

# **NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE EMERGENCIA PARA DISEÑO POR VIENTO**

## ÍNDICE

### 1. CONSIDERACIONES GENERALES

- 1.1. Alcance
- 1.2. Unidades

### 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

- 2.1. Consideraciones generales
- 2.2. Clasificación de las estructuras
- 2.3. Efectos a considerar
- 2.4. Estudio en túnel de viento
- 2.5. Precauciones durante la construcción y en estructuras provisionales

### 3. MÉTODOS SIMPLIFICADO Y ESTÁTICO PARA DISEÑO POR VIENTO

- 3.1. Determinación de la velocidad de diseño,  $V_D$
- 3.2. Presión dinámica de base,  $Q_z$
- 3.3. Determinación de la presión de diseño  $p_z$
- 3.4. Factores de presión
- 3.5. Presiones anteriores
- 3.6. Área expuesta
- 3.7. Coeficientes de presión para el método simplificado

### 4. DISEÑO DE ELEMENTOS DE RECUBRIMIENTO

### 5. EMPUJES DINÁMICOS PARALELOS AL VIENTO

### 6. EFECTOS DE VÓRTICES PERIÓDICOS SOBRE ESTRUCTURAS PRISMÁTICAS

- 6.1. Vibraciones generadas
- 6.2. Vibraciones locales
- 6.3. Omisión de efectos dinámicos de vorticidad

### 7. DESPLAZAMIENTO PERMISIBLES

## JUSTIFICACIÓN

Las “Normas Técnicas Complementarias de Emergencia (NTCE)” del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca, son el resultado de la suma del esfuerzo de colegios de profesionistas, cámaras e instituciones educativas y de investigación, así como de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable (SINFRA), a través de la Subsecretaría de Ordenamiento Territorial. Estas NTCE, están dirigidas a todos los Ayuntamientos, constructoras, colegios, cámaras y profesionistas de la construcción y edificación, cuyo cumplimiento o incumplimiento no tendrá por ahora ninguna consecuencia de derecho y tampoco serán consideradas vinculantes para quienes puedan ser sujetos de las mismas, ya que son unilaterales e incoercibles, hasta en tanto no se estipule lo contrario.

El Plan Estatal de Desarrollo 2016–2022, tiene como objetivo principal mejorar de forma significativa la calidad de vida de las familias oaxaqueñas y heredar a sus nuevas generaciones una plataforma de impulso más sólida, con los elementos necesarios para asegurar un mayor progreso y un mejor porvenir.

Las Normas Técnicas Complementarias de Emergencia surgen como parte de las actividades del Grupo de Trabajo 4 denominado: “Actualización del marco jurídico en materia de ordenamiento territorial y desarrollo urbano” del Consejo Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Oaxaca (CEOTDU), presidido por SINFRA e integrado por 35 Consejeros de instituciones gubernamentales, educativas y

de investigación, colegios y cámaras de profesionistas relacionados con la construcción y el desarrollo urbano.

Por otra parte, para la aplicación del Programa Nacional de Reconstrucción (PNR) en el estado de Oaxaca se instaló la Coordinación Estatal para la Reconstrucción (CER) la cual solicitó a la SINFRA la integración y coordinación de una “Mesa Técnica y de Normatividad” para la Reconstrucción en el estado, misma que se integró con los expertos del Grupo de Trabajo 4 del CEOTDU.

La SINFRA es una institución clave para impulsar el desarrollo sostenible de nuestra entidad; por lo cual, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 37 de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Oaxaca, 2, 7 y demás numerales respectivos del Reglamento Interno de la Secretaría de las Infraestructuras y el Ordenamiento Territorial Sustentable, se permite emitir las siguientes **Normas técnicas complementarias de emergencia del Reglamento de construcción y seguridad estructural para el estado de Oaxaca:**

1. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por sismo.
2. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño por viento.
3. Norma Técnica Complementaria de Emergencia para diseño y construcción de cimentaciones.
4. Norma Técnica Complementaria de Emergencia sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones.

## AGRADECIMIENTOS

La SINFRA reconoce el entusiasmo de los expertos que participaron en la “Mesa Técnica y de Normatividad” para lograr en pocas semanas la revisión, discusión y aprobación de las NTCE. De manera desinteresada apoyaron esta actividad los profesionistas del: Colegio de Ingenieros Civiles de Oaxaca (CICO); Colegio Oaxaqueño de Ingenieros Civiles, Unidos para el Desarrollo del Estado (COIC UNDEO), Colegio de Arquitectos del Estado de Oaxaca (CAEO), Colegio Libre e Independiente de Arquitectos de Oaxaca (CLIAO), Colegio de Urbanistas de Oaxaca, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS), Sociedad Mexicana de Seguridad Estructural (SMSE), Sociedad Mexicana de Ingeniería (SMI), Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Asociación Mexicana de la Industria de la Construcción (AMIC), Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables (AMDROC).

Agradecemos especialmente a los profesionistas que participaron en las reuniones de trabajo para analizar y aprobar las NTCE: Arodi Carballo Bernabé, Carlos Espinoza Castellanos, Cuauhtémoc Hernández Sibaja, Darío Vasconcelos Martínez, Erika Morales García, Ernesto A. López V., Everardo García Mendoza, Humberto Mario Durán Gómez, Jaime Rojas Arellano, Javier Vázquez Ortiz, Jorge Parada Vicente, Juan Alfredo Bautista León, Luis Felguerez Guzmán, Manuel Meza Corres, Porfirio Cruz Cruz, Rafael Jiménez Toledo, Rolando Ortiz Ramos, Romeo E. Ávila García, Romeo Gutiérrez Vásquez, Sergio P. Ríos Aquino, Víctor E. Flores González.

## DIRECTORIO

**Alejandro I. Murat Hinojosa**  
Gobernador Constitucional del Estado de Oaxaca

**Fabian Sebastián Herrera Villagómez**  
Secretario de las Infraestructuras y el  
Ordenamiento Territorial Sustentable y  
Presidente del CEOTDU.

**Fabián Alejandro Vázquez Martínez**  
Subsecretario de Ordenamiento Territorial y  
Secretario Técnico del CEOTDU.

**Rodolfo Díaz Jiménez**  
Director de Ordenamiento Territorial y Coordinador  
de los Grupos de Trabajo del CEOTDU.

## 1. CONSIDERACIONES GENERALES

### 1.1 Alcance

En estas Normas Técnicas se detallan y amplían los requisitos de diseño por viento contenidos en el Capítulo VII del Título Quinto del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca.

Construcciones especiales, tales como puentes, membranas, estructuras marinas alejadas de las costas y torres de transmisión, quedan fuera del alcance de este capítulo y deberán diseñarse conforme a los lineamientos establecidos en la literatura técnica para cada estructura o por expertos mediante estudios experimentales que comprueben su seguridad y buen funcionamiento.

Los procedimientos aquí indicados se aplicarán conforme a los criterios generales de diseño especificados en dicho título. En particular, deberán aplicarse a las acciones debidas al viento los factores de carga correspondientes a acciones accidentales fijados en las Normas Técnicas de Emergencia sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones. De igual modo, pueden utilizarse criterios diferentes a los especificados en estas normas que permitan obtener resultados menos conservadores que los aquí establecidos, si se justifica científica y racionalmente su uso y la autoridad correspondiente lo acepta.

### 1.2 Unidades

Sólo se especifican las unidades en las ecuaciones no homogéneas, cuyos resultados dependen de las unidades en que se expresen. En cada uno de esos casos, se presenta, en

primer lugar, la ecuación en términos de unidades del sistema internacional (SI), y en segundo lugar, entre paréntesis, en términos de unidades del sistema métrico decimal usual.

Los valores correspondientes a los dos sistemas no son exactamente equivalentes, por lo que cada sistema debe utilizarse con independencia del otro, sin hacer combinaciones entre los dos.

## 2. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

### 2.1 Consideraciones generales

Deberá revisarse la seguridad de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas que se generan por las presiones (empujes o succiones) producidas por el viento sobre las superficies de la construcción expuestas al mismo y que son transmitidas al sistema estructural. La revisión deberá considerar la acción estática del viento y la dinámica cuando la estructura sea sensible a estos efectos.

Deberá realizarse, además, un diseño local de los elementos particulares directamente expuestos a la acción del viento, tanto los que forman parte del sistema estructural, tales como cuerdas y diagonales de estructuras triangulares expuestas al viento, como los que constituyen sólo un revestimiento (láminas de cubierta y elementos de fachada y vidrios). Para el diseño local de estos elementos se seguirán los criterios del Capítulo 4.

### 2.2 Clasificación de las estructuras

#### 2.2.1 De acuerdo con su importancia

Para fines de diseño por viento y de acuerdo con la importancia para la cual serán destinadas, las estructuras están clasificadas

en tres grupos, A, B y C según el artículo 199 del Reglamento de Construcción y Seguridad Estructural para el Estado de Oaxaca.

### 2.2.2 De acuerdo con su respuesta ante la acción del viento

Para fines de diseño por viento y de acuerdo con la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar en ellas, las estructuras se clasifican en cuatro tipos:

**Tipo 1.** Comprende las estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos de viento. Incluye las construcciones cerradas techadas con sistemas de cubierta rígidos; es decir, que sean capaces de resistir las cargas debidas a viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las construcciones en que la relación entre altura y dimensión menor en planta es mayor que 5 o cuyo período natural de vibración excede de 1 segundo. Se excluyen también las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante, a menos que por la adopción de una geometría adecuada, la aplicación de presfuerzo u otra medida, se logre limitar la respuesta estructural dinámica.

**Tipo 2.** Comprende las estructuras cuya esbeltez o dimensiones reducidas de su sección transversal las hace especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración, y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes. Se cuentan en este tipo, los edificios con esbeltez, definida como la relación entre la altura y la mínima dimensión en planta, mayor que 5, o con periodo fundamental mayor que 1 segundo.

Se incluyen también las torres atirantadas o en voladizo para líneas de transmisión, antenas,

tanques elevados, parapetos, anuncios, y en general las estructuras que presentan dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen las estructuras que explícitamente se mencionan como pertenecientes a los Tipos 3 y 4.

**Tipo 3.** Comprende estructuras como las definidas en el Tipo 2 en que, además, la forma de la sección transversal propicia la generación periódica de vórtices o remolinos de ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura.

Son de este tipo las estructuras o componentes aproximadamente cilíndricos, tales como tuberías, chimeneas y edificios con planta circular.

**Tipo 4.** Comprende las estructuras que por su forma o por lo largo de sus períodos de vibración presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las cubiertas colgantes, que no pueden incluirse en el Tipo 1.

### 2.3 Efectos a considerar

En el diseño de estructuras sometidas a la acción de viento se tomarán en cuenta aquellos de los efectos siguientes que puedan ser importantes en cada caso:

- Empujes y succiones estáticos;
- Fuerzas dinámicas paralelas y transversales al flujo principal, causadas por turbulencia;
- Vibraciones transversales al flujo causadas por vórtices alternantes; y
- Inestabilidad aeroelástica.

Para el diseño de las estructuras Tipo 1 bastará tener en cuenta los efectos estáticos del viento, calculados de acuerdo con el Capítulo 3.

Para el diseño de las estructuras Tipo 2 deberán incluirse los efectos estáticos y los dinámicos causados por turbulencia. El diseño podrá efectuarse con un método estático equivalente, de acuerdo con las secciones correspondientes de los Capítulos 3 y 5, o con un procedimiento de análisis que tome en cuenta las características de la turbulencia y sus efectos dinámicos sobre las estructuras.

Las estructuras Tipo 3 deberán diseñarse de acuerdo con los criterios especificados para las de Tipo 2, pero además deberá revisarse su capacidad para resistir los efectos dinámicos de los vórtices alternantes, según se especifica en el Capítulo 6.

Para estructuras Tipo 4 los efectos de viento se valuarán con un procedimiento de análisis que tome en cuenta las características de la turbulencia y sus efectos dinámicos, pero en ningún caso serán menores que los especificados por el Tipo 1. Los problemas de inestabilidad aeroelástica ameritarán estudios especiales que deberán ser aprobados por la Administración.

## 2.4 Estudio en túnel de viento

En construcciones de forma geométrica poco usual y con características que las hagan particularmente sensibles a los efectos de viento, el cálculo de dichos efectos se basará en resultados de estudios en túnel de viento. Podrán tomarse como base resultados existentes de ensayos realizados en modelos de construcciones de características semejantes. Cuando no se cuente con estos resultados o cuando se trate de construcciones de particular importancia, deberá recurrirse a estudios de túnel de viento en modelos de la construcción misma.

Los procedimientos de ensayos e interpretación de los estudios de túnel de viento seguirán técnicas reconocidas y deberán ser aprobados por la Administración.

## 2.5 Precauciones durante la construcción y en estructuras provisionales

Se revisará la estabilidad de la construcción ante efectos de viento durante el proceso de erección. Pueden necesitarse por este concepto apuntalamientos y contravientos provisionales, especialmente en construcciones de tipo prefabricado. Para este caso se evaluarán los empujes con las velocidades referidas en el Capítulo 3, asociadas a un período de retorno de 10 años.

## 3. MÉTODOS SIMPLIFICADO Y ESTÁTICO PARA DISEÑO POR VIENTO

Para el cálculo de empujes y/o succiones sobre las construcciones del Tipo 1 (inciso 2.2.2.a) debidas a la presión del viento, se podrá emplear el método estático al aplicar las presiones de diseño de la sección 3.2 y los coeficientes de presión señalados en las secciones 3.3 y 3.4. El método simplificado podrá aplicarse para estructuras con altura no mayor de 15 m, con planta rectangular o formada por una combinación de rectángulos, tal que la relación entre una altura y la dimensión menor en planta sea menor que 4. En este último caso se aplicará la presión de diseño de la sección 3.3, pero los coeficientes de presión se tomarán según se señala en la sección 3.6.

### 3.1 Determinación de la velocidad de diseño, VD

Los efectos estáticos del viento sobre una estructura o componente de la misma se

determinan con base en la velocidad de diseño.

Dicha velocidad de diseño se obtendrá de acuerdo con la ecuación 3.1.

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R \quad (3.1)$$

donde:

$F_{TR}$  factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante;

$F_{\alpha}$  factor que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura; y

$V_R$  velocidad regional según la zona que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura.

La velocidad de referencia,  $V_R$ , se define en la sección 3.1.1 y los factores  $F_{\alpha}$  y  $F_{TR}$  se definen en las secciones 3.1.2 y 3.1.3, respectivamente.

### 3.1.1 Determinación de la velocidad regional, $V_R$

La velocidad regional es la velocidad máxima del viento que se presenta a una altura de 10 m sobre el lugar de desplante de la estructura, para condiciones de terreno plano con obstáculos aislados (terreno tipo R2, fig. 3.1). Los valores de dicha velocidad se obtendrán de la tabla 3.4. Dichos valores incluyen el efecto de ráfaga que corresponde a tomar el valor máximo de la velocidad media durante un intervalo de tres segundos.

Para las estructuras temporales que permanezcan por más de una estación del año

se seleccionará la velocidad con periodo de retorno de 10 años.

### 3.1.2 Factor de variación con la altura, $F_{\alpha}$

Este factor establece la variación de la velocidad del viento con la altura  $z$ . Se obtiene con las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned} F_{\alpha} &= 1.0; & \text{si } z \leq 10m \\ F_{\alpha} &= \left(\frac{z}{10}\right)^{\alpha}; & \text{si } 10m < z < \delta \\ F_{\alpha} &= \left(\frac{\delta}{10}\right)^{\alpha}; & \text{si } z \geq \delta \end{aligned} \quad (3.2)$$

donde:

$\delta$  Altura, gradiente, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante;  $\delta$  y  $z$  están dadas en metros.

$\alpha$  exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura.

Los coeficientes  $\delta$  y  $\alpha$  están en función de la rugosidad del terreno (figura 3.1) y se definen en la tabla 3.1

Figura 3.1 Rugosidad del terreno

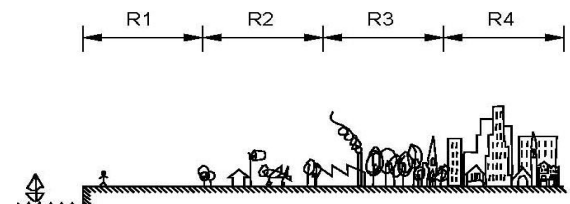


Tabla 3.1 Rugosidad del terreno,  $d$  y  $\alpha$

Tipos de terreno		$\alpha$	$d$
R1	Escasas o nulas obstrucciones al flujo de viento, como en campo abierto	0.099	245
R2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	0.128	315
R3	Zona típica urbana y suburbana. El sitio está rodeado predominantemente por construcciones de mediana y baja altura o por áreas arboladas y no se cumplen las condiciones del Tipo R4	0.156	390
R4	Zona de gran densidad de edificios altos. Por lo menos la mitad de las edificaciones que se encuentran en un radio de 500 m alrededor de la estructura en estudio, tienen una altura superior a 20 m	0.170	455

### 3.1.3 Factor correctivo por topografía y rugosidad, $F_{TR}$

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplante la estructura (figura 3.2) y a su vez la variación de la rugosidad de los alrededores del sitio (tabla 3.2). En este último caso, si en una dirección de análisis de los efectos del viento existen diferentes rugosidades con longitud menor de 500 m, se deberá considerar la que produzca los efectos más desfavorables.

Figura 3.2 Formas topográficas locales

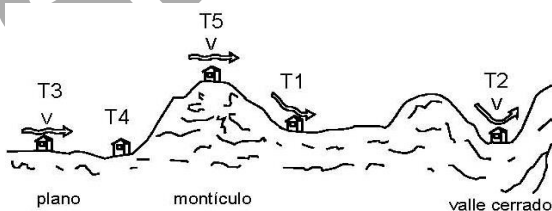


Tabla 3.2 Factor  $F_{TR}$   
(Factor de topografía y rugosidad del terreno)

Tipos de topografía	Rugosidad de terrenos en alrededores		
	Terreno tipo R2	Terreno tipo R3	Terreno tipo R4
T1 Base protegida de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento	0.80	0.70	0.66
T2 Valles cerrados	0.90	0.79	0.74
T3 Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores de 5% (normal)	1.00	0.88	0.82
T4 Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10%	1.10	0.97	0.90
T5 Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores de 10 %, cañadas o valles cerrados	1.20	1.06	0.98

En terreno de tipo R1, según se define en la tabla 3.1, el factor de topografía y rugosidad,  $F_{TR}$ , se tomará en todos los casos igual a 1.0.

### 3.2 Presión dinámica de base, $q_z$

Cuando el viento actúa sobre una construcción, genera presiones sobre sus superficies, que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular a él, se denomina presión dinámica de base  $q_z$  en Pa ( $\text{kg/m}^2$ ), se obtiene con la siguiente ecuación 3.3

$$q_z = 0.047GV_D^2$$

$$(q_z = 0.0048GV_D^2) \quad (3.3)$$



en donde:

$V_D$  es la velocidad básica de diseño, en km/h, definida en la sección 3.1

$q_z$  la presión dinámica de base a una altura  $z$  sobre el nivel del terreno, en Pa ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$G$  el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar (adimensional)

El valor de  $G$  se obtiene con la siguiente expresión 3.4

$$G = \frac{0.392\Omega}{273 + \tau} \quad (3.4)$$

en donde:

$\Omega$  es la presión barométrica, en mm de Hg, y

$\tau$  la temperatura ambiental, en °C.

En la tabla 3.3 se presenta la relación entre los valores de la altitud,  $h_m$ , en metros sobre el nivel del mar (msnm), y la presión barométrica,  $\Omega$ , en mm de Hg (mercurio).

**Tabla 3.3 Relación entre la altitud y la presión barométrica**

Altitud, $h_m$ (msnm)	Presión barométrica, $\Omega$ (mm de Hg)
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600
2500	565
3000	530
3500	495

Para valores intermedios de altitud,  $h_m$ , se podrá realizar una interpolación lineal entre los valores correspondientes para obtener la presión barométrica,  $\Omega$ .

El estado de Oaxaca se encuentra dividido en 30 distritos, con su respectiva altitud, sin embargo, es importante revisar particularmente la altitud del lugar de la construcción para realizar el cálculo de la presión dinámica de base  $q_z$ , se debe revisar también la temperatura promedio de la zona donde se construirá la estructura para poder realizar el cálculo del factor de corrección por temperatura y por altura.

En la tabla 3.4 se presentan la altitud,  $h_m$ , la presión en mm de Hg y la Velocidad Regional en km/h para cada Distrito del Estado de Oaxaca.

En las figuras 3.3a, 3.3b y 3.3.c (colocadas al final de estas normas) se muestran los mapas de isotacas para velocidades regionales en km/h con periodos de retorno de 10, 50 y 200 años respectivamente, figuras tomadas del "Manual de diseño de obras civiles. Diseño por sismo" (2008) de la Comisión Federal de Electricidad (MDOC.DS.2008).

Tabla 3.4 Altitud (m), presión barométrica (mm de Hg) y Velocidad Regional  $V_R$  (km/h) para cada Distrito del Estado de Oaxaca.

PERIODO DE RETORNO, AÑOS			200	50	10
DISTRITO	ALTITUD (m)	PRESIÓN (mm de Hg)	Importancia de la construcción		
			A	B	C
			Velocidad Regional $V_R$ (km/h)		
CENTRO	1555	631.15	130	120	110
COIXTLAHUACA	2100	593	150	135	115
CUICATLAN	620	709.2	160	145	125
CHOAPAM	900	684	155	140	125
EJUTLA	1460	638.2	135	125	110
ETLA	1660	623.8	130	120	110
HUAJUAPAM	1600	628	135	120	105
IXTLAN	2030	597.9	140	130	115
JAMILTEPEC	479	721.68	180	145	110
JUCHITAN	20	758.4	135	125	110
JUQUILA	1462	638.04	180	140	110
JUXTLAHUACA	1680	622.4	140	120	105
MAHUATLAN	1550	631.5	145	125	110
MIXE	1480	636.6	140	130	115
NOCHIXTLAN	2080	594.4	135	120	105
OCOTLAN	1500	635	130	120	110
POCHUTLA	150	748	180	140	110
PUTLA	720	700.2	140	125	105
SILACAYOAPAN	1640	625.2	135	120	100
SOLA DE VEGA	1400	643	145	125	100
TEHUANTEPEC	55	755.6	145	125	110
TEOTITLAN	1015	673.8	170	150	130
TEPOSCOLULA	2320	577.6	135	125	105
TLACOLULA	1600	628	130	120	110
TLAXIACO	2040	597.2	135	120	105
TUXTEPEC	20	758.4	180	155	135
VILLA ALTA	1230	656.6	145	135	120
YAUTEPEC	860	687.6	135	125	110
ZAACHILA	1520	633.6	130	120	110
ZIMATLAN	1500	635	130	120	110

### 3.3 Determinación de la presión de diseño, $p_z$

La presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción determinada,  $p_z$ , en Pa o  $\text{kg/m}^2$ , se obtiene tomando en cuenta su forma y está dada de manera general por la expresión 3.5

$$p_z = C_p q_z \quad (3.5)$$

en donde:

$C_p$  coeficiente local de presión, depende de la forma de la estructura, adimensional; y

$q_z$  la presión dinámica de base, definida en la sección 3.2

### 3.4 Factores de presión

Los factores de presión  $C_p$  de la ec. 3.5, para el caso del método estático, se determinan según el tipo y forma de la construcción, de acuerdo con lo siguiente:

#### 3.4.1 Caso I. Edificios y construcciones cerradas.

Se consideran los coeficientes de presión normal a la superficie expuesta de la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Coeficiente  $C_p$  para construcciones cerradas

$C_p$	
Pared de barlovento	0.8
Pared de sotavento <sup>1</sup>	-0.4
Paredes laterales	-0.8
Techos planos	-0.8
Techos inclinados lado de sotavento	-0.7
Techos inclinados lado de barlovento <sup>2</sup>	$-0.8 < 0.04\theta - 1.6 < 1.8$
Techos curvos	Ver tabla 3.6 y fig.3.4

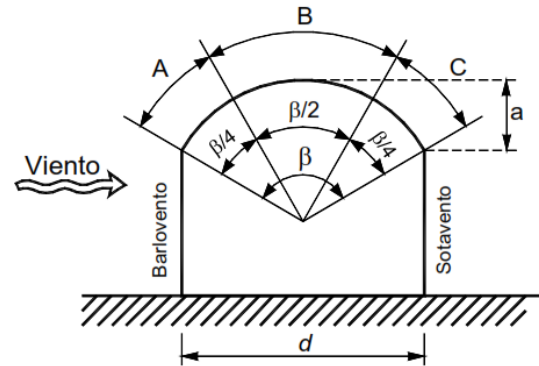
1. La succión se considerará constante en toda la altura de la pared de sotavento y se calculará para un nivel z igual a la altura media del edificio;
2.  $\theta$  es el ángulo de inclinación del techo en grados.

Tabla 3.6 Coeficientes de presión  $C_p$  para cubiertas en arco<sup>1</sup>

Relación $r = a/d$	A	B	C
$r < 0.2$	-0.9	--	--
$0.2 < r < 0.3$	$3r - 1$	$-0.7 - r$	-0.5
$R > 0.3$	$1.42r$	--	--

<sup>1</sup> Para cubiertas de arco apoyadas directamente sobre el suelo, el coeficiente de presión sobre la zona A deberá tomarse igual a  $1.4r$ , para todo valor de r.

Figura 3.4 Cubiertas en arco



3.4.2 Caso II. Paredes aisladas y anuncios. La fuerza total sobre la pared o anuncio, suma de los empujes de barlovento y succiones de sotavento, se calculará a partir de la ecuación 3.5; se utilizará un factor de presión obtenido de las tablas 3.7, 3.8 y 3.9, según el caso (figuras 3.5 y 3.6).

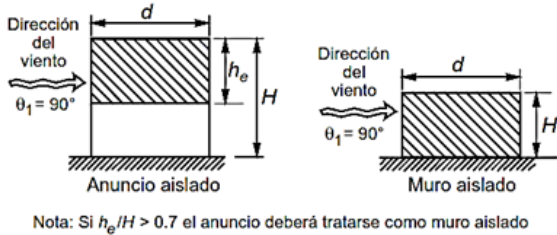
Tabla 3.7 Viento normal al anuncio o muro

Coeficiente de presión neta ( $C_p$ )		
Anuncios		Muros
$0 < h_e/H < 0.2$	$0 \leq h_e/H \leq 0.2$	
$1.2 + 0.02(d/h_e - 5)$	1.5	

La tabla 3.7 se aplica para anuncios con  $1 \leq d/h_e \leq 20$  y muros con  $1 \leq d/H \leq 20$ . Si  $d/h_e$  o  $d/H$  es mayor que 20, el coeficiente de presión será igual a 2.0

En el caso de muros, si  $d/H$  es menor que 1.0, el coeficiente de presión será igual a 2.0.

Figura 3.5 Dimensiones de muros y anuncios en dirección del viento



Nota: Si  $h_e/H > 0.7$  el anuncio deberá tratarse como muro aislado

En el caso de los anuncios, si  $d/h_e$  es menor que 1.0 y  $h_e/H$  mayor o igual que 0.2, el coeficiente de presión será igual a 2.0. Si  $h_e/H$  es mayor que cero pero menor que 0.2 entonces el coeficiente de presión se calculará con la expresión de la tabla 3.8. Para este fin la relación  $d/h_e$  se sustituirá por su valor inverso.

En el caso del viento a 45 grados la presión resultante es perpendicular al anuncio o muro y está aplicada con una excentricidad del centroide, según la distribución de presiones de la tabla 3.8. Dicha excentricidad no deberá tomarse menor que  $d/10$ .

Tabla 3.8 Viento a 45° sobre el anuncio o muro

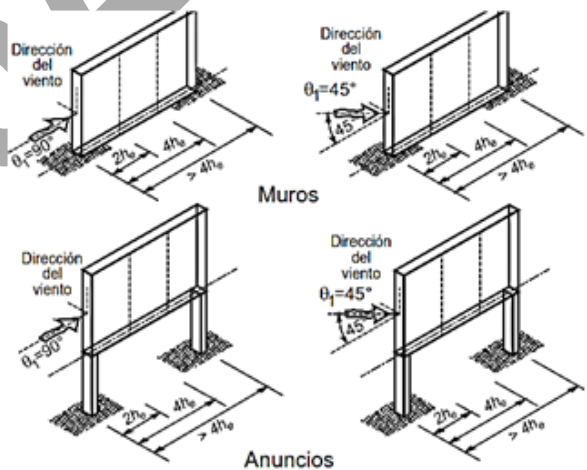
Coeficiente de presión neta ( $C_p$ ) en zonas de anuncios o muros					
Distancia horizontal medida a partir del borde libre de barlovento del anuncio o muro					
Anuncios			Muro		
0 a $2h_e$	$2h_e$ a $4h_e$	$>4h_e$	0 a $2H$	$2H$ a $4H$	$>4H$
3.0	1.5	0.75	2.4	1.2	0.6

Para las paredes y anuncios planos con aberturas, las presiones se reducirán con el factor dado por  $\phi(2 - \phi)$  donde  $\phi$  es la relación de solidez del anuncio o muro.

Tabla 3.9 Viento paralelo al plano del anuncio o muro

Coeficiente de presión neta ( $C_p$ ) en zonas de anuncios o muros					
Distancia horizontal medida a partir del borde libre de barlovento del anuncio o muro					
Anuncios			Muro		
0 a $2h_e$	$2h_e$ a $4h_e$	$>4h_e$	0 a $2H$	$2H$ a $4H$	$>4H$
$\pm 1.2$	$\pm 0.6$	$\pm 0.3$	$\pm 1.0$	$\pm 0.5$	$\pm 0.25$

Figura 3.6 Acción sobre paredes aislada o anuncios



### 3.4.3 Caso III. Estructuras reticulares

Para el diseño de estructuras reticulares como las formadas por traveses de alma abierta y armaduras a través de las que pasa el viento, se usará un coeficiente de presión igual a 2.0, cuando están constituidas por elementos de sección transversal plana y de 1.3 cuando los elementos constitutivos son de sección transversal circular.

Cuando se tengan marcos o armaduras en diversos planos, podrá tomarse en cuenta la protección que algunos de sus miembros proporcionan a otros, siempre y cuando los miembros sean hechos a base

de secciones planas. El factor de protección se calculará como

$$1 - 1.7(\phi - 0.01x)$$

donde

$x$  relación de la separación entre los marcos al peralte máximo de las armaduras o vigas;  $y$

$\phi$  relación de solidez.

### 3.4.4 Caso IV. Chimeneas, silos y similares

Los coeficientes de presión varían en función de la forma de la sección transversal y de la relación de esbeltez de la estructura. Sus valores se especifican en la tabla 3.10.

En este tipo de estructuras además de los efectos estáticos, deberán tomarse en cuenta los efectos dinámicos calculados a partir de las disposiciones del Capítulo 5.

**Tabla 3.10 Coeficientes de arrastre para chimeneas y silos**

Forma de la sección transversal	Relación de esbeltez <sup>1</sup>		
	1	7	25
Cuadrada:			
Viento normal	1.3	1.4	2.0
Ángulo de incidencia 45°	0.9	1.2	1.6
Hexagonal u octagonal	1.0	1.2	1.4
Circular (superficie rugosa)	0.7	0.8	0.9
Circular (superficie lisa)	0.5	0.6	0.7

<sup>1</sup> La relación de esbeltez se define como la relación de la altura a lado menor de la

estructura. Se interpolará linealmente para valores intermedios.

### 3.4.5 Caso V. Antenas y torres con celosía

Para el análisis de antenas y torres hechas a base de celosía, dichas estructuras se dividirán en un conjunto de tramos verticales. La fuerza horizontal resultante sobre cada tramo, en N (kg), se obtendrá por medio de la expresión

$$q_z C_D A \quad (3.6)$$

donde

$A$  área expuesta, en m<sup>2</sup>;

$C_D$  coeficiente especificado en las tablas 3.11 a 3.13; y

$q_z$  la presión dinámica de base, definida en la sección 3.2

Los factores de arrastre,  $C_D$ , se calcularán para cada tramo y será válido sumar los efectos que el viento provoque en cada tramo. Se recomienda considerar por lo menos 10 tramos.

El coeficiente de arrastre se calculará para los casos que a continuación se señalan.

#### 3.4.5.1 Antenas y torres sin accesorios

El coeficiente de arrastre,  $C_D$ , se tomará de las tablas 3.11, 3.12 ó 3.13 según el caso. En estas tablas,  $b$  será el ancho promedio de la sección transversal de la torre y  $V_D$  es la velocidad de diseño a la altura del tramo en cuestión. Además, en dichas tablas, se podrá interpolar linealmente para valores intermedios de  $b$   $V_D$  y de la relación de solidez  $\phi$ .

Tabla 3.11 Coeficientes de arrastre para torres con miembros de lados planos

Torres de sección cuadrada			Torres de sección triangular equilátera
Relación de solidez, $\phi$	Viento normal a una cara	Viento actuando en una esquina	Viento en cualquier dirección
$\leq 0.1$	3.5	3.9	3.1
0.2	2.8	3.2	2.7
0.3	2.5	2.9	2.3
0.35	2.3	2.75	2.2
0.4	2.1	2.6	2.1
$\geq 0.5$	1.8	2.4	1.9

Tabla 3.12 Coeficientes de arrastre para torres con miembros de sección circular

Torres de sección cuadrada

Relación de solidez, $\phi$	Flujo subcrítico $bV_D < 3m^2/s$		Flujo supercrítico $bV_D \geq 6m^2/s$	
	Viento normal a una cara	Viento incidiendo en una esquina	Viento normal a una cara	Viento incidiendo en una esquina
$\leq 0.05$	2.2	2.5	1.4	1.2
0.1	2	2.3	1.4	1.3
0.2	1.8	2.1	1.4	1.6
0.3	1.6	1.9	1.4	1.6
0.4	1.5	1.9	1.4	1.6
$\geq 0.5$	1.4	1.9	1.4	1.6

Tabla 3.13 Coeficientes de arrastre para torres con miembros de sección circular

Torres de sección triangular equilátera

Relación de solidez, $\phi$	Flujo subcrítico $bV_D < 3m^2/s$	Flujo supercrítico $bV_D \geq 6m^2/s$
	Viento en cualquier dirección	
$\leq 0.05$	1.8	1.1
0.1	1.7	1.1
0.2	1.6	1.1
0.3	1.5	1.1
0.4	1.5	1.1
$\geq 0.5$	1.4	1.2

3.4.5.2 Antenas y torres con accesorios

Los coeficientes de arrastre se calcularán de la siguiente manera:

Cuando los accesorios se coloquen de manera simétrica en todas las caras, su área proyectada se agregará al área de los miembros de la torre y el coeficiente de arrastre se calculará según la sección 3.4.5.1.

Cuando los accesorios no se coloquen de manera simétrica, el coeficiente efectivo de arrastre se determinará como sigue:

$$C_{DE} = C_D + \Sigma \Delta C_D \quad (3.7)$$

donde:

$\Delta C_D$  coeficiente de arrastre adicional debido a cada accesorio que se coloque en una cara, o que se localice en el interior de la torre; y

$C_D$  se calculará según la sección 3.4.5.1.

El coeficiente adicional  $\Delta C_D$  se calculará como:

$$\Delta C_D = 1.6 \left( \frac{A_r}{A_z} \right) \quad (3.8)$$

donde

$A_r$  área expuesta del accesorio colocado en la torre; y

$A_z$  área total proyectada del tramo de torre en que se encuentra el accesorio.

### 3.4.5.3 Torres totalmente recubiertas

Para torres totalmente recubiertas, el coeficiente de arrastre se tomará igual al especificado para cuerpos estancos de igual geometría.

### 3.4.5.4 Antenas o torres con arriostramientos

Cuando se empleen antenas o torres con arriostramientos, el coeficiente de arrastre sobre éstos se calculará con la siguiente ecuación:

$$C_{DE} = 1.2 \sin^2 \theta_1 \quad (3.9)$$

donde

$\theta_1$  es el ángulo que se forma entre la dirección del viento y el eje del cable y se usará la velocidad de viento calculada a las dos terceras partes de la altura de conexión del cable con la torre.

### 3.4.6 Caso VI. Techumbres aisladas

Deberá tomarse en cuenta que los techos aislados a una o dos aguas y los invertidos (por ejemplo, los paraguas) están divididos en dos

mitades (Figuras 3.7a, 3.7b y 3.7c), y que cada mitad está sometida a la presión neta dada por:

$$p_z = C_p K_L q_z \quad (3.10)$$

donde

$p_z$  es la presión de diseño

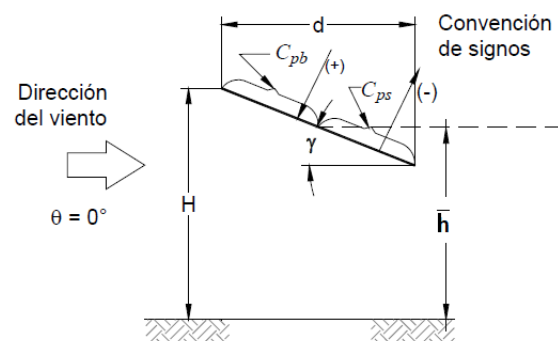
$C_p$  el coeficiente de presión, el cual corresponde al  $C_{pb}$  en la parte de barlovento, y al  $C_{ps}$  en la de sotavento, adimensional

$K_L$  el factor de presión local dado en la Tabla 3.17, adimensional

$q_z$  la presión dinámica de base, definida en la sección 3.2

En las Tablas 3.14 a la 3.16 se presentan los valores del coeficiente de presión neta en cada mitad del techo aislado (barlovento o sotavento). En los casos en que se dan dos valores, deberá seleccionarse el que produzca las condiciones más desfavorables, considerando las dos mitades.

Figura 3.7a Techumbres aisladas a un agua.



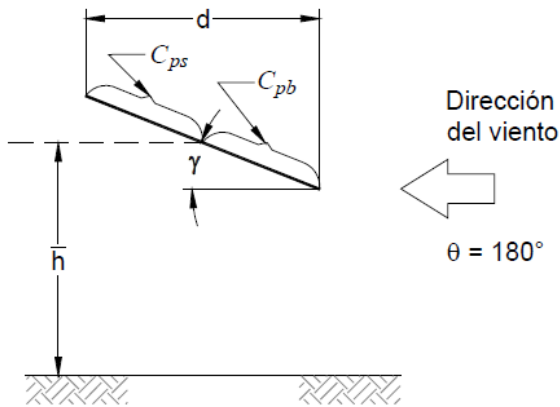


Figura 3.7c Techumbres aisladas invertidas.

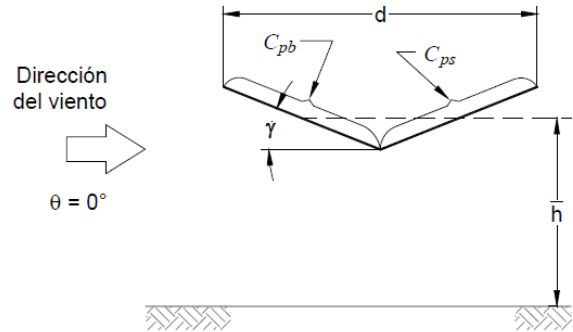
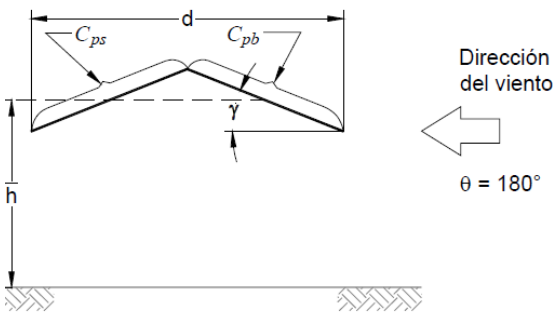
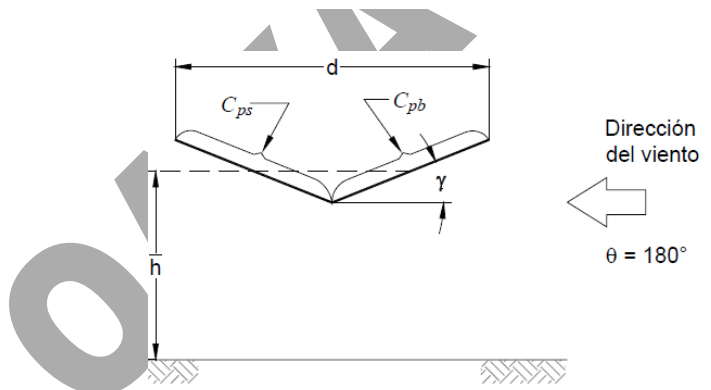
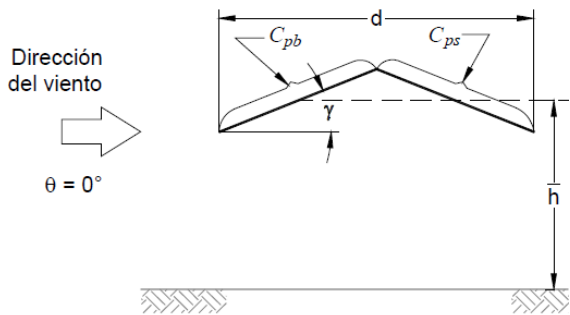


Figura 3.7b Techumbres aisladas a dos aguas.



NOTA: Dado que los techos aislados pueden estar apoyados en una o más columnas, éstas no se muestran en las figuras. Cuando existan muros que obstruyan el flujo del viento por debajo de los techos, véanse las Tablas 3.14 a 3.16, para el caso de "obstruido debajo".



Tabla 3.14a Coeficiente de presión en techos aislados a un agua para  $0.25 \leq \bar{h}/d \leq 1$

Ángulo de inclinación del techo $\gamma$	Ángulo de incidencia del viento $\theta$	$C_{pb}$		$C_{ps}$	
		Libre debajo	Obstruido debajo	Libre debajo	Obstruido debajo
0°	0°	-	-1.0,	-	-0.8,
		0.3,	0.4	0.4,	0.4
		0.4	0.4	0.0	0.4
15°	0°	-1.0,	-1.5,	-	-1.0,
30°		0.0	0.0	0.6,	0.2
		0.0	0.0	0.0	0.0
0°	180°	-	-1.0,	-	-0.8,
		0.3,	0.4	0.4,	0.4
		0.4	0.4	0.0	0.4
15°	180°	0.0,	0.0,	0.0,	-0.2,
30°		0.8	0.8	0.4	0.0
		0.0,	0.0,	0.0,	0.0,
		1.6	0.0, 1.6	0.8	0.0

Tabla 3.14b Coeficiente de presión neta en zonas de techos aislados a un agua con  $\gamma \leq 5^\circ$  y  $\theta = 0^\circ$  o  $180^\circ$ , para  $0.05 \leq \bar{h}/d \leq 0.25$ , o para todos los  $\gamma$  y  $\theta = 90^\circ$ .

$\gamma$	Distancia horizontal sobre el techo medida a partir de la arista de barlovento	Coeficiente de presión ( $C_p$ )
$\leq 5^\circ$ y $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ o cualquiera y $\theta = 90^\circ$	0 a $1\bar{h}$	Valores de $C_{pb}$ en la Tabla 3.14a para $\theta = 0^\circ$
	$1\bar{h}$ a $2\bar{h}$	Valores de $C_{ps}$ en la Tabla 3.14a para $\theta = 0^\circ$
	$> 2\bar{h}$	-0.2, 0.2 para libre debajo -0.4, 0.2 para obstruido debajo

Tabla 3.15 Coeficiente de presión neta en techos aislados a dos aguas para  $0.25 \leq \bar{h}/d \leq 1$

Ángulo de inclinación del techo $\gamma$	Ángulo de incidencia del viento $\theta$	$C_{pb}$		$C_{ps}$	
		Libre debajo	Obstruido debajo	Libre debajo	Obstruido debajo
0° < $\theta$ ≤ 15°	0° y 180°	-0.3,	-1.2	-0.4,	-0.9
		0.4	0.4	0.0	0.0
		0.4	0.4	0.0	0.0
22.5°	0° y 180°	-0.3,	-0.9	-0.6,	-1.1
30.0°		0.6	0.6	0.0	0.0
		0.6	0.6	0.0	0.0
		0.8	-0.5	-0.7,	-1.3
		0.8	0.8	0.0	0.0

Tabla 3.16 Coeficiente de presión neta en techos aislados invertidos para  $0.25 \leq \bar{h}/d \leq 1$

Ángulo de inclinación del techo $\gamma$	Ángulo de incidencia del viento $\theta$	$C_{pb}$		$C_{ps}$	
		Libre debajo	Obstruido debajo	Libre debajo	Obstruido debajo
7.5°	0° y 180°	-0.6,	-0.7	0.3	-0.3
		0.4	0.4	0.5	-0.2
		0.4	0.4	0.7	-0.2
15.0°	0° y 180°	-0.6,	-0.8	0.7	-0.2
22.5°		0.4	0.4	0.3	-0.2
		0.4	0.4	0.3	-0.2
30.0°		-0.7,	-1.2	0.9	-0.2
		0.3	0.3	0.3	-0.2

### NOTAS SOBRE LAS TABLAS 3.14 a 3.16

- Estas tablas se utilizan con ayuda de las Figuras 3.7a, 3.7b y 3.7c.
- Con el fin de obtener valores intermedios para techos con pendientes diferentes a las indicadas, puede realizarse una interpolación lineal, la cual se llevará a cabo únicamente entre valores del mismo signo. Si no hay valores del mismo signo, se interpolará con un valor de cero.
- "Libre debajo" significa que las mercancías o materiales almacenados bajo el techo bloquean menos del 50% del área de la sección transversal expuesta al viento.

4. "Obstruido debajo" significa que el 75% o más del área de la sección transversal se encuentra obstruida.

5. La interpolación lineal se permite para valores de obstrucción intermedios. La interpolación se realizará entre valores del mismo signo. Cuando no se tengan valores del mismo signo, la interpolación se realizará con un valor igual a cero.

6. En todos los casos de las Figuras 3.7a, 3.7b y 3.7c, cuando  $\theta=90^\circ$  se utilizará la Tabla 3.14a con  $\theta=0^\circ$ , excepto los que cumplen con las condiciones de la Tabla 3.14b, siguiendo el mismo criterio de dividir el techo en dos mitades en las direcciones del viento.

Las presiones resultantes actuarán, en todos los casos, perpendicularmente a la superficie del techo y se calcularán para la altura  $\bar{h}$ .

Cuando un techo aislado esté soportado por un solo apoyo (columna o muro) de tal manera que tenga un comportamiento de techo en voladizo, podrán aplicarse los coeficientes que aquí se señalan; el voladizo puede ser todo el techo o solamente una parte de él, dependiendo de la localización del apoyo; sin embargo, cuando el claro del voladizo exceda los 5 metros, también se calcularán las presiones perpendiculares a la acción del viento y se revisará su comportamiento ante esta condición adicional.

Con el fin de diseñar los recubrimientos y elementos que los soportan, con ayuda de la Figura 3.8 deberán aplicarse los valores del factor de presión neta local,  $K_L$ , que se indican en la Tabla 3.17.

Figura 3.8 Factores de presión local  $K_L$  para techumbres aisladas.

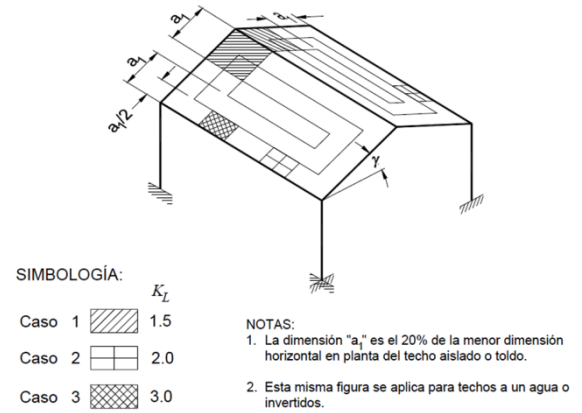


Tabla 3.17 Factor de presión neta local,  $K_L$ , para los recubrimientos y sus soportes, de techos aislados y toldos<sup>1</sup>

Caso	Descripción	$K_L$
1	Presiones sobre un área que esté entre 0 y $1.0 a_1^2$ dentro de una distancia $1.0 a_1$ desde el borde del techo y, cuando el techo tenga una inclinación de $10^\circ$ o más, desde la cumbrera	1.5
2	Presiones sobre un área $\leq 0.25 a_1^2$ dentro de una distancia $0.5 a_1$ desde el borde del techo y, cuando el techo tenga una inclinación de $10^\circ$ o más, desde la cumbrera.	2.0
3	Presiones sobre un área $\leq 0.25 a_1^2$ dentro de una distancia $0.5 a_1$ desde la esquina de barlovento de un techo aislado con una inclinación menor que $10^\circ$ .	3.0

<sup>1</sup> La Figura 3.8 complementa esta tabla para aclarar todas las variables y las zonas donde se aplica el factor de presión local.

<sup>2</sup> El área de afectación debe compararse con la tributaria para definir en qué área se aplican los valores de  $K_L$  que aquí se indican.

En los casos 1 y 2 se excluyen los techos invertidos.

Si un área de recubrimiento está cubierta por más de un caso de la Tabla 3.17, debe seleccionarse el mayor valor de ellos.

$$p_z = C_p q_z \quad (3.5)$$

### 3.5 Presiones interiores

Cuando las paredes de una construcción puedan tener aberturas que abarquen más de 30 por ciento de su superficie, deberá considerarse en el diseño de los elementos estructurales el efecto de las presiones que se generan por la penetración del viento en el interior de la construcción. Estas presiones se considerarán actuando uniformemente en las partes interiores de las paredes y techo y se determinarán con la ecuación 3.5 ( $p_z = C_p q_z$ ) y empleando los factores de empuje que se indican en la tabla 3.18, en función de la posición de las aberturas que puedan existir en las paredes de la construcción.

Tabla 3.18 Coeficiente  $C_p$  para presiones interiores

	$C_p$
Aberturas principalmente en la cara de barlovento	0.75
Aberturas principalmente en la cara de sotavento	-0.6
Aberturas principalmente en las caras paralelas a la dirección del viento	-0.5
Aberturas uniformes distribuidas en las cuatro caras	-0.3

### 3.6 Área expuesta

El área sobre la que actúa la presión calculada con la ecuación 3.5 se tomará igual a la

superficie expuesta al viento proyectada en un plano vertical, excepto en techos y en elementos de recubrimiento en que se tomará el área total. La dirección de las presiones del viento será normal a la superficie considerada. Esta definición se aplica tanto para el método estático como el simplificado.

En superficies con vanos, como las estructuras reticulares, sólo se considerará el área proyectada de las partes sólidas. Cuando se tengan elementos reticulares en diversos planos podrá tomarse en cuenta la protección que algunos de los miembros proporcionan a otros, mediante el criterio indicado en la sección 3.4.3.

En techos de diente de sierra, se considerará que la presión actúa sobre la totalidad del área del primer diente, y la mitad del área para cada uno de los demás.

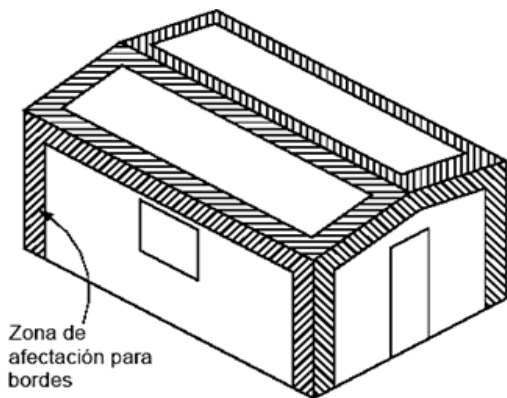
### 3.7 Coeficientes de presión para el método simplificado

Los coeficientes de presión a considerar en muros y techos de construcciones que cumplan con los requisitos para aplicar el método simplificado, se indican en la tabla 3.19. En las aristas de muros y techos se considerarán los coeficientes de presión en bordes que se indican en dicha tabla. Estos coeficientes de borde solamente se aplicarán para el diseño de los sujetadores en la zona de afectación indicada en la figura 3.9. El ancho de la zona de afectación a lo largo de los bordes de muros y techos será la décima parte de su dimensión menor (ancho o largo) o del total de su altura (si ésta resulta menor).

Tabla 3.19 Coeficientes de presión ( $C_p$ ) para el método simplificado

Superficie	$C_p$	$C_p$ (en bordes)
Muros	$\pm 1.45$	$\pm 2.25$
Techos	$\pm 2.1$	$\pm 3.4$

Figura 3.9 Zonas de afectación para el diseño de los sujetadores



#### 4. DISEÑO DE ELEMENTOS DE RECUBRIMIENTO

Se diseñarán con los criterios establecidos en este capítulo los elementos que no forman parte de la estructura principal y los que no contribuyen a la resistencia de la estructura ante la acción del viento, así como los que tienen por función recubrir la estructura. Cada elemento se diseñará para las presiones, tanto positivas (empujes) como negativas (succiones) que correspondan a la dirección más desfavorable del viento, calculadas con la expresión 3.5, considerando las figuras 4.1, 4.2

y 4.3 y utilizando los coeficientes de presión de la tabla 4.1 para elementos ubicados en edificios de más de 20 m de altura, los de la tabla 4.2 para los que se encuentran en edificios de altura menor de 20 m, y los de la tabla 4.3 para cubiertas de arco. Para el diseño de parapetos, se empleará un coeficiente de presión calculado como

$$C_p = -3 + \frac{A}{75} < -1.8 \quad (4.1)$$

donde A es el área tributaria del elemento a diseñar, en metros cuadrados.

Adicionalmente se considerarán los efectos de las presiones interiores, calculadas como se indica en la sección 3.5, para construcciones en cuyas paredes puede haber aberturas que abarquen más de 30 por ciento de la superficie. Cuando este porcentaje no exceda de 30 se considerará para el diseño de los elementos de recubrimiento un coeficiente de presión de  $\pm 0.25$ .

Figura 4.1 Elementos de recubrimiento en edificios con  $H \geq 20$  m

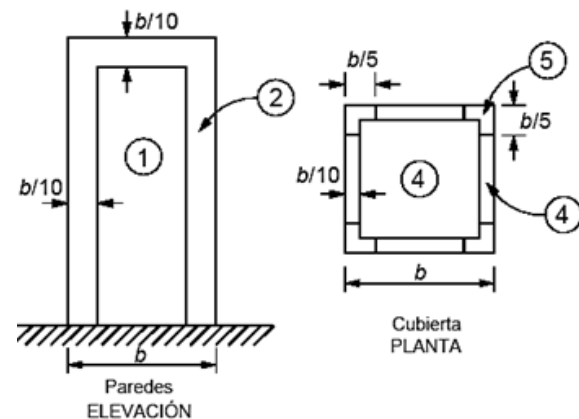


Tabla 4.1 Coeficientes de presión para elementos de recubrimiento en edificios cuya altura es mayor o igual a 20 m

Zona	Efecto	Coeficiente de presión $C_p$
1	succión	$-1.1 < -1.2 + A/100 < -0.75$
	empuje	$0.8 < 1.1 - A/130$
2	succión	$-2 < -2.2 + A/150 < -1.3$
	empuje	$0.8 < 1.2 - A/130$
3	succión	$-2 + A/13 < -1.75$
4	succión	$-2.5 + A/20 < -1.75$
5	succión	$-4 + A/8 < -2$

Tabla 4.2 Coeficientes de presión para elementos de recubrimiento en edificios cuya altura es menor a 20 m.

Zona	Efecto	Coeficiente de presión $C_p$
1	succión	$-2 + A/50 < -1.1$
	empuje	$1.5 - A/10$
2	succión	$-1.4 + A/50 < -1.2$
3	succión	$-3.0 + A/10 < -2.0$
4	succión	$-1.4 + A/50 < -1.2$
	empuje	$1.3 - A/50 > 1.1$
5	succión	$-1.7 + A/35 < -1.4$
	empuje	$1.3 - A/50 > 1.1$

Figura 4.2 Elementos de recubrimiento en edificios con  $H < 20$  m

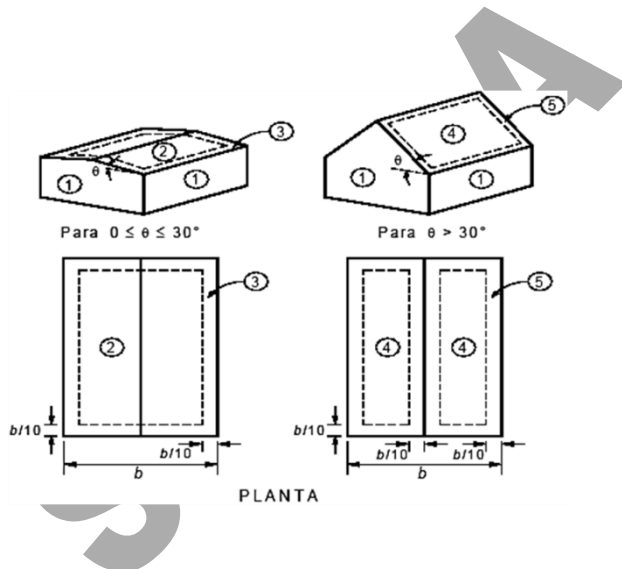


Figura 4.3 Elementos de recubrimiento en cubiertas en arco

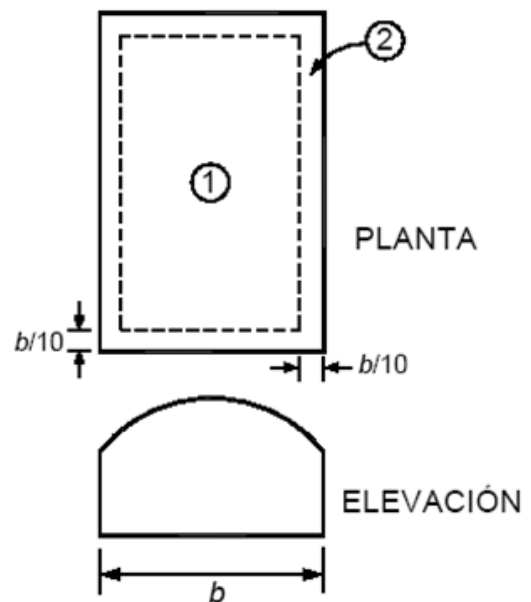


Tabla 4.3 Coeficientes de presión para elementos de recubrimiento en cubiertas de arco. Multiplicándose los valores indicados en la tabla 3.6 por los siguientes factores:

Zona	Área tributaria, m <sup>2</sup>	
	A ≤ 10	A > 10
1	1.2	1.15
2	1.4	1.3

## 5. EMPUJES DINÁMICOS PARALELOS AL VIENTO

En construcciones pertenecientes al tipo 2, los efectos estáticos y dinámicos debidos a la turbulencia se tomarán en cuenta multiplicando la presión de diseño calculada con la ecuación 3.5 por un factor de amplificación dinámica determinado con la expresión

$$G = 0.43 + g \sqrt{\frac{R}{C_e} \left( B + \frac{SF}{\beta} \right)} \geq 1 \quad (5.1)$$

Donde

$$g = \left( \frac{\sqrt{2 \ln(3600v)} + \frac{0.58}{\sqrt{2 \ln(3600v)}}}{2.3} \right) \geq 1.48;$$

$$v = n_o \sqrt{\frac{SF}{SF + \beta B}};$$

$$B = \frac{4}{3} \int_0^{914/H} \left( \frac{1}{1 + \frac{xH}{457}} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{xb}{122}} \right) \left( \frac{x}{(1+x^2)^{4/3}} \right) dx;$$

$$S = \frac{\pi}{3} \left( \frac{1}{1 + \frac{8n_o H}{3V_H}} \right) \left( \frac{1}{1 + \frac{10n_o b}{V_H}} \right);$$

$$F = \frac{x_o^2}{(1+x_o^2)^{4/3}};$$

R es un coeficiente de exposición y C<sub>e</sub> un factor correctivo que depende de la altura z, igual a (z/a)<sup>n</sup>; z en m. Los valores de estos parámetros dependen de las condiciones de exposición descritas en la tabla 3.2 y se consignan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Parámetros R, a y n según la condición de exposición

Exposición	R	a	n
R1	0.04	10	0.18
R2	0.08	10	0.28
R3	0.16	20	0.50
R4	0.34	33	0.72

$$x_o = (1220 n_o / V_H)$$

$$V_H = V_R \sqrt{RC_e}$$

G factor de amplificación dinámica;

g factor de respuesta máxima;

R factor de rugosidad

B factor de excitación de fondo;

$S$  factor reductivo por tamaño;

$n_0$  frecuencia del modo fundamental de la estructura,  $Hz$ ;

$H$  altura de la estructura,  $m$ ;

$\beta$  fracción del amortiguamiento crítico, igual a 0.01 en estructuras de acero, y 0.02 en estructuras de concreto:

$\ln$  logaritmo natural;

$F$  relación de energía en ráfaga; y

$C_e$  factor correctivo por exposición.

En edificios altos, se verificará que la aceleración debida a empujes dinámicos no sobrepase 0.04 de la aceleración de la gravedad.

En las figuras 5.1 a 5.4, se presentan gráficas para determinar los valores  $B$ ,  $S$ ,  $F$  y  $g$ .

Figura 5.1 Parámetro  $B$  para calcular el factor de respuesta dinámica

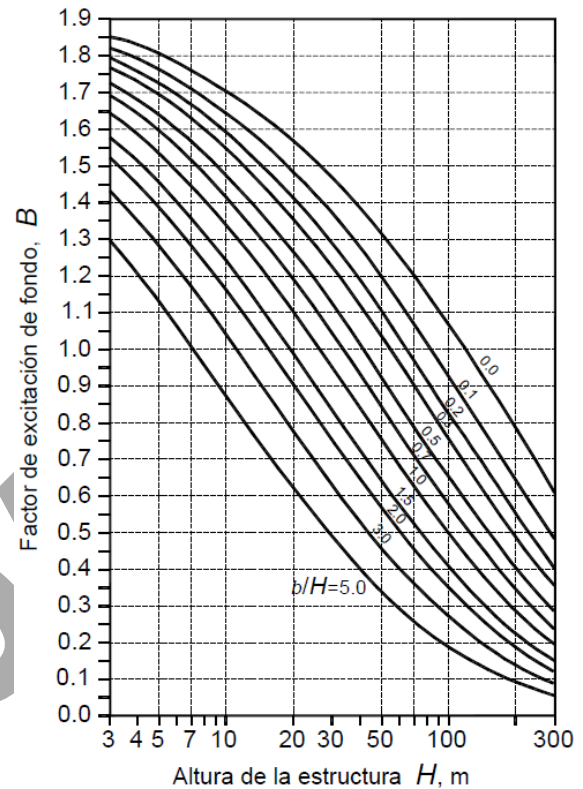


Figura 5.2 Parámetro  $F$  para calcular el factor de respuesta dinámica

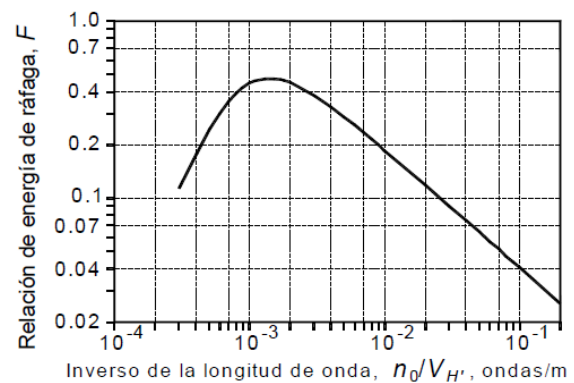


Figura 5.3 Parámetro  $S$  para calcular el factor de respuesta dinámica

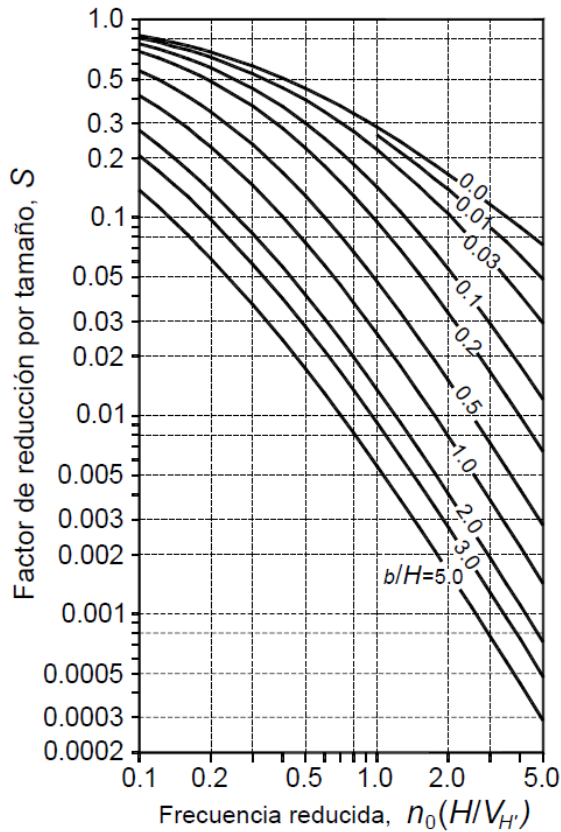
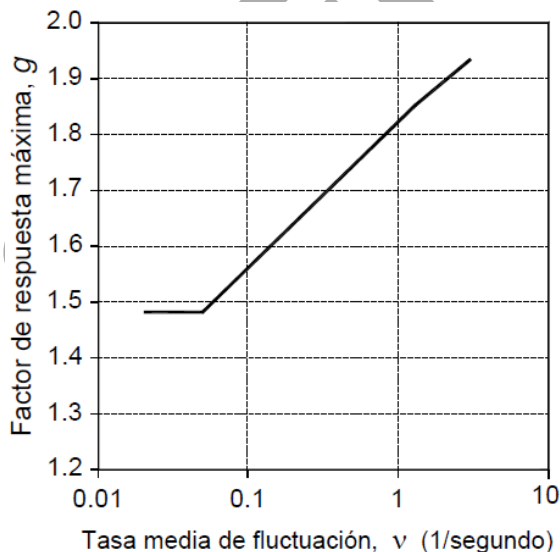


Figura 5.4 Parámetro  $g$  para calcular el factor de respuesta dinámica



## 6. EFECTO DE VÓRTICES PERIÓDICOS SOBRE ESTRUCTURAS PRISMÁTICAS

En el diseño de las estructuras Tipo 3 deberán tomarse en cuenta los efectos dinámicos generales y locales de las fuerzas perpendiculares a la dirección del viento causadas por vórtices alternantes.

### 6.1 Vibraciones generadas

Su efecto se presenta mediante fuerzas estáticas equivalentes perpendiculares a la acción del viento. Se determinará una fuerza  $F_L$  por unidad de longitud del eje de la pieza, con la ecuación 6.1.

$$F_L = \frac{C_T}{2\beta} 0.047V_{cr}^2 d$$

$$\left( F_L = \frac{C_T}{2\beta} 0.0048V_{cr}^2 d \right) \quad (6.1)$$

donde

$F_L$  fuerza por unidad de longitud, N/m (kg/m);

$\beta$  coeficiente de amortiguamiento de la estructura, como porcentaje de amortiguamiento crítico;

$C_T$  factor de empuje transversal;

$V_{cr}$  velocidad crítica del viento, m/s; y

$d$  dimensión de la estructura paralela a la dirección del viento, m.

La velocidad crítica del viento, para la cual se generan los vórtices, se calcularán para estructuras de sección circular como:

$$V_{cr} = 5n_0 d \quad (6.2)$$



donde  $n_o$  es la frecuencia natural de vibración de la estructura en el modo fundamental, en Hertz.

El factor de empuje transversal  $C_T$  podrá tomarse como 0.28 para estructuras de sección circular, a menos que se cuente con información que justifique valores menores.

## 6.2 Vibraciones locales

Para el diseño local en flexión perpendicular a la dirección del viento por efecto de vorticidad, de estructuras de pared delgada, tales como chimeneas, deberá considerarse la respuesta de cada anillo de ancho unitario, tomando cualquier altura de la estructura, a una fuerza alternante normal al flujo, con magnitud dada por la ecuación 6.1.

## 6.3 Omisión de efectos dinámicos de vorticidad

Los requisitos de las secciones 6.1 y 6.2 pueden omitirse en los siguientes casos:

Cuando por medio de observaciones en prototipos o en modelos representativos, se demuestre que la forma, dimensiones o acabado exterior de la estructura son tales que no pueden formarse vórtices importantes cuando actúan sobre ella vientos con velocidad menor o igual que la de diseño.

b) Cuando el período fundamental de la estructura o miembro estructural en estudio difiera cuando menos en 30 por ciento de cualquier valor posible que puedan tener los vórtices alternantes, para velocidades menores o iguales a las de diseño. Esta condición se logra cuando la velocidad crítica, calculada para estructuras de sección circular con la ecuación 6.2, excede de

$$4\sqrt{p_z RC_z} \quad (6.3)$$

para  $z = H$

## 7. DESPLAZAMIENTOS PERMISIBLES

Se revisará que los desplazamientos relativos entre niveles consecutivos de edificios o entre secciones transversales de torres, causados por las fuerzas de diseño por viento, no excedan de los valores siguientes, expresados como fracción de la diferencia entre los niveles de piso o de las secciones transversales mencionadas:

Cuando no existan elementos de relleno que puedan dañarse como consecuencia de las deformaciones angulares: 0.005;

Cuando existan elementos de relleno que puedan dañarse como consecuencia de las deformaciones angulares: 0.002.

En todos los casos, en el cálculo de los desplazamientos relativos se podrá deducir la componente debida a la flexión general del edificio o la torre que se diseñen. Los efectos de segundo orden podrán despreciarse cuando en todos los entrepisos o segmentos verticales de la estructura se cumpla la condición

$$\psi < 0.08 \frac{V}{W} \quad (7.1)$$

donde

$\psi$  cociente del desplazamiento relativo entre dos niveles de piso o secciones horizontales, dividido entre la correspondiente diferencia de elevaciones;

V fuerza cortante en el entrepiso o segmento en estudio; y

W suma de las cargas viva y muerta por encima de dicho entrepiso o segmento.

Figura 3.3.a Velocidades regionales en km/h con periodos de retorno de 10 años

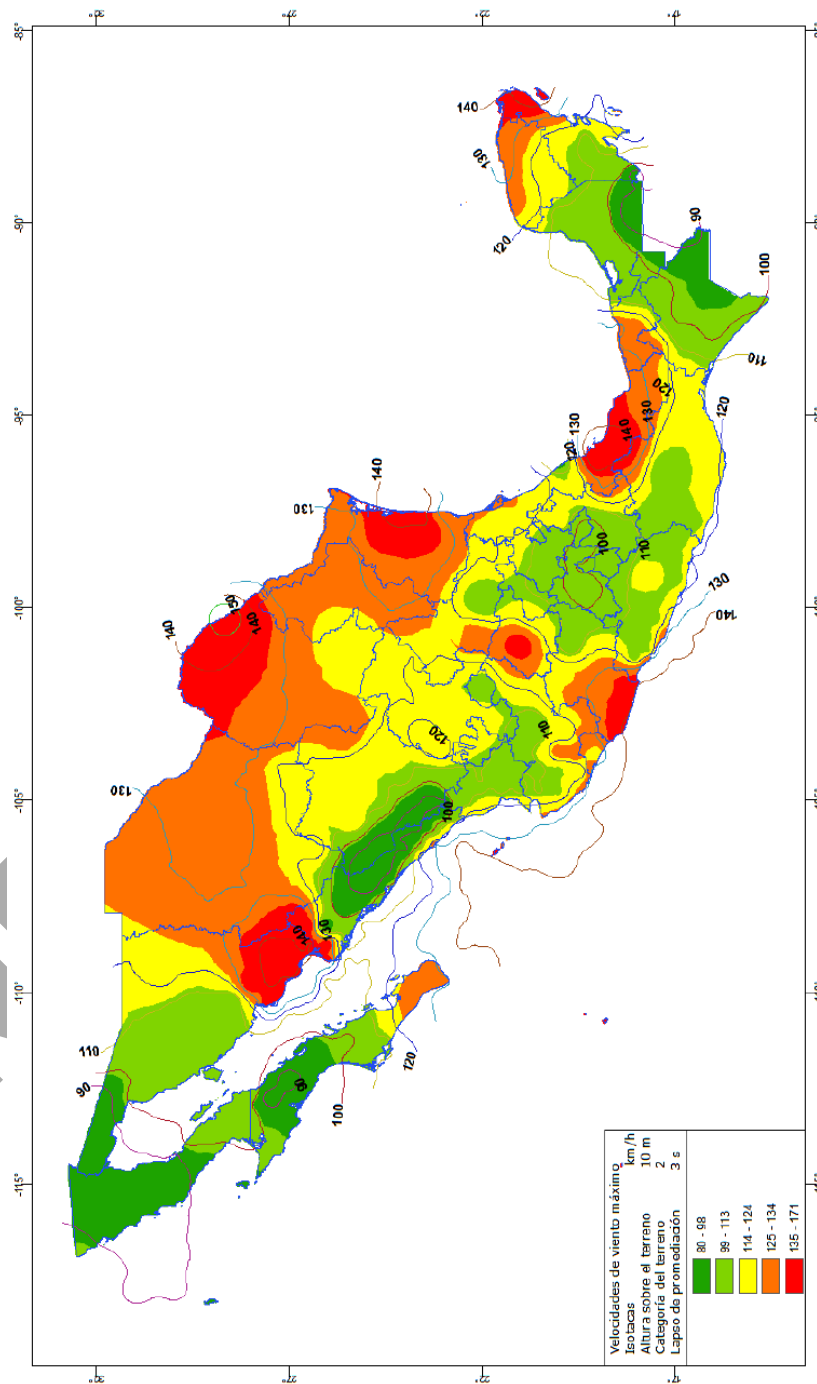


Figura 3.3.b Velocidades regionales en km/h con periodos de retorno de 50 años

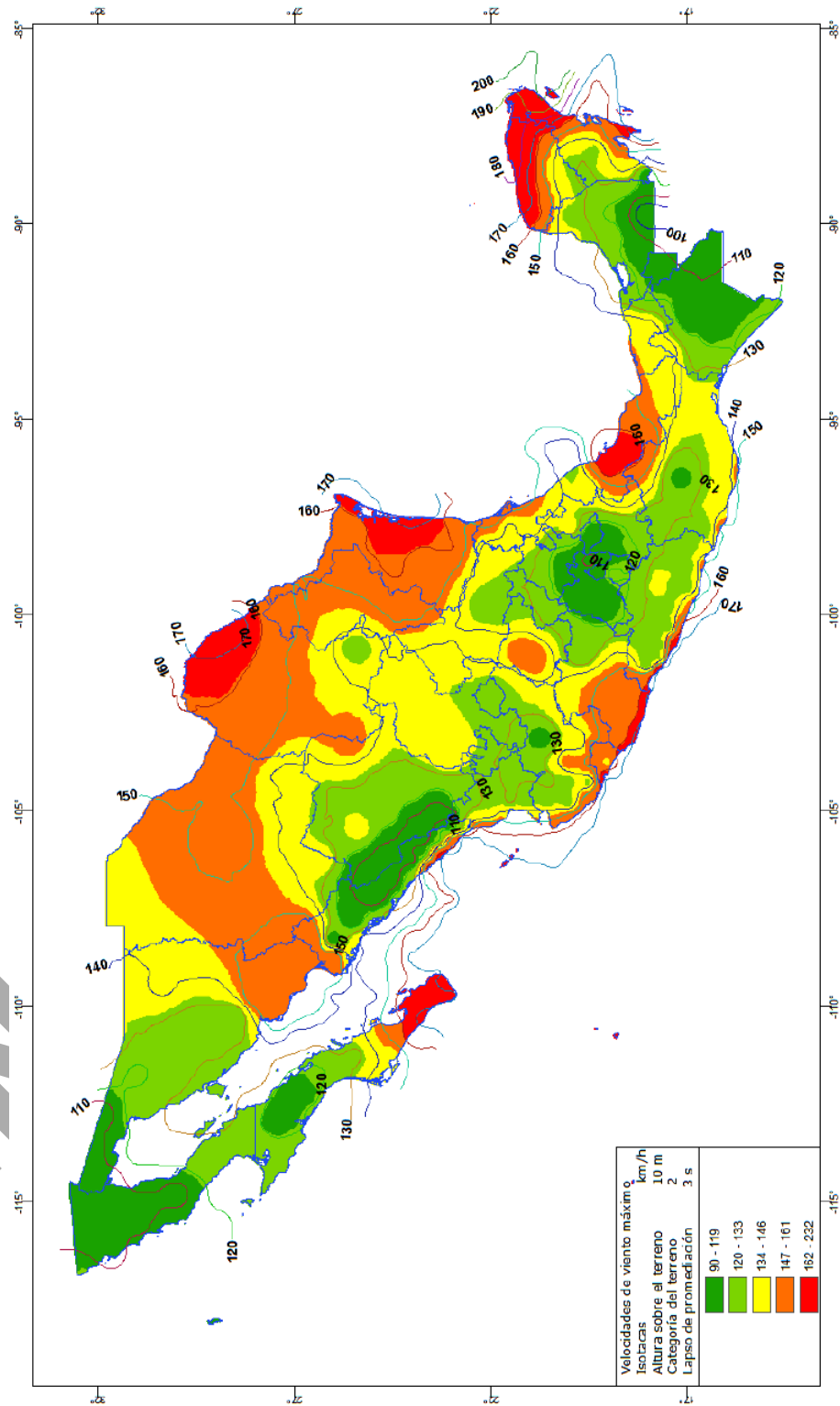


Figura 3.3.c Velocidades regionales en km/h con periodos de retorno de 200 años

