

EVALUACIÓN DE CÓDIGO POR VIENTO

(Original: ingles)

MÉXICO

Evaluación llevada a cabo por Jorge Gutiérrez

NOMBRE DEL DOCUMENTO: “Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento”.

Este documento solo incluye regulaciones específicas de diseño por viento y está complementado por el “Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal”

AÑO: 2003 (ver Comentarios Generales).

COMENTARIOS GENERALES: Las regulaciones más recientes en México son las del Distrito Federal.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal está constituido por provisiones generales incluidas en el cuerpo principal del Reglamento, y por Normas Técnicas Complementarias para materiales específicos tales como concreto, acero, mampostería o madera y para algunas acciones específicas como vientos o terremotos.

Esta evaluación se refiere a un borrador final de las “Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento” del Distrito Federal que se espera sea aprobado durante 2003.

NOTA: Los números entre corchetes se refieren a capítulos o artículos Específicos del Reglamento: [3.1].
Se harán algunas referencias a las provisiones generales contenidas en el cuerpo principal del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal [174 Reglamento de Construcciones].
Los números entre paréntesis se refieren a temas del presente documento de evaluación: (ver 2.1).

1. ALCANCE

1.1 Conceptos Explícitos y Limitaciones. [1.1]

Las Acciones del viento, al igual que los efectos de terremotos y explosiones, se consideran cargas accidentales.

1.2 Objetivos del Desempeño.

No se han considerado específicamente.

2. RIESGO POR VIENTO

2.1 Velocidad Básica del Viento. [3.1.1]

La Velocidad de Viento Regional V_R se define como la velocidad máxima de ráfaga de viento durante tres segundos a 10m sobre la altura de terreno en la Categoría de Exposición R2 (ver 2.4). Estas velocidades dependen de las dos zonas geográficas y el Uso de la Edificación (ver 3.1) divididas en tres categorías: Factor de Importancia A (Período de Retorno de 200 años) y B (Período de Retorno de 50 años) y edificaciones temporales (Período de Retorno de 10 años), como se presenta en la siguiente Tabla:

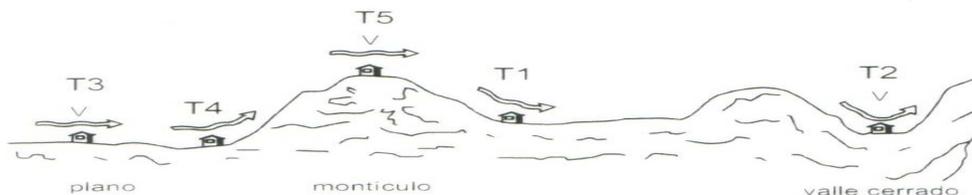
Velocidad de Viento Regional V_R (m/s y km/h)

Zonas del Distrito Federal		Uso de la Edificación		
Zona	Delegaciones	A (PR=200)	B (PR=50)	Temporal (PR=10)
I	Alvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuauhtémoc, Madero, Iztacalco, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza	39 m/s 140 km/h	36 m/s 130 km/h	31 m/s 112 km/h
II	Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Milpa Alta, Tlalpan, Xochimilco	35 m/s 126 km/h	32 m/s 115 km/h	28 m/s 101 km/h

Para propósitos de diseño, se define (ver 3.3) una Velocidad de Viento de Diseño V_D que considera topografía (ver 2.2) y variaciones a través de la altura (ver 2.3).

2.2 Topografía. [3.1.3]

El Factor de Topografía F_{TR} considera cinco efectos topográficos locales (T1 a T5, ver la figura). Depende de la Escabrosidad del Terreno (ver 2.4) del área circundante de acuerdo con la siguiente Tabla:



Factor de Topografía F_{TR}

Grupo de Topografía		Escabrosidad del Terreno Circundante			
		R1	R2	R3	R4
T1	Pie de montaña de sotavento (a favor del viento) protegidos	1.00	0.80	0.70	0.66
T2	Valles encerrados	1.00	0.90	0.79	0.74
T3	Tierra plana abierta, declives < 5%	1.00	1.00	0.88	0.82
T4	Tierra abierta inclinada, declives de 5% a 10%	1.00	1.10	0.97	0.90
T5	Cima de colinas y montañas, tierra inclinada con declives > 10%	1.00	1.20	1.06	0.98

2.3 Altura sobre el nivel del Terreno (Específica de Caso). [3.1.2]

El Factor de Variación de Altura F_α define la variación de Velocidad de Viento Regional V_R a través de la altura z , como sigue:

$$\begin{aligned}
 F_\alpha &= 1.0 && \text{para } z \leq 10 \text{ m} \\
 F_\alpha &= (z/10)^\alpha && \text{para } 10 \text{ m} < z < \delta \\
 F_\alpha &= (\delta/10)^\alpha && \text{para } z \geq \delta
 \end{aligned}$$

Donde:

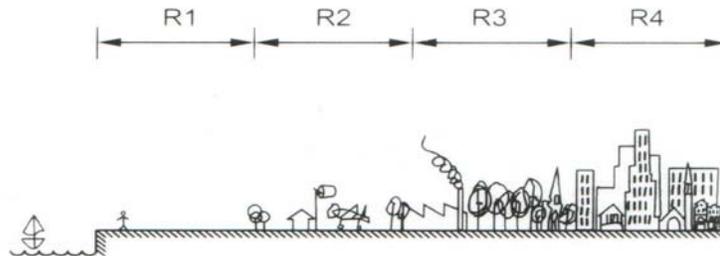
δ = Límite de la altura de la gradiente (altura a la cual la velocidad del viento es constante).

α = Coeficiente de Variación.

Los valores δ y α dependen de la Escabrosidad del Terreno (ver 2.4).

2.4 Escabrosidad del Terreno (Número de Categorías de Exposición). [3.1.3]

Cuatro Categorías de Exposición (R1 a R4) se definen:



Sus descripciones y los correspondientes valores de α y δ (ver 2.3) se dan en la Tabla siguiente:

Categorías de Exposición y correspondientes valores de δ y α

Categorías de Exposición		α	δ (m)
R1	Áreas planas no obstruidas.	0.099	245
R2	Terreno plano u ondulado con obstrucciones dispersas.	0.128	315
R3	Áreas urbanas y suburbanas. El sitio está rodeado por varias edificaciones de baja altura cercanamente espaciadas o áreas boscosas.	0.156	390
R4	Grandes centros metropolitanos. Al menos 50% de las edificaciones en un radio de 500m tienen alturas de más de 20 m	0.170	455

3. ACCIONES DE DISEÑO POR VIENTO

3.1 Factores de Importancia. [2.2.1; 174 Código de Construcción]

Hay dos Grupos, con sus correspondientes Factores de Importancia:

Grupo A: Aquellas edificaciones y estructuras relacionadas cuya falla puede causar un alto número de muertes, altas pérdidas económicas o culturales, alto riesgo debido a su contenido tóxico o explosivo. También incluye aquellas edificaciones que deben mantenerse en servicio después de una emergencia urbana. Factor de Importancia $I = 1.5$

Grupo B: Todas las edificaciones y estructuras relacionadas no incluidas en el Grupo A. Factor de Importancia $I = 1.0$

3.2 Efectos de Escala.

No se han considerado.

3.3 Presión (Interna y Externa). [2.2.2; 3.2; 3.3; 3.4]

Para la definición de presiones de viento, las edificaciones se clasifican en términos de su respuesta a acciones de vientos en cuatro Tipos estructurales [2.2.2]:

Tipo 1: Estructuras menos sensibles a ráfagas de viento y otros efectos dinámicos del viento. Incluye edificaciones encerradas con cubiertas de techo rígidas capaces de resistir las fuerzas del viento sin cambios geométricos significativos. Este tipo excluye estructuras con una proporción de delgadez mayor que 5 o período natural mayor que 1s. También excluye cubiertas de techo flexibles, como los techos colgantes,

a menos que sus efectos de respuesta dinámica sean limitados por procedimientos efectivos (es decir precompresión).

Tipo 2: Estructuras particularmente sensibles a ráfagas de viento de corta duración o estructuras flexibles propensas a responder con grandes desplazamientos a la acción del viento. Incluye estructuras con una proporción de delgadez mayor que 5 o período natural mayor que 1s. También incluye torres, antenas sujetadas o sueltas, tanques elevados, anuncios comerciales y parapetos y otros tipos de estructuras que tienen dimensiones muy cortas a lo largo de la dirección del viento. Excluye estructuras explícitamente clasificadas como Tipo 3 o 4.

Tipo 3: Estructuras similares al Tipo 2 cuya sección transversal las hace particularmente propensas a efectos de vórtice paralelos a las dimensiones mayores de la estructura. También incluye estructuras cilíndricas o componentes tales como tubos, chimeneas y edificaciones de planta circular.

Tipo 4: Este grupo incluye todas las estructuras con problemas aerodinámicos específicos como techos suspendidos no incluidos en el Tipo 1, formas aerodinámicas inestables, estructuras flexibles que tienen períodos naturales próximos unos a otros, etc.

La Velocidad de Viento de Diseño V_D se obtiene a partir de la Velocidad de Viento Regional V_R (ver 2.1) con la ecuación:

$$V_D = F_{TR} F_\alpha V_R$$

Donde:

F_{TR} = Factor de Topografía (ver 2.2)

F_α = Factor de Variación de Altura (ver 2.3)

La presión de diseño p_z producida por el flujo de viento sobre la estructura es una función de la Velocidad de Viento de Diseño V_D y un Coeficiente de Presión C_D como sigue:

$$\begin{aligned} p_z &= 0.47 C_p V_D^2 && (p_z \text{ en Pascales, Pa}) && \text{o} \\ p_z &= 0.048 C_p V_D^2 && (p_z \text{ en kg/m}^2) \end{aligned}$$

El Coeficiente de Presión C_D es definido por el Reglamento ya sea para la estructura primaria o sus componentes usando un Método Simplificado (ver 4.1) o un Método Estático más refinado.

Para el Método Estático (ver 4.2) la presión externa p_z normal a los muros será calculada con la Velocidad de Viento de Diseño V_D y los Coeficientes de Presión C_P definidos para cinco casos específicos los cuales a su vez se definen en términos de sus tipos y formas estructurales:

- Caso I.** Edificaciones Encerradas.
- Caso II.** Muros Aislados y Anuncios Comerciales.
- Caso III.** Apuntalamientos y Pórticos Reticulares.
- Caso IV.** Chimeneas, Silos y estructuras similares.
- Caso V.** Antenas y Torres.

Por ejemplo, para el Caso I Edificaciones Encerradas, los Coeficientes de Presión C_p son:

Coeficiente de Presión C_p para Edificaciones Encerradas

Muros de barlovento (contra el viento)	0.8
Muros de sotavento ¹ (a favor del viento)	-0.4
Muros Laterales	-0.8
Techos Planos	-0.8
Techos de barlovento (contra el viento) Inclclinados	-0.7
Techos de Sotavento (a favor del viento) Inclclinados ²	$-0.8 < .004 \theta - 1.6 < 1.8$

- Notas: 1.- Las presiones negativas (succión) son consideradas como constantes a través de la altura y corresponden a z igual a la altura media de la edificación.
 2.- θ es el ángulo de la inclinación del techo (en grados).

Adicionalmente, para Edificaciones Parcialmente Encerradas con aperturas mayores que 30% de su superficie total, se deben considerar Presiones Internas y éstas serán calculadas con los siguientes Coeficientes de Presión C_p :

Coeficiente de Presión Interna C_p para Edificaciones Parcialmente Encerradas

Aperturas principalmente en los Muros de barlovento (contra el viento)	0.75
Aperturas principalmente en los Muros de Sotavento (a favor del viento)	-0.6
Aperturas principalmente en los Muros Laterales	-0.5
Aperturas distribuidas similarmente en los cuatro lados	-0.3

3.4 Efectos Dinámicos y Aeroelásticos (Efectos de Ráfaga). [5; 6]

Para Edificaciones de Tipo 2 (ver 3.3) los efectos de turbulencia estática y dinámica se consideran mediante un factor G que incrementa la presión de diseño p_z .

Para Edificaciones de Tipo 3 (ver 3.3) es necesario considerar fuerzas horizontales normales a la dirección del viento debido a efectos de vórtice dinámico.

3.5 Efectos de Direccionalidad. [3.3.2]

Los Efectos de Direccionalidad nos son generalmente considerados en el Reglamento. Como excepción, para Anuncios Comerciales, se debe considerar una dirección de viento entrante de 45° adicional a las direcciones ortogonales.

4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.1 Procedimiento Simplificado. [3; 3.6]

Un Método Simplificado puede aplicarse a las Estructuras de Tipo 1 (ver 3.3) no más altas de 15 m, que tienen un plano regular o formado por una combinación de rectángulos y con una proporción de la altura a la dimensión más pequeña del plano menor que 4. En este caso los Coeficientes de Presión de Forma Local C_p se determinan mediante el Cuadro siguiente [3.6]:

Coeficientes de Presión para el Método Simplificado [Cuadro 3.14]

Superficie	C_p	C_p para Bordes
Muros	± 1.45	± 2.25
Techos	± 2.10	± 3.40

Los Coeficientes de Presión para bordes deberían ser aplicados para el sujetamiento de todos los elementos y componentes estructurales ubicados en las áreas de borde definidas en la siguiente figura:

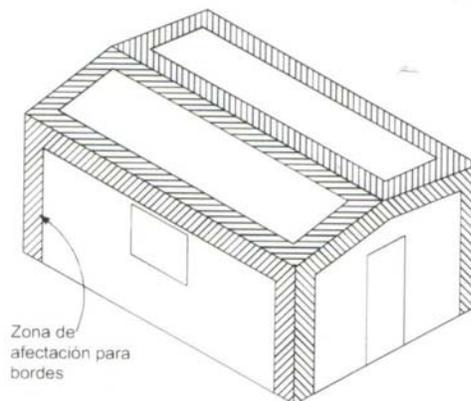


Figura 3.6 Zonas de afectación para el diseño de los sujetadores

El ancho de todos los bordes será tomado como un décimo de su dimensión mínima (ya sea el ancho, largo o altura total).

4.2 Procedimiento Analítico. [3]

Se debería aplicar un Método Estático más refinado a Estructuras de Tipo 1 que no satisfacen los requisitos del Método Simplificado (ver 4.1). Las Presiones de viento externas e internas (ver 3.3) son determinadas en términos de Velocidad de Viento de Diseño (ver 2.1 y 3.3), Factores de Importancia (ver 3.1), Categorías de Exposición (ver 2.4), topografía (ver 2.2) y otros factores relacionados. Un análisis estático proporciona las fuerzas internas debido al viento en los elementos y componentes estructurales.

4.3 Procedimiento Experimental. [2.4]

Un breve párrafo establece que las pruebas en túnel de viento pueden ser usadas para estructuras de características geométricas o aerodinámicas inusuales. Se pueden utilizar resultados de estructuras similares.

5. EFECTOS INDUCIDOS

5.1 Impacto de Objetos Volantes.

No se ha considerado.

5.2 Lluvia Impulsada por Viento

No se ha considerado.

6. VERIFICACIONES DE SEGURIDAD

6.1 Estructura. [2.1; 2.2.3; 2.5; 7]

Todas las estructuras y sus componentes deben ser diseñadas para resistir las fuerzas internas generadas sobre sus elementos y componentes por las presiones o succiones producidas por el viento.

Para el diseño de estructuras bajo efectos de viento los siguientes efectos deberían ser considerados según los Tipos Estructurales (ver 3.3):

- Presión o succión estática normal a la superficie del muro.
- Fuerzas dinámicas paralelas y perpendiculares al flujo principal debido a turbulencia.
- Vibraciones debido a efectos alternantes de vórtice.
- Inestabilidad aeroelástica.

Para Estructuras de Tipo 1 (ver 3.3) se deberían considerar únicamente las presiones estáticas normales a la superficie del muro.

Se debe considerar la estabilidad de la estructura durante su construcción. Para este propósito la Velocidad Básica del Viento corresponderá a un Período de Retorno de 10 años (ver 2.1).

Los límites de deriva son definidos en la siguiente Tabla:

6.2 Condiciones Estructurales	Límite de Deriva ($\Delta/\Delta h$)
Estructuras sin elementos de relleno frágiles propensas a daño debido a desplazamientos laterales	0.005
Estructuras con elementos de relleno frágiles propensas a daño debido a desplazamientos laterales	0.002

6.3 Revestimientos y Elementos No Estructurales. [4]

El Reglamento proporciona Coeficientes de Presión C_p específicos para Revestimientos y Elementos No Estructurales. Se definen Coeficientes diferentes para parapetos, edificaciones con menos de 20m de altura, más altas que 20m o con un techo arqueado.

7. EDIFICIOS RESIDENCIALES PEQUEÑOS.

No se ha considerado.

RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL CÓDIGO

El inconveniente principal en las Regulaciones propuestas del Código por Viento para México es la ausencia de un Código nacional. Las Normas evaluadas pueden ser consideradas de lo más moderno y sofisticado pero éstas están diseñadas específicamente para el Distrito Federal, el cual no es la región más propensa al viento en el país. Las autoridades nacionales deberían ser estimuladas para emitir un Código Nacional con la debida consideración de las condiciones de viento del país.