

# **EVALUACIÓN DE CÓDIGO POR VIENTO**

*(Original: ingles)*

## **REPÚBLICA DOMINICANA**

*Evaluación llevada a cabo por Jorge Gutiérrez*

**NOMBRE DEL DOCUMENTO:** “Manual de Diseño contra Viento”

**AÑO:** 2000

**COMENTARIOS GENERALES:** Redactado por el “Grupo Estabilidad Estructural” del “Instituto Tecnológico de Santo Domingo” y aprobado por la “Dirección General de Reglamentos y Sistemas” (DGRS) de la “Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones” (SEOPC) .

El Código establece en su Metodología que se utilizaron tres Códigos para consulta y adaptación: “Cargas Mínimas de Diseño para Edificaciones y Otras Estructuras” (ASCE-7-98), “Norma de Barbados” (BNS CP28) y “Norma Australiana” (AS 1170.2.1989).

### **TEMAS ESPECÍFICOS:**

**NOTA:** Los números entre corchetes se refieren a capítulos o artículos del Código: [3.1].

Los números entre paréntesis se refieren a temas de este documento: (ver 2.2).

## **1. ALCANCE**

### **1.1 Conceptos Explícitos y Limitaciones. [1.1; 1.2]**

El Código define requisitos mínimos para el análisis de efectos de ráfagas de viento sobre las estructuras, mediante simulación de presión estática.

El Código es obligatorio para todo el país y se aplica a edificaciones y estructuras relacionadas tales como bodegas industriales, anuncios comerciales, chimeneas, tanques de agua elevados, silos, etc.

### **1.2 Objetivos del Desempeño.**

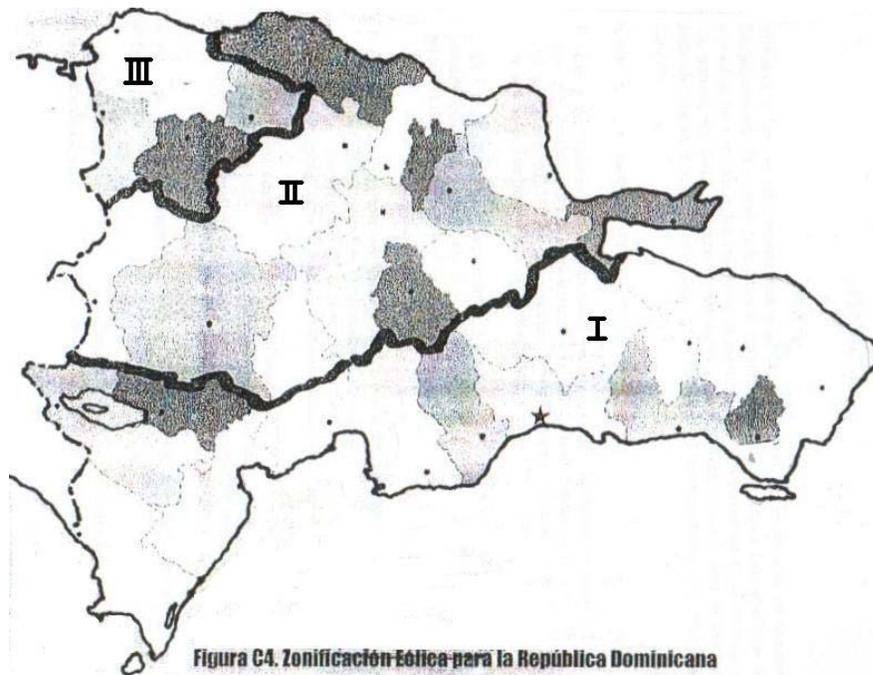
No se han definido explícitamente.

## 2. RIESGO POR VIENTO

### 2.1 Velocidad Básica del Viento. [1.3; 4.5]

La velocidad básica del viento se define como la velocidad máxima de ráfaga de viento durante tres segundos a 10m sobre el nivel de un terreno en la Categoría de Exposición C (ver 2.4), correspondiente a una Probabilidad de Excedencia de 0.02 (Período de Retorno de 50 años).

Según la Velocidad Básica del Viento el país está dividido en tres zonas:



con sus correspondientes Velocidades Básicas de Viento:

Zona de Viento	Condiciones del Viento	Velocidad Básica del Viento (km/h)
I	Intensidad Máxima	240
II	Intensidad Media	210
III	Intensidad Baja	180

### 2.2 Topografía. [4.4]

Un Factor de Topografía por Viento  $K_{zt}$  será considerado cuando la estructura está ubicada en una colina o elevación capaz de incrementar la velocidad del viento de barlovento (en contra del viento), a 10m sobre el nivel del terreno.  $K_{zt}$  será tomado como 1.0 si:

- $H/L_h < 0.2$
- $H < 9.0$  m para la Categoría de Exposición B (ver 2.4)
- $H < 18.0$  m para la Categoría de Exposición C (ver 2.4)

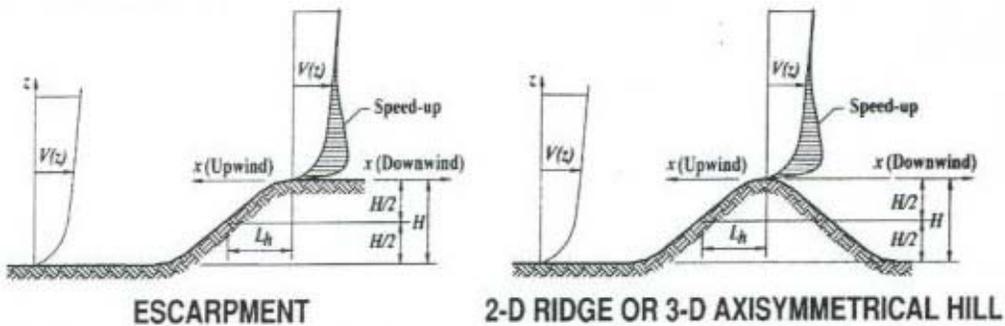
Donde  $H$  = Altura de la Colina.

$L_h$  = Anchura de barlovento (contra el viento), de la colina a media altura.

Para un caso general el Factor de Topografía  $K_{zt}$  estará dado por la siguiente ecuación:

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

Los valores para  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  se dan en la siguiente Tabla [Tabla D, basada sobre, pero no idéntica a la Fig. 6.2 de ASCE 7-98]:



Exposición C				Exposición B y C							Exposición B			
H/L <sub>h</sub>	K <sub>1</sub>			x/L <sub>h</sub>	K <sub>2</sub>		z/L <sub>h</sub>	K <sub>3</sub>			H/L <sub>h</sub>	K <sub>1</sub>		
	2D Cresta	2D Talud	3D Colina		2D Talud	otro		2D Cresta	2D Talud	3D Colina		2D Cresta	2D Talud	3D Colina
0.20	0.29	0.17	0.21	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.20	0.26	0.15	0.19
0.25	0.36	0.21	0.26	0.50	0.88	0.67	0.10	0.74	0.78	0.67	0.25	0.33	0.19	0.24
0.30	0.44	0.26	0.32	1.00	0.75	0.33	0.20	0.55	0.61	0.45	0.30	0.39	0.23	0.29
0.35	0.51	0.30	0.37	1.50	0.63	0.00	0.30	0.41	0.47	0.30	0.35	0.46	0.26	0.33
0.40	0.58	0.34	0.42	2.00	0.50	0.00	0.40	0.30	0.37	0.20	0.40	0.52	0.30	0.38
0.45	0.65	0.38	0.47	2.50	0.38	0.00	0.50	0.22	0.29	0.14	0.45	0.59	0.34	0.43
0.50	0.73	0.43	0.53	3.00	0.25	0.00	0.60	0.17	0.22	0.09	0.50	0.65	0.38	0.48
				3.50	0.13	0.00	0.70	0.12	0.17	0.06				
				4.00	0.00	0.00	0.80	0.09	0.14	0.04				
							0.90	0.07	0.11	0.03				
							1.00	0.05	0.08	0.02				
							1.50	0.01	0.02	0.00				

### 2.3 Altura sobre el nivel del Terreno (Específica de Caso). [4.2.3]

Este efecto se define mediante el Coeficiente de Exposición de la Presión de Velocidad  $K_z$  el cual es una función de la Categoría de Exposición (ver 2.4) y la altura sobre el nivel del Terreno  $z$ .

Los valores de  $K_z$  (o  $K_h$ , correspondiente a  $z=h$ , la altura media de techo) se dan en la siguiente Tabla [Tabla B]:

**Coefficientes de Presión de Velocidad  $K_z$  y  $K_h$**

Altura $z$ (m)	Exposición			Altura $z$ (m)	Exposición		
	B		C		B		C
	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2		Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2
≤5	0.70	0.57	0.85	35	1.03	1.03	1.30
6	0.70	0.62	0.90	40	1.07	1.07	1.34
8	0.70	0.67	0.96	45	1.10	1.10	1.37
10	0.72	0.72	1.00	50	1.14	1.14	1.40
12	0.76	0.76	1.04	55	1.17	1.17	1.43
14	0.79	0.79	1.07	60	1.20	1.20	1.46
16	0.82	0.82	1.11	65	1.23	1.23	1.48
18	0.85	0.85	1.13	70	1.25	1.25	1.51
20	0.88	0.88	1.16	75	1.28	1.28	1.53
22	0.90	0.90	1.18	80	1.30	1.30	1.55
24	0.92	0.92	1.20	85	1.32	1.32	1.57
25	0.93	0.93	1.21	90	1.35	1.35	1.59
28	0.96	0.96	1.24	95	1.37	1.37	1.61
30	0.98	0.98	1.26	100	1.39	1.39	1.63

**Notas:**

1. **Caso 1:** Todos los sistemas primarios en edificaciones con altura  $h < 18\text{m}$  y sistemas secundarios de cualquier tipo.  
**Caso 2:** Todos los sistemas primarios para cualquier estructura excepto estructuras del Caso 1.
2. Se permite la interpolación lineal para valores intermedios de  $z$ .

El Comentario al artículo 4.2 [C-4.2] establece que los valores  $K_z$  de la Tabla anterior pueden ser calculados con la siguientes ecuaciones:

$$K_z = 2.01 (5 / z_g)^{2/\alpha} \quad \text{for } z < 5 \text{ m}$$

$$K_z = 2.01 (z / z_g)^{2/\alpha} \quad \text{for } 5 \text{ m} < z < z_g$$

Con  $z_g$  y  $\alpha$  definidos en el siguiente Tabla:

Exposición	$\alpha$	$z_g$ (m)
B	7.0	366
C	9.5	274

## 2.4 Escabrosidad del Terreno (Número de Categorías de Exposición). [4.2]

Se definen dos Categorías de Exposición (B y C) [basadas en ASCE-7-98, artículo 6.5.6.1].

**Categoría de Exposición B.** Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, otros terrenos con obstrucciones numerosas cercanamente espaciadas que tienen el tamaño de viviendas familiares individuales con altura promedio mayor de 10m.

**Categoría de Exposición C.** Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas que tienen alturas menores de 10m.

El Coeficiente de Exposición de la Presión de Velocidad  $K_z$  (o  $K_h$ ) es una función de la altura sobre el nivel del terreno y la Categoría de Exposición (ver 2.3)

## 3. ACCIONES DE DISEÑO POR VIENTO

### 3.1 Factores de Importancia. [2.4]

De acuerdo a su importancia y uso, las edificaciones están clasificadas en cuatro tipos (I, II, III y IV) como sigue:

**Tipo I:** Edificaciones y estructuras relacionadas cuya falla implica bajo riesgo para la vida humana incluyendo pero no limitado a facilidades rurales, de almacenaje o temporales.

**Tipo II:** Edificaciones de ocupación normal públicas o privadas (vivienda, oficinas, comercio, etc.). Adicionalmente este incluye facilidades de alto riesgo no clasificadas como Categoría IV si se asegura que cualquier daño o derrame de tóxicos puede ser controlado inmediatamente.

**Tipo III:** Facilidades de alto riesgo o edificaciones de alta ocupación públicas o privadas.

**Tipo IV:** Facilidades esenciales.

Se asigna un Factor de Importancia I a cada categoría como sigue [Tabla A]:

Categoría de Uso	Factor de Importancia I
I	0.77
II	1.00
III	1.15
IV	1.15

### 3.2 Efectos de Escala.

No se han considerado específicamente en el texto pero los valores numéricos de los factores  $GC_p$  (ver 3.3) para sistemas secundarios de techo dependen del área efectiva de la superficie expuesta [Tablas  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ].

### 3.3 Presión (Interna y Externa). [4; 5.1; 5.2]

Para estimar los coeficientes de presión interna, las edificaciones son clasificadas como Encerradas, Parcialmente Encerradas o Abiertas [1.3.1; similar a 6.2 de ASCE-7-98].

Para el Procedimiento Analítico (ver 4.2) la Presión Básica del Viento  $q$  (en  $\text{kN/m}^2$ ) se da mediante la siguiente ecuación:

$$q = 0.04572 K_z K_{zt} K_d V^2 I$$

Donde:

$K_z$  = Coeficiente de exposición de la presión de velocidad (ver 2.3)

$K_{zt}$  = Factor de Topografía (ver 2.2)

$K_d$  = Factor de Direccionalidad (ver 3.5)

$V$  = Velocidad Básica del Viento en  $\text{km/h}$  (ver 2.1)

$I$  = Factor de Importancia (ver 3.1)

La presión de diseño  $p$  para sistemas primarios en estructuras Encerradas o Parcialmente Encerradas se define mediante la siguiente ecuación que toma en consideración las presiones internas:

$$p = q GC_p - q_h GC_{pi}$$

La presión de diseño  $p$  para sistemas primarios en edificaciones Encerradas o Parcialmente Encerradas no puede ser menor de  $50 \text{ kg/m}^2$  ( $491 \text{ N/m}^2$ ).

Para sistemas secundarios en edificaciones Encerradas o Parcialmente Encerradas la presión de diseño  $p$  se define como:

$$p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad \text{para estructuras con } h \leq 18\text{m}$$

$$p = q [(GC_p) - (GC_{pi})] \quad \text{para estructuras con } h > 18\text{m}$$

Para sistemas primarios o secundarios en edificaciones Abiertas  $p$  es dado mediante la siguiente expresión:

$$p = q_z GC_f \quad \text{con } p \text{ no menor de } 50 \text{ kg/m}^2 \text{ (} 491 \text{ N/m}^2 \text{)}$$

En todas estas ecuaciones:

$p$  = Presión de diseño (en  $N/m^2$ ).

$q_h$  = Presión de velocidad evaluada a la altura media del techo  $h$ .

$q = q_z$  para muros de barlovento (contra el viento) calculado a una altura  $z$  sobre el nivel del terreno.

$q = q_h$  para muros de sotavento (a favor del viento), muros laterales y techos, evaluado a la altura  $h$ .

$G$  = Factor de Ráfaga de Viento (ver 3.4).

$C_p$  = Coeficiente de Presión Externa.

$(GC_{pi})$  = Coeficiente de Presión Interna.

$G_f$  = Coeficiente de Presión Externa para estructuras Abiertas. También es el Coeficiente de Fuerza correspondiente a estructuras que no son construcción (ver 6.2).

El factor de efecto combinado de ráfaga de viento  $G$  y los coeficientes de presión externa  $C_p$  y  $C_f$  son dados en Tablas específicas [Tablas E, F, G1, G2 y H iguales a las Figs. 6-5 a 6-7 y 6-8 respectivamente de ASCE-7-98]. El Coeficiente de Presión y el Factor de Efecto de Ráfaga de Viento no serán separados.

El Coeficiente de Presión Interna ( $GC_{pi}$ ) es una función de las condiciones de las condiciones de cercamiento según la Tabla siguiente:

Tipo de Cercamiento	$(GC_{pi})$
Abierto	0.00
Parcialmente Encerrado	$\pm 0.55$
Encerrado	$\pm 0.18$

### 3.4 Efectos Dinámicos y Aeroelásticos (Efectos de Ráfaga). [5.1.1; Comentario C-1.3]

Las presiones externas e internas calculadas para definir las fuerzas del diseño incluyen un Factor de Efecto de Ráfaga de Viento  $G$  (ver 3.3).

Curiosamente, no en el texto del Código sino en el Comentario al artículo 3.1, "Definiciones y Anotaciones" [C-1.3] se establece que, para estructuras rígidas (período natural  $T \leq 1s$ ), el Factor de Efecto de Ráfaga de Viento será 0.85. Para estructuras flexibles (período natural  $T > 1s$ ), o para estructuras sensibles al viento, la presión de diseño  $p$  se determina con la siguiente ecuación:

$$p = q G_f C_p - q_f GC_{pi} \quad [\text{ecuación C1 en el Comentario}]$$

En esta ecuación el Factor de Efecto de Ráfaga de Viento  $G_f$  se calcula siguiendo un procedimiento específico [ecuaciones C2-a, -b, -c, -d, -e, -f, -

g, -h, -i, -k y -l, equivalentes a las ecuaciones 6-2 a 6-12 de ASCE-7-98 modificadas para dimensiones en metros en vez de pies]. Los términos restantes han sido definidos en otra parte (ver 3.3)

### **3.5 Efectos de Direccionalidad. [4.3]**

El viento debe ser considerado proveniente de cualquier dirección. El Factor de Direccionalidad de Viento  $K_d$  (ver 3.3) varía de 0.85 a 0.95 y será determinado a partir de una Tabla [Tabla C, idéntica a la Tabla 6-6 de ASCE-7-98]. Este factor debería ser aplicado cuando se usa junto con combinaciones de carga específicas (ver 6.1), de lo contrario  $K_d = 1$ .

## **4. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

### **4.1 Procedimiento Simplificado.**

No se ha incluido.

### **4.2 Procedimiento Analítico. [3.2.1]**

Este es el único procedimiento descrito en el Código. Presiones externas e internas de viento (ver 3.3) son determinadas en términos de la velocidad básica del viento (ver 2.1), direccionalidad del viento (ver 3.5), categoría de uso (ver 3.1), escabrosidad del terreno (ver 2.4), topografía (ver 2.2) y otros factores relacionados.

### **4.3 Procedimiento Experimental. [3.3.2]**

Un párrafo breve establece que pruebas en túnel de viento pueden ser usadas para estructuras de características aerodinámicas inusuales. Este método experimental es requerido para estructuras especiales.

## **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; 3.1]

Para diseño de sistemas estructurales primarios o secundarios, las fuerzas de viento  $W$  determinadas a partir de las presiones de diseño  $p$  (ver 3.3) utilizando el Procedimiento Analítico (ver 4.2) o teorías más refinadas o procedimientos experimentales (ver 4.3), serán combinadas con las Cargas Muertas  $D$  y las Cargas Vivas  $L$  y  $L_R$  (carga viva de techo) para determinar la Carga Final como sigue:

$$\begin{aligned} &1.4 D \\ &1.2 D + 1.6 L + 0.5 L_R \\ &1.2 D + 1.6 L_R + (0.5 L \text{ or } 0.8 W) \\ &1.2 D + 1.6 W + 0.5 L + 0.5 L_R \\ &0.9 D + 1.6 W \end{aligned}$$

Todos los elementos estructurales deben ser dimensionados y detallados de manera que su resistencia sea igual a o exceda estas cargas factorizadas.

El Diseño de Tensión Permisible (ASD) también es posible con las combinaciones de carga siguientes:

$$\begin{aligned} &D \\ &D + L + L_R \\ &D + L + W + L_R \\ &0.6D + W \end{aligned}$$

Para ambos Diseños de Resistencia de Tensión Permisible, las ecuaciones anteriores han sido simplificadas dejando de lado otros tipos de carga. Las combinaciones de carga completas son idénticas a ASCE-7-98 [Secciones 2.3 y 2.4 de ASCE-7-98].

Debería notarse que las fuerzas de viento  $W$  calculadas con el Código no son cargas extremas sino cargas de servicio. Las cargas extremas son  $1.6 W$ .

No se definen límites de deriva en el Código.

### 6.2 Revestimientos y Elementos No Estructurales. [6.1]

El Código no contiene regulaciones específicas para revestimientos y elementos no estructurales. Sin embargo, el Capítulo 6, "Presiones en Estructuras Especiales", cubre estructuras que no son construcción, incluyendo anuncios comerciales, arcos y domos, torres, silos, chimeneas

y tanques así como edificaciones irregulares. Para anuncios comerciales la fuerza total de diseño  $F$  es dada mediante la siguiente expresión:

$$F = q_z G C_f A_f$$

Donde  $A_f$  es la proyección del área sólida normal a la dirección del viento. Los términos restantes han sido definidos en otra parte (ver 3.3).

## **7. EDIFICIOS RESIDENCIALES PEQUEÑOS.**

No se ha considerado específicamente.

### **RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL CÓDIGO**

**El “Manual de Diseño contra Viento” de la República Dominicana es un Código contra Viento moderno y sofisticado que sigue muy cercanamente los requisitos de Carga de Viento de ASCE-7-98.**

**Las objeciones principales que se pueden hacer notar son la falta de límites de deriva para fuerzas del viento, la ausencia de requisitos específicos para revestimientos y elementos y componentes no estructurales y el hecho de que los Comentarios contienen normas complementarias no incluidas en el cuerpo principal, incluyendo algunas ecuaciones que son esenciales para algunos de los cálculos (ver 3.4).**