



Diario Oficial

LA GACETA

Costa Rica

145 años



ALCANCE N° 48 A LA GACETA N° 52

Año CXLV

San José, Costa Rica, martes 21 de marzo del 2023

65 páginas

REGLAMENTOS

AVISOS

COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS DE COSTA RICA

REGLAMENTOS

AVISOS

COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS DE COSTA RICA

Que se ha detectado que al momento en que se realizó la publicación del documento denominado: “Lineamientos técnicos para el cálculo y la aplicación de las fuerzas de viento en el diseño y construcción de edificaciones en Costa Rica.”, específicamente en el Alcance N° 224 de La Gaceta N° 213 de fecha de 04 de noviembre de 2021, en forma involuntaria se desajustaron algunas tablas y fórmulas del documento, por motivo del formato utilizado.

Que en razón de lo anterior, mediante acuerdo N° 12 de la sesión N° 34-21/22-G.E. del 16 de agosto de 2022 la Junta Directiva General, acordó para efectos de su correcta aplicación y en atención al principio de seguridad jurídica, publicar nuevamente el documento, dejándose sin efecto la anterior publicación.

Asimismo, acordó modificar el título del documento “Lineamientos técnicos para el cálculo y la aplicación de las fuerzas de viento en el diseño y construcción de edificaciones en Costa Rica.” para que, de ahora en adelante, se denomine: “Lineamientos para el diseño por viento de edificaciones en Costa Rica”. Por tanto

La Junta Directiva General del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, en ejercicio de su potestad reglamentaria, en protección y beneficio de los intereses de la colectividad, acordó aprobar los **“Lineamientos para el diseño por viento de edificaciones en Costa Rica”** con base en lo siguiente:

Considerando:

a) Que dentro de los fines del CFIA, consignados en el artículo 4 incisos a, b, y c, de la Ley 3363 y sus reformas, establecen estimular el progreso de la ingeniería y de la arquitectura, así como de las ciencias, artes y oficios vinculados a ellas; velar por el decoro de las profesiones, reglamentar su ejercicio y vigilar el cumplimiento de lo dispuesto en esta ley, su reglamento y reglamentos especiales del Colegio Federado, así como lo dispuesto en las leyes y reglamentos relativos a los campos de aplicación de las profesiones que lo integran; promover las condiciones técnicas y legales necesarias para la evolución de las profesiones que lo integran y cooperar con las instituciones estatales y privadas en todo aquello que implique mejorar el desarrollo del país.

b) Que la Procuraduría General de la República en cuanto a la potestad reglamentaria de los colegios profesionales, ha dicho que: “En razón de su naturaleza jurídica y por formar parte de la Administración Pública, los Colegios Profesionales tienen potestad reglamentaria; por lo tanto, las disposiciones reglamentarias emanadas de ellos son actos administrativos, los cuales al igual que los Decretos Ejecutivos, son de acatamiento obligatorio. (Dictámenes N° 278-86 del 2 de diciembre de 1986 y C-26-2011, del 7 de febrero de 2011).

c) Que es válido que los colegios regulen materias que suponen el control, fiscalización y regulación de las actividades desplegadas por sus miembros, que se deben reflejar en una actuación técnica en beneficio de los usuarios de los servicios profesionales que brindan sus agremiados, de ahí la necesidad de emitir normas y prácticas del diseño sismorresistente, producto del conocimiento científico, la praxis tecnológica, la experiencia de terremotos pasados y el sentido común, con el fin de orientar y guiar al profesional responsable en procura de que las edificaciones y otras obras civiles que se diseñen y construyan garanticen la vida de sus ocupantes, mantengan su integridad estructural y protejan los bienes que en ellas se alberguen.

d) Que el Colegio ha detectado que en el país no existe una regulación técnica para el cálculo y la aplicación de las fuerzas de diseño en edificaciones por el factor del viento, por lo que resulta necesario que los miembros del Colegio cuenten con normativa técnica, completa y actualizada, sobre el diseño y construcción de edificación en las que se considere el cálculo y la aplicación de las fuerzas por viento, con el fin de garantizar edificaciones seguras.

Por todo lo expuesto, el Colegio Federado en uso de las potestades establecidas en los artículos 4 b), 28, 51 de la Ley Orgánica del Colegio Federado, que permite emitir reglamentos especiales sobre ejercicio profesional sobre sus miembros, se permite dictar la siguiente regulación:

Capítulo 1. Filosofía y Objetivos

1.1. Filosofía

Este documento establece las solicitudes mínimas para el análisis, diseño y construcción de edificaciones para resistir las acciones del viento, construidas en el territorio de la República de Costa Rica.

Independientemente del grado de refinamiento en el análisis y diseño o de la calidad de la construcción, es necesario que todas las edificaciones estén bien concebidas en cuanto a su sistema resistente a cargas verticales y laterales y bien proyectadas en el aspecto estructural, procurando condiciones de simetría y regularidad, tanto en planta como en altura, con una selección cuidadosa de materiales, detalles y métodos constructivos.

Las disposiciones contenidas en este documento representan requisitos mínimos en procura de un adecuado desempeño de las edificaciones ante el efecto del viento. No obstante, la labor del profesional responsable del diseño no se debe limitar al cumplimiento acrítico de estas disposiciones, sino que debe procurar la satisfacción de los *objetivos de desempeño* definidos en el Capítulo 2 y adoptar, de ser necesario, criterios alternativos más rigurosos que los que este documento establece.

1.2. Alcance y limitaciones

Los lineamientos establecidos en este documento son aplicables al diseño o revisión de edificaciones nuevas o existentes de forma regular y en las cuales el efecto del entorno no es crítico para la respuesta de la estructura. Las edificaciones con características especiales de respuesta, formas inusuales o en zonas con aspectos topográficos especiales, se deberán diseñar o revisar utilizando literatura reconocida que documente esos efectos de carga o utilizando el procedimiento de túnel de viento.

El mapa de la Figura 3-1 se presenta para un *período de retorno* de 50 años; sin embargo, este parámetro se modifica con el *coeficiente de recurrencia* para poder alcanzar así los diferentes *objetivos de desempeño* indicados en estos lineamientos. Los datos contenidos en el mapa constituyen el parámetro fundamental para la estimación de las acciones y efectos del viento sobre las edificaciones para las distintas regiones de nuestro país.

1.3. Objetivos

Son objetivos de este documento proteger la vida humana y la integridad física de las personas, reducir los daños materiales y las pérdidas económicas ocasionadas por las acciones del viento.

Para alcanzar estos objetivos, el profesional responsable del diseño debe elegir un sistema estructural capaz de resistir las fuerzas verticales y laterales y las sollicitaciones inducidas por el viento establecidas en este documento, procurando que exista redundancia en el sistema y que en todo momento se mantenga la integridad estructural de todos los elementos, componentes y uniones de la edificación. Asimismo, se deben limitar los desplazamientos inducidos por las acciones del viento a fin de asegurar la estabilidad estructural y reducir los daños estructurales y no estructurales. Los desplazamientos admisibles se describen en el Capítulo 6 para las condiciones de servicio.

Además, el profesional responsable del diseño debe procurar que toda edificación y cada una de sus partes sea proyectada, diseñada y construida para que alcance los *objetivos de desempeño* específicos, de acuerdo con su importancia, condiciones topográficas y de exposición, así como su altura, forma y condiciones de flexibilidad de la estructura (Ver Glosario para definición de Estructuras Flexibles). Pueden existir condiciones topográficas, formas especiales y flexibilidad que requieran metodologías diferentes a las propuestas en este documento. Para estos casos el profesional responsable se debe apoyar en la literatura técnica correspondiente.

Capítulo 2. Objetivos de desempeño

2.1. Alcance

Se describen los *objetivos de desempeño* que las edificaciones deben cumplir ante los efectos del viento, según el uso esperado de la edificación, los factores de riesgo asociados y la intensidad de la demanda.

Se define “diseño estructural aceptable” como aquel que cumpla con los *objetivos de desempeño* requeridos en esta norma para una edificación específica.

Es tácitamente aceptado que, por la naturaleza aleatoria del fenómeno eólico y las limitaciones inherentes al conocimiento del comportamiento de materiales y edificaciones durante estos fenómenos, el cumplimiento de los *objetivos de desempeño* solo es alcanzable en términos probabilísticos.

2.2. Categorías de diseño por viento

La clasificación para diseño por viento se establece según la ocupación e importancia definida en el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR) vigente. Toda edificación debe ser clasificada según la importancia de su ocupación o función conforme a las categorías indicadas en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Clasificación de las edificaciones según ocupación e importancia

Clasificación de edificaciones según importancia acuerdo con CSCR vigente	Categoría de diseño por viento
A	I Esencial
B y C	II Especial
D	III Normal
E	IV Miscelánea

2.3. Niveles de demanda

Se definen cuatro niveles de demanda por viento. Cualitativamente, cada nivel de demanda se caracteriza por la intensidad de la ráfaga de viento esperada. Cada nivel de demanda está asociado a un período de retorno específico que se muestra en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Período de retorno según nivel de demanda

Nivel de demanda según intensidad de ráfaga	Período de retorno (T_R) en años	Recurrencia	Probabilidad de excedencia (PE) en 50 años ($N=50$)
Baja	10-50	Frecuente	99.5% a 63.6%
Media	300	Ocasional	15.4%
Alta	700	Rara	6.9%
Muy Alta	1700	Muy Rara	2.9%

El periodo de retorno (T_R) para cada nivel de demanda está relacionado con la *probabilidad de excedencia* (PE) y la *vida útil esperada* (N) mediante la Ecuación 2-1:

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - PE)^{\frac{1}{N}}} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

El nivel de demanda de intensidad baja está asociado a condiciones de servicio. Las condiciones de servicio se consideran en el Capítulo 6. Los niveles de demanda con intensidades Media, Alta y Muy Alta están normalmente asociados a las condiciones de resistencia última de los elementos, componentes y uniones estructurales.

2.4. Niveles de desempeño

Los niveles de desempeño de los componentes estructurales y no estructurales ante la acción del viento se definen con base en el máximo nivel de daño tolerable.

2.4.1. Nivel de desempeño de servicio

Es el nivel de desempeño relacionado con la respuesta de las edificaciones y sus componentes estructurales y no estructurales ante la acción de *cargas de servicio*. Esto se resume en la Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Nivel de desempeño de servicio

Nivel de desempeño de las edificaciones		Descripción	Nivel de daño tolerable	
			Componentes estructurales	Componentes no estructurales
NDS	Operación de servicio	No hay daño de ningún tipo. La edificación opera normalmente durante el evento sin reducción en el confort de los ocupantes.	No hay daño en la edificación.	1) No hay daño en <i>envolvente</i> . 2) No hay daño particiones internas. 3) No hay daño en sistemas electromecánicos.

NDS = *Nivel de desempeño de servicio*

2.4.2. Niveles de desempeño últimos

Son los niveles de desempeño relacionados con la respuesta de las edificaciones y sus componentes estructurales y no estructurales ante la acción de cargas últimas. Estos niveles de desempeño últimos se resumen en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Niveles de desempeño últimos

Nivel de desempeño de las edificaciones		Descripción	Nivel de daño tolerable	
			Componentes estructurales	Componentes no estructurales
NDU-1	Completamente operativo	En general, el daño es mínimo en extensión y costo. La edificación puede ser ocupada y operar normalmente durante y después del evento. Reducción moderada en el confort de los ocupantes, pero sin peligro de lesiones o muerte.	1) No hay daño estructural. 2) Se mantiene la integridad del sistema estructural.	1) Daño parcial en <i>envolvente</i> . 2) No hay daño en particiones internas. 3) Sistemas electromecánicos completamente operativos.

NDU-2	Funcional	En general, el daño es moderado en extensión y costo. Sin embargo, localmente el daño puede ser significativo. Después del evento, es posible esperar alguna demora en la reocupación de la edificación.	<p>1) Daño estructural reparable.</p> <p>2) Se mantiene la integridad del sistema estructural.</p>	<p>1) Daño parcial en envolvente</p> <p>2) Daño parcial en particiones internas.</p> <p>3) Sistemas electromecánicos pueden requerir reparaciones menores para operar nuevamente.</p>
NDU-3	Protección de vidas	En general, el daño es significativo en extensión y costo. Sin embargo, localmente el daño puede ser total. Se protege la vida de los ocupantes evitando el colapso total o parcial, así como la caída de escombros peligrosos. Después del evento, la demora en la reocupación de la edificación puede ser significativa.	<p>1) Daño estructural importante, sin caída de escombros peligrosos; la reparación de la edificación es posible.</p> <p>2) Se compromete la integridad del sistema estructural.</p>	<p>1) Daño significativo en envolvente.</p> <p>2) Daño significativo en particiones internas.</p> <p>3) Sistemas electromecánicos con daños importantes.</p>
NDU-4	Prevención de colapso	En general, el daño es grave. Se protege la vida de los ocupantes evitando el colapso total. Después del evento, hay señales visibles de peligro de colapso del sistema estructural (i.e. deformación permanente	<p>1) Daño estructural generalizado, pero sin pérdida de capacidad gravitacional en elementos principales; la reparación de la edificación puede</p>	<p>1) Daño total en envolvente.</p> <p>2) Daño total en particiones internas.</p> <p>3) Sistemas electromec</p>

		excesiva) y no es posible reocupar la edificación.	no ser técnicamente posible. 2) La integridad del sistema estructural está altamente comprometida.	ánicos con daño total.
--	--	--	---	------------------------

NDU = Nivel de desempeño último

Los niveles de desempeño NDU-3 y NDU-4 se incluyen como referencia y su cumplimiento no se prescribe como obligatorio en este documento. Sin embargo, a criterio del profesional responsable del diseño pueden ser revisados.

2.5. Objetivos de desempeño para diseño por viento

2.5.1. Objetivos de desempeño requeridos

Todas las edificaciones que deban ser diseñadas para los efectos del viento deberán cumplir como mínimo con los siguientes *objetivos de desempeño*:

- Edificaciones de Categorías I y II (Esencial y Especial): deben cumplir con el nivel de desempeño de servicio NDS ante un nivel de demanda Bajo ($T_R = 50$ años) y con el nivel de desempeño NDU-1 (completamente operativo) ante un nivel de demanda Muy Alta ($T_R = 1700$ años).
- Edificaciones de Categoría III (Normal): deben cumplir con el nivel de desempeño de servicio NDS ante un nivel de demanda Bajo ($T_R = 10$ años) y con el nivel de desempeño NDU-1 (completamente operativo) ante un nivel de demanda Alta ($T_R = 700$ años).
- Edificaciones de Categoría IV (Miscelánea): deben cumplir con el nivel de desempeño NDU-2 (funcional) ante un nivel de demanda Media ($T_R = 300$ años).

Estos objetivos de desempeño se resumen en la Tabla 2-5.

Tabla 2-5: Objetivos de desempeño

		Nivel de demanda			
		Baja	Media	Alta	Muy Alta
Categoría de diseño por viento	I Esencial	NDS	<i>nr</i>	<i>nr</i>	NDU-1
	II Especial	NDS	<i>nr</i>	<i>nr</i>	NDU-1
	III Normal	NDS	<i>nr</i>	NDU-1	<i>nr</i>
	IV Miscelánea	<i>nr</i>	NDU-2	<i>nr</i>	<i>nr</i>

nr = no requerida

2.5.2. Otros objetivos de desempeño

Cuando la importancia de la obra, los requisitos del propietario, o el criterio del profesional responsable del diseño así lo disponga, cualquier edificación podrá ser diseñada y revisada para valorar su cumplimiento con otros niveles de desempeño ante demandas por viento extremas (aquellas con T_R superior a 1700 años). En todo caso, los *objetivos de desempeño* requeridos en la sección 2.5.1 siempre deberán cumplirse.

2.5.3. Cumplimiento de los objetivos de desempeño

Los *objetivos de desempeño* establecidos en esta sección se consideran satisfechos si el profesional responsable del diseño demuestra el cumplimiento de todas las disposiciones prescriptivas de estos lineamientos.

Alternativamente, el profesional responsable del diseño podrá utilizar métodos alternativos de análisis para cuantificar técnicamente los parámetros de respuesta que demuestren el cumplimiento de los *objetivos de desempeño* establecidos.

Capítulo 3. Demanda por viento

3.1. Velocidad básica del viento

3.1.1. Definición

La velocidad básica del viento, V_b , se define como la velocidad de ráfaga de 3 segundos medida a una altura de 10 metros sobre el terreno en un sitio con categoría de exposición III para un periodo de retorno de 50 años (probabilidad de excedencia de 63.5% en una vida útil de 50 años). Se considera que el viento procede de cualquier dirección horizontal.

3.1.2. Zonificación de la intensidad de los vientos para el territorio nacional

Para la determinación de la velocidad básica del viento en Costa Rica, debe usarse la zonificación mostrada en la Figura 3-1 y la división política y administrativa indicada en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1: Zonificación de la intensidad de los vientos según provincias, cantones y distritos

Provincia	Cantón	Distrito	Zona	
Alajuela	Alajuela	Todos	III	
	Atenas	Todos	III	
	Grecia	Todos	III	
	Guatuso	Todos	I	
	Los Chiles	Todos	I	
	Naranjo	Todos	III	
	Orotina	Todos	IV	
	Palmares	Todos	III	
	Poás	Todos	III	
	Río Cuarto		Río Cuarto	III
			Santa Rita	III
			Santa Isabel	I
San Carlos		Aguas Zarcas	III	

		Buenavista	III
		Cutris	I
		Florencia	III
		La Fortuna	IV
		Monterrey	I

Provincia	Cantón	Distrito	Zona	
Alajuela	San Carlos	La Palmera	III	
		Pital	I	
		Pocosol	I	
		Quesada	III	
		La Tigra	III	
		Venado	I	
		Venecia	III	
	San Mateo	Todos	IV	
	San Ramón	Alfaro	III	
		Ángeles	III	
		Concepción	III	
		Peñas Blancas	IV	
		Piedades Norte	III	
		Piedades Sur	III	
		San Isidro	III	
		San Juan	III	
		San Lorenzo	III	
		San Rafael	III	
		San Ramón	III	
		Santiago	III	
		Vólio	III	
	Zapotal	IV		
	Upala	Todos	I	
	Sarchí	Todos	III	
	Zarcero	Todos	III	
	Cartago	Alvarado	Todos	III
		Cartago	Todos	III
		El Guarco	Todos	III
		Jiménez	Todos	III
		La Unión	Todos	III
Oreamuno		Todos	III	
Paraíso		Todos	III	
Turrialba		La Suiza	I	
		Pavones	III	
		Peralta	III	

		Santa Cruz	III
		Santa Rosa	III
		Santa Teresita	III
		Tayutic	I
		Tres Equis	I

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
Cartago	Turrialba	Tuís	I
		Turrialba	III
		La Isabel	III
		Chirripó	I
Guanacaste	Abangares	Colorado (CMD)	IV
		Las Juntas	IV
		San Juan	IV
		Sierra	V
	Bagaces	<i>Bagaces Sur*</i>	<i>IV</i>
		<i>Bagaces Norte*</i>	<i>V</i>
		Fortuna	V
		Mogote	V
		Río Naranjo	V
	Cañas	Bebedero	IV
		Cañas	V
		Porozal	IV
		San Miguel	IV
		Palmira	V
	Carrillo	Todos	IV
	Hojancha	Todos	III
	La Cruz	La Cruz	V
		La Garita	V
		Santa Cecilia	I
		Santa Elena	V
	Liberia	Cañas Dulces	V
		Curubandé	V
		<i>Liberia Sur*</i>	<i>IV</i>
		<i>Liberia Norte*</i>	<i>V</i>
		Mayorga	V
		Nacascolo	IV
	Nandayure	Todos	III
Nicoya	Belén de Nosarita	IV	
	Mansión	III	
	Nicoya	IV	

		Nosara	IV
		Quebrada Honda	III
		Samara	III
		San Antonio	IV

Provincia	Cantón	Distrito	Zona
Guanacaste	Santa Cruz	Todos	IV
	Tilarán	Todos	V
Heredia	Barva	Todos	III
	Belén	Todos	III
	Flores	Todos	III
	Heredia	Todos	III
	San Isidro	Todos	III
	San Pablo	Todos	III
	San Rafael	Todos	III
	Santa Bárbara	Todos	III
	Santo Domingo	Todos	III
	Sarapiquí	Todos	I
	Limón	Guácimo	Todos
Limón		Todos	I
Matina		Todos	I
Pococí		Todos	I
Siquirres		Todos	I
Talamanca		Todos	I
Puntarenas	Quepos (Aguirre)	Todos	III
	Buenos Aires	Todos	III
	Corredores	Todos	II
	Coto Brus	Aguabuena	II
		Gutiérrez Braun	III
		Limoncito	III
		Pittier	III
		Sabalito	III
		San Vito	III
	Esparza	Todos	IV
	Garabito	Todos	IV
	Golfito	Todos	II
	Montes de Oro	Todos	IV

	Monteverde	Todos	IV
	Osa	Bahía Ballena	III
		Bahía Drake	II
		Puerto Cortés	II
		Palmar	II

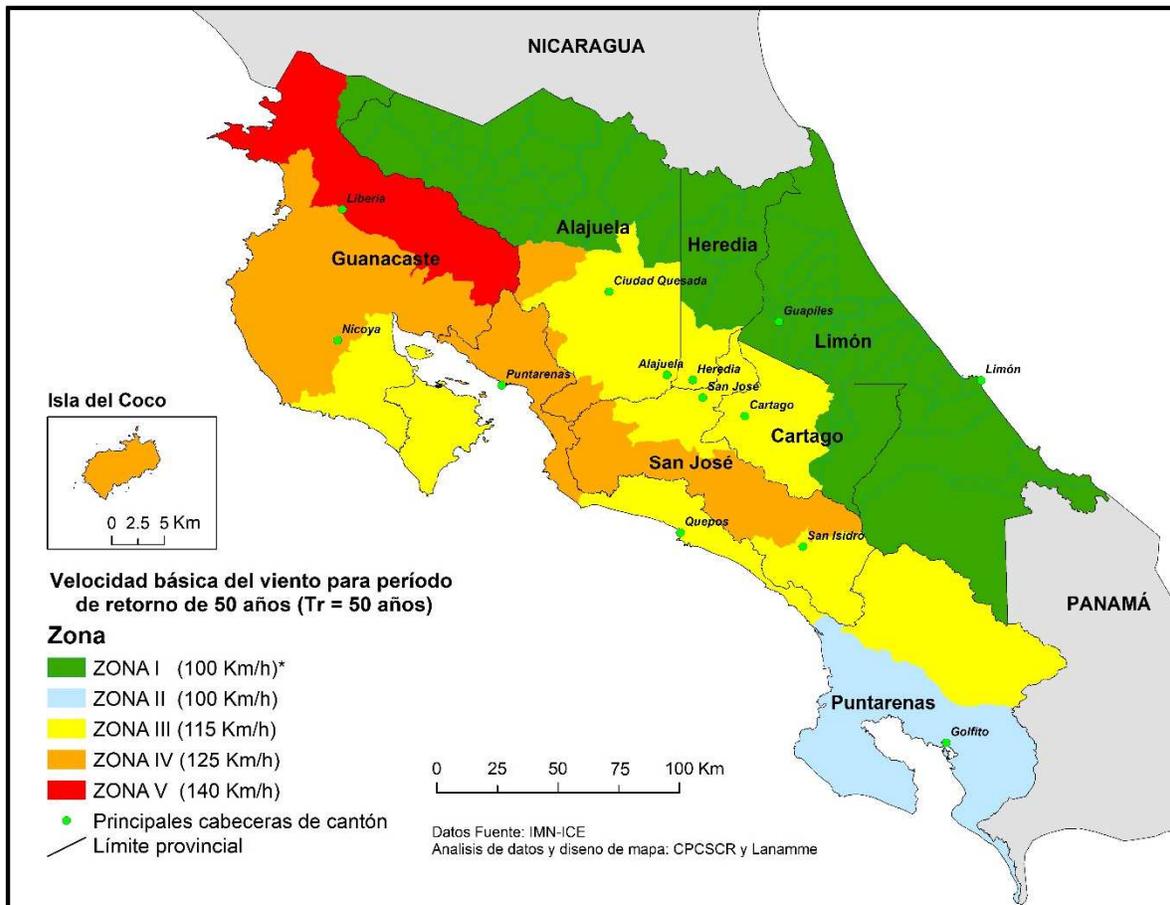
Provincia	Cantón	Distrito	Zona	
Puntarenas	Osa	Piedras Blancas	II	
		Sierpe	II	
	Parrita	Parrita	III	
	Puerto Jiménez	Todos	II	
	Puntarenas	Puntarenas	Acapulco	IV
			Barranca	IV
			Isla del Coco	IV
			El Roble	IV
			Arancibia	IV
			Cóbano	III
			Chacarita	IV
			Chira	III
			Chomes	IV
			Guacimal	IV
			Lepanto	III
			Manzanillo	IV
			Paquera	III
			Pitahaya	IV
			Puntarenas	IV
San José	Acosta	Cangrejal	IV	
		Guaitíl	III	
		Palmichal	III	
		Sabanillas	IV	
		San Ignacio	III	
	Alajuelita	Todos	III	
	Aserrí	Aserrí	Aserrí	III
			Salitrillos	III
			Tarbaca	III
			Legua	IV
			Monterrey	III
			San Gabriel	III

		Vuelta de Jorco	III	
	Curridabat	Todos	III	
	Desamparados	Todos	III	
	Dota	Todos	IV	
	Escazú	Todos	III	
	Goicoechea	Todos	III	
Provincia	Cantón	Distrito	Zona	
San José	León Cortes	Llano Bonito	IV	
		San Andrés	III	
		San Antonio	III	
		San Isidro	IV	
		San Pablo	IV	
		Santa Cruz	IV	
	Montes de Oca	Todos	III	
	Mora	Todos	III	
	Moravia	Todos	III	
	Pérez Zeledón	Barú	III	
		Cajón	III	
		Daniel Flores	III	
		General	III	
		Páramo	IV	
		Pejibaye	III	
		Platanares	III	
		Río Nuevo	IV	
		Rivas	IV	
		San Isidro del General	III	
		La Amistad	III	
		San Pedro	III	
		Puriscal	Barbacoas	III
			Candelaria	III
	Chires		IV	
	Desamparaditos		III	
	Grifo Alto		III	
	Mercedes Sur		IV	
	San Antonio		III	
	San Rafael		III	
	Santiago		III	
	San José	Todos	III	
	Santa Ana	Todos	III	

	Tarrazú	Todos	IV
	Tibás	Todos	III
	Turrubares	Todos	IV
	Vázquez de Coronado	Todos	III

* Límite o frontera es la Ruta Interamericana

Figura 3-1: Zonificación eólica de Costa Rica



* Refiérase a la Tabla 3-3

3.1.3. Determinación alternativa de la velocidad básica

Para un sitio específico, se permite el uso de datos climáticos regionales para determinar la velocidad básica del viento. Sin embargo, esta velocidad determinada a partir de datos climáticos podrá ser utilizada en lugar de la velocidad indicada en el mapa de zonificación de la Figura 3-1 solamente cuando se cumplan todos los siguientes requisitos:

- a. Se hayan utilizado procedimientos reconocidos de análisis estadístico de valores extremos para procesar la serie de datos.
- b. Se hayan tomado en cuenta el efecto del error de muestreo, la frecuencia de muestreo, los valores máximos de ráfaga, la altura del anemómetro, la dirección de viento y la exposición del terreno en el sitio del anemómetro.
- c. La velocidad básica V_b (para un período de retorno $T_R = 50$ años) determinada de esta forma no podrá ser menor que 90 km/h.

En regiones propensas a huracanes, se permite el uso de velocidades de viento derivadas mediante técnicas de simulación, en lugar de la velocidad indicada en el mapa de zonificación eólica de Costa Rica, en la Figura 3-1y en la Tabla 3-1, solamente cuando se cumplan todos los siguientes requisitos:

- a. Se hayan utilizado procedimientos probados de simulación o análisis estadístico de valores extremos registrados durante huracanes anteriores. (El uso de datos climáticos regionales obtenidos de anemómetros no está permitido para definir el riesgo de velocidad de viento de huracán para todo el territorio nacional).
- b. Independientemente de los resultados del estudio de simulación o regresión estadística, la velocidad básica V_b (para un período de retorno $T_R = 50$ años) no podrá tomarse como inferior a 90 km/h.

3.1.4. Limitaciones

La magnitud de la velocidad del viento producida por tornados no ha sido considerada en el desarrollo del mapa de zonificación eólica de Costa Rica, en la Figura 3-1.

3.2. Presión básica del viento

La presión básica del viento es la presión de referencia que produce el viento al impactar contra las superficies de la edificación. La presión básica se calcula a partir de la *velocidad básica* del viento (V_b) mediante la siguiente ecuación:

$$q_b = 0.005V_b^2 \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde V_b es la velocidad básica del viento en km/h que se obtiene de la Figura 3-1.

3.3. Presión de viento

La presión de viento evaluada a la altura z sobre el terreno, será calculada con la siguiente expresión:

$$q(z) = q_b C_e(z) C_r C_t C_d \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Donde:

$q(z)$: Presión de viento a la altura z .

q_b : Presión básica del viento, determinada según la Ecuación 3-1.

$C_e(z)$: Coeficiente de exposición a la altura z .

C_r : Coeficiente de recurrencia.

C_t : Coeficiente topográfico.

C_d : Coeficiente de direccionalidad.

3.3.1. Coeficiente de exposición, $C_e(z)$

El perfil vertical de la presión de viento para diseño será dado por la siguiente expresión:

$$C_e(z) = 2.01 \left(\frac{z}{z_{ge}} \right)^{\alpha_e} \geq 2.01 \left(\frac{z_{min,e}}{z_{ge}} \right)^{\alpha_e} \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Donde, para la categoría de exposición del sitio, se define:

z : Altura a la cual se evalúa la presión de viento medida a partir de la superficie del terreno. (m)

z_{ge} : Altura de la *capa límite*. (m)

α_e : Parámetro de rugosidad.

$z_{min,e}$: Altura de presión mínima. (m)

3.3.1.1. Categoría de exposición del sitio

Para cada dirección de viento considerada, el coeficiente de exposición $C_e(z)$ debe ser calculado considerando los parámetros asociados a la categoría de exposición del sitio. Estos parámetros se indican en la Tabla 3-2.

Para sitios en *zonas de transición*, se aplica la categoría de exposición que resulte en las cargas de viento más altas, a menos que el profesional responsable del diseño pueda justificar otra exposición con base en un análisis racional sustentado en literatura reconocida.

Tabla 3-2: Parámetros de exposición del sitio (Adaptado de Ref.2)

Categoría de exposición	α_e	z_{ge} (m)	$z_{min,e}$ (m)	Longitud de exposición L_{exp} (ver Figura 3-4)	Rugosidad predominante en sectores “viento arriba” (barlovento)
A	5.0	457	16.00	máx (800 m, 10 h)	A
B	7.0	366	8.00	máx (800 m, 20 h)	B ⁽¹⁾
C	9.5	274	4.00	-	C ⁽²⁾
D	11.5	213	2.00	máx (1500 m, 20 h)	D ⁽³⁾

Notas:

1. Si $h \leq 8.0$ m, entonces $L_{exp} = 450$ m.
2. Se aplica cuando predomina rugosidad C, o cuando no se aplica ninguna de las categorías de exposición.

3. Se aplica también cuando la rugosidad predominante es B o C y el sitio se encuentra a una distancia menor que 200 m o 20 h de una condición de rugosidad D. Se explica en la Figura 3-3.

Donde h es igual a la altura de la edificación medida desde el terreno hasta la altura promedio del techo. Cuando el techo tenga una pendiente inferior a 10 grados, la altura se medirá a la parte inferior del techo. Cuando la pared termine en un parapeto, la altura será la mayor entre la altura máxima del parapeto y la altura promedio del techo.

Figura 3-2: Definición de h

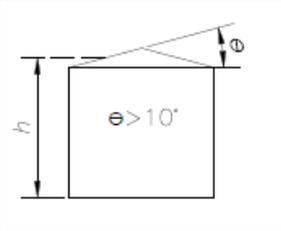
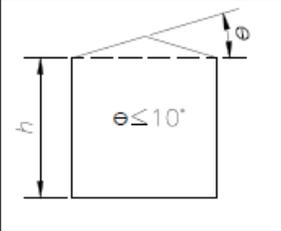
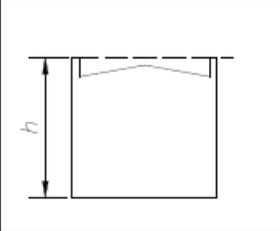
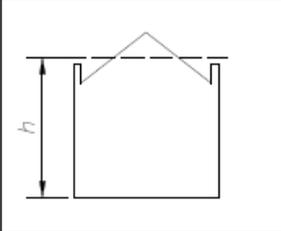
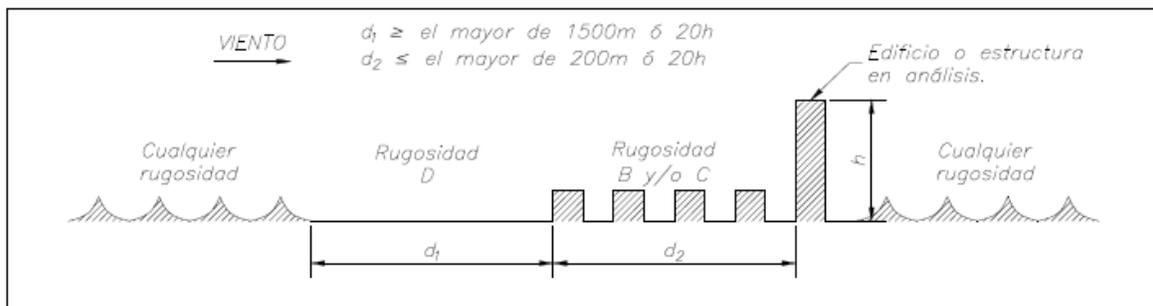
			
<i>Ángulo de techo mayor a 10°.</i>	<i>Ángulo de techo menor o igual a 10°.</i>	<i>Parapeto mas alto que altura promedio de techo.</i>	<i>Parapeto mas bajo que altura promedio de techo.</i>

Figura 3-3: Caso especial para rugosidad D (Adaptado de Ref. 2)



3.3.1.2. Rugosidad del terreno

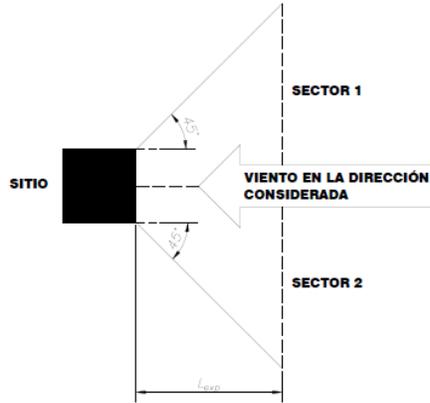
La rugosidad predominante del terreno se clasifica en uno de los cuatro tipos descritos a continuación:

- a. Rugosidad Tipo A: Centros urbanos de gran tamaño, donde al menos el 50 % de las edificaciones tiene una altura mayor que 21 m.
- b. Rugosidad Tipo B: Áreas urbanas y suburbanas, bosques u otros terrenos con obstrucciones del tamaño de una casa de habitación unifamiliar o mayores cercanas entre sí.
- c. Rugosidad Tipo C: Áreas abiertas con obstrucciones dispersas, generalmente con alturas menores que 8 m; incluye terrenos planos abiertos, sabanas o pastizales.
- d. Rugosidad Tipo D: Áreas planas y libres de obstáculos o superficies de cuerpos de agua.

3.3.1.3. Dirección del viento y sectores de rugosidad

Para cada una de las direcciones de viento consideradas, la exposición del sitio debe ser determinada para dos sectores de 45 grados, que se extienden a cada lado de la edificación, por una distancia L_{exp} opuesta al viento en la dirección considerada. Esto se muestra en la Figura 3-4. Se considerará para el sitio, la rugosidad del sector que resulte en las mayores cargas de viento para diseño.

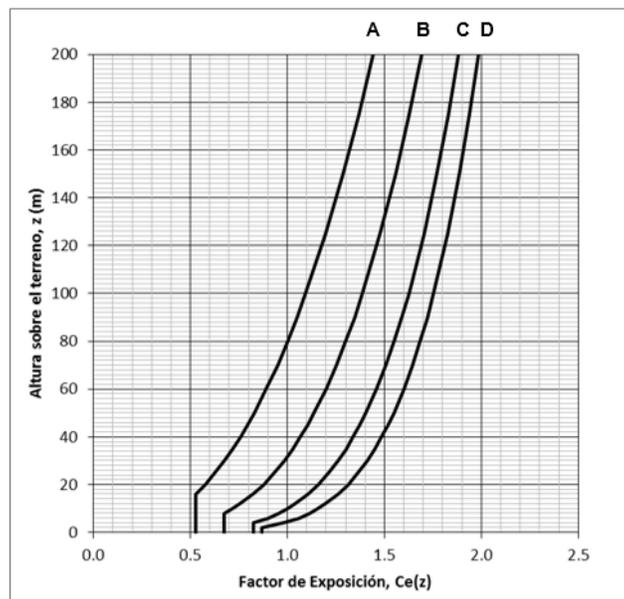
Figura 3-4: Sectores de rugosidad



3.3.1.4. Variación del coeficiente de exposición con la altura

El valor del coeficiente de exposición, $C_e(z)$ dada en Figura 3-5, es válido hasta una altura máxima de 200 m sobre el terreno. Para alturas mayores, se debe utilizar métodos especiales para determinar las presiones de viento sobre la edificación. En la Figura 3-5 se muestra la variación del coeficiente de exposición con la altura para cada categoría de exposición.

Figura 3-5: Coeficiente de exposición según la altura y la categoría de exposición



3.3.2. Coeficiente de recurrencia, C_r

El coeficiente de recurrencia toma en cuenta el aumento o disminución de la velocidad del viento cuando ésta se asocia con un período de retorno diferente a 50 años. Este coeficiente será determinado como lo indica la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Coeficiente de recurrencia

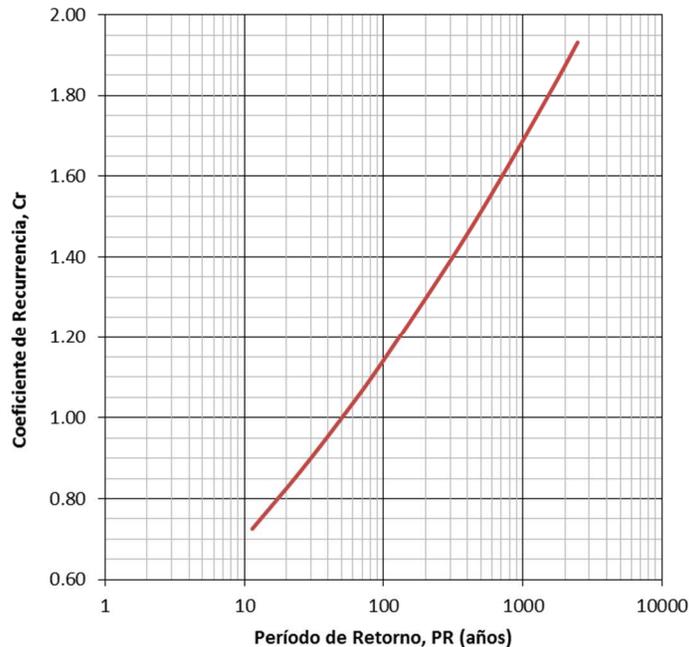
Zona Eólica	Condición	C_r
II, III, IV, V	Resistencia o Servicio	$C_r = [0.36 + 0.10 \ln(12T_R)]^2$
I	Servicio	$C_r = [0.36 + 0.10 \ln(12T_R)]^2$
	Resistencia	$C_r = 3$

Donde T_R es el período de retorno de diseño en años según la Tabla 2-2: Período de retorno según nivel de demanda.

El valor de $C_r = 3$ (valor máximo de la Tabla 3-3 para los periodos de retorno considerados) recomendado para la Zona I toma en consideración la probabilidad de ocurrencia de un huracán de baja intensidad.

La Figura 3-6, muestra la variación de este coeficiente respecto al periodo de retorno considerado, según la ecuación de la Tabla 3-3.

Figura 3-6: Variación del coeficiente de recurrencia con el T_R



3.3.3. Coeficiente topográfico, C_t

Los efectos del cambio de la velocidad del viento en cerros, sierras y escarpes que constituyen cambios repentinos de la topografía general del área, ubicados en cualquier categoría de exposición, deberán ser incluidos en el diseño cuando las edificaciones y la topografía cumplan con todas las siguientes condiciones:

- 1- El cerro, sierra o escarpe está aislado y libre de obstrucciones hacia *barlovento* por otras características topográficas similares por una distancia de 100 veces la altura del cerro, sierra o escarpe (100 H) o 3.2 kilómetros, el menor de los dos valores. Esta distancia se medirá horizontalmente desde el punto en donde la altura H del cerro, sierra o escarpe se determina.
- 2- El cerro, sierra o escarpe sobresale por encima de la altura de cualquier accidente geográfico hacia barlovento dentro de un radio de 3.2 kilómetros por un factor de 2 o más.
- 3- La edificación está ubicada como muestra la Figura 3-7 en la mitad superior de la sierra o cerro o cerca de la cresta de un escarpe.
- 4- $H/L_h \geq 0.2$
- 5- H es mayor o igual a 4.5 metros para exposiciones C y D, y 18 metros para exposiciones A y B.

Donde H y L_h se definen en la Figura 3-7.

El efecto de aceleración del viento se incluirá en el cálculo de las cargas de diseño utilizando el factor C_t :

$$C_t(z) = (1 + C_1 C_2 C_3)^2 \quad \text{Ecuación 3-4}$$

Donde C_1 , C_2 y C_3 se obtienen de la Figura 3-7, o pueden ser determinados según las siguientes ecuaciones:

C_1 se determina de la Tabla 3-4.

$$C_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right) \quad \text{Ecuación 3-5}$$

$$C_3(z) = e^{-\gamma z / L_h} \quad \text{Ecuación 3-6}$$

Donde μ , γ , x se definen en la Figura 3-7.

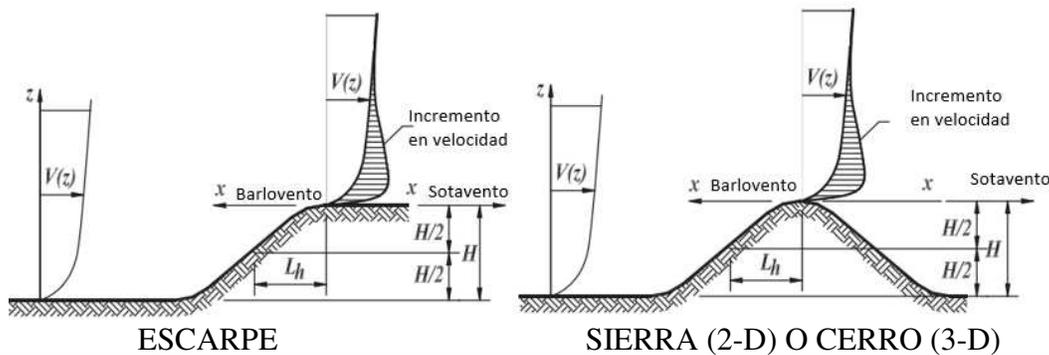
Tabla 3-4: Parámetros para la aceleración sobre sierra, cerros y escarpes (Adaptado de Ref. 2)

Topografía	C1 / (H/Lh)			γ	μ	
	Exposición				Barlovento	Sotavento
	B	C	D			
Sierra (2-D)	1.30	1.45	1.55	3	1.5	1.5

<i>Escarpe (2-D)</i>	0.75	0.85	0.95	2.5	1.5	4
<i>Cerro (3-D)</i>	0.95	1.05	1.15	4	1.5	1.5

Si las condiciones de la ubicación de la edificación no se ajustan a lo descrito en la Figura 3-7 entonces $C_t = 1.0$

Figura 3-7 Coeficientes para factor topográfico C_t (Adaptado de Ref. 2)



Multiplicadores Topográficos para Exposición C

H/L h	Multiplicador C_1			x/L h	Multiplicador C_2		z/L _h	Multiplicador C_3		
	Sierra 2-D	Escarpe 2-D	Cerro 3-D		Escarpe 2-D	Resto de casos		Sierra 2-D	Escarpe 2-D	Cerro 3-D
0.20	0.29	0.17	0.21	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
0.25	0.36	0.21	0.26	0.50	0.88	0.67	0.10	0.74	0.78	0.67
0.30	0.43	0.26	0.32	1.00	0.75	0.33	0.20	0.55	0.61	0.45
0.35	0.51	0.3	0.37	1.50	0.63	0.00	0.30	0.41	0.47	0.30
0.40	0.58	0.34	0.42	2.00	0.50	0.00	0.40	0.30	0.37	0.20
0.45	0.65	0.38	0.47	2.50	0.38	0.00	0.50	0.22	0.29	0.14
0.50	0.72	0.43	0.53	3.00	0.25	0.00	0.60	0.17	0.22	0.09
				3.50	0.13	0.00	0.70	0.12	0.17	0.06
				4.00	0.00	0.00	0.80	0.09	0.14	0.04
							0.90	0.07	0.11	0.03
							1.00	0.05	0.08	0.02
							1.50	0.01	0.02	0.00
							2.00	0.00	0.00	0.00

Observaciones

- Para valores de H/L_h , x/L_h diferentes a los mostrados, se permite interpolar linealmente.
- Para $H/L_h > 0.5$, utilizar $H/L_h = 0.5$ para evaluar C_1 y sustituir $2H$ por L_h para evaluar C_2 y C_3 .

- 3 Los multiplicadores se basan en la presunción de que el viento se dirige hacia el cerro o escarpe en la dirección de la pendiente máxima.
- 4 Simbología:
- H: Altura del cerro o escarpe relativo al terreno hacia barlovento, en metros.
- L_h: Distancia de la cima hacia barlovento hasta donde la diferencia de altura del terreno es la mitad de la altura del cerro o escarpe en metros.
- C₁: Factor para tomar en cuenta las características topográficas y el efecto del máximo aumento de velocidad.
- C₂: Factor para tomar en cuenta la reducción del aumento de velocidad en función de la distancia a barlovento o sotavento de la cima.
- C₃: Factor para tomar en cuenta la reducción del aumento de velocidad en función de la altura sobre el terreno en donde está ubicada la edificación.
- x: Distancia (hacia barlovento o sotavento) desde la cima hasta la edificación, en metros.
- z: Altura sobre el nivel del suelo sobre el cual está ubicada la edificación, en metros.
- μ: Factor de atenuación horizontal.
- γ: Factor de atenuación vertical.

3.3.4. Coeficiente de direccionalidad

El coeficiente de direccionalidad considera la probabilidad de ocurrencia simultánea de la máxima velocidad del viento en todas las direcciones de análisis. En general, es menor que 1.0 y está dado según la forma y el tipo de edificación, en la Tabla 3-5. Este coeficiente debe ser usado únicamente con las combinaciones de carga indicadas en el Capítulo 5. El coeficiente de direccionalidad debe ser considerado igual a 1.0 para las condiciones de servicio indicadas en el Capítulo 6.

El coeficiente de direccionalidad debe ser tomado igual a 0.85 para todas las edificaciones y componentes, excepto para las que se indican en la Tabla 3-5.

Tabla 3-5: Coeficiente de direccionalidad (Adaptado de Ref. 2)

Tipo de edificación	Factor de direccionalidad, C _d
Edificaciones	
<i>Sistema Principal Resistente a Fuerza de Viento</i>	0.85
<i>Componentes y Revestimiento</i>	0.85

<i>Techos arqueados</i>	0.85
Chimeneas, Tanques, y Edificaciones Similares	
Cuadradas	0.90
Hexagonales	0.95
Redondas	0.95
Muros y <i>Señales macizas</i>	0.85
<i>Señales abiertas y Armaduras de celosía</i>	0.85
Torres de Armaduras	
Triangulares, cuadradas, rectangulares	0.85
Todas las demás secciones transversales	0.95

Capítulo 4. Acciones de viento

4.1. Presión externa y presión interna

El cálculo de las fuerzas de viento para diseño debe considerar tanto los efectos de la presión externa como los efectos de la presión interna. La presión externa está producida por el impacto directo del viento en la superficie o por el efecto de los vórtices y turbulencias que acompañan la acción del viento cuando actúa contra una superficie. La presión interna es generada por la existencia de aberturas en la edificación, y su efecto puede ser significativo dependiente del tamaño, forma y disposición de dichas aberturas.

4.2. Dirección de las presiones de viento

La fuerza de viento por unidad de área actúa estáticamente en la dirección normal a la superficie de la edificación o elemento, excepto donde se especifiquen otras presiones, como, por ejemplo, *fuerzas funcionales tangenciales*.

Para el diseño por viento el profesional responsable de diseño debe considerar al menos dos direcciones de viento ortogonales entre sí y como mínimo los casos de carga indicados en 4.4.1.6.

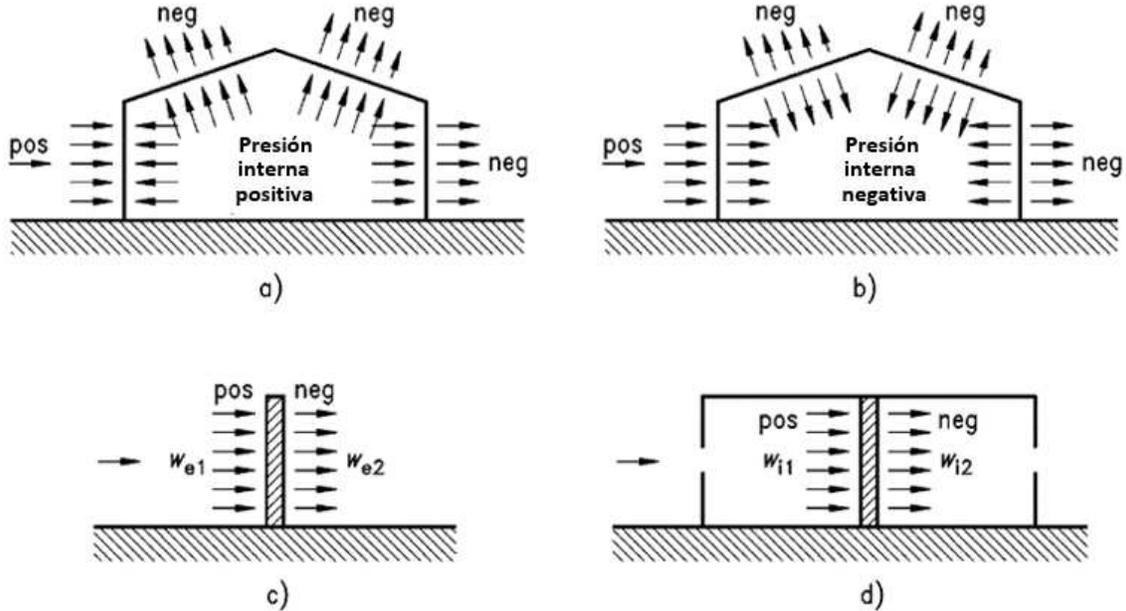
4.3. Convención de signos para las presiones de viento

Las presiones de viento positivas actúan hacia la superficie y las presiones de viento negativas actúan hacia afuera de la superficie. La convención de signos adoptada en este código se muestra en la Figura 4-1.

4.4. Presión neta para diseño

Los efectos de las presiones internas y externas se combinan vectorialmente (considerando su magnitud, signo y dirección) para encontrar el valor crítico de la presión neta para diseño, p , según se describe a continuación, tomando en cuenta las definiciones de edificaciones rígidas y flexibles del Anexo B.

Figura 4-1: Convención de signos para las presiones de viento



4.4.1. Sistema primario

4.4.1.1. Edificios rígidos cerrados y parcialmente cerrados:

$$p = qG C_p - q_i(G C_{pi}) \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Donde:

q : Presión externa de diseño en el elemento considerado igual a $q(z)$ para pared a barlovento e igual a $q(h)$ para pared a sotavento, paredes laterales y techos.

C_p : Coeficiente de presión externa o factor de forma, ver Anexo A.

G : Coeficiente de ráfaga para edificaciones rígidas, ver Anexo B.

q_i : Presión interna de diseño en el elemento considerado tomada conservadoramente como igual a $q(h)$ para la evaluación de la presión interna positiva y negativa.

$(G C_{pi})$: Coeficiente de presión interna, según Tabla 4-1.

4.4.1.2. Edificios flexibles cerrados o parcialmente cerrados:

$$p = qG_f C_p - q_i(G C_{pi}) \quad \text{Ecuación 4-2}$$

Donde:

q , q_i , C_p , y $(G C_{pi})$: se definen como en 4.4.1.1.

G_f : Coeficiente de ráfaga para edificaciones flexibles, ver Anexo B.

4.4.1.3. Edificios abiertos de una sola pendiente o a dos aguas con cumbre o invertidos:

$$p = q(h)GC_N \quad \text{Ecuación 4-3}$$

Donde:

$q(h)$: Presión de velocidad evaluada en h .

G : Efecto de ráfaga, ver Anexo B.

C_N : Coeficiente de presión neta, ver Anexo A.

4.4.1.4. Aleros

La presión externa positiva en la superficie inferior de techos en voladizo a barlovento se determina usando $C_p = 0.8$ y combinándola con las presiones de la superficie superior determinadas en las Tablas A-2 y A-3.

4.4.1.5. Parapetos

La presión de viento de diseño para evaluar el efecto de un parapeto en el sistema primario de un edificio rígido o flexible se determina como:

$$p_p = q_p GC_{pn} \quad \text{Ecuación 4-4}$$

Donde:

p_p : Presión neta combinada en el parapeto debido a la combinación de presiones de las superficies frontal y trasera. El signo positivo (y negativo) significa presiones actuando hacia la superficie frontal (saliendo de la superficie exterior) del parapeto.

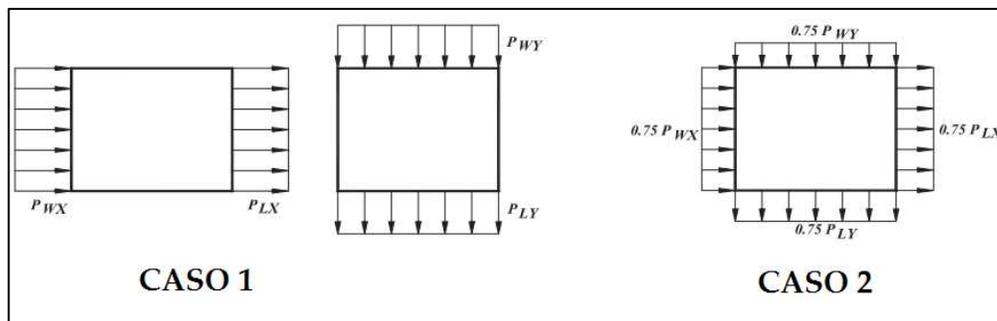
q_p : Presión de velocidad en el punto más alto del parapeto.

GC_{pn} : Coeficiente de presión neto combinado. Usar +1.5 para parapeto a barlovento y -1.0 para parapeto a sotavento.

4.4.1.6. Casos de carga de viento

Los sistemas primarios deberán ser sometidos como mínimo a los siguientes casos de carga de viento.

Figura 4-2: Casos de carga de Diseño (Adaptado de Ref. 2)



Caso 1. El total de la presión de viento del diseño actúa sobre el área proyectada perpendicular a cada eje principal de la estructura, considerando cada eje principal por separado.

Caso 2. Carga de viento igual a como se definió en el Caso 1, pero actúa simultáneamente en los ejes principales con un 75 % del valor especificado.

Notas:

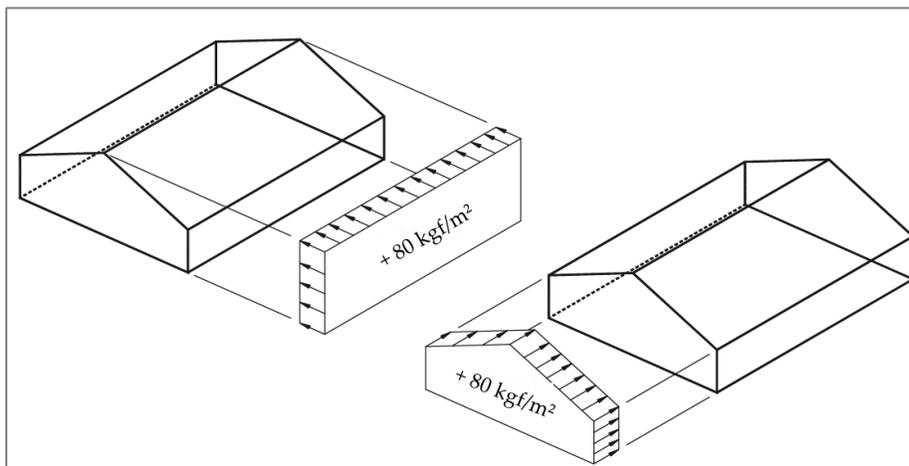
1. La presión de viento de diseño en las caras a barlovento y sotavento se deben determinar de acuerdo a lo provisto en 4.4.1.1 y 4.4.1.2 , lo cual aplica a edificios de cualquier altura.
2. Los diagramas muestran vistas en planta del edificio.
3. Notas:
 - a. P_{wx} , P_{wy} : Presión de diseño en la cara a barlovento que actúa sobre los ejes principales x, y, respectivamente.
 - b. P_{lx} , P_{ly} : Presión de diseño en la cara a sotavento que actúa sobre los ejes principales x, y, respectivamente.
 - c. Otros casos de carga diferentes a los anteriores podrán ser consideradas según complejidad de la estructura y criterio del profesional responsable.

4.4.1.7. Carga de viento de diseño mínima

La carga de viento a utilizar en el diseño del sistema principal resistente a la fuerza de viento de un edificio abierto, cerrado o parcialmente cerrado no debe ser menor a 80 kg/m^2 multiplicado en un plano normal a la dirección del viento (A_f).

Este caso de carga debe ser aplicado como un caso de carga aparte adicional a los casos de carga descritos en la sección 4.4.1.6 y debe ser considerado como una carga última.

Figura 4-3: Carga de viento de diseño mínima (Adaptado de Ref. 2)



4.4.2. Otras edificaciones y adjuntos (accesorios) a edificios

4.4.2.1. Muros y rótulos sólidos en voladizo

La fuerza de diseño para muros en voladizo o rótulos se determina de la siguiente manera

$$F = q(h)GC_fA_s \quad \text{Ecuación 4-5}$$

Donde:

$q(h)$: Presión de velocidad evaluada en h.

G: Efecto de ráfaga, ver Anexo B.

C_f : Coeficiente de presión según Figura A- 6

A_s : Área bruta del muro o rótulo.

4.4.2.2. Otras edificaciones

Incluye chimeneas, tanques, equipos a nivel de techo para edificios con $h > 18\text{m}$, rótulos abiertos, torres de estructura tipo cercha. La fuerza de diseño se determina de la siguiente manera:

$$F_h = q(z)GC_fA_f \quad \text{Ecuación 4-6}$$

Donde:

$q(z)$: Presión de velocidad evaluada a la altura z del centroide del área A_f .

G: efecto de ráfaga, ver Anexo B.

C_f : Coeficiente de presión según Tabla A-7.

A_f : Área proyectada en un plano normal a la dirección del viento.

Para edificaciones y equipos a nivel de techo para edificios con $h < 18\text{m}$, la fuerza de diseño se determina de la siguiente manera

$$F_h = q(h)(GC_{rf})A_f \quad \text{Ecuación 4-7}$$

Donde:

B = dimensión horizontal de la edificación medida normal a la dirección del viento.

(GC_{rf}) : 1.9 cuando $A_f < 0.1Bh$, y puede reducirse linealmente de 1.9 a 1.0 conforme el valor de A_f crece de $(0.1Bh)$ a (Bh) .

$q(h)$: Presión de velocidad evaluada en la altura promedio de techo.

A_f : Área vertical proyectada de la estructura en azotea o equipo en un plano normal a la dirección del viento.

4.4.3. Componentes de edificios

Se aplica a edificaciones bajas, con $h < 18\text{m}$.

$$p = q(h)[GC_p - (GC_{pi})] \quad \text{Ecuación 4-8}$$

Donde:

$q(h)$: Presión de velocidad evaluada a la altura h .

(GC_p) : Coeficiente de presión externa, ver Anexo A, artículo A.2 Sistemas secundarios.

(GC_{pi}) : Coeficiente de presión interna, según Tabla 4-1.

En caso de tener edificaciones con una altura mayor a 18m se sugiere consultar referencias externas.

4.4.3.1. Presiones de diseño mínimas

La presión de diseño mínima para componentes de edificios no debe tomarse menor a una presión neta de 80 kg/m^2 actuando en cualquier dirección normal a la superficie.

Este caso de carga debe ser considerado como una carga última.

4.5. Coeficiente de presión interna

El coeficiente de presión interna (GC_{pi}) que considera el factor de ráfaga será determinado a partir de la Tabla 4-1 según la clasificación de la edificación por tipo de envolvente.

Tabla 4-1: Coeficiente de presión interna para paredes y techos (Adaptado de Ref. 2)

Clasificación por tipo de envolvente	GC_{pi}
Edificaciones abiertas	0.00
Edificaciones parcialmente cerradas	+0.55
	-0.55
Edificaciones cerradas	+0.18
	-0.18

Capítulo 5. Combinaciones de carga y factores de participación

5.1. Resistencia requerida

Los sistemas estructurales y sus elementos, componentes o uniones deben tener una *resistencia de diseño* que cumpla con la siguiente ecuación para cada una de las combinaciones de carga.

$$R_d = \phi R_n \geq R_r \quad \text{Ecuación 5-1}$$

Donde:

R_d = Resistencia de diseño

R_n = Resistencia nominal

ϕ = factor de reducción de resistencia.

R_r = Resistencia requerida.

5.2. Combinaciones para obtener la carga última de diseño o resistencia requerida

Cada elemento, componente o unión de la edificación, y éste como unidad, debe tener capacidad para resistir las siguientes combinaciones de carga:

$$R_r = 1.2 (CP) + 1.6 (CT_t) + (f_1 CT_{red} \text{ o } 0.5 CV) \quad \text{Ecuación 5-2}$$

$$R_r = 1.2 (CP) + f_1 CT_{red} \pm CV + 0.5 (CT_t) \quad \text{Ecuación 5-3}$$

$$R_r = 0.9 CP \pm CV \quad \text{Ecuación 5-4}$$

Donde:

- $CP =$ Efecto de las cargas permanentes.
 $CT =$ Efecto de las cargas temporales, sin la reducción indicada en el CSCR vigente
 $CT_{red} =$ Efecto de las cargas temporales (excluyendo las cargas de techo), con la reducción f_R
 $CT_t =$ Efecto de las cargas temporales de techo.
 $CV =$ Efecto de las cargas de viento.

El factor f_1 está dado por:

$f_1 = 0.5$ para edificaciones de baja probabilidad de ocupación plena de carga temporal sometidas a la acción de cargas eventuales como sismo o viento, siempre y cuando CT sea inferior o igual a 500 kg/m^2 .

$f_1 = 1.0$ para edificaciones con alta probabilidad de ocupación plena de carga temporal sometida a la acción de cargas eventuales como sismo o viento, tales como: bodegas, estacionamientos públicos, etc. Adicionalmente, se incluyen los sitios de alto riesgo en caso de un evento sísmico o de viento, como sitios de reunión pública.

$f_R =$ factor de reducción de carga temporal según CSCR vigente. El producto ($f_1 f_R$) no puede ser menor que 0.5.

Cuando existan cargas debidas al peso y presión del suelo, presión hidrostática u otros materiales que generen empujes ($CE =$ Carga de empuje), éstas deberán ser consideradas como sigue:

- Cuando el efecto debido a CE se adiciona a las acciones de la carga dominante, el factor de mayoración se debe fijar igual a 1.6.
- Cuando el efecto debido a CE contrarresta las acciones de la carga dominante, el factor de mayoración se debe fijar igual a 0.9 si el empuje es permanente, o un factor de 0.0 para cualquier otra condición.

El efecto de las cargas de lluvia, CR deberá ser considerado sustituyendo las acciones de la carga viva de techo CT_t , por el efecto de la carga de lluvia CR en las combinaciones [5-2] a [5-4].

5.3. Combinaciones para obtener la carga de servicio

Para la verificación de los *estados límite de servicio* para cargas gravitacionales y de viento, cada elemento, componente o unión de la edificación, y ésta como unidad, debe tener capacidad para resistir la siguiente combinación de cargas:

$$R_r = CP + 0.5 CT \pm CVs \quad \text{Ecuación 5-5}$$

Donde:

CP = carga permanente. Se puede tomar como la carga permanente que ocurre después de colocados los *componentes no estructurales*.

CT = carga temporal, sin la reducción indicada en el CSCR vigente.

CV_s = carga de viento para un período de retorno de servicio según la Tabla 6-1.

Capítulo 6. Consideraciones de Seguridad y Servicio

6.1. Límites de desplazamiento y derivas

Los desplazamientos horizontales en cada nivel y las derivas, o desplazamientos relativos entre pisos, se deben estimar para la combinación de carga de servicio indicada en el Capítulo 5. Sin embargo, para edificaciones industriales de marcos de un solo nivel, con o sin mezanine, de menos de 18 m de altura máxima y con cargas permanentes de techo que no excedan 95 kg/m², no será necesario considerar los efectos de la carga permanente (CP) en la determinación de los desplazamientos y derivas laterales, a menos que el profesional responsable así lo considere necesario. La carga de viento será calculada para los períodos de retorno de servicio indicados en la Tabla 6-1, según corresponda para cada categoría de diseño de la edificación.

Tabla 6-1: Período de retorno para cálculo de derivas y desplazamientos laterales

Categoría de diseño por viento	Período de retorno mínimo
I Esencial y II Especial	50 años
III Normal	10 años
IV Miscelánea	Sin mínimo

El desplazamiento lateral máximo en la parte superior de una edificación será 1/400 de la altura de la edificación. El profesional responsable deberá revisar condiciones como el *comfort* (sensibilidad a la percepción del movimiento), y la estabilidad global de la edificación. En edificaciones industriales de marcos de un solo nivel, con o sin mezanine, de menos de 18 m de altura máxima y con cargas permanentes de techo que no excedan 95 kg/m², se podrá incrementar el desplazamiento lateral máximo hasta 1/65 de la altura de la edificación.

La *razón de deriva* no debe exceder los valores de la Tabla 6-2. Se deben verificar estos límites en los puntos de mayor desplazamiento relativo de cada nivel.

Tabla 6-2: Límite superior de la razón de deriva

Caso	Descripción	Límite de Deriva
1	Cuando la edificación tiene particiones internas fabricadas de cualquier tipo de material	H/400 = 0.0025
2	Cuando la edificación NO tiene particiones internas:	
	A) Cerramiento exterior perpendicular al viento:	
	i. paneles de metal o láminas de acero	H/100 = 0.01
ii. paneles prefabricados concreto o similares	H/100 = 0.01	

	iii.	mampostería, fibrocemento o similares	$H/200 = 0.005$
	B)	Cerramiento exterior paralelo al viento	$H/400 = 0.0025$
	C)	No hay cerramiento exterior	$H/65 = 0.015$

ANEXOS

ANEXO A. Coeficientes de presión externa (según referencia 2)

A.1 Sistema principal

Figura A- 1: Coeficientes de presión externa para muros y techos (Adaptado de Ref. 2)

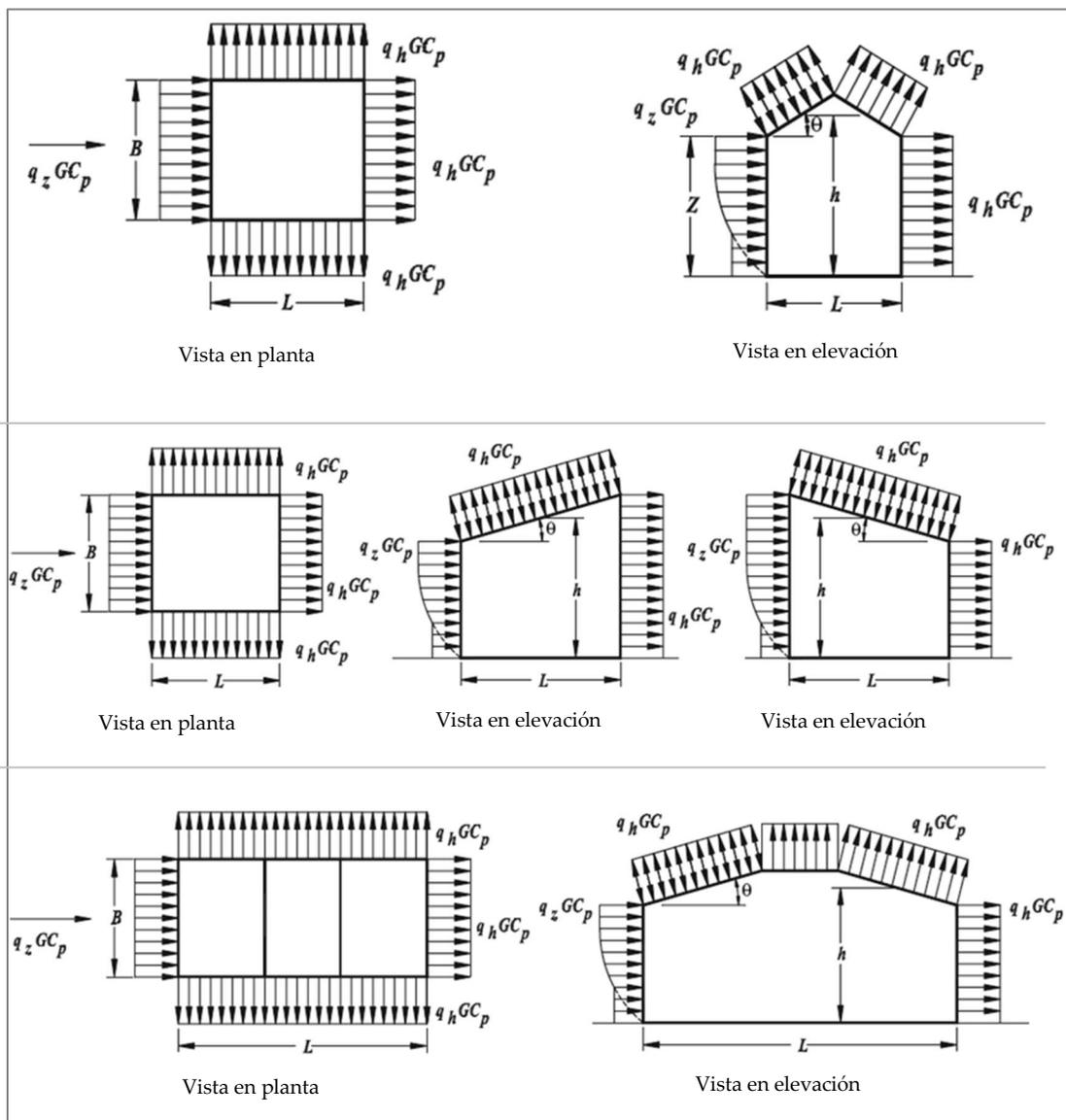


Tabla A- 1: Coeficientes de presión externa, C_p , para muros (ver Figura A- 1) (Adaptado de Ref. 2)

Superficie	L/B	C_p	Usar con
Muro a barlovento	Todos los valores	0.8	q_z
Muro a sotavento	0-1	-0.5	q_h
	2	-0.3	
	≥ 4	-0.2	
Muro lateral	Todos los valores	-0.7	q_h

Tabla A- 2: Coeficientes de presión externa, C_p , para techos (ver Figura A- 1) (Adaptado de Ref. 2)

Dirección del viento	h/L	Barlovento								Sotavento		
		Ángulo θ (grados)								Ángulo θ (grados)		
		10	15	20	25	30	35	45	≥ 60	10	15	≥ 20
Normal a la cumbrera para $\theta \geq 10^\circ$	≤ 0.25	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	0.0*			-0.3	-0.5	-0.6
		-0.18	0.0*	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.010			
	0.5	-0.9	-0.7	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	0.0*		-0.5	-0.5	-0.6
		-0.18	-0.18	0.0*	0.2	0.2	0.3	0.4	0.010			
	≥ 1.0	-	-1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	0.0*		-0.7	-0.6	-0.6
		1.3**	-0.18	-0.18	-0.18	0.0*	0.2	0.2	0.3			

Tabla A- 3: Coeficientes de presión externa, C_p , para techos (ver Figura A- 1) (Adaptado de Ref. 2)

Dirección del viento	h/L	Distancia horizontal desde el borde a barlovento	C_p
Normal a la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralelo a la cumbrera para todos los valores de θ	≤ 0.5	0 a h/2	-0.9,-0.18
		h/2 a h	-0.9,-0.18
		h a 2h	-0.5,-0.18
		$> 2h$	-0.3,-0.18
	≥ 1.0	0 a h/2	-1.3**, -0.18
		$> h/2$	-0.7,-0.18

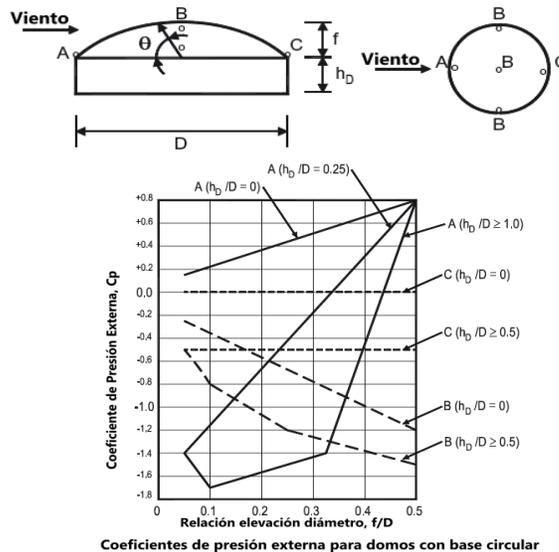
* Valor indicado para usar en interpolaciones.

** El valor puede reducirse linealmente con el área sobre la cual se aplica. Para 10m^2 o menos el factor de reducción es 1, para 25m^2 es 0.9 y para 100m^2 o más 0.8.

Notas:

1. El signo positivo significa presión hacia la superficie, el signo negativo, alejándose de la superficie.
2. Se permite interpolación lineal para otros valores de L/B , h/L y θ diferentes a los mostrados en la tabla. Esta interpolación puede hacerse si los valores tienen el mismo signo, si no los tuvieren debe suponerse igual a 0.
3. Cuando se presentan dos valores de C_p significa que la pendiente del techo a barlovento está sometida tanto a presiones positivas como negativas y que debe diseñarse para las dos condiciones.
4. Para techos de una sola pendiente, la totalidad de la superficie de techo está a barlovento o a sotavento.
5. Para edificaciones flexibles usar el valor apropiado de G_f que corresponda
6. Los valores de (GC_{pi}) deben usarse con q_z o q_h , según sea especificado
7. Se deben considerar dos casos para determinar la presión neta para diseño:
 - a. Valor positivo de (GC_{pi}) aplicado en todas las superficies internas.
 - b. Valor negativo de (GC_{pi}) aplicado en todas las superficies internas.
8. Variables:
 - a. B : dimensión horizontal normal a la dirección del viento.
 - b. L : dimensión horizontal perpendicular a la dirección del viento.
 - c. h : es la altura media del techo (para $\theta \leq 10^\circ$ se toma la altura máxima).
 - d. z : altura sobre el terreno.
 - e. G : efecto de ráfaga.
 - f. q_z, q_h : presión de velocidad.
 - g. θ : ángulo del techo medido desde la horizontal.
9. Para techos con más de 80° de pendiente usar $C_p = 0.8$

Figura A- 2. Coeficientes de presión externa para techos en forma de domo (Adaptado de Ref. 2)



Notas:

- Se deben considerar dos casos de carga:
 - Caso A: El valor de C_p entre A y B, y entre B y C, debe determinarse por medio de una interpolación lineal, a lo largo del arco en el domo, paralelo a la dirección del viento.
 - Caso B: El valor de C_p debe ser el valor constante de A para $\theta \leq 25^\circ$, y debe determinarse por interpolación lineal a partir de 25° a B y de B a C.
- Los valores denotan que C_p debe usarse con q_{h_D+f} , donde h_{D+f} es la altura media hasta la parte superior del domo.
- El signo positivo y negativo significa presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
- C_p es constante en la superficie del domo para los arcos de círculos perpendiculares a la dirección del viento; por ejemplo, el arco que pasa por B-B-B y todos los arcos paralelos a B-B-B.
- Para valores de h_D/D entre los valores listados en las curvas del gráfico, se permite realizar interpolación lineal.
- $\theta=0^\circ$ en cuerda entre puntos A y C, $\theta=90^\circ$ en el punto superior en el centro del domo. f es la distancia entre la cuerda A y C, con respecto, al punto superior en el centro del domo.
- La fuerza cortante horizontal total no debe ser menor que el determinado al obviar las fuerzas de viento en la superficie del techo.
- Para valores de f/D menores a 0.05, utilizar la Figura A- 1.

Figura A- 3: Coeficientes de presión neta, C_N , para techos en voladizo con una sola pendiente (Adaptado de Ref. 2)

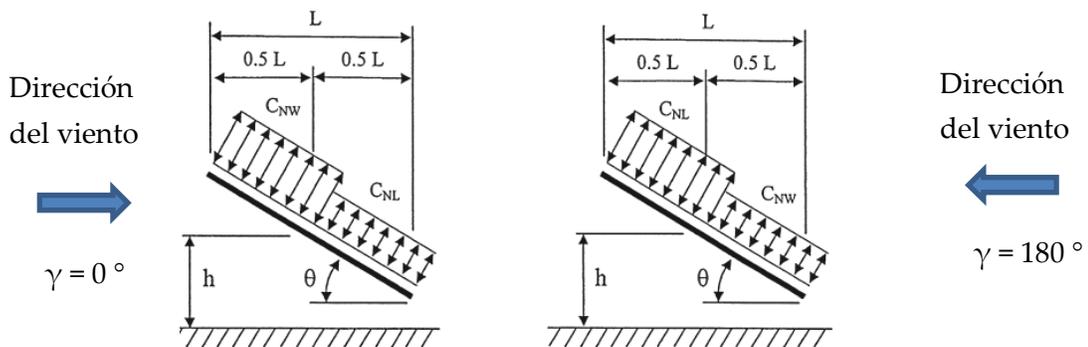


Tabla A- 4: Coeficientes de presión, C_N , para techos en voladizo con una sola pendiente (Adaptado de Ref. 2)

Ángulo del techo θ	Caso de carga	Dirección del viento, $\gamma = 0^\circ$				Dirección del viento, $\gamma = 180^\circ$			
		Flujo viento libre		Flujo de viento obstruido		Flujo viento libre		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
0°	A	1.2	0.3	-0.5	-1.2	1.2	0.3	-0.5	-1.2
	B	-1.1	-0.1	-1.1	-0.6	-1.1	-0.1	-1.1	-0.6

7.5°	A	-0.6	-1	-1	-1.5	0.9	1.5	-0.2	-1.2
	B	-1.4	0	-1.7	-0.8	1.6	0.3	0.8	-0.3
15°	A	-0.9	-1.3	-1.1	-1.5	1.3	1.6	0.4	-1.1
	B	-1.9	0	-2.1	-0.6	1.8	0.6	1.2	-0.3
22.5°	A	-1.5	-1.6	-1.5	-1.7	1.7	1.8	0.5	-1
	B	-2.4	-0.3	-2.3	-0.9	2.2	0.7	1.3	0
30°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8	2.1	2.1	0.6	-1
	B	-2.5	-0.5	-2.3	-1.1	2.6	1	1.6	0.1
37.5°	A	-1.8	-1.8	-1.5	-1.8	2.1	2.2	0.7	-0.9
	B	-2.4	-0.6	-2.2	-1.1	2.7	1.1	1.9	0.3
45°	A	-1.6	-1.8	-1.3	-1.8	2.2	2.5	0.8	-0.9
	B	-2.3	-0.7	-1.9	-1.2	2.6	1.4	2.1	0.4

Notas:

1. C_{NW} y C_{NL} denotan presiones netas (contribución por encima y por debajo de superficie) para la mitad barlovento y sotavento respectivamente.
2. Flujo de viento libre se refiere a un flujo de aire relativamente libre sin obstrucciones o con obstrucciones menores o iguales al 50%. Flujo de viento obstruido se refiere a la existencia de objetos por debajo del techo que inhiben el flujo de viento (obstrucciones mayores al 50%).
3. Para valores de θ entre 7.5° y 45° se permite hacer interpolación lineal. Para valores de θ menores a 7.5°, use los coeficientes de carga para 0°.
4. Signo positivo denota viento en dirección hacia la superficie y signo negativo denota viento saliendo de la superficie.
5. Todos los casos de carga deben ser investigados.
6. Variables:
 - a) L: Dimensión horizontal del techo, medido en la dirección del viento.
 - b) h: altura promedio del techo.
 - c) γ : dirección del viento en grados.
 - d) θ : ángulo del techo medido desde la horizontal.

Figura A- 4: Coeficientes de presión neta para techos a dos aguas libres (Adaptado de Ref. 2)

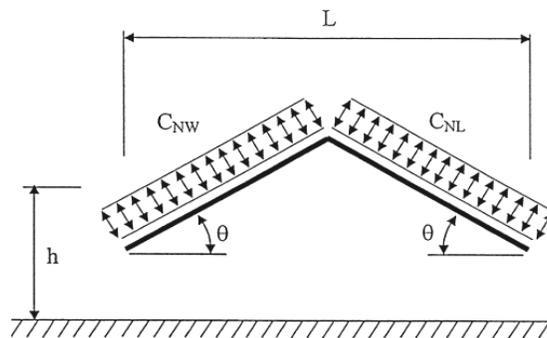


Tabla A- 5: Coeficientes de presión neta para techos a dos aguas libres (Adaptado de Ref. 2)

Ángulo del techo θ	Caso de carga	Dirección del viento, $\gamma = 180^\circ$			
		Flujo viento libre		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
7.5°	A	1.1	-0.3	-1.6	-1
	B	0.2	-1.2	-0.9	-1.7
15°	A	1.1	-0.4	-1.2	-1
	B	0.1	-1.1	-0.6	-1.6
22.5°	A	1.1	0.1	-1.2	-1.2
	B	-0.1	-0.8	-0.8	-1.7
30°	A	1.3	0.3	-0.7	-0.7
	B	-0.1	-0.9	-0.2	-1.1
37.5°	A	1.3	0.6	-0.6	-0.6
	B	-0.2	-0.6	-0.3	-0.9
45°	A	1.1	0.9	-0.5	-0.5
	B	-0.3	-0.5	-0.3	-0.7

Notas:

1. C_{NW} y C_{NL} denotan presiones netas (contribución por encima y por debajo de superficie) para la mitad barlovento y sotavento respectivamente.
2. Flujo de viento libre se refiere a un flujo de aire relativamente libre sin obstrucciones o con obstrucciones menores o iguales al 50%. Flujo de viento obstruido se refiere a la existencia de objetos por debajo del techo que inhiben el flujo de viento (obstrucciones mayores al 50%).
3. Para valores de θ entre 7.5° y 45° se permite hacer interpolación lineal. Para valores de θ menores a 7.5°, use los coeficientes de carga para techos con una sola pendiente.
4. Signo positivo denota viento en dirección hacia la superficie y signo negativo denota viento saliendo de la superficie.
5. Todos los casos de carga deben ser investigados.
6. Variables:
 - a) L: Dimensión horizontal del techo, medido en la dirección del viento.
 - b) h: altura promedio del techo.
 - c) γ : dirección del viento en grados.
 - d) θ : ángulo del techo medido desde la horizontal.

Figura A- 5: Coeficientes de presión neta para techos invertidos libres (Adaptado de Ref. 2)

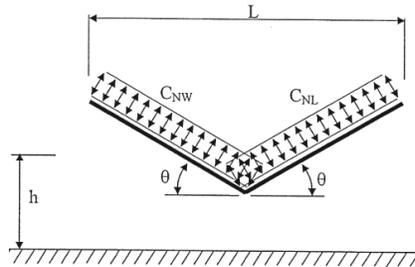


Tabla A- 6: Coeficientes de presión neta para techos invertidos libres (Adaptado de Ref. 2)

Ángulo del techo θ	Caso de carga	Dirección del viento, $\gamma = 180^\circ$			
		Flujo viento libre		Flujo de viento obstruido	
		C_{NW}	C_{NL}	C_{NW}	C_{NL}
7.5°	A	-1.1	0.3	-1.6	-0.5
	B	-0.2	1.2	-0.9	-0.8
15°	A	-1.1	0.4	-1.2	-0.5
	B	0.1	1.1	-0.6	-0.8
22.5°	A	-1.1	-0.1	-1.2	-0.6
	B	-0.1	0.8	-0.8	-0.8
30°	A	-1.3	-0.3	-1.4	-0.4
	B	-0.01	0.9	-0.2	-0.5
37.5°	A	-1.3	-0.6	-1.4	-0.3
	B	0.2	0.6	-0.3	-0.4
45°	A	-1.1	-0.9	-1.2	-0.3
	B	0.3	0.5	-0.3	-0.4

Notas:

1. C_{NW} y C_{NL} denotan presiones netas (contribución por encima y por debajo de superficie) para la mitad barlovento y sotavento respectivamente.
2. Flujo de viento libre se refiere a un flujo de aire relativamente libre sin obstrucciones o con obstrucciones menores o iguales al 50%. Flujo de viento obstruido se refiere a la existencia de objetos por debajo del techo que inhiben el flujo de viento (obstrucciones mayores al 50%).
3. Para valores de θ entre 7.5° y 45° se permite hacer interpolación lineal. Para valores de θ menores a 7.5°, use los coeficientes de carga para techos con una sola pendiente.
4. Signo positivo denota viento en dirección hacia la superficie y signo negativo denota viento saliendo de la superficie.
5. Todos los casos de carga deben ser investigados.
6. Variables:
 - a) L : Dimensión horizontal del techo, medido en la dirección del viento.
 - b) h : altura promedio del techo.
 - c) γ : dirección del viento en grados.
 - d) θ : ángulo del techo medido desde la horizontal.

Figura A- 6: Coeficiente de presión C_f para muros en voladizo y rótulos (Adap. de Ref. 2)



Tabla A- 7: Coeficiente de presión C_f para otras edificaciones (Chimeneas, tanques, equipos en azotea y edificaciones similares) (Adaptado de Ref. 2)

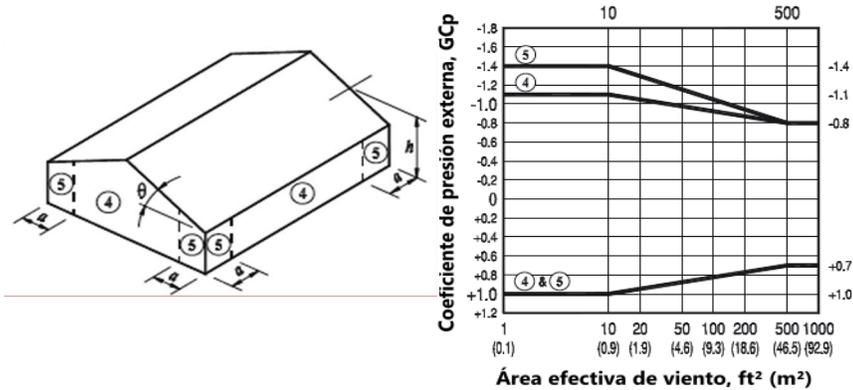
Sección transversal	Tipo de superficie	h/D		
		1	7	25
Cuadrada (viento normal a la cara)	Todas	1.3	1.4	2
Cuadrada (viento a lo largo de la diagonal)	Todas	1	1.1	1.5
Hexagonal u octogonal	Todas	1	1.2	1.4
Redonda $(D\sqrt{q(z)} > 1.7)$	Moderadamente lisa	0.5	0.6	0.7
	Rugosa ($D'/D = 0.02$)	0.7	0.8	0.9
	Muy rugosa ($D'/D = 0.08$)	0.8	1	1.2
Redonda $(D\sqrt{q(z)} \leq 1.7)$	Todas	0.7	0.8	1.2

Notas:

1. La fuerza de diseño debe ser calculada basada en el área de la edificación proyectada en un plano normal a la dirección del viento.
2. Se permite la interpolación lineal para otros valores de h/D no mostrados en la tabla
3. Definición de variables:
 - a) D: diámetro de la sección transversal circular o la menor dimensión proyectada sobre un plano vertical de una sección poligonal (cuadrada, hexagonal, octogonal, etc.) a la elevación en consideración en metros.
 - b) D': profundidad de elementos que sobresalen de la superficie tales como contrafuertes.
 - c) h = altura de la edificación en metros.
 - d) q (z): Presión calculada a la altura z sobre el terreno en kg/m^2 .
4. Para equipos en azotea con una altura promedio menor a 18 m use sección 4.4.2.2

A.2 Sistemas secundarios

Figura A- 7. Coeficiente de presión externa GC_p para paredes (Adaptado de Ref. 2)

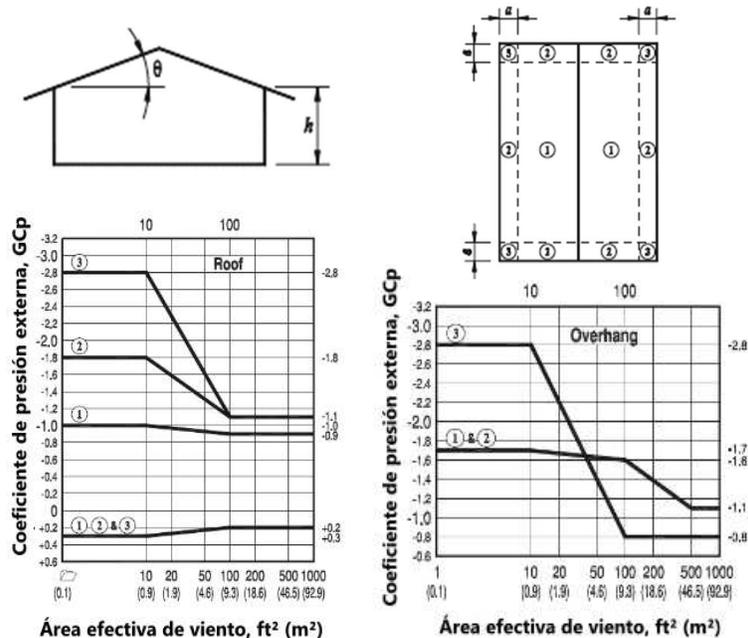


Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Valores de GC_p para paredes debe ser reducido en un 10% cuando $\theta \leq 10^\circ$.
6. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o a 0.9 m.
 - a) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ debe usarse la altura al alero.
 - b) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

Figura A- 8. Coeficientes de presión externa GC_p para techos a dos aguas con $\theta \leq 7^\circ$

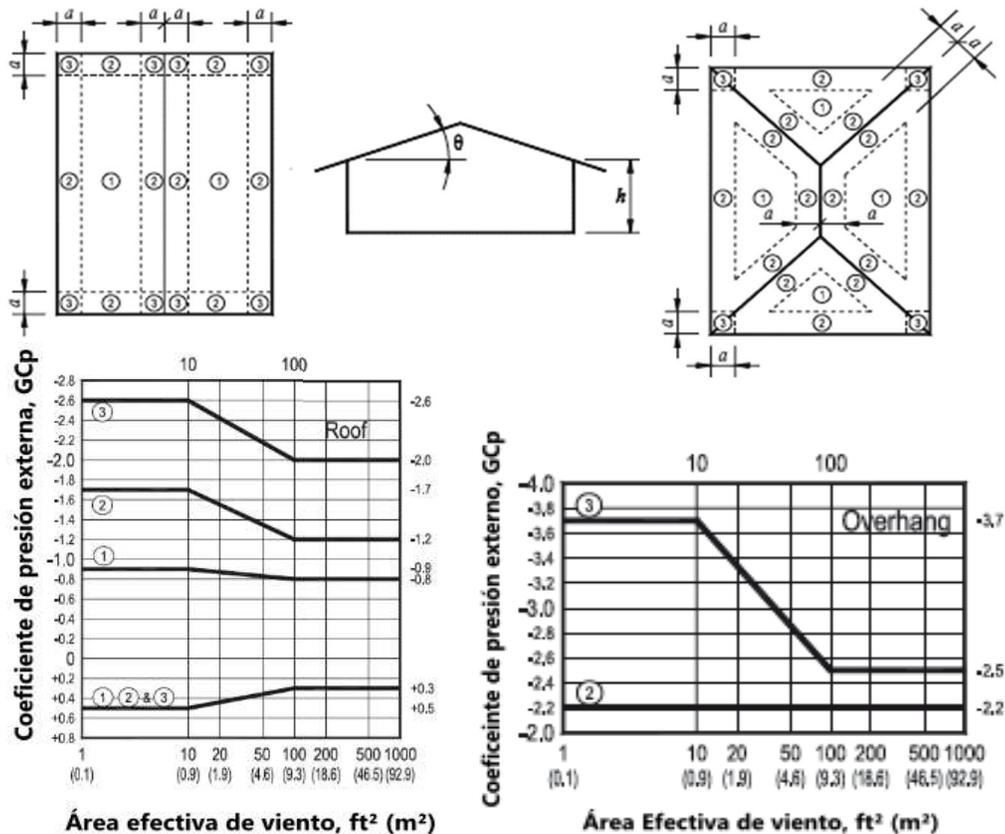
(Adaptado de Ref. 2)



Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Si la altura del parapeto, alrededor del perímetro del techo con $\theta \leq 7^\circ$, es igual o mayor a 0.9 m; los valores negativos de GC_p en la Zona 3 deben ser igual a los de la Zona 2, y los valores positivos de GC_p de la Zona 2 y 3, deben ser iguales a aquellos de las paredes de Zona 4 y 5 (Figura A- 7), respectivamente.
6. Para los aleros del techo, el valor de GC_p incluye contribución a la presión tanto de la superficie superior como de la inferior.
7. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o 0.9 m.
 - b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ se debe usar la altura al alero.
 - c) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

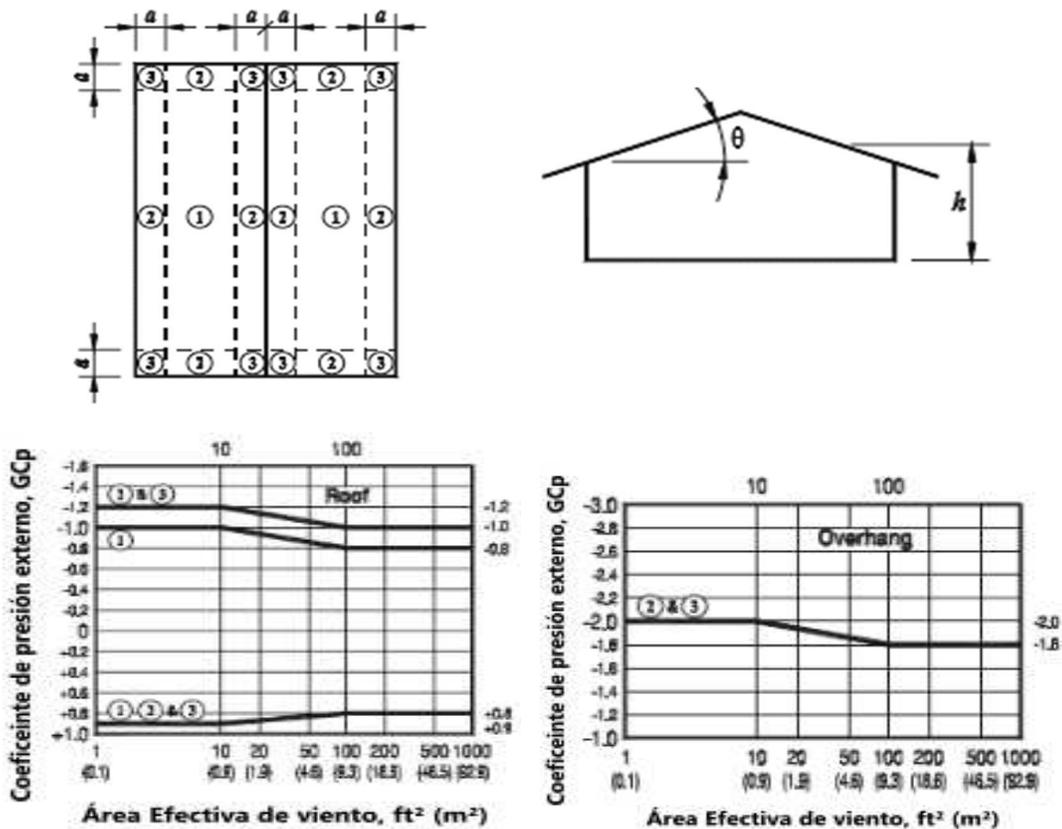
Figura A- 9. Coeficientes de presión externa GC_p para techos a dos aguas con $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$
(Adaptado de Ref. 2)



Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Para los aleros del techo, el valor de GC_p incluye contribución a la presión tanto de la superficie superior como de la inferior.
6. Para techos a cuatro aguas con $7^\circ < \theta \leq 27^\circ$, las franjas de borde y cumbre, los coeficientes de presión para cumbre de techos a dos aguas se deberán aplicar en cada agua.
7. Para techos a cuatro aguas con $\theta \leq 25^\circ$, la Zona 3 debe considerarse como Zona 2.
8. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o a 0.9 m.
 - b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ debe usarse la altura al alero.
 - c) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

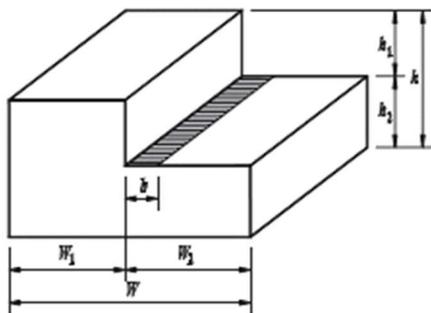
Figura A- 10. Coeficientes de presión externa GC_p para techos a dos aguas con $27^\circ < \theta \leq 45^\circ$ (Adaptado de Ref. 2)



Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Para los aleros del techo, el valor de GC_p incluye contribución a la presión tanto de la superficie superior como de la inferior.
6. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o 0.9 m.
 - b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el ángulo $\theta \leq 10^\circ$ debe usarse la altura al alero.
 - c) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

Figura A- 11. Coeficientes de presión externa GC_p para techos escalonados
(Adaptado de Ref. 2)



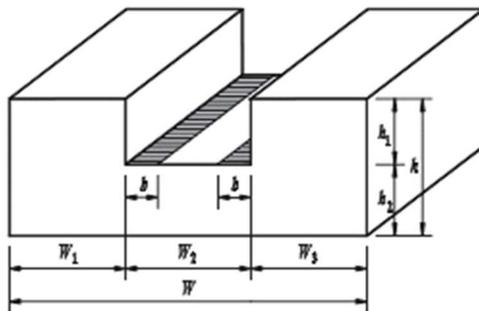
$$h_1 \geq 10 \text{ ft. (3 m)}$$

$$b = 1.5 h_1$$

$$b < 100 \text{ ft. (30.5 m)}$$

$$\frac{h_1}{h} = 0.3 \text{ to } 0.7$$

$$\frac{W_1}{W} = 0.25 \text{ to } 0.75$$

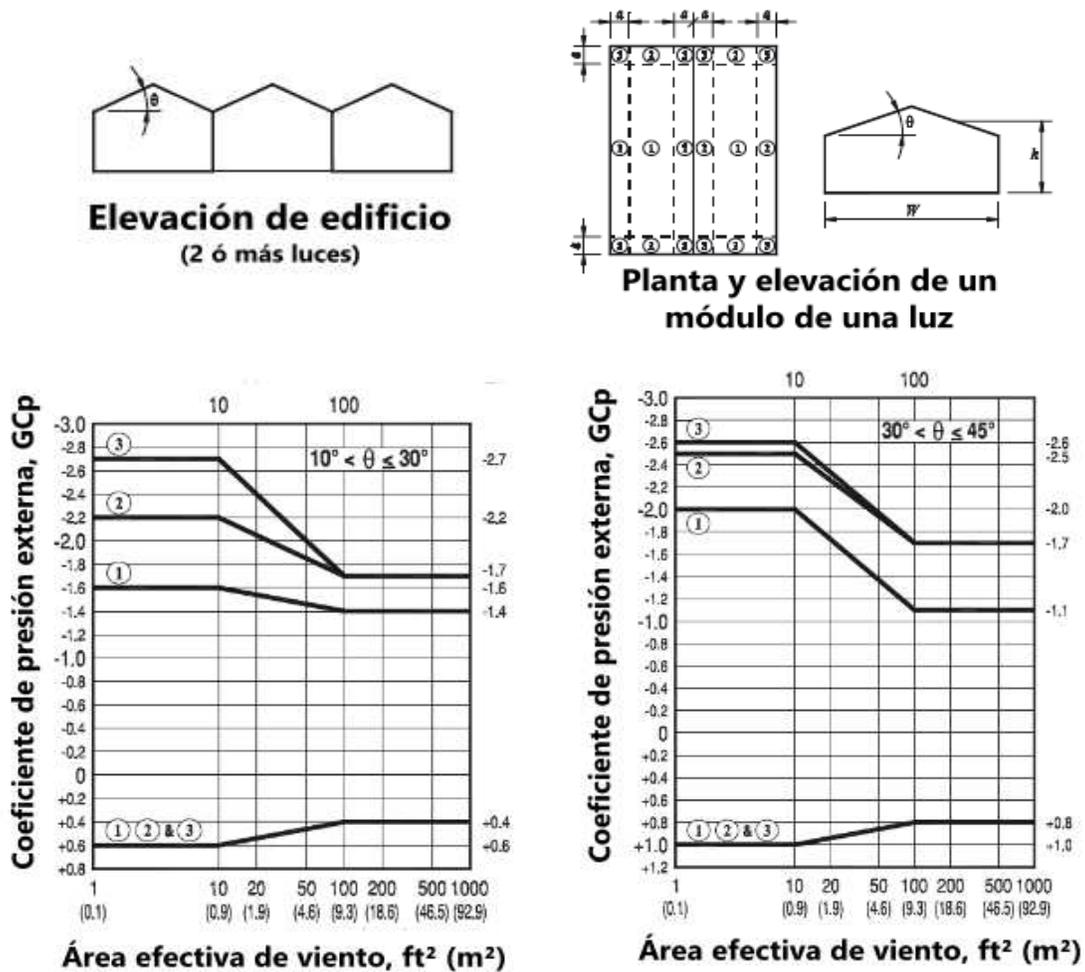


Notas:

1. En el nivel inferior, mostrado en la Figura A- 11, se aplican los coeficientes de presión y zonas designadas en la Figura A- 8, excepto en la intersección de la pared superior con el techo, en donde la Zona 3 debe ser considerada Zona 2, y la Zona 2 debe considerarse como Zona 1. Los valores positivos del GC_p son iguales a las paredes de la Figura A- 7, y debe aplicarse para las áreas achuradas en la Figura A- 11.
2. Notas:
 - a) b : $1.5h_1$ en la Figura A- 11, pero debe ser menor a 30.5 m.

- b) h : Altura media al techo, en metros.
- c) h_i : h_1 o h_2 en la Figura A- 11; $h = h_1 + h_2$; $h_1 \geq 3.1$ m; $h_i/h = 0.3$ a 0.7 .
- d) W : Ancho del edificio en la Figura A- 11.
- e) W_i : W_1 , W_2 o W_3 en Figura A- 11. $W = W_1 + W_2$ ó $W_1 + W_2 + W_3$; $W_i/W = 0.25$ a 0.75 .
- f) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

Figura A- 12. Coeficientes de presión externa GC_p para techos a dos aguas en múltiples luces (Adaptado de Ref. 2)

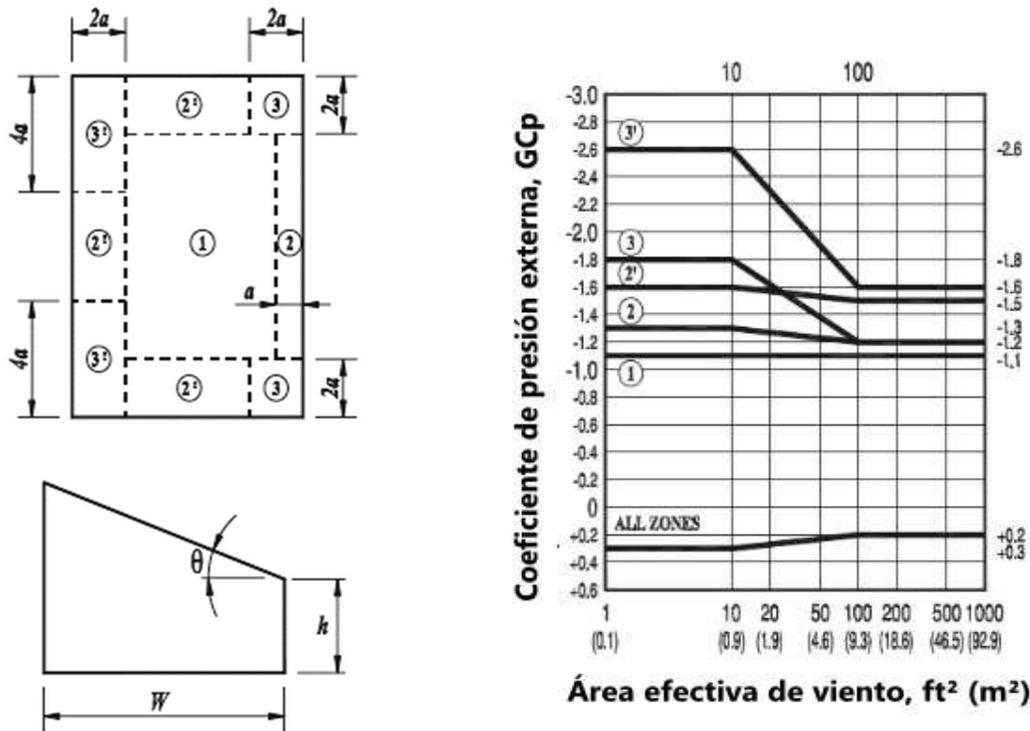


Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Para $\theta \leq 10^\circ$, se debe usar valores de GC_p de la Figura A- 8.
6. Notas:

- a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o a 0.9 m.
- b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ debe usarse la altura al alero.
- c) W : Ancho del edificio de modulo, en metros.
- d) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

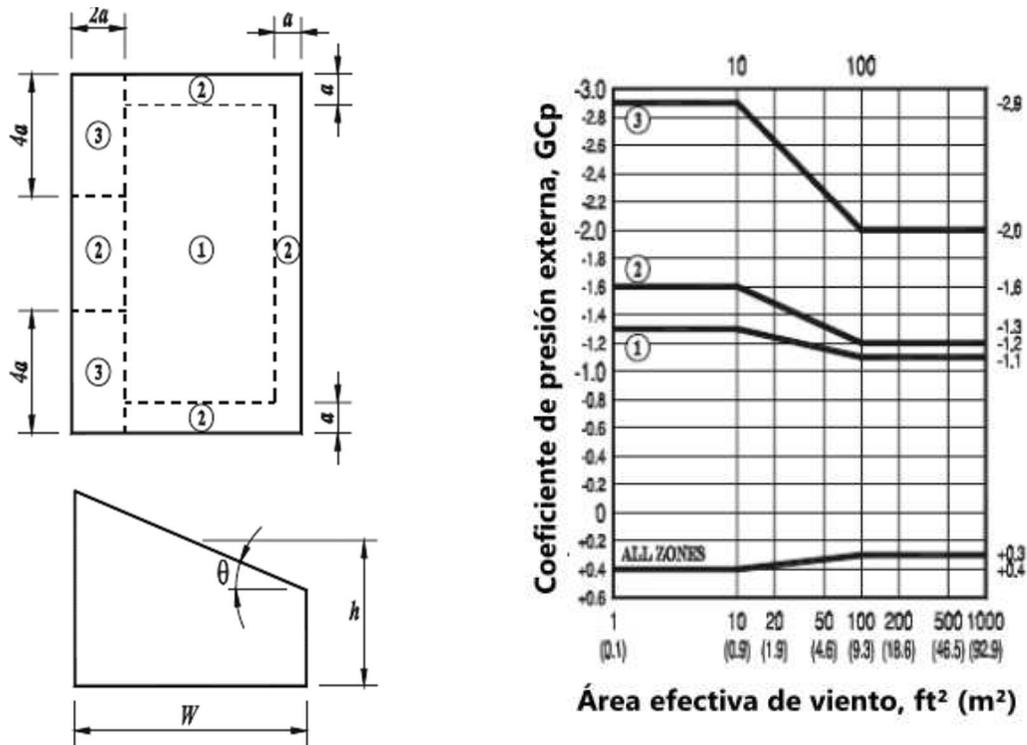
Figura A- 13. Coeficientes de presión externa GC_p para techos de un agua con $3^\circ < \theta \leq 10^\circ$
(Adaptado de Ref. 2)



Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significan presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Para $\theta \leq 3^\circ$, se debe usar valores de GC_p de la Figura A- 8.
6. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o a 0.9 m.
 - b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ debe usarse la altura al alero.
 - c) W : Ancho del edificio, en metros.
 - d) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

Figura A- 14. Coeficientes de presión externa GC_p para techos de un agua con $10^\circ < \theta \leq 30^\circ$ (Adaptado de Ref. 2)



Notas:

1. Escala vertical denota usar GC_p con $q(h)$.
2. Escala horizontal denota área efectiva del viento, en metros cuadrados.
3. El signo positivo y negativo significa presiones actuando hacia la superficie y en dirección contraria a la superficie, respectivamente.
4. Cada componente debe ser diseñado para la presión máxima y mínima.
5. Notas:
 - a) a : Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal o $0.4h$. No puede ser inferior al 4% de la menor dimensión horizontal o 0.9 m.
 - b) h : Altura media al techo, en metros, excepto cuando el $\theta \leq 10^\circ$ se debe usarse la altura al alero.
 - c) W : Ancho del edificio, en metros.
 - d) θ : Ángulo del plano del techo desde el plano horizontal, en grados.

ANEXO B. Efectos de ráfaga

El efecto de ráfaga, G , para *edificaciones rígidas* (edificación cuyo período fundamental es menor o igual a 1 segundo) podrá ser tomado como 0.85.

Para determinar si se trata de *edificaciones flexibles* (edificaciones cuyo período fundamental es mayor a 1 segundo) se debe determinar el período fundamental de la edificación a través de un análisis estructural apropiado. Los *edificios bajos*, se permite que sean definidos como rígidos.

Para edificaciones sensibles dinámicamente o flexibles el factor de efecto de ráfaga puede ser calculado por:

$$G_f = 0.925 \left(\frac{1+1.7I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1+1.7g_v I_z} \right) \quad \text{Ecuación B - 1}$$

g_Q y g_v serán tomados como 3.4 y g_R está dado por:

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600n_1)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600n_1)}} \quad \text{Ecuación B - 2}$$

Q , es la respuesta del entorno y se calcula como:

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1+0.63 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}} \quad \text{Ecuación B - 3}$$

R , es el factor de respuesta resonante y está dado por

$$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47 R_L)} \quad \text{Ecuación B - 4}$$

$$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1+10.3 N_1)^{\frac{5}{3}}} \quad \text{Ecuación B - 5}$$

$$N_1 = \frac{n_1 L_z}{\bar{V}_z} \quad \text{Ecuación B - 6}$$

$$R_\ell = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}) \quad \text{para } \eta > 0 \quad \text{Ecuación B - 7}$$

$$R_\ell = 1 \quad \text{para } \eta = 0 \quad \text{Ecuación B - 8}$$

Donde

n_1 = frecuencia natural de la edificación (Hz)

$R_t = R_h$ estableciendo $\eta = 4.6 n_1 h / \bar{V}_z$

$R_t = R_B$ estableciendo $\eta = 4.6 n_1 B / \bar{V}_z$

$R_t = R_L$ estableciendo $\eta = 15.4 n_1 L / \bar{V}_z$

$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6}$ es la intensidad de turbulencia a una altura \bar{z} .

$L_z = \ell \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\epsilon}}$ es la escala de longitud integral de turbulencia.

\bar{z} es equivalente a la altura de la edificación definida como $0.6h$ pero no menos que z_{min} para todas las alturas h de las edificaciones.

β = razón de amortiguamiento, porcentaje del crítico (i.e. para 5% usar 0.05 en la ecuación).
 h = altura del elemento en análisis.

B = dimensión horizontal de la edificación medida normal a la dirección del viento.

L = dimensión en planta ortogonal a B de la edificación

\bar{V}_z = velocidad media horaria del viento (km/h) a la altura z determinada a partir de la siguiente ecuación:

$$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{\bar{z}}{10} \right)^{\bar{\alpha}} \frac{V}{3.6} \quad \text{Ecuación B - 9}$$

Donde \bar{b} y $\bar{\alpha}$ son las constantes catalogadas en la siguiente tabla:

Tabla B- 1: Variables para la estimación de G para edificaciones flexibles (Adaptado de Ref. 2).

Exposición	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	$z_{min}(m)$	ℓ (m)	c	$\bar{\epsilon}$
B	1/4.0	0.45	9.14	97.54	0.30	1/3.0
C	1/6.5	0.65	4.57	152.4	0.20	1/5.0
D	1/9.0	0.80	2.13	198.12	0.15	1/8.0

V = velocidad básica del viento en km/h

Cuando se tenga una edificación flexible en una categoría de exposición A, debe revisarse con túnel de viento.

ANEXO C. Disposiciones para vivienda unifamiliar

C.1. Generalidades

El propósito de este anexo es establecer los criterios generales obligatorios para la construcción resistente a los efectos del viento de casas de uno y dos pisos. Se entiende como casas, las viviendas unifamiliares, independientes estructuralmente y con un máximo de dos pisos.

Los criterios de este capítulo se limitan al comportamiento ante los efectos del viento, por lo que el profesional responsable del diseño debe complementarlos con la consideración, sobre los elementos estructurales, de los efectos de las cargas verticales y cualesquiera otras cargas como empujes de suelos.

El profesional responsable del diseño puede escoger entre dos opciones para el diseño estructural:

Diseño formal. Se analiza y se diseña la casa como cualquier otra edificación.

Diseño simplificado. Se utilizan una serie de detalles estándar y guías para el diseño de casas, de manera que puedan ser utilizados por profesionales especialistas o no en ingeniería estructural sin necesidad de hacer los cálculos correspondientes.

Para poder utilizar este anexo (diseño simplificado), la casa debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a. El área de construcción total debe ser menor que 200 m², con una altura de piso a nivel superior de viga corona de no más que 3.0 m, con una altura de pared hasta tapichel de no más de 4.2 m y con el número de pisos limitado según la Tabla C- 1.
- b. Los cimientos deben estar apoyados sobre suelo firme, con una capacidad soportante mínima a la falla de 24 t/m². En ninguna circunstancia se acepta que existan estratos compresibles o rellenos mal compactados u otras condiciones de suelo que requieran cimientos profundos o especiales.
- c. Los paños de pared no deben tener una relación de altura sin soporte lateral a espesor mayor que 25.
- d. La longitud mínima total de paredes de altura completa es 0.40 m por cada metro cuadrado de área de construcción en cada planta. La longitud mínima, en cada dirección, de paredes completas es un tercio de la longitud total. La longitud mínima, en cada dirección, de paredes completas que soportan entrepisos es 0.20 m por cada metro cuadrado de área de entrepiso.
- e. Todas las paredes deben tener elementos que les provean estabilidad lateral, con una separación máxima de 6.0 m
- f. El entrepiso de las viviendas de dos pisos debe actuar como un diafragma rígido.
- g. Las paredes estructurales de altura completa bajo el entrepiso deben estar distribuidas con criterios de simetría de manera que controlen el efecto del movimiento torsional en planta.
- h. No deben existir accesorios colocados directamente sobre la edificación. Se supone que la vivienda no posee antenas, chimeneas, parapetos u otros elementos de importancia apoyados sobre ella.
- i. La longitud libre de los aleros de techo no debe ser mayor que 1.0 m.
- j. La pendiente del techo debe ser menor o igual al 20%.
- k. La vivienda no debe estar ubicada en las cercanías de gargantas o cañones profundos, cimas de sierras aisladas (cuando se cumplan las condiciones descritas en la sección 3.3.3), en campo abierto o frente al mar, o sitios similares donde el efecto del viento pueda ser crítico.

C.2. Alcance

Los detalles mostrados en este anexo se pueden aplicar únicamente a los sistemas constructivos y a los límites de altura indicados en la Tabla C- 1.

Para poder usar estos sistemas en viviendas se deben satisfacer todos los incisos de la sección C.1. De lo contrario, debe hacerse un diseño estructural conforme a los requerimientos de los demás capítulos de este documento.

Tabla C- 1: Límites de altura

Sistemas constructivos	Límite de altura para poder usar este capítulo.
a) <i>Mampostería</i> de concreto o arcilla.	2 pisos

b) Concreto reforzado.	2 pisos
c) Sistema con base en paneles o baldosas, horizontales o verticales, de concreto prefabricado. Cerchas alineadas con la ubicación de columnas prefabricadas de manera que exista un elemento que permita transferir las cargas de viento a la cimentación.	1 piso
d) Sistemas con base en de planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o madera.	1 piso
e) Sistemas tipo “emparedado” con base en una malla metálica tridimensional con relleno de poliestireno expandido. Se requiere viga corona de concreto.	1 piso

C.3. Detalles constructivos

A continuación, se presentan las recomendaciones mínimas para los detalles constructivos de las casas.

C.3.1. Cimentaciones

Los sistemas de cimentación para los sistemas constructivos descritos en la Tabla C- 1 deben ser los mismos que los estipulados en el capítulo de “Vivienda Unifamiliar” del Código Sísmico de Costa Rica, en su última edición.

C.3.2. Paredes

Los sistemas de paredes para los sistemas constructivos descritos en la Tabla C- 1 deben ser los mismos que los estipulados en el capítulo de “Vivienda unifamiliar” del Código Sísmico de Costa Rica en su última edición.

Para el sistema con base en planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o madera, se debe colocar un panel de cortante en los extremos de todos los muros perimetrales de la vivienda (ver Figura C01 a C02).

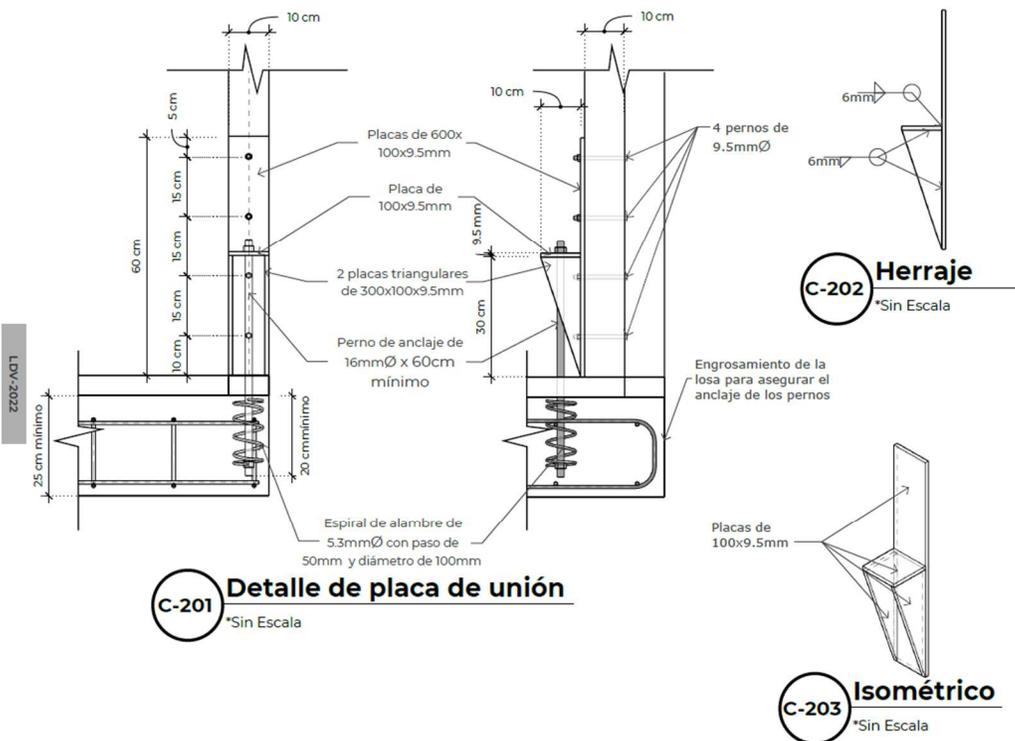
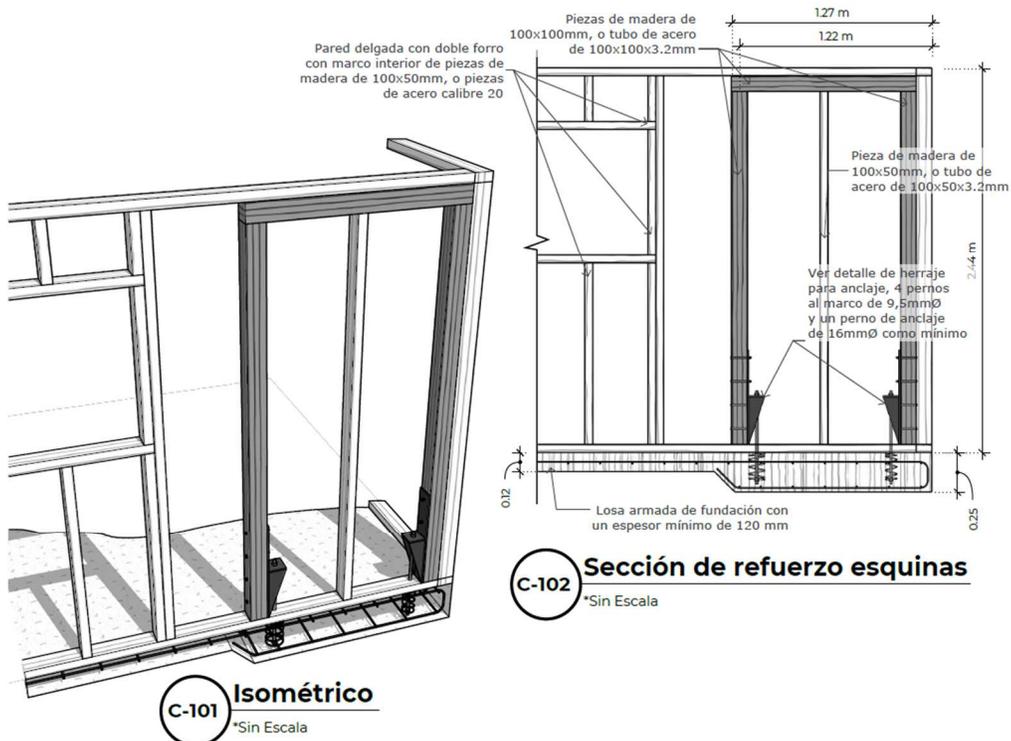
C.3.3. Estabilidad lateral de las paredes

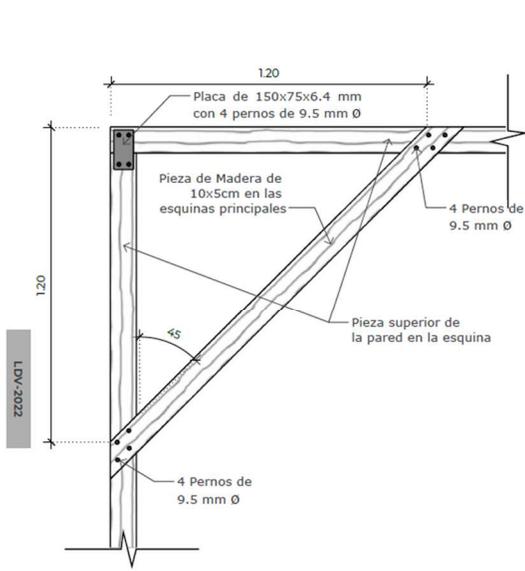
La estabilidad lateral de las paredes para los sistemas constructivos descritos en la Tabla C- 1 debe ser garantizada utilizando los mismos criterios de estructuración y las recomendaciones para las vigas coronas estipulados en el capítulo de “Vivienda unifamiliar” del Código Sísmico de Costa Rica en su última edición.

Para el sistema con base en planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o madera, se debe colocar una riostra en diagonal en las esquinas extremas de todos los muros perimetrales de la vivienda (ver la Figura C03).

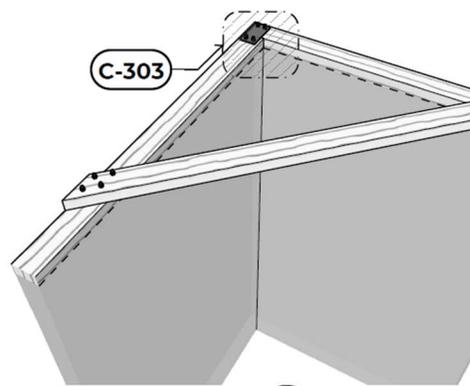
C.3.4. Fijación de estructura de techo a paredes.

Los detalles mínimos recomendados para los sistemas constructivos descritos en la Tabla C- 1 se presentan en la Figura C04 a Figura C015.

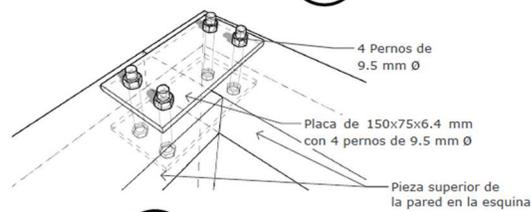




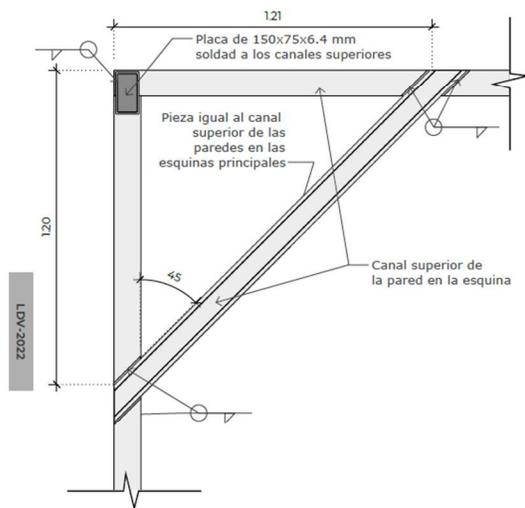
C-301 Vista en planta
*Sin Escala



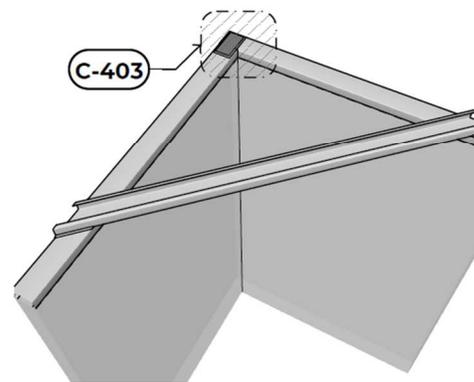
C-302 Isométrico
*Sin Escala



C-303 Detalle de placa de unión
*Sin Escala



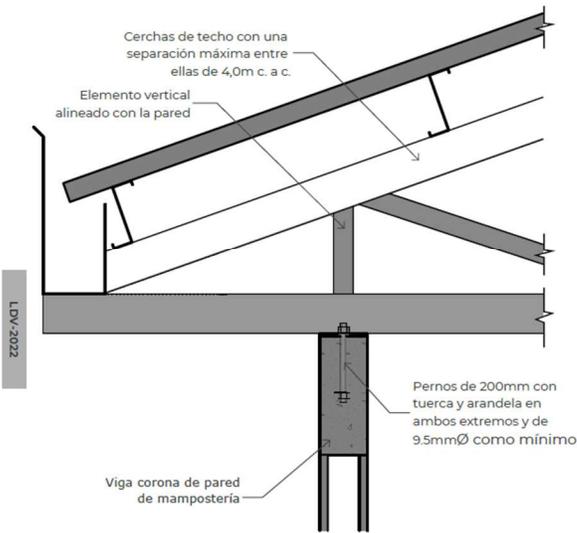
C-401 Vista en planta
*Sin Escala



C-402 Isométrico
*Sin Escala



C-403 Detalle de placa de unión
*Sin Escala



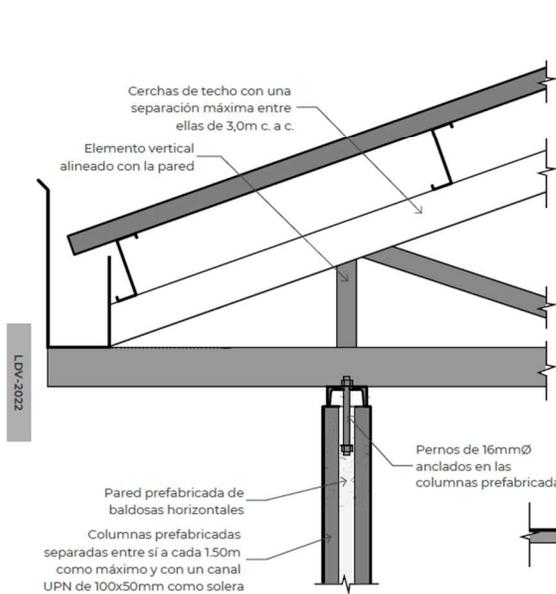
C-501 Detalle apoyo cercha
*Sin Escala



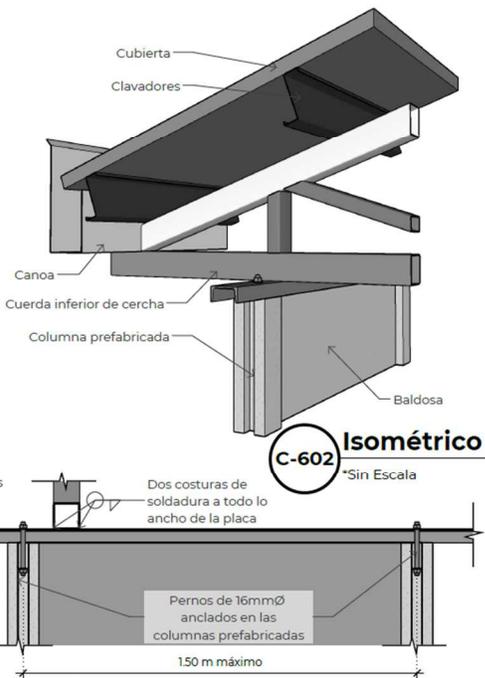
C-503 Detalle de placa
*Sin Escala



C-502 Isométrico
*Sin Escala

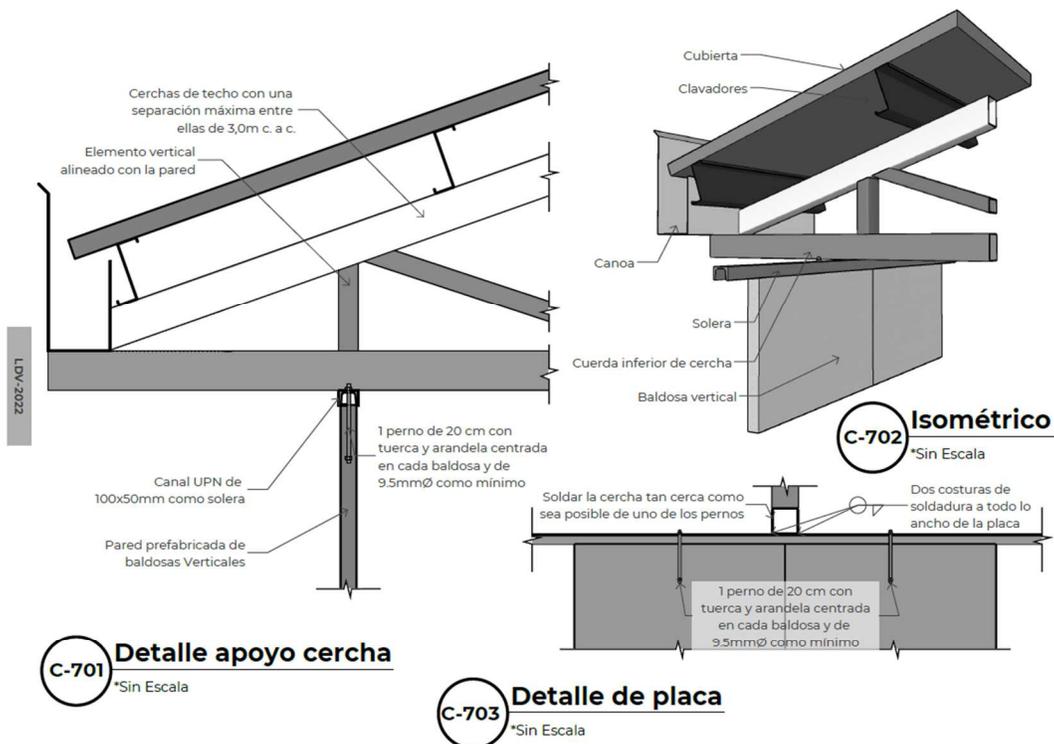


C-601 Detalle apoyo cercha
*Sin Escala

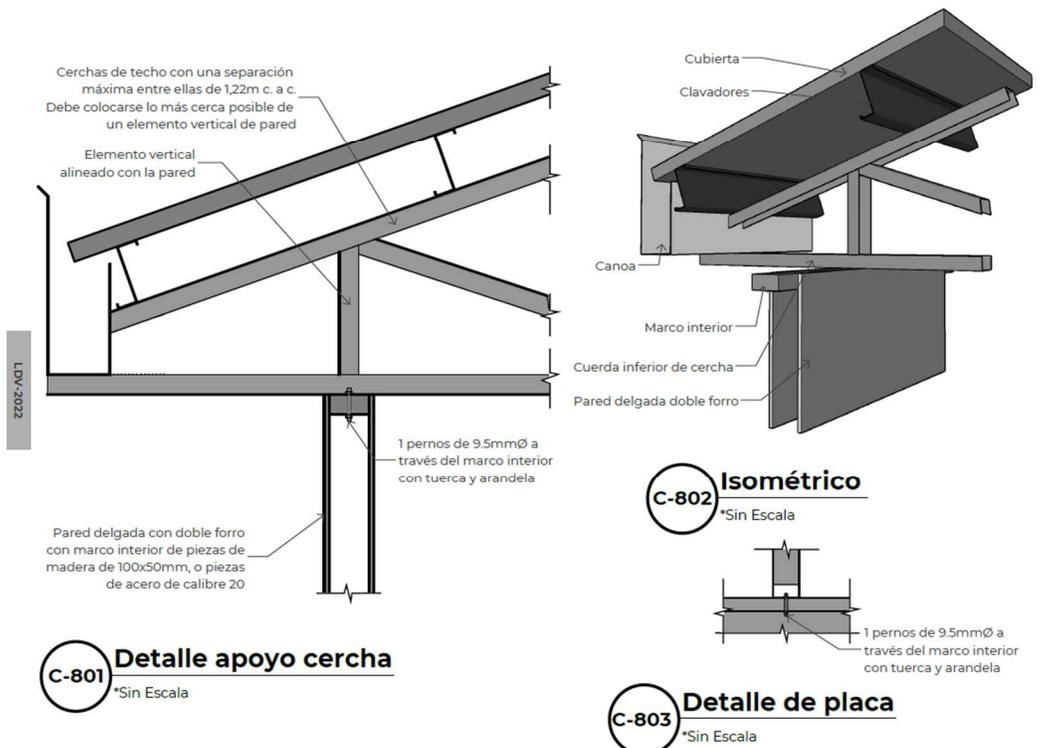


C-602 Isométrico
*Sin Escala

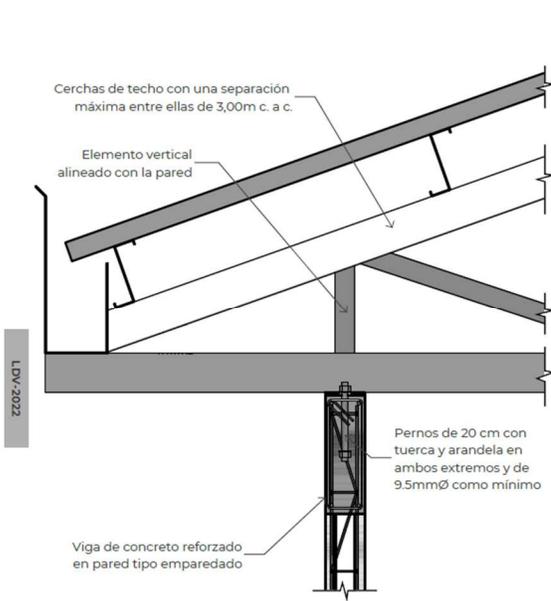
C-603 Detalle de placa
*Sin Escala



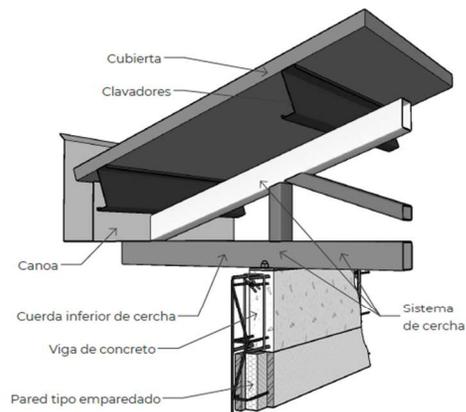
2022 Figura C07. Detalle de apoyo de cercha en pared prefabricada de baldosas verticales | LINEAMIENTOS DE VIENTO L 07



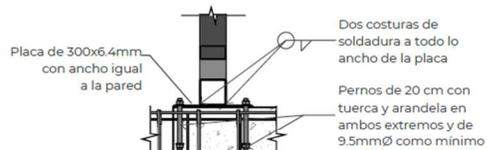
2022 Figura C08. Detalle de apoyo de cercha en pared delgada a doble forro | LINEAMIENTOS DE VIENTO L 08



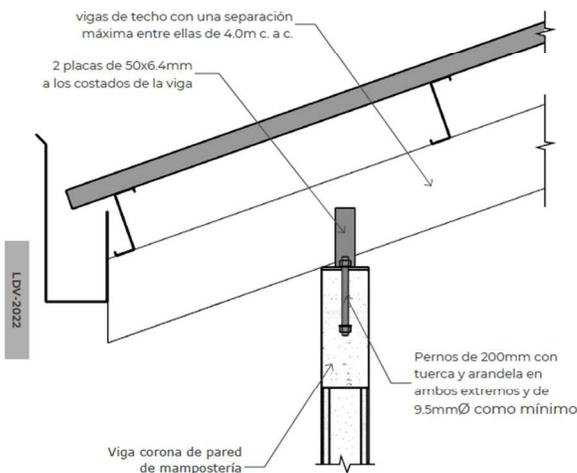
C-901 **Detalle apoyo cercha**
*Sin Escala



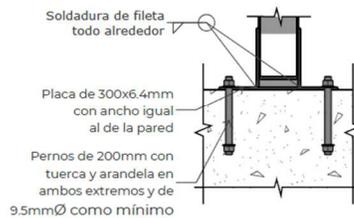
C-902 **Isométrico**
*Sin Escala



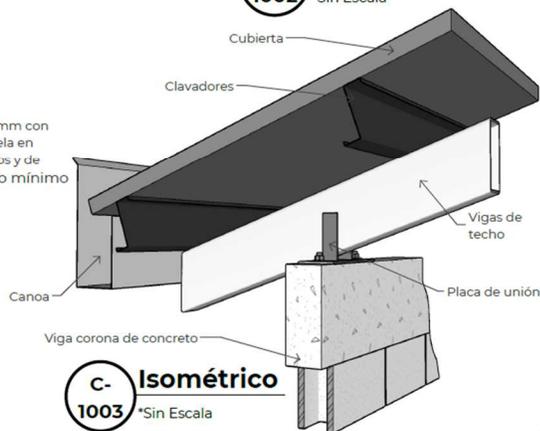
C-903 **Detalle de placa**
*Sin Escala



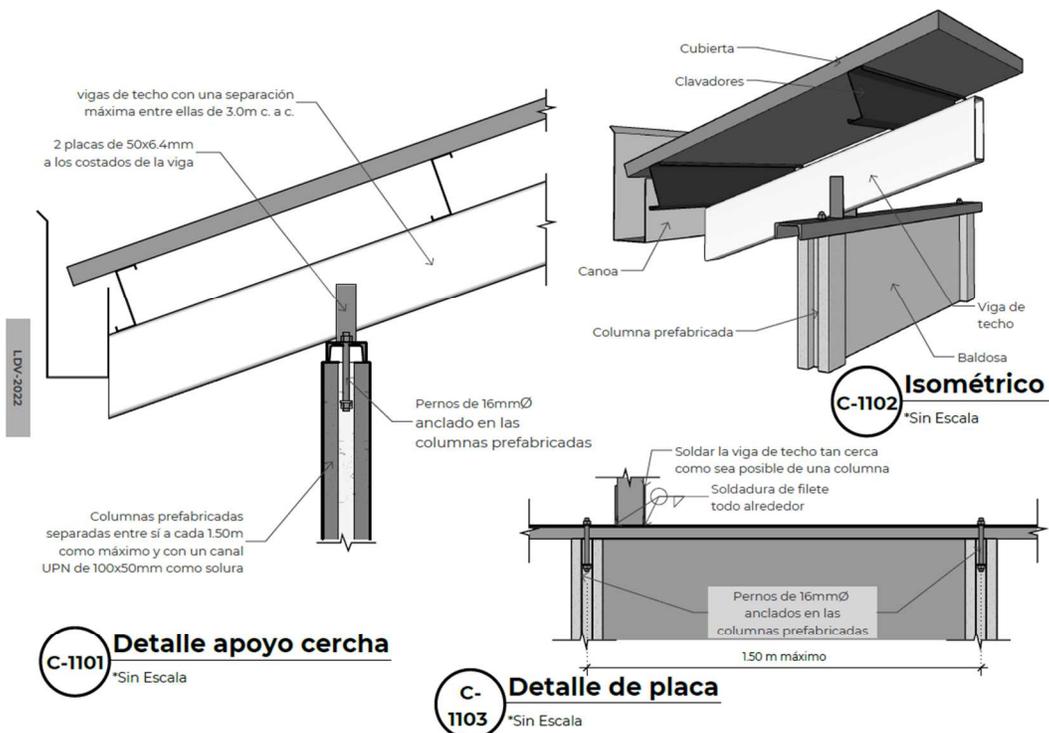
C-1001 **Detalle apoyo cercha**
*Sin Escala



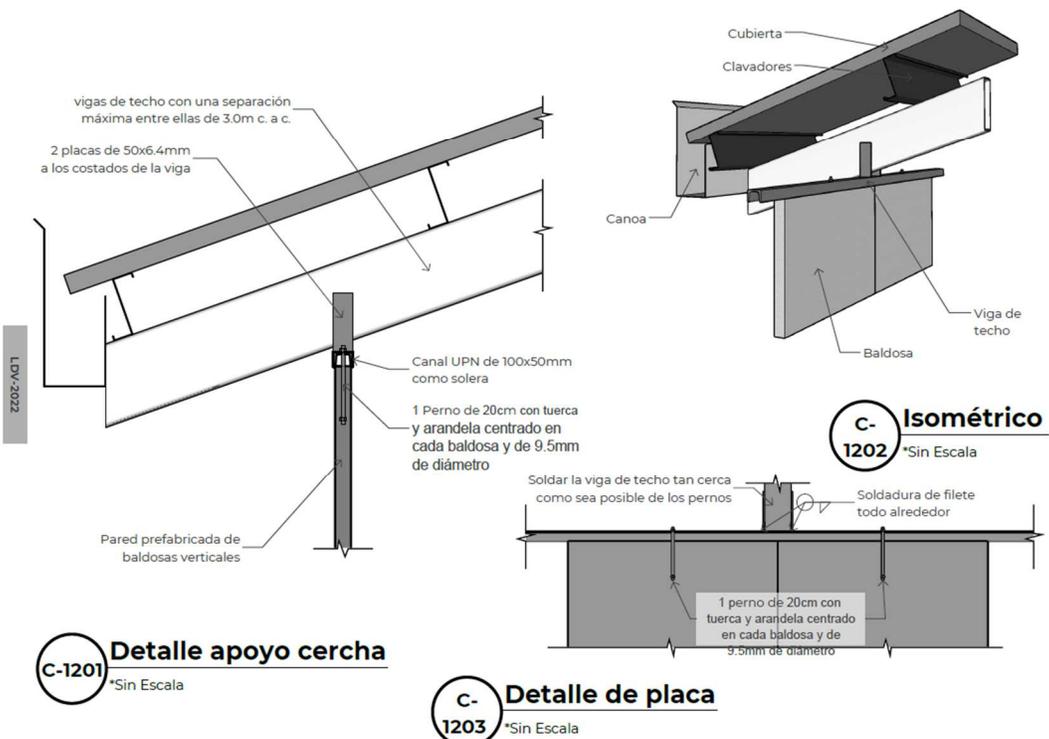
C-1002 **Detalle de placa**
*Sin Escala



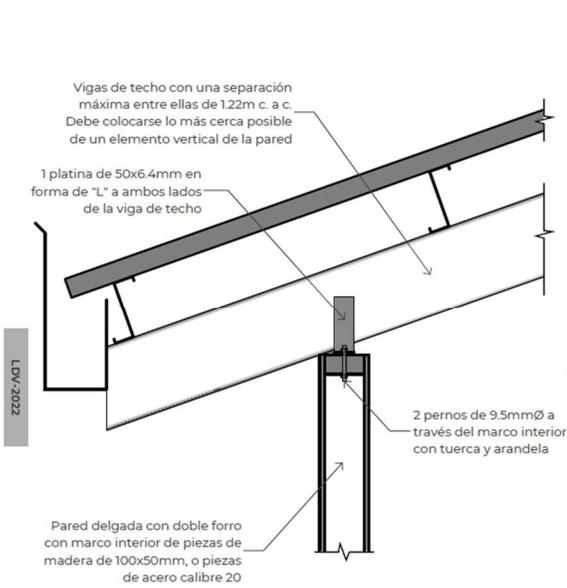
C-1003 **Isométrico**
*Sin Escala



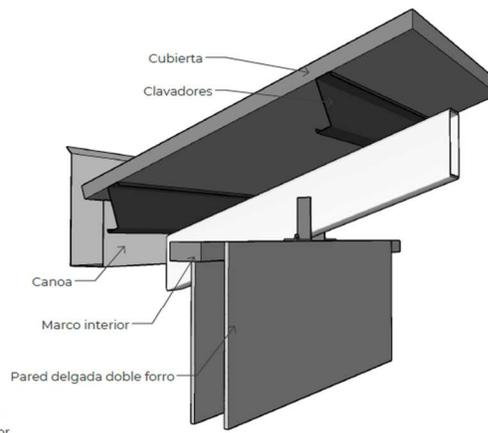
2022 Figura C11. Detalle de apoyo de viga de techo en pared prefabricada de baldosas horizontales | LINEAMIENTOS DE VIENTO | L 11



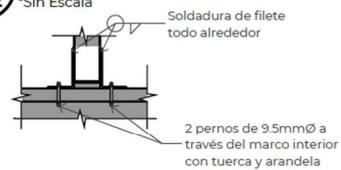
2022 Figura C12. Detalle de apoyo de viga de techo en pared prefabricada de baldosas verticales | LINEAMIENTOS DE VIENTO | L 12



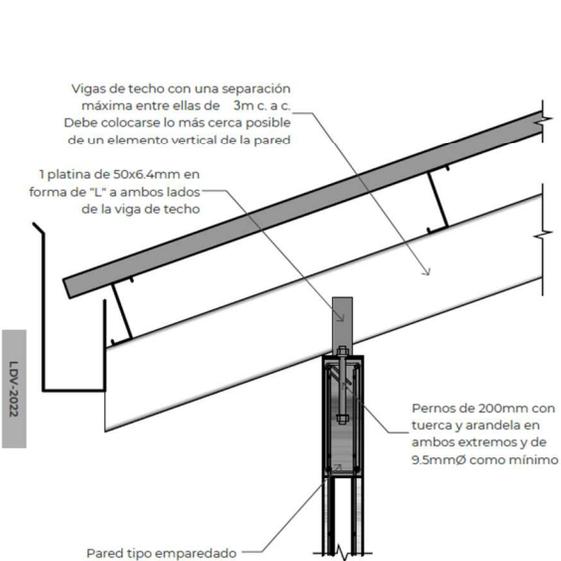
C-1301 **Detalle apoyo cercha**
*Sin Escala



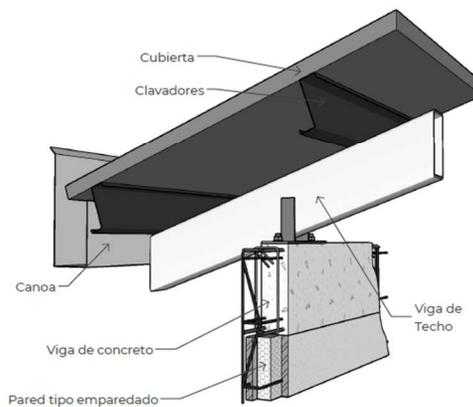
C-1302 **Isométrico**
*Sin Escala



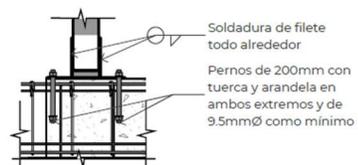
C-1303 **Detalle de placa**
*Sin Escala



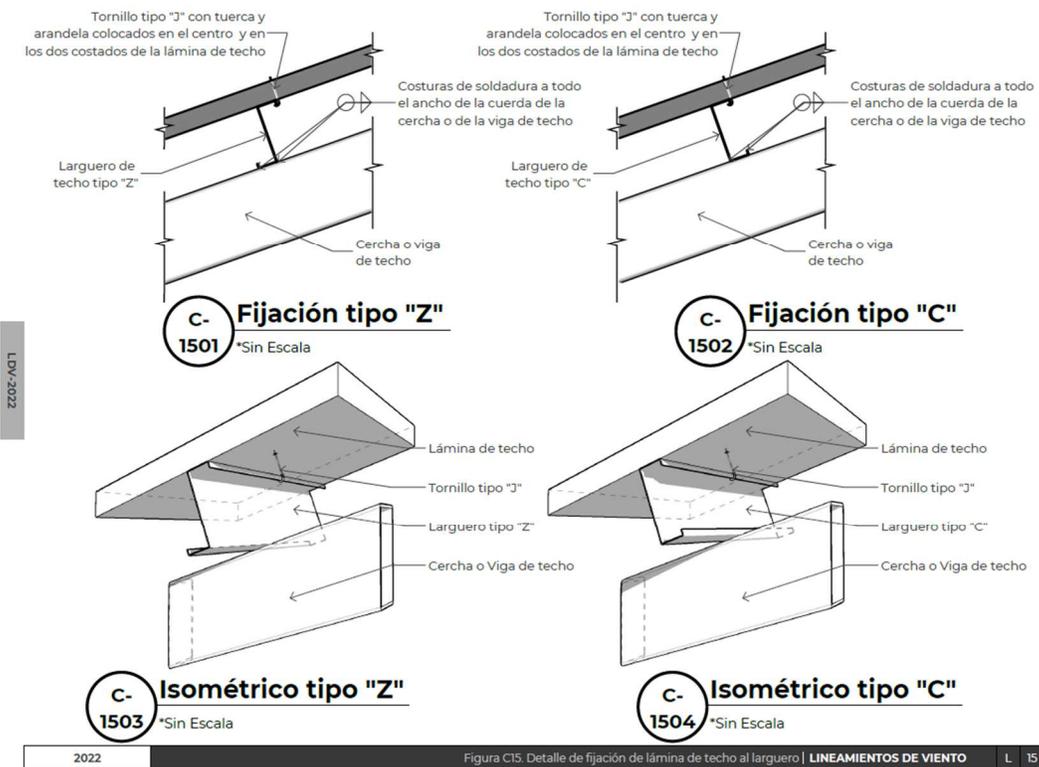
C-1401 **Detalle apoyo cercha**
*Sin Escala



C-1402 **Isométrico**
*Sin Escala



C-1403 **Detalle de placa**
*Sin Escala



ANEXO D. Glosario

A

Altura de presión mínima

Altura por debajo de la cual la presión de viento se considera constante.

Armaduras de celosía

Armadura conformada por vigas de alma abierta compuesta por barras verticales rígidas, a modo de celosía, que conecta los cordones superior e inferior, sin barras diagonales.

Aspectos topográficos especiales

Condiciones topográficas que no se clasifican dentro de las condiciones descritas en la sección 3.3.3

B

Barlovento

Dirección de donde viene el viento con respecto a un punto o lugar determinado.

C

Capa límite

Representa el estrato de aire sujeto a la influencia de la rugosidad de la superficie terrestre

Cargas de servicio

Nivel de demanda asociado a una intensidad baja y a los períodos de retorno indicados en la Tabla 6-1.

Cerro (3-D)

Elevación de tierra aislada que para ser representada requiere los 3 ejes de dirección.

Coefficiente de direccionalidad

Valor con el que se considera la probabilidad de ocurrencia simultánea de la máxima velocidad del viento en todas las direcciones de análisis.

Coefficiente de exposición

Valor con el que se consideran los efectos de rugosidad del terreno determinados por la topografía natural, vegetación o construcciones.

Coefficiente de recurrencia

Valor que permite estimar la velocidad del viento para un período de retorno diferente a 50 años.

Componentes no estructurales

Componentes de la edificación que no forman parte del sistema resistente a fuerzas de viento pero que debe resistir las fuerzas correspondientes a las acciones por viento de manera que se garantice su integridad.

E

Edificaciones flexibles

Edificaciones o estructuras cuyo periodo fundamental es mayor que 1 segundo

Edificaciones rígidas

Edificación o estructura cuyo período fundamental es menor o igual que 1 segundo.

Edificios bajos

Edificios cerrados o parcialmente cerrados que cumplan con las siguientes condiciones

- 1) Altura media de la cubierta (h) menor o igual que 18m y 2) Altura media de la cubierta (h) no excede la menor dimensión horizontal del edificio

Envolvente

Elemento que envuelve o encierra perimetro de una edificación.

Escarpe (2-D)

Inclinación en el terreno que puede ser descrito con solo 2 ejes de dirección.

Estados límite de servicio

Estado límite que de sobrepasarse produce un daño moderado en extensión y costo pero sin considerarse un riesgo inminente a corto plazo.

F

Forma regular

Un edificio u otra estructura que no tiene una irregularidad geométrica inusual en su forma espacial.

Fuerzas funcionales tangenciales

Acción del viento que genera fuerzas paralelas a la superficie.

L

Literatura reconocida

Investigaciones publicadas y documentos técnicos aprobados.

Longitud de exposición

Longitud más allá de la huella de la estructura analizada, dentro de la cual se evalúa la rugosidad del terreno.

N

Nivel de desempeño último

Nivel de desempeño relacionado con la respuesta de los componentes estructurales y no estructurales ante la acción de las cargas últimas.

O

Objetivos de desempeño

Es el par definido por un determinado nivel de demanda por viento en el sitio y el correspondiente nivel de desempeño esperado en la edificación. Los objetivos de desempeño del código están definidos en el inciso 2.5.1.

Otras estructuras

Muros en voladizo, rótulos, chimeneas, tanques, torres.

P

Período de retorno

Es el inverso de la probabilidad de excedencia de un evento determinado en un año cualquiera.

Probabilidad de excedencia

Probabilidad de que el evento de diseño sea excedido durante la vida útil de la estructura.

R

Razón de deriva

Razón de desplazamiento relativo de cualquier nivel con respecto al nivel adyacente inferior (Δv_i) dividido por la altura entre estos niveles (H_i).

Resistencia de diseño

Es la resistencia del elemento o conexión determinada como el producto de la resistencia nominal y el factor de reducción de resistencia f .

Resistencia nominal

Es la resistencia o capacidad de los elementos o componentes determinada analíticamente a partir de las resistencias nominales de sus materiales y las dimensiones de su sección transversal, mediante principios aceptados de mecánica estructural.

Resistencia requerida

Es la resistencia necesaria del elemento o conexión determinada por medio del análisis estructural usando las cargas factorizadas y las combinaciones de carga crítica, o cualquier otra resistencia requerida a lo largo de este documento

Revestimiento

Hace referencia a lo que protege al edificio del exterior
muros, paredes livianas, ventanas, puertas, cubiertas de techo.

Rugosidad

Descripción del contorno del terreno (orografía) y/o de los obstáculos en él. Las velocidades de viento se ven afectadas por la fricción con la superficie terrestre.

S

Señales abiertas

Señales con aberturas considerables por las que el viento pueda pasar a través.

Señales macizas

Señales sin aberturas por las que el viento pueda pasar a través y de tamaño considerable.
Sierra (2-D)

Prominencia del terreno que puede ser descrita con solo 2 ejes de dirección.

Sistema primario

Sistema estructural principal resistente a las fuerzas de viento

Sistema principal resistente a la fuerza de viento

Se refiere a todos los elementos y componentes del sistema estructural que contribuyen a la resistencia y estabilidad de la edificación ante carga de viento.

Sotavento

Sector opuesto a la dirección donde sopla el viento, en relación a un cierto punto.

T

Techos arqueados

Techos en forma de arco.

V

Velocidad básica del viento

Velocidad de ráfaga de 3 segundos medida a una altura de 10 metros sobre el terreno en un sitio con categoría de exposición C para un período de retorno de 50 años.

Vida útil esperada

Periodo de tiempo donde se evalúa la demanda

Viento arriba

Se dice que un punto está viento arriba si está situado en una sección anterior a la sección considerada, en la dirección contraria a la corriente de viento.

Z

Zonas de transición

En las categorías de exposición, zonas que pueden ser clasificadas dentro de dos o más tipos de rugosidades.

Simbología

Capítulo 2

Objetivos de desempeño

T_R = período de retorno

PE = probabilidad de excedencia

N = vida útil esperada

NDS = nivel de desempeño de servicio

NDU = nivel de desempeño último

Capítulo 3

Demanda por viento

V_b = velocidad básica de viento, en km/h

q_b = presión básica de viento, en kg/m^2

z = altura a la cual se evalúa la presión de viento medida a partir de la superficie del terreno en m

$q(z)$ = presión de viento a la altura z , en kg/m^2

$C_e(z)$ = *coeficiente de exposición* que varía con la altura z

C_r = coeficiente de recurrencia

C_t = coeficiente topográfico

C_d = coeficiente de direccionalidad

z_{ge} = altura de la *capa límite*, en metros.

α_e = parámetro de rugosidad

$z_{min,e}$ = altura de presión mínima, en metros.

L_{exp} = longitud de exposición, en metros.

h = altura de la estructura medida desde el terreno hasta la altura promedio del techo, en metros.

H = altura del escarpe, cerro o sierra relativo al terreno hacia barlovento, en metros.

L_h = distancia de la cima hacia barlovento hasta donde la diferencia de altura del terreno es la mitad de la altura del cerro o escarpe, en metros.

C_1 = factor para tomar en cuenta las características topográficas y el efecto del máximo aumento de velocidad.

C_2 = factor para tomar en cuenta la reducción del aumento de velocidad en función de la distancia a barlovento o sotavento de la cima.

C_3 = factor para tomar en cuenta la reducción del aumento de velocidad en función de la altura sobre el terreno en donde está ubicada la edificación.

x = distancia (hacia barlovento o sotavento) desde la cima hasta la edificación, en metros.

μ = factor de atenuación horizontal.

γ = factor de atenuación vertical.

Capítulo 4

Acciones de viento

p = presión neta de diseño, en kg/m^2

C_p = coeficiente de presión externa o factor de forma

q_i = presión interna de diseño, en kg/m^2

q_h = presión para diseño evaluada en $z = h$

C_{pi} = coeficiente de presión interna

G = factor efecto de ráfaga

B = dimensión horizontal de la edificación medida normal a la dirección del viento.

Capítulo 5

Combinaciones de carga y factores de participación

CP = Efecto de las cargas permanentes.

CT = Efecto de las cargas temporales, sin la reducción indicada en el CSCR vigente

CTred = Efecto de las cargas temporales (excluyendo las cargas de techo), con la reducción fR

CTt = Efecto de las cargas temporales de techo.

CV = Efecto de las cargas de viento.

f_1 = factor de escala de las cargas gravitacionales según inciso 5.2.

f_2 = factor de escala de las cargas de empuje según inciso 5.2.

f_R = factor de reducción de carga temporal según inciso 5.2.

Capítulo 6

Consideraciones de seguridad y servicio

Δv_i = deriva o desplazamiento relativo horizontal entre el nivel i y el nivel adyacente inferior debido a la acción del viento.

H_i = altura entre niveles de la edificación

$\Delta v_i/H_i$ = razón de deriva

Anexo A

Coefficientes de presión externa

B = dimensión en planta de la estructura según la Figura A- 1.

L = dimensión en planta ortogonal a B de la edificación según la Figura A- 1.

θ = ángulo del techo medido desde la horizontal

D = diámetro del domo.

h_D = altura mínima del domo.

f = altura máxima del domo medida por encima de h_D .

C_N, C_{NW}, C_{NL} = coeficientes de presión neta para techos en voladizo del sistema primario.

Los subíndices W y L denotan presiones en barlovento y sotavento respectivamente.

γ = dirección del viento, en grados.

s = dimensión vertical del rótulo de acuerdo con la Figura A-6

h = altura del elemento en análisis.

ε = razón de área sólida con área gruesa.

L_r = dimensión horizontal de la esquina de retorno en metros.

D = diámetro de la sección transversal circular o la menor dimensión proyectada sobre un plano vertical de un tanque poligonal (cuadrado, hexagonal, octogonal, etc.) a la elevación en consideración en metros.

D' = profundidad de elementos que sobresalen de la superficie tales como contrafuertes.

b = 1.5h1 de acuerdo con la Figura A- 10

h_i = h_1 ó h_2 según la Figura A- 10

W = ancho del edificio según las Figura A- 11 , Figura A- 12 y Figura A- 13.

W_i = W_1, W_2 ó W_3 porciones del ancho de la edificación según la Figura A- 11.

a = Valor menor entre el 10% de la menor dimensión horizontal ó 0.4h.

Anexo B

Efectos de ráfaga

Q = respuesta del entorno.

R = factor de respuesta resonante.

n_1 = frecuencia natural de la edificación (Hz).

I_z = intensidad de turbulencia a una altura \bar{z} .

L_z = escala de longitud integral de turbulencia.

\bar{z} = equivalente a la altura de la edificación definida como $0.6h$ pero no menos que z_{\min} para todas las alturas h de las edificaciones.

β = razón de amortiguamiento, como porcentaje del crítico.

\bar{V}_z = velocidad media horaria del viento (km/h) a la altura z

ANEXO D. Normativa Complementaria

1. Código Sísmico de Costa Rica, Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica, Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2010
2. ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2010.
3. Eurocódigo 1 Bases de Proyecto y Acciones en Edificaciones, Asociación Española de Normalización y Certificación, 1998.

Rige a partir de su publicación.

Ing. Guillermo Carazo, Director Ejecutivo CFIA.—1 vez.—O. C. N° 086-2023.—
Solicitud N° 414434.—(IN2023724763).