$			0 90	+0.7 -0.5	-0.4 -0.5	-0.7 +0.8	-0.7 -0.1	-1.2

NOTA: h es la altura hasta el alero o parapeto, l la mayor dimensión horizontal del edificio y w su menor dimensión horizontal.

Tabla B.6.7-2
Coeficientes de presión C_{pe} para cubiertas a dos aguas de edificios rectangulares revestidos

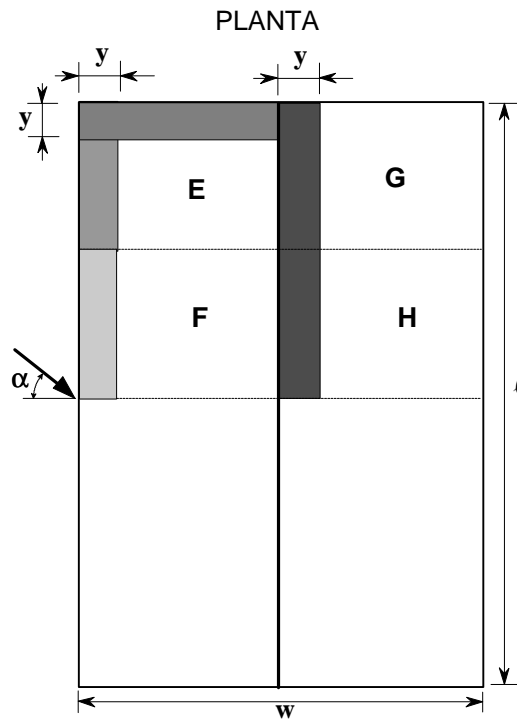
Relación de dimensiones en alzada	Angulo de cubierta (grados)	Angulo de viento $\alpha = 0^\circ$		Angulo de viento $\alpha = 90^\circ$		Coeficientes locales			
		EF	GH	EG	FH				
$\frac{h}{w} \leq \frac{1}{2}$ 	0	-0.8	-0.4	-0.8	-0.4	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.9	-0.4	-0.8	-0.4	-1.4	-1.2	-1.2	-1.0
	10	-1.2	-0.4	-0.8	-0.6	-1.4	-1.4	---	-1.2
	20	-0.4	-0.4	-0.7	-0.6	-1.0	---	---	-1.2
	30	0	-0.4	-0.7	-0.6	-0.8	---	---	-1.1
	45	+0.3	-0.5	-0.7	-0.6	---	---	---	-1.1
	60	+0.7	-0.6	-0.7	-0.6	---	---	---	-1.1
$\frac{1}{2} < \frac{h}{w} \leq \frac{3}{2}$ 	0	-0.8	-0.6	-1.0	-0.6	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.9	-0.6	-0.9	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-1.1	-0.6	-0.8	-0.6	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.7	-0.5	-0.8	-0.6	-1.5	-1.5	-1.5	-1.0
	30	-0.2	-0.5	-0.8	-0.8	-1.0	---	---	-1.0
	45	+0.2	-0.5	-0.8	-0.8	---	---	---	---
	60	+0.6	-0.5	-0.8	-0.8	---	---	---	---
$\frac{3}{2} < \frac{h}{w} < 6$ 	0	-0.7	-0.6	-0.9	-0.7	-2.0	-2.0	-2.0	--
	5	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.0
	10	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-2.0	-2.0	-1.5	-1.2
	20	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-1.5	-1.5	-1.5	-1.2
	30	-1.0	-0.5	-0.8	-0.7	-1.5	---	---	---
	40	-0.2	-0.5	-0.8	-0.7	-1.0	---	---	---
	50	+0.2	-0.5	-0.8	-0.7	---	---	---	---
60	+0.5	-0.5	-0.8	-0.7	---	---	---	---	

Notas:

1. h es la altura hasta el alero o antepecho y w es la menor dimensión horizontal del edificio

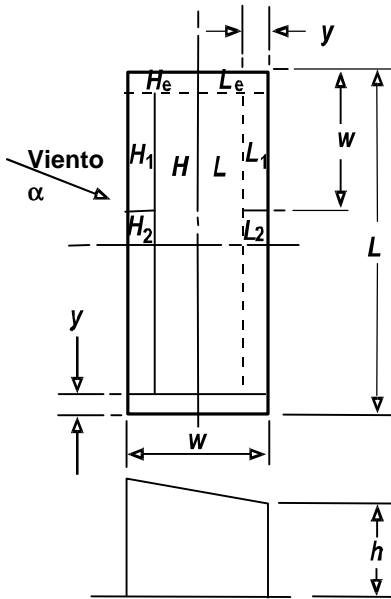
2. El coeficiente de presión para el lado inferior de cualquier alero en voladizo se tomará igual al de la pared adyacente.

* cuando no se dan coeficiente locales, se aplican los globales



$y = h \text{ o } 0.15w$
 el que sea menor

Tabla B.6.7-3
Coefficientes de presión C_{pe} para cubiertas a una sola agua,
de edificios rectangulares revestidos con $h/w < 2$



NOTA: Las áreas **H** y **L** se refieren a todo el cuadrante
 $y = h$ o $0.15w$ el que sea menor

Inclinación de la cubierta grados	Angulo del viento, α										C_{pe} local					
	0°		45°		90°		135°		180°		H_1	H_2	L_1	L_2	H_c	L_c
	H	L	H	L	H&L*	H&L**	H	L	H	L						
5	-1.0	-0.5	-1.0	-0.9	-1.0	-0.5	-0.9	-1.0	-0.5	-1.0	-2.0	-1.5	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0
10	-1.0	-0.5	-1.0	-0.8	-1.0	-0.5	-0.8	-1.0	-0.4	-1.0	-2.0	-1.5	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0
15	-0.9	-0.5	-1.0	-0.7	-1.0	-0.5	-0.6	-1.0	-0.3	-1.0	-1.8	-0.9	-1.8	-1.4	-2.0	-2.0
20	-0.8	-0.5	-1.0	-0.6	-0.9	-0.5	-0.5	-1.0	-0.2	-1.0	-1.8	-0.8	-1.8	-1.4	-2.0	-2.0
25	-0.7	-0.5	-1.0	-0.6	-0.8	-0.5	-0.3	-0.9	-0.1	-0.9	-1.8	-0.7	-0.9	-0.9	-2.0	-2.0
30	-0.5	-0.5	-1.0	-0.6	-0.8	-0.5	-0.1	-0.6	0	-0.6	-1.8	-0.5	-0.5	-0.5	-2.0	-2.0

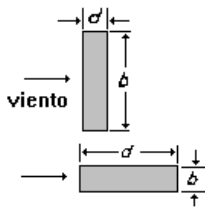
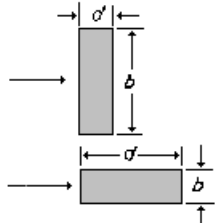
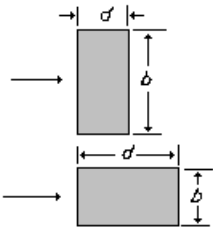
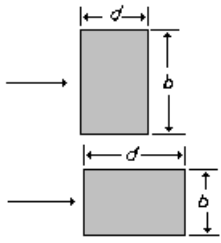
Notas:

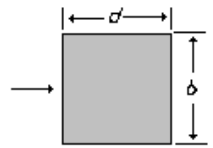
h es la altura hasta el alero del lado más bajo; **ℓ** es la mayor dimensión horizontal del edificio y **w** es la menor dimensión horizontal del mismo.

* Se aplica a una longitud $w/2$ medida desde el extremo a barlovento

** Se aplica al resto

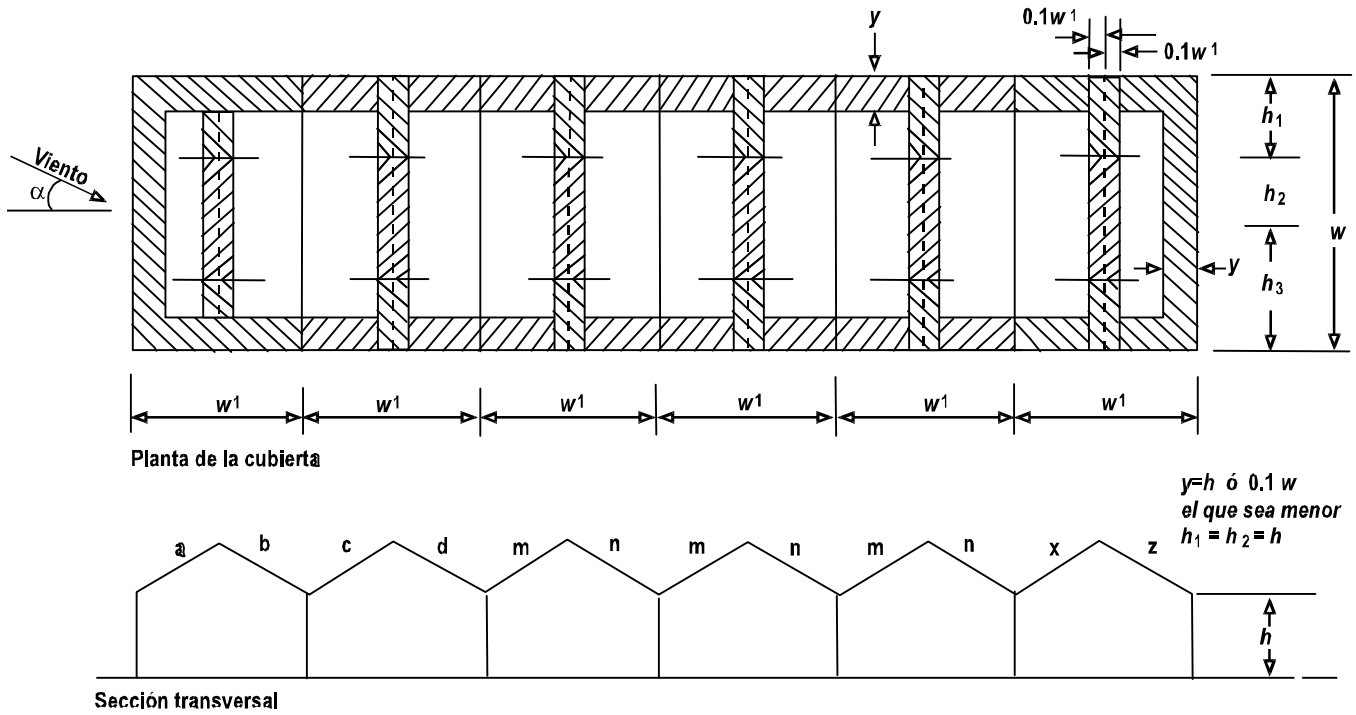
Tabla B.6.7-4
Coefficientes de fuerza C_f para edificios rectangulares revestidos, con techos planos
(actuando en la dirección del viento)

Configuración en planta	ℓ/w	b/d	C_f para una relación altura/frente				
			hasta $\frac{1}{2}$	1	2	4	6
	≥ 4	≥ 4	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
		$\leq \frac{1}{4}$	0.7	0.7	0.75	0.75	0.75
	3	3	1.1	1.2	1.25	1.35	1.4
		$\frac{1}{3}$	0.7	0.75	0.75	0.75	0.8
	2	2	1.0	1.05	1.1	1.15	1.2
		$\frac{1}{2}$	0.75	0.75	0.8	0.85	0.9
	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	0.95	1.0	1.05	1.1	1.15
		$\frac{2}{3}$	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0

Configuración en planta	ℓ/w	b/d	C_f para una relación altura/frente						
			hasta a $\frac{1}{2}$	1	2	4	6	10	20
	1	1	0.9	0.95	1.0	1.05	1.1	1.2	1.4

Nota: b es la dimensión del edificio en dirección normal al viento; d es la dimensión del edificio en dirección del viento, ℓ es la mayor dimensión horizontal del edificio y w es la menor dimensión del edificio.

Tabla B.6.7-5
 Coeficientes de presión C_{pe} para techos a dos aguas de edificios
 de varias luces iguales, con $h \leq w$



Angulo del techo	Angulo viento α	Primera luz		Primera luz interior		Otras luces interiores		Ultima luz		Coeficiente local	
		a	b	c	d	m	n	x	z		
5	0	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-2.0	-1.5
10		-1.1	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4		
20		-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5		
30		-0.2	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.5		
45		+0.3	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.5		

Angulo del techo	Angulo del viento	Distancia		
		h_1	h_2	h_3
hasta 45°	90°	-0.8	-0.6	-0.2

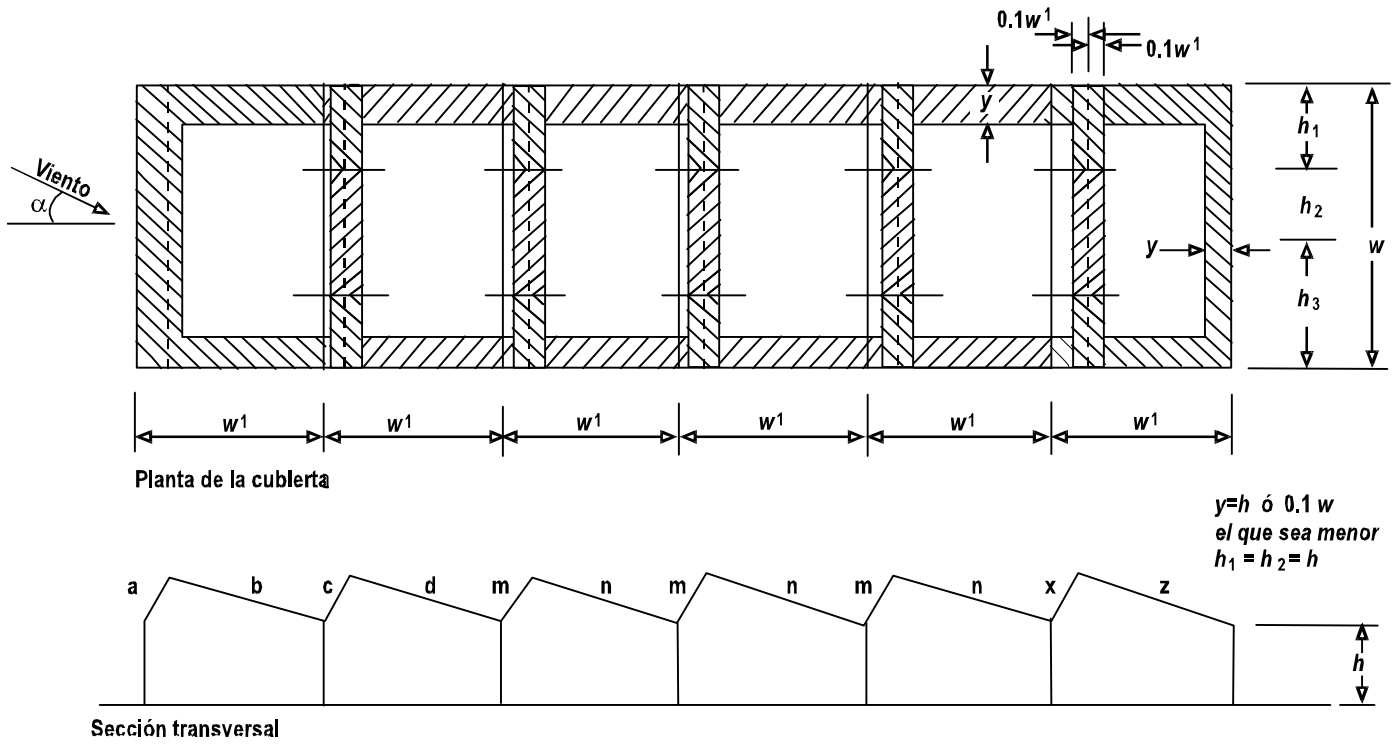
Arrastre por fricción

Cuando el ángulo del viento es $\alpha = 0^\circ$, los valores anteriores tienen en cuenta las fuerzas horizontales de arrastre por fricción.

Cuando el ángulo de viento es 90° se debe tener en cuenta el arrastre por fricción según se indica en B.6.7.4.

Tabla B.6.7-6

Coefficientes de presión C_{pe} para cubiertas en diente de sierra, de edificios de varias luces iguales con $h \leq w'$



Angulo viento α (grados)	Primera luz		Primera luz interior		Otras luces interiores		Ultima luz		Coeficiente local	
	a	b	c	d	m	n	x	z		
0	+0.6	-0.7	-0.7	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.3		
180	-0.5	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.6	-0.1	-2.0	-1.5

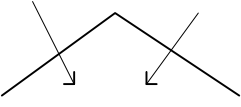
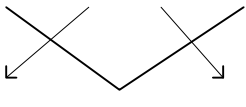
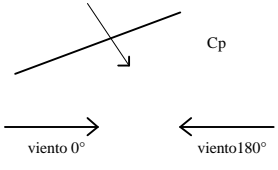
Angulo del viento	Distancia		
	h_1	h_2	h_3
90°	-0.8	-0.6	-0.2
270°	iguales pero invertidas		

Arrastre por fricción

Cuando el ángulo del viento es $\alpha = 0^\circ$, los valores anteriores tienen en cuenta las fuerzas horizontales de arrastre por fricción.

Cuando el ángulo de viento es 90° se debe tener en cuenta el arrastre por fricción según se indica en B.6.7.4.

Tabla B.6.7-7
Coeficientes de presión C_p para cubiertas inclinadas aisladas (edificios sin revestir), con $\frac{1}{2} \leq h/w' < 1$

Corte transversal	Angulo de cubierta Grados	Vertiente a Barlovento	Vertiente a Sotavento
 C_p	5	-0.8 ó +1.2	-1.0
	10	-0.6 ó +1.4	-1.0
	15	-0.4 ó +1.6	-1.0
	20	-0.2 ó +1.8	-0.7
	25	0 ó +2.0	-0.2
	30	0 ó +2.0	0
 C_p	5	-1.2 ó +0.8	+1.0
	10	-1.4 ó +0.6	+1.0
	15	-1.6 ó +0.4	+1.0
	20	-1.8 ó +0.2	+0.7
	25	-2.0 ó 0	+0.2
	30	-2.0 ó 0	0
 C_p viento 0° viento 180°		Viento 0°	Viento 180°
	0	-1.0 ó +1.0	-1.0 ó +1.0
	5	-1.0 ó +1.05	-1.05 ó +1.0
	10	+1.1	-1.1
	15	+1.15	-1.15
	20	+1.2	-1.2
	25	+1.25	-1.25
30	+1.3	-1.3	

Los coeficientes tienen en cuenta el efecto combinado del viento sobre ambas superficies, superior e inferior, de la cubierta. Cuando se dan dos valores, la cubierta debe diseñarse para que resista ambas condiciones de carga. Además de las fuerzas de succión habrá cargas horizontales aplicadas a la cubierta por la presión que ejerce el viento sobre cualquier franja de cerramiento, y por la fricción del viento sobre la superficie del techo.

Para cualquier dirección del viento sólo tiene que considerarse una de ellas, la que resulte más onerosa. Las cargas sobre franjas de cerramiento se calcularán sobre el área de la superficie que enfrenta el viento, usando un coeficiente de fuerza igual a 1.3

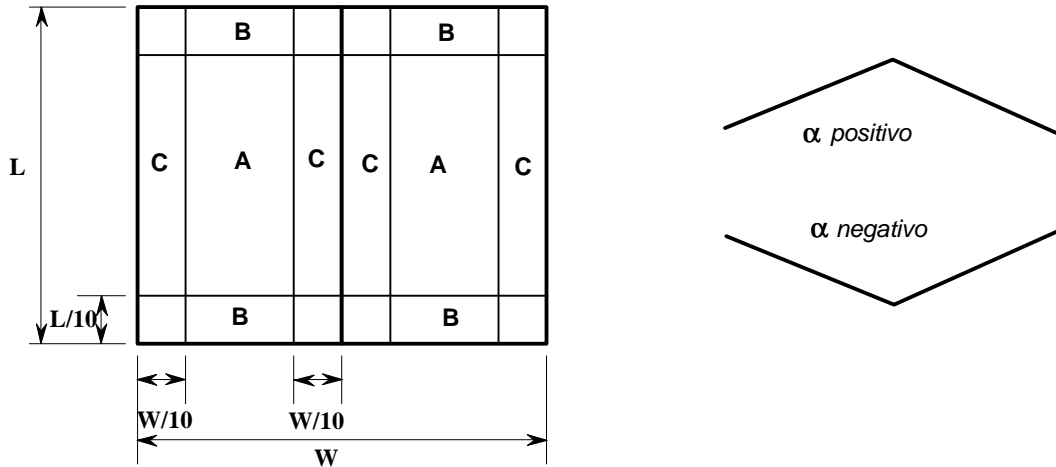
El arrastre por fricción se calculará con los coeficientes dados en B.6.7.4. Para los paneles individuales de revestimiento se tomará C_p igual a ± 2.0

En cubiertas de una sola vertiente se considera que el baricentro se encuentra a 0.25 de la luz, medida desde el borde a barlovento. En cubiertas de doble vertiente se considera que el centro de presión se halla en el punto medio de cada vertiente.

Alternativamente a la Tabla B.6.7-7, pueden emplearse los coeficientes de la tabla B.6.7-7a

Tabla B.6.7-7a
Coefficientes de presión C_p para cubiertas inclinadas aisladas (edificios sin revestir)

α	Global	A	B	C	D
-20°	+0.7 ó -1.5	+0.8 ó -1.5	+1.6 ó -2.4	+0.6 ó -2.4	+1.7 ó -1.2
-15°	+0.5 ó -1.5	+0.6 ó -1.5	+1.5 ó -2.7	+0.7 ó -2.6	+1.4 ó -1.2
-10°	+0.4 ó -1.4	+0.6 ó -1.4	+1.4 ó -2.5	+0.8 ó -2.5	+1.1 ó -1.2
-5°	+0.3 ó -1.4	+0.5 ó -1.4	+1.5 ó -2.3	+0.8 ó -2.4	+0.8 ó -1.2
+5°	+0.3 ó -1.2	+0.6 ó -1.2	+1.8 ó -2.0	+1.3 ó -1.8	+0.4 ó -1.5
+10°	+0.4 ó -1.2	+0.7 ó -1.2	+1.8 ó -1.8	+1.4 ó -1.6	+0.4 ó -1.6
+15°	+0.4 ó -1.2	+0.9 ó -1.2	+1.9 ó -1.6	+1.4 ó -1.3	+0.4 ó -1.7
+20°	+0.6 ó -1.2	+1.1 ó -1.2	+1.9 ó -1.5	+1.5 ó -1.2	+0.4 ó -1.7
+25°	+0.7 ó -1.2	+1.2 ó -1.2	+1.9 ó -1.4	+1.6 ó -1.1	+0.5 ó -1.6
+30°	+0.9 ó -1.2	+1.3 ó -1.2	+1.9 ó -1.3	+1.6 ó -1.1	+0.7 ó -1.6



Notas:

- 1 – Los coeficientes locales se aplican a las áreas localizadas de la cubierta, para el diseño de los elementos de revestimiento y sus elementos portantes.
- 2 – Los coeficientes globales se emplean para el diseño de los elementos que resisten la cubierta, la resultante se supone aplicada en el centro de la vertiente.
- 3 – Los coeficientes aplican para el caso de edificios sin revestir, pero según el grado de obstrucciones que haya dentro del edificio, el valor de C_p puede pasar de positivo a negativo, por lo cual deben contemplarse las situaciones correspondientes a el caso de máximo y mínimo, y a su vez, estas combinaciones en una vertiente y cero en la otra.

Tabla B.6.7-8
Coeficientes de fuerza C_f de edificios revestidos sección uniforme, ejercida en la dirección del viento

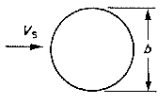
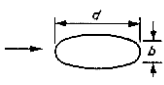
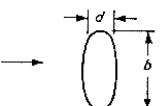
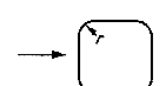
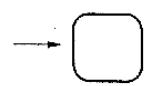
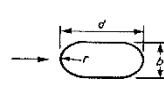
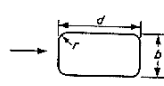
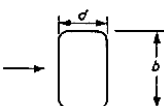
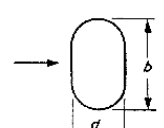
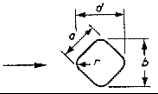
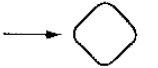
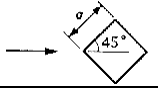
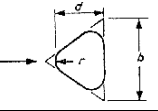
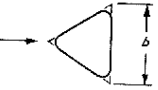
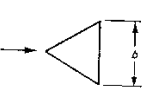
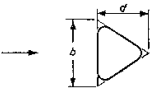
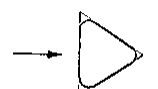
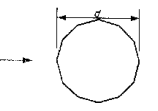
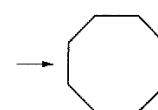
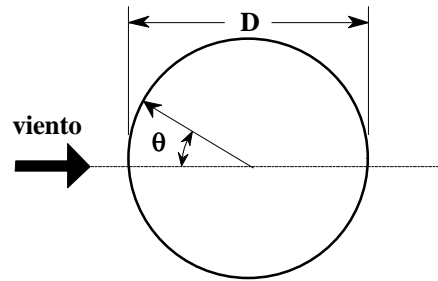
Configuración en planta	$V_s b$ m ² /s	C_f para una relación altura/frente							
		hasta $\frac{1}{2}$	1	2	5	10	20	∞	
	Todas las superficies	<6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2
	Aspera o con proyecciones	≥ 6							
	lisa	≥ 6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
	elipse	<10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
	$b/d = 1/2$	≥ 10	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	elipse	<8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.7
	$b/d = 2$	≥ 8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5
	$b/d = 1$	<4	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1.0
	$r/b = 1/3$	≥ 4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
	$b/d = 1$	<10	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.3
	$r/b = 1/6$	≥ 10	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
	$b/d = 1/2$	<3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
	$r/b = 1/2$	≥ 3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
	$b/d = 1/2$	todos los valores	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
	$r/b = 1/6$								
	$b/d = 2$	todos los valores	0.9	0.9	1.0	1.1	2	1.5	1.9
	$r/b = 1/12$								
	$b/d = 2$	<6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.2	1.6
	$r/b = 1/4$	≥ 6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6

Tabla B.6.7-8 (continuación)
Coefficientes de fuerza C_f de edificios revestidos sección uniforme, ejercida en la dirección del viento

Configuración en planta	$V_s b$ m ² /s	C_f para una relación altura/frente							
		hasta $\frac{1}{2}$	1	2	5	10	20	∞	
	$r/a = 1/3$	<10 ≥10	0.8 0.5	0.8 0.5	0.9 0.5	1.0 0.5	1.1 0.5	1.3 0.6	1.5 0.6
	$r/a = 1/12$	todos los valores	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.6
	$r/a = 1/48$	todos los valores	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.6
	$r/b = 1/4$	<11 ≥11	0.7 0.4	0.7 0.4	0.7 0.4	0.8 0.4	0.9 0.5	1.0 0.5	1.2 0.5
	$r/b = 1/12$	todos los valores	0.8	0.8	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4
	$r/b = 1/48$	todos los valores	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3
	$r/b = 1/4$	< 8 ≥ 8	0.7 0.4	0.7 0.4	0.8 0.4	0.9 0.4	1.0 0.5	1.1 0.5	1.3 0.5
	$1/48 < r/b < 1/12$	todos los valores	1.2	1.2	1.2	1.4	1.6	1.7	2.1
	Polígono de 12 lados	< 12 ≥ 12	0.7 0.7	0.7 0.7	0.8 0.7	0.9 0.7	1.0 0.8	1.1 0.9	1.3 1.1
	Octágono	todos los valores	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4

Las estructuras que por su tamaño y la velocidad del viento de diseño están en régimen de flujo supercrítico pueden necesitar cálculos adicionales para garantizar que las cargas máximas no se presentan a velocidades del viento por debajo de la máxima cuando el flujo va a ser subcrítico. Los coeficientes son aplicables a edificios sin proyecciones, a menos que se indique lo contrario. En esta tabla se utiliza el producto $V_s b$, como indicación del régimen de flujo de aire.

Tabla B.6.7-9
Distribución de presión alrededor de estructuras cilíndricas



Posición en la periferia θ grados	Coeficiente de presión C_{pe}			
	Superficie áspera o con proyecciones		Superficie lisa	
	$h/D = 10$	$h/D \leq 2.5$	$h/D=10$	$h/D \leq 2.5$
0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0
10	+0.9	+0.9	+0.9	+0.9
20	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7
30	+0.4	+0.4	+0.35	+0.35
40	0	0	0	0
50	-0.5	-0.4	-0.7	-0.5
60	-0.95	-0.8	-1.2	-1.05
70	-1.25	-1.1	-1.4	-1.25
80	-1.2	-1.05	-1.45	-1.3
90	-1.0	-0.85	-1.4	-1.2
100	-0.8	-0.65	-1.1	-0.85
120	-0.5	-0.35	-0.6	-0.4
140	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
160	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
180	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25

Para calcular las fuerzas de viento que tratan de deformar una estructura cilíndrica se pueden usar los valores C_{pe} dados en la tabla B.6.7-9. Dichos valores sólo se aplican en régimen supercrítico y por tanto esta limitado su uso a casos en que $D > 0.3$ m. Pueden emplearse para vientos que soplan normales al eje de los cilindros con un eje normal al terreno, (silos y chimeneas) y para cilindros que tengan su eje paralelo al terreno (ej. tanques horizontales), siempre y cuando el espacio libre entre el tanque y el terreno no sea inferior a D .

h , es la altura del cilindro si éste está en posición vertical, o su longitud si está colocado horizontalmente. Cuando el aire fluye libremente por ambos extremos, h se toma igual a la mitad de la longitud al calcular h/D . Se pueden interpolar, si se necesitan, valores intermedios de h/D comprendidos entre 2.5 y 10.

Al calcular la carga que actúa sobre la periferia del cilindro, es necesario tener en cuenta el valor de C_{pi} .

En cilindros con extremos abiertos y relación $h/D \geq 0.3$, se pueden tomar $C_{pi} = -0.8$.

En cilindros con extremos abiertos y relación $h/D < 0.3$, se puede tomar $C_{pi} = -0.5$.

Tabla B.6.8-1
Valores del coeficiente de reducción K para miembros de longitud y esbeltez finitas

H/B o H/D	2	5	10	20	40	50	100	α
Cilindro circular, flujo subcrítico	0.58	0.62	0.68	0.74	0.82	0.87	0.98	1.0
Cilindro circular, flujo supercrítico	0.80	0.80	0.82	0.90	0.98	0.99	1.0	1.0
Elemento plano perpendicular al viento	0.62	0.66	0.69	0.81	0.87	0.90	0.95	1.0

Tabla B.6.8-2
Coeficientes de fuerza C_{fn} y C_{ft} para miembros estructurales individuales, con lados planos, de longitud infinita

α grados	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}
0	+1.9	+0.95	+1.8	+1.8	+1.75	+0.1	+1.6	0	+2.0	0	+2.05	0
45	+1.8	+0.8	+2.1	+1.8	+0.85	+0.85	+1.5	-0.1	+1.2	+0.9	+1.85	+0.6
90	+2.0	+1.7	-1.9	-1.0	+0.1	+1.75	-0.95	+0.7	-1.6	+2.15	0	+0.6
135	-1.8	-0.1	-2.0	+0.3	-0.75	+0.75	-0.5	+1.05	-1.1	+2.4	-1.6	+0.4
180	-2.0	+0.1	-1.4	-1.4	-1.75	-0.1	-1.5	0	-1.7	+2.1	-1.8	0

α grados	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}	C_{fn}	C_{ft}
0	+1.4	0	+2.05	0	+1.6	0	+2.0	0	+2.1	0	+2.0	0
45	+1.2	+1.6	+1.95	+0.6	+1.5	+1.5	+1.8	+0.1	+1.4	+0.7	+1.55	+1.55
90	0	+2.2	+0.5	+0.9	0	+1.9	0	+0.1	0	+0.75	0	+2.0

Nota:

En esta tabla se da el coeficiente de fuerza C_f en relación con la dimensión j y no como en otros casos, en relación con el área frontal efectiva A_e .

Tabla B.6.8-3

Coeficientes de fuerza C_f para miembros estructurales individuales, de sección circular y longitud infinita

Régimen de flujo		Coeficiente de fuerza C_f
flujo subcrítico	$DV_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$	1.2
	$Re < 4.1 \times 10^5$	
flujo supercrítico	$6 \leq D V_s < 12 \text{ m}^2/\text{s}$	0.6
	$4.1 \times 10^5 \leq Re < 8.2 \times 10^5$	
	$12 \leq D V_s < 33 \text{ m}^2/\text{s}$	0.7
$8.2 \times 10^5 \leq Re < 22.6 \times 10^5$		
	$DV_s \geq 33 \text{ m}^2/\text{s}$	0.8
	$Re \geq 22.6 \times 10^5$	

R_e es el número de Reynolds, $R_e = D V_s / \nu$, siendo D el diámetro del elemento, V_s la velocidad del viento de diseño, y ν la viscosidad cinemática del aire, la cual es $1.46 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ a 15°C y presión atmosférica estándar.

Tabla B.6.8-4

Coeficientes de fuerza C_f para alambres y cables ($\ell/D > 100$)

Régimen de flujo	Alambres de superficie lisa	alambre galvanizado o pintado	cables de trenzado fino	cables de trenzado grueso
$DV_s < 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$	–	–	1.2	1.3
$DV_s \geq 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$	–	–	0.9	1.1
$DV_s < 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$	1.2	1.2	–	–
$DV_s \geq 0.6 \text{ m}^2/\text{s}$	0.5	0.7	–	–

Tabla B.6.8-5

Coeficientes de fuerza efectiva C_f para pórticos simples

Relación de solidez ϕ	Miembros de lados planos	Secciones circulares	
		Flujo subcrítico $DV_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$	Flujo supercrítico $DV_s \geq 6 \text{ m}^2/\text{s}$
0.1	1.9	1.2	0.7
0.2	1.8	1.2	0.8
0.3	1.7	1.2	0.8
0.4	1.7	1.1	0.8
0.5	1.6	1.1	0.8
0.75	1.6	1.5	1.4
1.0	2.0	2.0	2.0

Tabla B.6.8-6
Coefficientes de resguardo η

Relación de espaciamiento	valor de η para una relación de solidez aerodinámica de							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	≥ 0.8
hasta 1.0	1.0	0.96	0.90	0.80	0.68	0.54	0.44	0.37
2.0	1.0	0.97	0.91	0.82	0.71	0.58	0.49	0.43
3.0	1.0	0.97	0.92	0.84	0.74	0.63	0.54	0.48
4.0	1.0	0.98	0.93	0.86	0.77	0.67	0.59	0.54
5.0	1.0	0.98	0.94	0.88	0.80	0.71	0.64	0.60
6.0 y más	1.0	0.99	0.95	0.90	0.83	0.75	0.69	0.66

Tabla B.6.8-7
Coefficiente global de fuerza C_f para torres compuestas de elementos de lados planos

Relación de solidez ϕ	Torres cuadradas	Torres triangulares equiláteras
0.1	3.8	3.1
0.2	3.3	2.7
0.3	2.8	2.3
0.4	2.3	1.9
0.5	2.1	1.5

Tabla B.6.8-8
Coefficiente global de fuerza C_f para torres de sección cuadrada armadas con elementos de sección circular

Relación de solidez ϕ	Flujo subcrítico $DV_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$			Flujo supercrítico $DV_s \geq 6 \text{ m}^2/\text{s}$		
	Torre cuadrada		Triangular equilátera (1)	Torre cuadrada		Triangular equilátera (1)
	en una cara	en diagonal		en una cara	en diagonal	
0.05	2.4	2.5	1.8	1.1	1.2	0.8
0.1	2.2	2.3	1.7	1.2	1.3	0.8
0.2	1.9	2.1	1.6	1.3	1.6	1.1
0.3	1.7	1.9	1.5	1.4	1.6	1.1
0.4	1.6	1.9	1.5	1.4	1.6	1.1
0.5	1.4	1.9	1.4	1.4	1.6	1.2

(1) viento en cualquier dirección

Tabla B.6.8-9
Coefficiente global de fuerza C_f para torres de sección triangular equilátera, armada con perfiles de sección circular

Relación	Flujo subcrítico $DV_s < 6 \text{ m}^2/\text{s}$	Flujo supercrítico $DV_s \geq 6 \text{ m}^2/\text{s}$
	Todas las direcciones del viento	
0.05	1.8	0.8
0.10	1.7	0.8
0.20	1.6	1.1
0.20	1.5	1.1
0.40	1.5	1.1
0.50	1.4	1.2