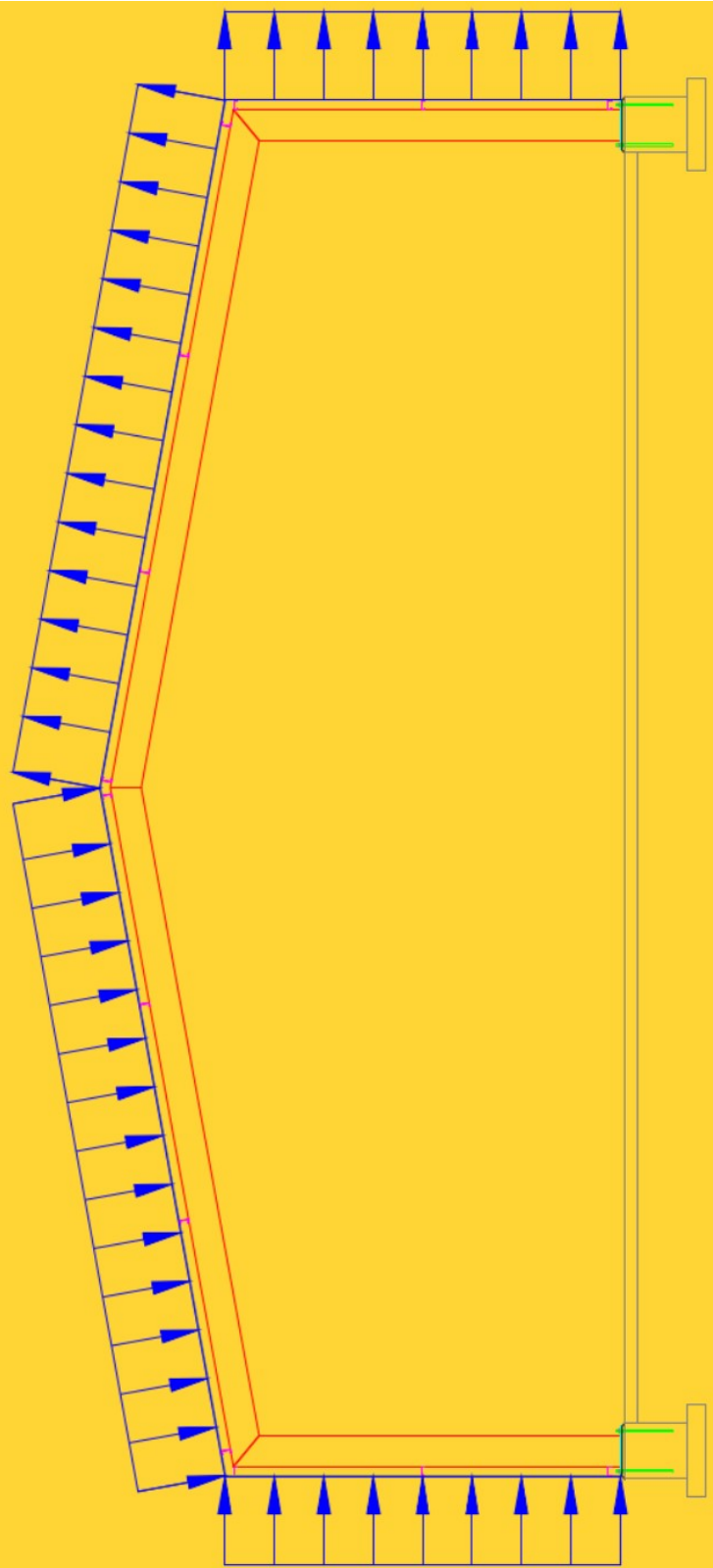


FUERZA DE VIENTO SOBRE NAVES INDUSTRIALES DE ACERO

NCh 432

NOVIEMBRE, 2022



NCh 432 Of2010

Diseño Estructural - Cargas de viento

ANGEL MANRIQUE

Ingeniero Civil Especialista en Estructuras

INDICE

03

INTRODUCCIÓN

03

OBJETIVO

03

BASES PARA EL DISEÑO

04

CALIDAD DE LOS MATERIALES

04

GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

06

SOBRECARGA MUERTA

06

VELOCIDAD BÁSICA DE VIENTO

07

CLASIFICACIÓN DE RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE

08

EFFECTOS TOPOGRÁFICOS

10

FACTOR DE DIRECCIONALIDAD

10

FACTOR DE IMPORTANCIA

10

DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES

11

FACTOR DE EFECTO DE RÁFAGA

13

COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERNA

14

COEFICIENTE DE PRESIÓN INTERNA

16

FUERZA DE VIENTO

01 INTRODUCCION

Las estructuras sometidas a la acción del viento pueden sufrir daños totales o parciales. Generalmente lo primero que se ve afectado por este fenómeno es la techumbre, que es la parte más vulnerable de un edificio con respecto al viento. Estos pueden ser levantados por las fuertes succiones. Los revestimientos de las fachadas y muros de las edificaciones pueden ser afectados por el empuje del viento.

La acción del viento genera cargas que influyen en la estructura, las cuales deben ser contempladas para garantizar la estabilidad y evitar deformaciones excesivas que impidan a la estructura desarrollar sus funciones de diseño.

Uno de los parámetros clave para determinar la fuerza del viento sobre las edificaciones es la velocidad del viento. Esta depende de múltiples factores, entre los más importantes están: La rugosidad del terreno, la altura sobre este a la que se mida, las características topográficas del lugar y su localización geográfica.

Los accidentes topográficos como colinas y escarpes introducen cambios en su dirección y velocidad, además de generar turbulencias. La magnitud de estos efectos depende del tamaño, la frecuencia y la disposición de estos accidentes. Teóricamente a nivel cero, la velocidad del viento tiende a cero, y aumenta a medida que asciende, con cierta tendencia a estabilizarse con la altura.

02 OBJETIVO

El presente documento está referido al cálculo de la fuerza de viento sobre el cerramiento y la techumbre de edificaciones industriales tipo galpón.

03 BASES PARA EL DISEÑO

Normas Nacionales

1. NCh 432.Of2010 - Diseño Estructural - Cargas de viento
2. NCh 1537.Of2009 - Diseño Estructural - Cargas Permanentes y Cargas de Uso.
3. NCh 3171.Of2010 - Diseño Estructural - Disposiciones Generales y Combinaciones de Carga.

Normas Internacionales

1. NCh 432.Of2010 Diseño Estructural - Cargas de viento

04 CALIDAD DE LOS MATERIALES

Esfuerzo del fluencia del
acero estructural

$$f_{ys} := 250 \text{ MPa}$$

Modulo de elasticidad
del acero

$$E_s := 200000 \text{ MPa}$$

Peso unitario del acero

$$\gamma_a := 7850 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

05 GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA

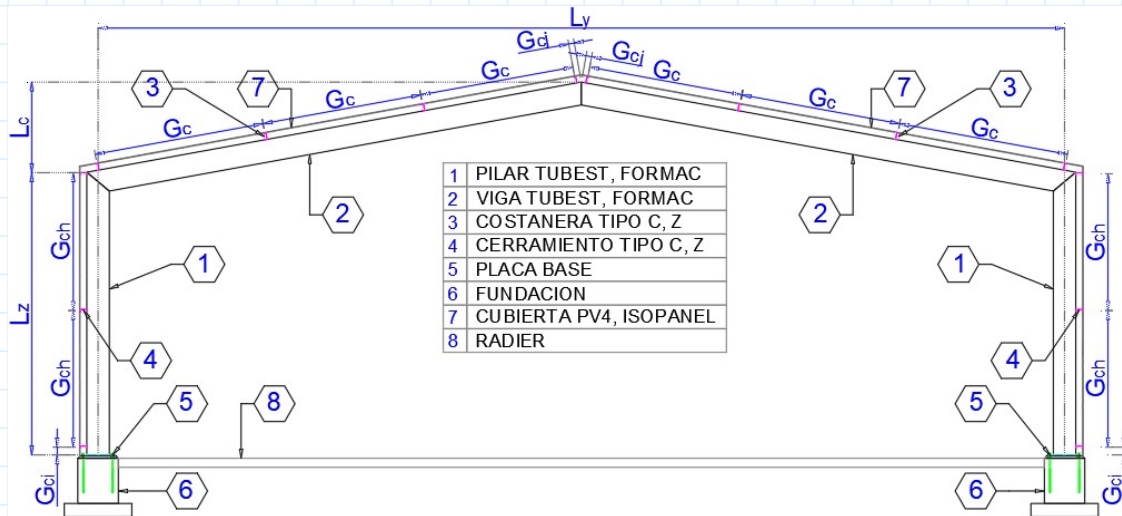


Figura 1. Imagen referencial de marco típico del galpón

Separación entre baricentros de pilares del marco

$$L_y := 20000 \text{ mm}$$

Altura del hombro del marco desde tope de pedestal
 $L_{z\max} = 15000 \text{ mm}$. NCh 2369 Of2003 Art. 11.2.1

$$L_z := 6000 \text{ mm}$$

Altura de cumbrera de techo desde el hombro

$$L_c := 2000 \text{ mm}$$

Separación entre baricentros de marcos típicos
 $L_{x\max} = 30000 \text{ mm}$. NCh 2369 Of2003 Art. 11.2.1

$$L_x := 6000 \text{ mm}$$

Número de marcos típicos

$$N_{mt} := 12$$

Número de costaneras de techo por cada caída de agua

$$N_c := 8$$

Número de costaneras de cerramiento a cada costado

$$N_{ch} := 5$$

Número de tramos arriostrados por cada costado

$$N_{ar} := 2$$

Distancia desde tope de pedestal a primera costanera de cerramiento

$$G_{ci} := 200 \text{ mm}$$

Distancia desde cumbrera a primera costanera de techo

$$G_{cj} := 100 \text{ mm}$$

Distancia entre costaneras de cerramiento

$$G_{ch} := \frac{L_z - G_{ci}}{N_{ch} - 1} = 1450 \text{ mm}$$

Distancia entre costaneras de techo

$$G_c := \frac{0.5 \cdot \sqrt{L_y^2 + L_c^2} - G_{cj}}{N_c - 1} = 1421.41 \text{ mm}$$

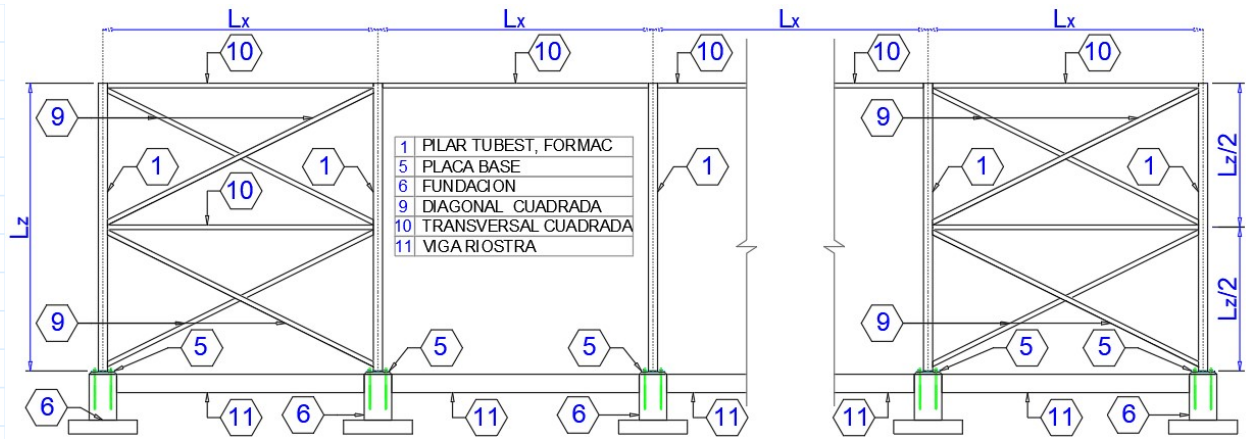
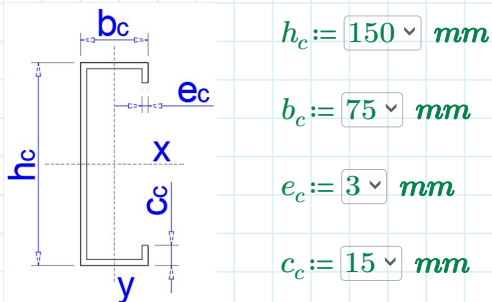


Figura 2. Imagen referencial de marcos de cerramiento

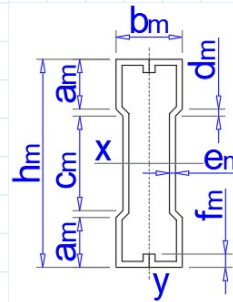
5.1 PERFILES ESTRUCTURALES

3) Costaneras de techo y cerramiento



$h_c := 150 \text{ mm}$
 $b_c := 75 \text{ mm}$
 $e_c := 3 \text{ mm}$
 $c_c := 15 \text{ mm}$

1) Pilares y vigas del marco Tecno MM

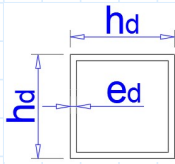


$h_m := 450 \text{ mm}$
 $b_m := 200 \text{ mm}$
 $e_m := 3 \text{ mm}$

Área neta	$A_c = 9.31 \text{ cm}^2$
Área Esquinas	$A_{esq} = 3.01 \text{ cm}^2$
Peso por ml	$P_{cml} = 7.31 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
Inercia en X	$I_{cx} = 336.29 \text{ cm}^4$
Inercia en Y	$I_{cy} = 65.14 \text{ cm}^4$
Modulo elástico X	$S_{cx} = 44.84 \text{ cm}^3$
Modulo elástico Y	$S_{cy} = 12.67 \text{ cm}^3$
Radio de giro X	$r_{cx} = 6.01 \text{ cm}$
Radio de giro Y	$r_{cy} = 2.65 \text{ cm}$
Const. Torsionante	$J_c = 0.28 \text{ cm}^4$
Const. Alabeo	$C_{wc} = 2942.94 \text{ cm}^6$
Radio de giro polar	$r_{0c} = 85.71 \text{ mm}$
Constante j	$j_c = 91.41 \text{ mm}$

Área neta	$A_m = 43.37 \text{ cm}^2$
Área Esquinas	$A_{esqm} = 5.81 \text{ cm}^2$
Peso por ml	$P_{mml} = 34.05 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
Inercia en X	$I_{mx} = 12003.6 \text{ cm}^4$
Inercia en Y	$I_{my} = 3029.5 \text{ cm}^4$
Modulo elástico X	$S_{mx} = 533.49 \text{ cm}^3$
Modulo elástico Y	$S_{my} = 302.95 \text{ cm}^3$
Radio de giro X	$r_{mx} = 16.64 \text{ cm}$
Radio de giro Y	$r_{my} = 8.36 \text{ cm}$
Const. Torsionante	$J_m = 6498.91 \text{ cm}^4$
Const. Alabeo	$C_{wm} = 4770407.85 \text{ cm}^6$
Radio de giro polar	$r_{0m} = 233.49 \text{ mm}$

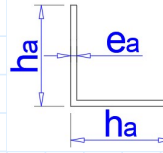
9) y 10) Diagonales y transversales



$$h_d := 75 \text{ mm}$$

$$e_d := 3 \text{ mm}$$

11) Angulo de arriostamiento entre costaneras



$$h_a := 25 \text{ mm}$$

$$e_a := 2 \text{ mm}$$

Área neta	$A_d = 8.41 \text{ cm}^2$
Área Esquinas	$A_{esqd} = 0.85 \text{ cm}^2$
Peso por ml	$P_{dml} = 6.6 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
Inercia en X e Y	$I_{dx} = 71.5 \text{ cm}^4$
Radio de giro X e Y	$r_{dx} = 2.92 \text{ cm}$
Const. Torsionante	$J_d = 75.01 \text{ cm}^4$
Const. Alabeo	$C_{wd} = 1 \text{ cm}^6$
Radio de giro polar	$r_{0d} = 61.04 \text{ mm}$

Área neta	$A_a = 0.93 \text{ cm}^2$
Peso por ml	$P_{aml} = 0.73 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$
Inercia en X	$I_{ax} = 0.57 \text{ cm}^4$
Inercia en Y	$I_{ay} = 0.57 \text{ cm}^4$
Radio de giro X	$r_{ax} = 0.78 \text{ cm}$
Radio de giro Y	$r_{ay} = 0.78 \text{ cm}$

06 SOBRECARGA MUERTA (D)

Cubierta de techo y cerramiento (Incluye hojalatería y fijaciones)

$$C_t := 5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Otros

$$O_t := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga Muerta Total

$$S_D := C_t + O_t = 5 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

07 VELOCIDAD BÁSICA DE VIENTO

Tabla 6 - Velocidad básica de viento para distintas zonas del país

Latitud S °	Velocidad básica m/s
17° 29' - 27°	30
27° - 35°	35
35° - 42°	40
42° - 50°	50
50° - 56° 32'	55

Figura 3. Tabla 6 NCh 432. Of2010

Velocidad básica de viento (m/s) Tabla 6. NCh 432. Of2010

$$u := 35$$

08 CLASIFICACIÓN DE RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE

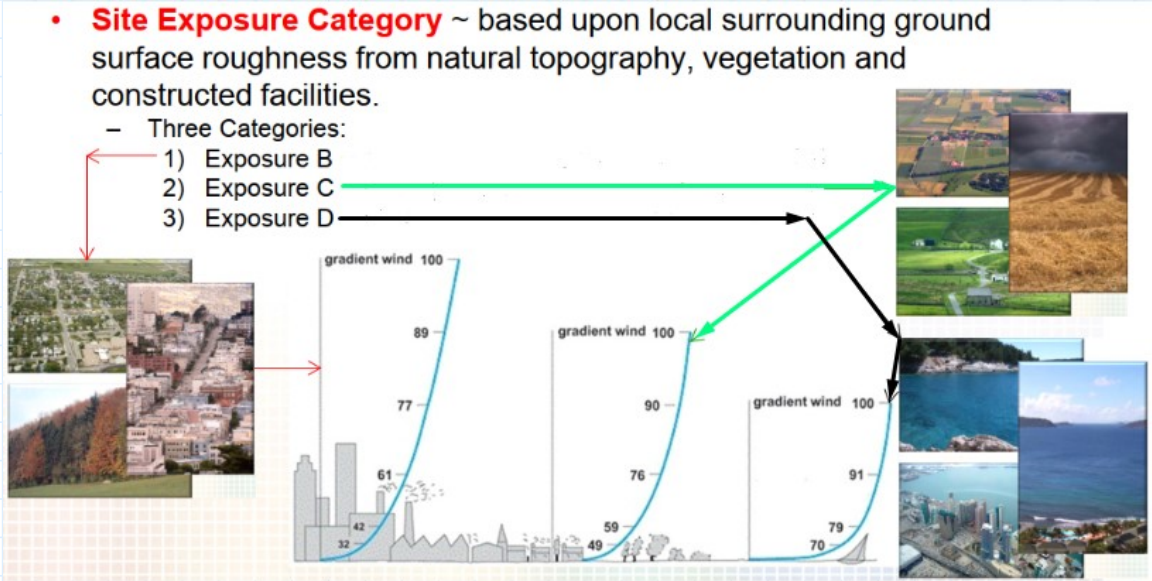


Figura 4. Categoría de exposición . ERI-Breakfast_2018-NAB_222-H-Impact_Ruedlinger

Categoría de exposición Art. 7.6.4 NCh 432. Of2010

$$C_{ex} := C \quad \checkmark$$

Tabla 12 - Constantes del terreno de exposición

Exposición	α	z_g m	\bar{a}	\bar{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ m	$\bar{\epsilon}$	z_{\min} m
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

z_{\min} = mínima altura usada para asegurar que la altura equivalente \bar{z} es mayor que $0,6 h z_{\min}$.
 Para edificios con $h \leq z_{\min}$ \bar{z} se debe tomar z_{\min} .

Figura 5. Tabla 12 NCh 432. Of2010

Altura nominal de la capa limite atmosférica Tabla 12 NCh 432. Of2010 $z_g = 274,32 \text{ m}$

Exponente de la ley de potencia de la velocidad de ráfaga Tabla 12 NCh 432. Of2010 $\alpha = 9,5$

Altura de la estructura sobre el nivel del suelo $z := L_z + L_c = 8000 \text{ mm}$

Altura media del techo $h := L_z + \frac{L_c}{2} = 7000 \text{ mm}$

Coefficiente de exposición de la distribución de velocidades Tabla 9 NCh 432. Of2010 $K_z := 2,01 \cdot \left(\frac{\max(4,6 \text{ m}, z)}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 0,95$

$$K_h := 2,01 \cdot \left(\frac{\max(4,6 \text{ m}, h)}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 0,93$$

09 EFECTOS TOPOGRÁFICOS

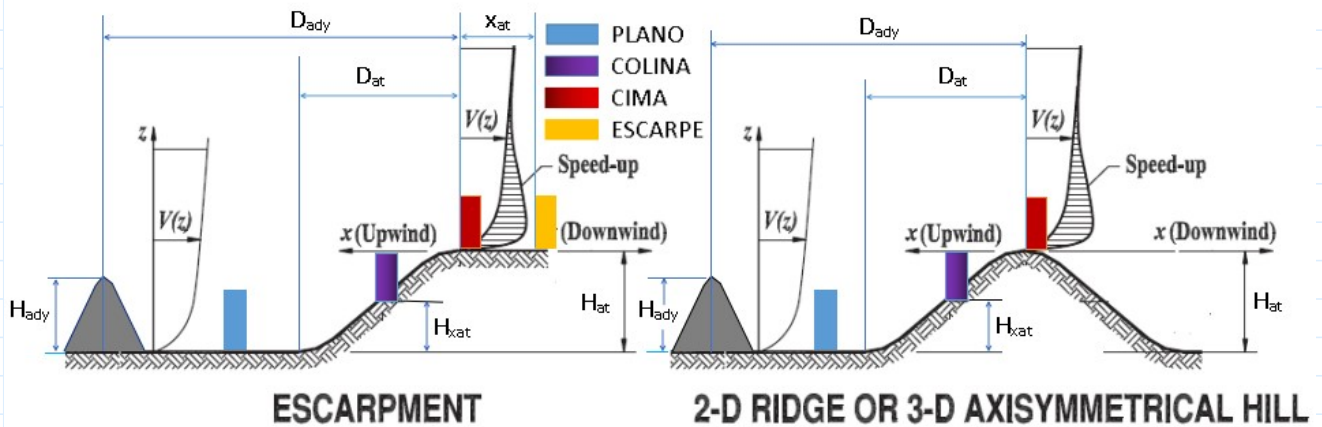


Figura 3. Efectos topográficos en escarpes, cimas o colinas Art. 7.7 NCh 432. Of2010

Tipo de accidente topográfico

$T_{at} :=$ ESCARPE

Altura de accidente topográfico

$H_{at} := 1000 \text{ m}$

Distancia horizontal desde la base hasta la cumbre del accidente topográfico

$D_{at} := 4 \text{ km}$

Altura de accidente topográfico adyacente mas cercano

$H_{ady} := 150 \text{ m}$

Distancia de accidente topográfico adyacente mas cercano

$D_{ady} := 10 \text{ km}$

Ubicación en altura de la estructura desde la base del accidente topográfico

$H_{xat} := 1000 \text{ m}$

Distancia hacia sotavento o barlovento de la cima del edificio

$x_{at} := 500 \text{ m}$

Condiciones a cumplir para considerar el efecto de accidente topográfico

Art. 7.7.1 NCh 432. Of2010 Condición 1) $D_{ady} \geq \min(100 \cdot H_{at}, 3.2 \text{ km})$ C1 = "APLICA"

Art. 7.7.1 NCh 432. Of2010 Condición 2) $D_{ady} \geq 3.2 \text{ km} \wedge H_{at} \geq 2 \cdot H_{ady}$ C2 = "APLICA"

Art. 7.7.1 NCh 432. Of2010 Condición 3) $\frac{\sqrt{H_{at}^2 + D_{at}^2}}{2} \geq \sqrt{H_{xat}^2 + x_{at}^2}$ C3 = "APLICA"

Art. 7.7.1 NCh 432. Of2010 Condición 4) $\frac{2 H_{at}}{D_{at}} \geq 0.2$ C4 = "APLICA"

Art. 7.7.1 NCh 432. Of2010 Condición 5) $(C_{ex} = "B") \wedge (H_{at} \geq 18.3 \text{ m})$ C5 = "APLICA"

ó $H_{at} \geq 4.5 \text{ m}$

Consideración de efecto topográfico Condición 1 al 5

$EFEC.TOP = "APLICA"$

Tabla 10 - Factores topográficos para exposición C, K_z - Método 2 analítico

H/L_h	Factor K_1			x/L_h	Factor K_2		z/L_h	Factor K_3		
	Cima 2D	Escarpe 2D	Colina Axisim. 3D		Cima 2D	Todos los otros casos		Cima 2D	Escarpe 2D	Colina Axisim. 3D
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	0,30	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

1) Para valores de H/L_h , x/L_h y z/L_h que no sean los mostrados en tabla, se permite la interpolación lineal.
 2) Para $H/L_h > 0,5$, se debe asumir $H/L_h = 0,5$ para la evaluación de K_1 , y sustituir $2H$ por L_h para evaluar K_2 y K_3 .
 3) Los factores se basan en el supuesto de que el viento se aproxima a la colina o escarpe a lo largo de la dirección de máxima pendiente.
 4) Notación:
 H = altura de una colina o escarpe relativa al terreno desde donde viene el viento, expresada en metros (m);
 L_h = distancia de barlovento de la cima de la colina o escarpe, donde la diferencia en la elevación del suelo es la mitad de la altura de la colina o escarpe, expresada en metros (m);
 K_1 = factor que representa la forma del rasgo topográfico y el efecto del incremento de velocidad;
 K_2 = factor que representa la reducción del incremento de velocidad con la distancia a la cima, para barlovento o sotavento;
 K_3 = factor que representa la reducción del incremento de velocidad con la altura sobre el terreno local;
 x = distancia hacia barlovento o sotavento de la cima al edificio, expresada en metros (m);
 z = altura sobre el nivel del suelo, expresada en metros (m);
 μ = factor de atenuación horizontal;
 γ = factor de atenuación de la altura.

Figura 4. Factor de rasgo topográfico Tabla 10 NCh 432. Of2010

Factor de rasgo topográfico Tabla 10 NCh 432. Of2010

$K_1 = 0.43$

Factor de reducción de incremento de velocidad Tabla 10 NCh 432. Of2010

$K_2 = 0.83$

Tabla 11 - Parámetros para el aumento de velocidad sobre colinas y escarpes - Método 2 analítico

Forma de la colina	$K_1(H/L_h)$			γ	μ	
	Exposición				Cima de barlovento	Cima de sotavento
	B	C	D			
Colina 2D (o valles con H negativo) en $K_1(H/L_h)$	1,30	1,45	1,55	3,00	1,50	1,50
Escarpes 2D	0,75	0,85	0,95	2,50	1,50	4,00
Colinas Axisim. 3D	0,95	1,05	1,15	4,00	1,50	1,50

- $K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$
 - K_1 determinado de tabla.
 - $K_2 = \left(1 - \frac{|x|}{\mu L_h}\right)$
 - $K_3 = e^{-z/L_h}$

Figura 5. Factor de reducción Tabla 11 NCh 432. Of2010

Factor de reducción de incremento de velocidad Tabla 11 NCh 432. Of2010

$K_{3z} = 0.99$

Efecto de la aceleración del viento Art. 7.7.2 NCh 432. Of2010

$K_{zt} := (1 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_{3z})^2 = 1.84$

Efecto de la aceleración del viento Art. 7.7.2 NCh 432. Of2010

$K_{ht} := (1 + K_1 \cdot K_2 \cdot K_{3h})^2 = 1.84$

10 FACTOR DE DIRECCIONALIDAD

Tabla 7 - Factor de direccionalidad del viento

Tipo de estructura	$K_d^{1)}$
Edificios:	
SPRFV	0,85
Elementos secundarios	0,85
Techos abovedados en arco	0,85
Chimeneas, estanques y estructuras similares:	
Cuadrados	0,90
Hexagonales	0,95
Circulares	0,95
Señalética sólidas	0,85
Señalética sólidas y marcos de estructuras enrejadas	0,85
Torres enrejadas sujetas con cables:	
Triangulares, cuadradas y rectangulares	0,85
Todas las demás secciones transversales	0,95
1) El factor de direccionalidad K_d ha sido calibrado con la combinación de cargas especificadas en NCh3171. Este factor debe ser aplicado únicamente cuando se use en conjunto con la combinación de cargas en NCh3171.	

Figura 6. Factor de direccionalidad Tabla 7 NCh 432. Of2010

Factor de direccionalidad Tabla 7 NCh 432. Of2010

$K_d := 0.85$

11 FACTOR DE IMPORTANCIA

Categoría de ocupación Tabla 1 NCh 3171. Of2010

$CO := II$

Tabla 8 - Factor de importancia de la estructura

Categoría	Factor de importancia
I	0,87
II	1,00
III	1,15
IV	1,15

Figura 7. Factor de importancia Tabla 8 NCh 432. Of2010

Factor de importancia Tabla 8 NCh 432. Of2010

$I = 1$

12 DISTRIBUCIÓN DE VELOCIDADES

Distribución de velocidades en la altura Art. 7.10 NCh 432. Of2010 $q_{z1} := 0.613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot u^2 \cdot I \cdot \frac{N}{m^2} = 114.13 \frac{kgf}{m^2}$

Carga mínima de viento Art. 7.7.2 NCh 432. Of2010 $q_{zmin} := 480 \cdot \frac{N}{m^2} = 48.95 \frac{kgf}{m^2}$

$q_z := \max(q_{z1}, q_{zmin}) = 114.13 \frac{kgf}{m^2}$

Distribución de velocidades en la altura $q_{h1} := 0.613 \cdot K_h \cdot K_{ht} \cdot K_d \cdot u^2 \cdot I \cdot \frac{N}{m^2} = 111.03 \frac{kgf}{m^2}$
 Art. 7.10 NCh 432. Of2010

Carga mínima de viento Art. 7.7.2 NCh 432. Of2010 $q_{hmin} := 480 \cdot \frac{N}{m^2} = 48.95 \frac{kgf}{m^2}$

$$q_h := \max(q_{h1}, q_{hmin}) = 111.03 \frac{kgf}{m^2}$$

13 FACTOR DE EFECTO DE RÁFAGA

13.1 ESTIMACIÓN DEL PERÍODO NATURAL DE VIBRACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Masa total del sistema estructural

Peso por carga muerta $P_D := 2 S_D \sqrt{\left(\frac{L_y}{2}\right)^2 + L_c^2} \cdot L_x \cdot (N_{mt} - 1) = 6730.71 \text{ kgf}$

Peso propio de costaneras $P_c := 2 (N_{mt} + N_{ch}) \cdot P_{cml} \cdot L_x \cdot (N_{mt} - 1) = 16396.82 \text{ kgf}$

Peso propio pilares y vigas $P_p := \left(2 L_z + 2 \sqrt{\left(\frac{L_y}{2}\right)^2 + L_c^2}\right) \cdot P_{mml} \cdot N_{mt} = 13236.7 \text{ kgf}$

Peso arriost. costaneras $P_{ac} := (N_{mt} - 1) \cdot \sqrt{\left(\frac{L_y}{2}\right)^2 + L_c^2} \cdot P_{aml} = 82.27 \text{ kgf}$

Peso propio arriost. lateral $P_{al} := N_{ar} \left(4 \cdot \sqrt{\left(\frac{L_z}{2}\right)^2 + L_x^2} + 2 L_x\right) \cdot P_{dml} = 512.63 \text{ kgf}$

Peso total $P_t := P_D + P_c + P_p + P_{ac} + P_{al} = 36959.13 \text{ kgf}$

Masa total $M_{pt} := \frac{P_t}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 36946.51 \text{ kg}$

Rigidez del sistema en sentido de marcos contraventados X

Angulo de inclinación de las diagonales $\theta_d := \text{atan}\left(\frac{L_z}{2 L_x}\right) \text{ rad} = 26.57 \text{ deg}$

Longitud de contraviento $L_{cv} := \sqrt{\left(\frac{L_z}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_x}{2}\right)^2} = 4.24 \text{ m}$

Rigidez de contravientos en tensión $K_{cv} := 4 N_{ar} \cdot \frac{A_d \cdot E_s}{L_{cv} \cdot (\cos(\theta_d))^2} = 40418263.54 \frac{kgf}{m}$

Periodo de la estructura sentido X

Periodo $T_{ptx} := \max\left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{pt}}{K_{cv}}}, 0.08 \cdot \left(\frac{L_z + L_c}{m}\right)^{0.75}\right) \text{ s} = 0.38 \text{ s}$

Frecuencia $F_{ptx} := \frac{1}{T_{ptx}} = 2.63 \text{ Hz}$

Rigidez del sistema en sentido de marcos principales Y

Rigidez del pilar $K_p := 12 \cdot \frac{E_s \cdot I_{mx}}{L_z^3} = 136002.93 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$

Numero de pilares $N_p := 2 \quad N_{mt} = 24$

Rigidez total del sistema $K_{pt} := N_p \cdot K_p = 3264070.37 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$

Periodo de la estructura sentido Y

Periodo $T_{pty} := \max \left(2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{pt}}{K_{pt}}}, 0.08 \cdot \left(\frac{L_z + L_c}{\text{m}} \right)^{0.75} \right) = 0.38 \text{ s}$

Frecuencia $F_{pty} := \frac{1}{T_{pty}} = 2.63 \text{ Hz}$

Frecuencia fundamental del sistema $F_{pt} := \max(F_{ptx}, F_{pty}) = 2.63 \text{ Hz}$

Frecuencia fundamental del sistema $F_{pt} = 2.63 \text{ Hz} \quad f_R = F_{pt} \geq 1 \cdot \text{Hz} \quad f_R = \text{“RIGIDA. OK”}$

13.2 FACTOR DE EFECTO DE RÁFAGA

Altura mínima para asegurar altura equivalente Tabla 12 NCh 432. Of2010 $z_{min} = 4.57 \text{ m}$

Altura equivalente de la estructura Art 7.8.1 NCh 432. Of2010 $Z := \max(0.6 h, z_{min}) = 4.57 \text{ m}$

Factor de intensidad de turbulencia Tabla 12 NCh 432. Of2010 $c = 0.2$

Exponente de la ley de potencia Tabla 12 NCh 432. Of2010 $\epsilon = 0.2$

Factor de escala integral de longitud Tabla 12 NCh 432. Of2010 $l = 152.4 \text{ m}$

Escala de longitud integral de turbulencia Art 7.8.1 NCh 432. Of2010 $L_{zz} := l \cdot \left(\frac{Z}{10 \text{ m}} \right)^\epsilon = 130.31 \text{ m}$

Factor de respuesta de fondo Art 7.8.1 NCh 432. Of2010 $Q := \sqrt[2]{\frac{1}{1 + 0.63 \cdot \left(\frac{L_y + h}{L_{zz}} \right)^{0.63}}} = 0.9$

Intensidad de turbulencia Art 7.8.1 NCh 432. Of2010 $I_{zz} := c \cdot \left(\frac{10 \text{ m}}{Z} \right)^{\frac{1}{6}} = 0.23$

Factor de efecto de ráfaga Art 7.8.1 NCh 432. Of2010 $G := \min \left(0.925 \cdot \left(\frac{1 + 1.7 \cdot 3 \cdot I_{zz} \cdot Q}{1 + 1.7 \cdot 4 \cdot I_{zz}} \right), 0.85 \right) = 0.74$

14 COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERNA

Tabla 14 - Coeficiente de presión externa, C_p - Método 2 analítico, estructuras cerradas, parcialmente cerradas y abiertas - Válido para todas las alturas

Superficie	L/B	C_p	Usar con
Muros a barlovento	Todos los valores	0,8	q_z
Muros a sotavento	0 - 1	-0,5	q_h
	2	-0,3	
	≥ 4	-0,2	
Muros laterales	Todos los valores	-0,7	q_h

Figura 8. Coeficiente de presión externa Tabla 14 NCh 432. Of2010

Coeficiente de presión externa sentido X

Muros

Relación L/B

$$RLB_x := \frac{L_y}{L_x \cdot (N_{mt} - 1)} = 0.3$$

Superficies a barlovento en X Tabla 14 NCh 432. Of2010 $C_{pbx} := 0.8$

Superficies a sotavento en X Tabla 14 NCh 432. Of2010 $C_{psx} = -0.5$

Coeficiente de presión externa sentido Y

Muros

Relación L/B

$$RLB_y := \frac{L_x \cdot (N_{mt} - 1)}{L_y} = 3.3$$

Superficies a barlovento en Y Tabla 14 NCh 432. Of2010 $C_{pby} := 0.8$

Superficies a sotavento en Y Tabla 14 NCh 432. Of2010 $C_{psy} = -0.24$

Techos

Relación h/L

$$RhL := \frac{h}{L_y} = 0.35$$

Angulo de inclinación del techo

$$\theta_t := \text{atan} \left(\frac{2 L_c}{L_y} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 11.31$$

Tabla 15 - Coeficiente de presión externa para techos, C_p , para uso q_h - Método 2 analítico, estructuras cerradas, parcialmente cerradas o abiertas - Válido para todas las alturas

Dirección del viento	Barlovento									Sotavento		
	Angulo, θ											
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$ ¹⁾	10	15	> 20
Normal al borde para $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,70	-0,5	-0,30	-0,20	-0,20	0,00 ²⁾	-	-	-0,30	-0,50	-0,60
	0,5	-0,90	-0,7	-0,40	-0,30	-0,20	-0,20	0,00 ³⁾	0,01 θ	-0,50	-0,50	-0,60
	$\geq 1,0$	-1,30 ³⁾	-1	-0,7	-0,50	-0,30	-0,20	0,00 ³⁾	0,01 θ	-0,70	-0,60	-0,60
Normal al borde para $\theta < 10^\circ$ y paralelo al borde para todo θ	$\leq 0,5$	Distancia horizontal de borde de barlovento		C_p		a) Valor establecido para propósitos de interpolación. b) Valor puede ser reducido linealmente según el área donde se aplica, según la tabla siguiente:						
		0 a $h/2$		-0,9, -0,18								
		$h/2$ a h		-0,9, -0,18								
		h a $2h$		-0,5, -0,18								
$\geq 1,0$	0 a $h/2$		-1,3 ³⁾ , -0,18		Área m^2		Factor de reducción					
	$> h/2$		-0,7, -0,18		$\leq 9,3$		1					
					$23,2$		0,9					
					$\geq 92,9$		0,8					
c) Para techos con pendientes mayores que 80° , utilizar $C_p = 0,8$.												

NOTAS

- Los signos positivo y negativo, significan presiones actuando, hacia o desde la superficie respectivamente.
- Se permite la interpolación lineal para valores L/B , h/L y θ distintos a los mostrados. Esta interpolación sólo se permite entre valores con el mismo signo. Cuando no se den valores con el mismo signo, se asume 0 para propósitos de interpolación.
- Cuando se dan dos valores de C_p , esto indica que el techo inclinado a barlovento está sometido a presiones positivas o negativas y la estructura soportante se debe diseñar para ambos casos. La interpolación del parámetro h/L sólo se puede hacer para C_p del mismo signo.
- Para techos con una sola pendiente, la superficie está toda en barlovento o toda en sotavento.
- Para edificios flexibles, el uso correcto de G_f está determinado en 7.5.8.
- Notación:
 - B : dimensión horizontal del edificio, medidos en dirección normal al viento, expresada en metros (m);
 - L : dimensión horizontal del edificio, medidos en dirección paralela al viento, expresada en metros (m);
 - h : altura media, expresada en metros (m), con excepción de techos con inclinaciones tales que $\theta < 10^\circ$, en que h corresponde a la altura del alero, expresada en metros (m);
 - z : altura sobre el nivel del suelo, expresada en metros (m);
 - G : factor del efecto ráfaga;
 - q_z, q_h : presión de velocidad, evaluados a la altura respectiva, expresada en newton por metros cuadrados (N/m²);
 - θ : ángulo del techo medido desde la horizontal, expresado en grados ($^\circ$).
- Para techos de buhardilla la superficie horizontal superior y la superficie inclinada a sotavento deben ser tratadas como superficies expuestas a sotavento de la tabla.
- A excepción del caso de techos del SPRFV que consta de momentos resistentes en vigas, el corte horizontal total no debe ser menor que el determinado por descuidar las fuerzas del viento en la superficie del techo.

Figura 9. Coeficiente de presión externa en techos Tabla 14 NCh 432. Of2010

Techo a barlovento en Y Tabla 15 NCh 432. Of2010

$$C_{pbt} = -0.86$$

Techo a sotavento en Y Tabla 15 NCh 432. Of2010

$$C_{pst} = -0.5$$

15 COEFICIENTE DE PRESIÓN INTERNA

Coeficiente de presión interna para viento en sentido X

Área de las aberturas en superficie a barlovento

$$A_{0x} := 10 \text{ m}^2$$

Área total de las aberturas en el edificio

$$A_{0i} := 50 \text{ m}^2$$

Área total efectivamente cerrada de la superficie a barlovento $A_{gx} := L_y \cdot \left(L_z + \frac{L_c}{2} \right) - A_{0i} = 90 \text{ m}^2$

Área gruesa de la edificación sin incluir aberturas $A_{gi} := 2 L_y \cdot \left(L_z + \frac{L_c}{2} \right) + 2 L_x \cdot (N_{mt} - 1) \cdot (L_z + L_c) = 1336 \text{ m}^2$

Art. 3.16 NCh 432. Of2010 Condición 1) $A_{0x} \geq 1.10 \cdot A_{0i}$ $C1_{0x} = \text{"N/A"}$

Art. 3.16 NCh 432. Of2010 Condición 2) $A_{0x} \geq \min(0.37 \text{ m}^2, 0.01 \cdot A_{gx})$ $C2_{0x} = \text{"APLICA"}$
 y $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.2$

Condición de apertura Art. 3.16 NCh 432. Of2010 **COND.APERT_x = "CERRADO"**

Clasificación de encerramiento	GC_{pi}
Edificios abiertos	0,00
Edificios parcialmente abiertos	+0,55 -0,55
Edificios cerrados	+0,18 -0,18

Figura 10. Coeficiente de presión interna Tabla 13 NCh 432. Of2010

Coeficiente de presión interno Tabla 13 NCh 432. Of2010 $GC_{pix} = 0.18$

Coeficiente de presión interna para viento en sentido Y

Área de las aberturas en superficie a barlovento $A_{0y} := 20 \text{ m}^2$

Área total de las aberturas en el edificio $A_{0i} := 50 \text{ m}^2$

Área total efectivamente cerrada de la superficie a barlovento $A_{gy} := L_z \cdot L_x \cdot (N_{mt} - 1) - A_{0i} = 346 \text{ m}^2$

Área gruesa de la edificación sin incluir aberturas $A_{gi} := 2 L_y \cdot \left(L_z + \frac{L_c}{2} \right) + 2 L_x \cdot (N_{mt} - 1) \cdot (L_z + L_c) = 1336 \text{ m}^2$

Art. 3.16 NCh 432. Of2010 Condición 1) $A_{0y} \geq 1.10 \cdot A_{0i}$ $C1_{0y} = \text{"N/A"}$

Art. 3.16 NCh 432. Of2010 Condición 2) $A_{0y} \geq \min(0.37 \text{ m}^2, 0.01 \cdot A_{gy})$ $C2_{0y} = \text{"APLICA"}$
 y $\frac{A_{0i}}{A_{gi}} \leq 0.2$

Condición de apertura Art. 3.16 NCh 432. Of2010 **COND.APERT_y = "CERRADO"**

Coeficiente de presión interno Tabla 13 NCh 432. Of2010 $GC_{piy} = 0.18$

16 FUERZA DE VIENTO

Carga de viento en sentido X

Carga de viento en muro a barlovento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{mbx} := q_z \cdot G \cdot |C_{pbx}| - q_h |GC_{pix}| = 47.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de viento en muro a sotavento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{msx} := q_h \cdot G \cdot |C_{psx}| + q_h |GC_{piy}| = 61.2 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de viento en sentido Y

Carga de viento en muro a barlovento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{mby} := q_z \cdot G \cdot |C_{pby}| - q_h |GC_{pix}| = 47.8 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de viento en muro a sotavento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{msy} := q_h \cdot G \cdot |C_{psy}| + q_h |GC_{piy}| = 39.36 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de viento en techo a barlovento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{tby} := q_h \cdot G \cdot |C_{pbt}| - q_h |GC_{piy}| = 51.05 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

Carga de viento en techo a sotavento
Art. 7.12.2.1NCh 432. Of2010

$$q_{tsy} := q_h \cdot G \cdot |C_{pst}| + q_h |GC_{piy}| = 61.2 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

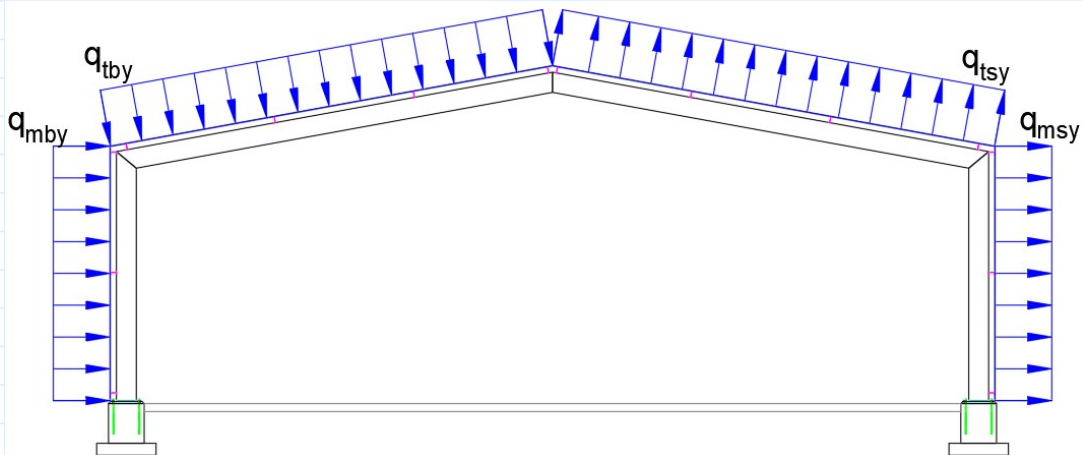


Figura 4. Carga de viento en dirección Y. Figura 16 NCh 432. Of2010