

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
DNC GE	Cátedra: ESTRUCTURAS – NIVEL 3		
	Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO		
	Apuntes de viento		
Curso 2015	Elaboró: Ing. Horacio Delaloye	Revisión: 0	Fecha: Mayo 2015

ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS

1. INTRODUCCIÓN

Cuando las construcciones comienzan a elevarse sobre el terreno, o cuando éstas, a pesar de ser bajas son muy livianas, a las acciones derivadas del peso propio y del uso, se le suma la provocada por el viento.

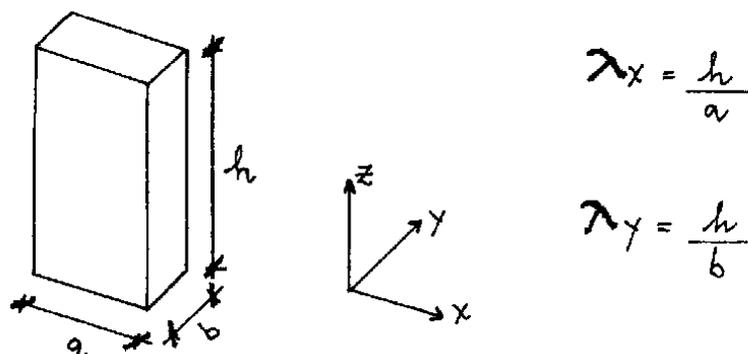
En determinadas circunstancias esta acción suele adquirir valores tales que pueden llegar a condicionar el diseño, tal es el caso de chimeneas que se elevan muy por encima del terreno, donde el viento es la única acción externa. Como se verá más adelante, la forma más conveniente para este tipo de estructuras (por tener coeficientes de forma más bajos) son las cilíndricas o las que se aproximan a ella, con lo cual se logra que la carga por viento sea 1/3 menor que la producida sobre una forma prismática.

Otro ejemplo donde se pone de manifiesto la importancia de esta acción es en estructuras muy livianas, tal es el caso de puentes colgantes que, debido a su poca masa, corren el riesgo de entrar en resonancia y llegar a la destrucción por tal efecto, aun para velocidades del viento relativamente bajas. A los efectos de evitar tales inconvenientes se aumenta la masa de los mismos, logrando así cambiar el periodo de oscilación.

Se puede mencionar también, dentro de las construcciones livianas, el caso de naves industriales, parabólicos, etc., donde el viento puede llegar a originar solicitaciones tales que pueden llegar a ser muy superiores a las de peso propio y condicionar el diseño.

Con estos pocos ejemplos es suficiente para comprender la importancia de esta acción y como puede llegar a condicionar el diseño.

En el caso de estructuras para edificios, en general por su gran masa, no hay problemas de resonancia; pero cuando estas se empiezan a elevar sobre el suelo, la acción del viento adquiere importancia y para esbelteces mayores que 3 no se puede dejar de tener en cuenta. La esbeltez "lambda" es un número resultante de dividir la altura del edificio por el ancho. Se tiene, para plantas rectangulares, dos esbelteces, una según X y otra según Y. El análisis se hace en una dirección si sólo una esbeltez es mayor que 3, y en ambas si ambas son mayores que 3.



Si al menos una de las dos esbelteces resulta mayor que 3, hay que estudiar el problema:

Un primer paso es la determinación de las cargas actuantes, generadas por el viento. Esta carga para edificios, que son estructuras de peso considerable, se considera como estática. Trataremos de ver que valores tiene esta carga, si es constante a través de la altura o si es variable, qué influencia tiene la rugosidad del terreno, la ubicación geográfica de la obra, etc.

El estudio se puede dividir en:

- a) Determinación de las cargas actuantes.
- b) Cómo se transmiten las mismas.
- c) Propuestas estructurales más convenientes para absorber dichas cargas.
- d) Adoptado el sistema estructural, determinar qué, cargas recibe cada elemento y qué, verificaciones debe satisfacer el mismo.

2. DETERMINACION DE LA CARGA SEGUN EL CIRSOC 102

(Acción del viento sobre las construcciones)

a) El primer paso es calcular la velocidad de referencia β , partiendo de la ubicación de la construcción.

La velocidad de referencia β se obtuvo para distintas zonas geográficas del país mediante estudios aerológicos y estadísticos.

β se puede obtener del mapa de velocidades (Fig. 1A) o de tabla 1.

b) Coeficiente C_p y V_o (Velocidad básica de diseño).

Una vez determinada β , el segundo paso es determinar V_o , que es la velocidad básica de diseño y que se halla ligada a la vida útil de la estructura y por ende a su destino, luego aparece un coeficiente C_p de mayoración de β , que se obtiene de tabla 2.

$$V_o = C_p \cdot \beta$$

c) Presión dinámica básica Q_o .

De velocidades debemos pasar a presiones y llegamos a la presión dinámica básica Q_o , que se puede asimilar a una carga repartida (kg./m²) y resulta:

$$Q_o = 0.0613 \cdot (V_o)^2 \text{ en kg/m}^2$$

Esta presión vale para terrenos totalmente llanos, a una altura de 10 metros sobre el N.T.N. y actuando sobre una placa de 50 x 50 cm.

Dicho valor se verá modificado en función de las particularidades características de la construcción en estudio, variando fundamentalmente con su tamaño.

A los efectos de tener en cuenta las dimensiones, el tamaño, la altura, la rugosidad del medio, etc., aparecen otros coeficientes correctivos que tendrán en cuenta estos efectos.

d) Coeficiente C_d :

Las dimensiones del edificio se consideran mediante un coeficiente C_d que se obtiene de tabla 4.

A dicha tabla se debe entrar con las relaciones b/h , h/V_o y con el tipo de rugosidad, y donde b es el ancho de la cara del edificio, h su altura, y V_o es la velocidad básica de diseño. El tipo de rugosidad se obtiene de tabla 3.

e) Coeficiente adimensional C_z :

Mediante este coeficiente se contempla la variación de la presión con la altura, depende del tipo de rugosidad y se obtiene de tabla 5.

f) Presión en función de la altura Q_z :

Mediante la aplicación de los coeficientes anteriores llegamos a una expresión de la presión en función de la altura:

$$Q_z = C_d \cdot C_z \cdot Q_o \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

C_d y Q_o son valores constantes, mientras que C_z es variable con la altura.

g) Cálculo de las acciones unitarias W :

El paso siguiente es calcular las acciones unitarias sobre la construcción. Entra en juego la forma del edificio, que se valora mediante un coeficiente C .

$$W = C \cdot Q_z$$

C es un coeficiente que depende exclusivamente de la forma, se obtiene mediante ensayos en túneles de viento y, para la mayoría de los casos, se encuentra tabulado. Se puede obtener, para algunos casos, de la figura A2 adjunta.

Cabe aclarar que en los casos en que figuran presiones y succiones, para obtener el efecto total se deben sumar ambos, por ejemplo para edificios de planta rectangular $C= 1.2$ que surge de sumar 0.8 de presión con 0.4 de succión.

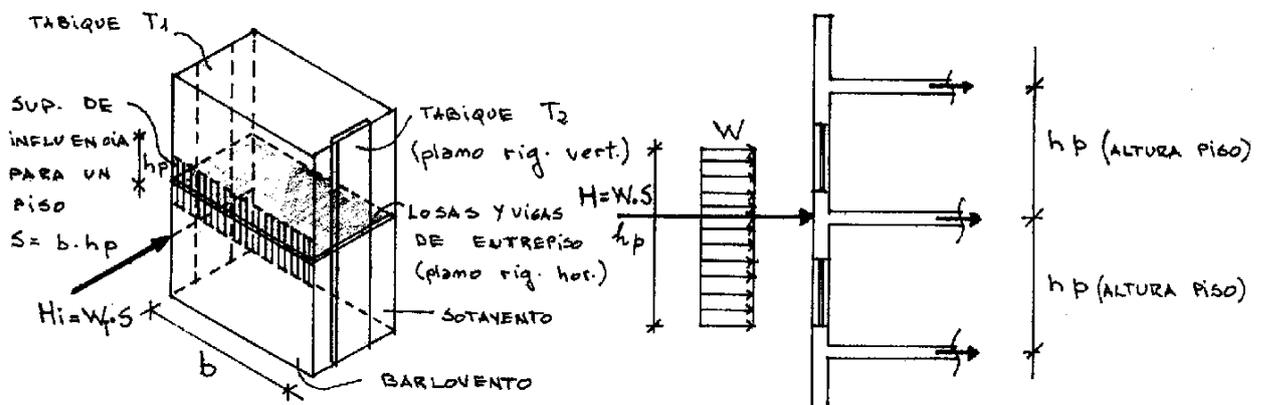
h) Cálculo de las acciones totales:

Como último paso se calculan las acciones totales mediante la multiplicación de W por la superficie de influencia, se obtienen las fuerzas $H= W.S$ (kg).

Estas acciones totales son cargas concentradas a nivel de cada entrepiso y son el resultado de la transmisión de las cargas por las paredes de cerramiento que funcionan como losas, hacia los entrepisos que son verdaderos planos de rigidez horizontal.

3. MECANISMO DE TRANSMISION DE CARGAS

El viento actúa a presión en la cara a barlovento y succión a sotavento. La presión (o succión) se ejerce sobre los cerramientos. Estos funcionan como una losa, transmitiendo estas cargas repartidas a los entrepisos, que funcionan como planos de rigidez horizontal que canalizan dichas cargas hacia los elementos de rigidez vertical tales como pórticos, tabiques, etc.



4. DISEÑO DE ESTRUCTURAS PARA FUERZAS HORIZONTALES:

Una vez calculado el diagrama de acciones unitarias W , que no son otra cosa que presiones (carga repartida), actuando sobre las caras del edificio, y que resultan de multiplicar $Q_z \cdot C$.

$$W = Q_z \cdot C$$

Estas presiones las podemos asumir como cargas repartidas variables cada 10 metros, que multiplicadas por la superficie de influencia nos dan la carga H (en kg o en Tn).

Siguiendo estos pasos obtenemos fuerzas H concentradas a nivel de cada entrepiso, sumadas nos dan una resultante H_t que estará ubicada a una cierta altura del nivel del piso, y que se puede obtener mediante la condición de que el momento provocado por la resultante debe ser igual al momento producido por las fuerzas individuales.

$$H_t \cdot x = H_1 \cdot h_1 + H_2 \cdot h_2 + \dots + H_n \cdot h_n$$

$$X = \frac{H_1 \cdot h_1 + H_2 \cdot h_2 + \dots + H_n \cdot h_n}{H_t}$$

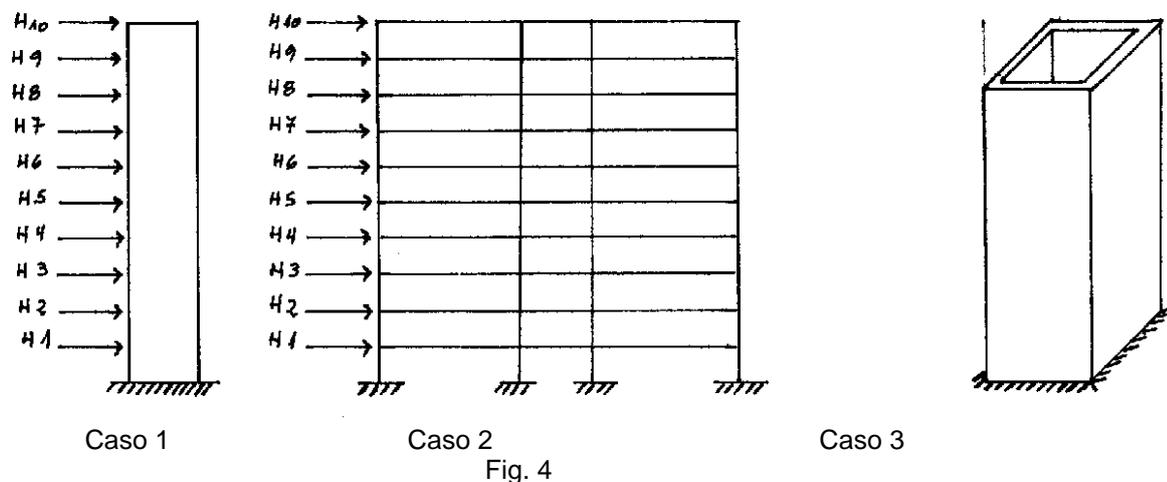
En definitiva nuestro problema se reduce a una fuerza H_t actuando sobre el edificio que funciona como una ménsula empotrada en su fundación. Entonces habrá que disponer una cierta cantidad de elementos de rigidez vertical que sean capaces de absorber estas fuerzas sin llegar a la ruptura, sin deformaciones excesivas y que además estén correctamente fundados. Si cualquiera de estos tres aspectos no se cumple, la estructura queda fuera de servicio.

Dentro de los elementos más comúnmente utilizados para tales fines podemos mencionar:

- 1) Tabiques o pantallas de $H^\circ A^\circ$ (cajas de ascensores, cajas de escaleras, etc.).
- 2) Pórticos o entramados.

- 3) Núcleos rígidos resistentes a torsión y flexión.
- 4) Combinación de los anteriores.

En la figura 4 se puede ver un esquema de los elementos mencionados.



Los primeros, o sea los tabiques rígidos, son los más fáciles de calcular y construir.

Los pórticos son algo más complicados de calcular, si bien actualmente existen programas de cálculo para computadoras que permiten resolver pórticos de varios montantes y varios pisos en muy poco tiempo; pero la construcción de los mismos es bastante más compleja que la de los tabiques.

En cuanto a los núcleos resistentes a torsión y a flexión, su cálculo puede resultar algo complejo, al igual que su funcionamiento, pues transmiten momentos torsores a las fundaciones, en tanto que su construcción es relativamente sencilla.

Como se dijo en párrafos anteriores, la transmisión de las cargas de viento sigue el siguiente camino:

La presión (o succión) actúa sobre las paredes de cerramiento, éstas, funcionando como losas transmiten dichas cargas a los entresijos, y éstos a su vez las reparten en los distintos elementos de rigidez vertical. Entonces trataremos de ver cuál es la disposición más conveniente de los mismos.

En el caso de edificios muy esbeltos en una dirección (cuando la planta es rectangular) se disponen el sentido de la menor esbeltez. Cabe agregar que en edificios de planta rectangular puede suceder que existan esbelteces mayores que 3 en ambos sentidos.

Si la planta es más bien cuadrada y tiene una esbeltez mayor que 3 en ambas direcciones, habrá que rigidizar en ambos sentidos ya que el viento puede actuar en cualquier dirección, inclusive en la oblicua; pero se considera que si resiste en las dos direcciones principales, también resistirá en cualquier otra.

Si tenemos un edificio de planta rectangular con esbeltez mayor que 3 en una de las direcciones, podremos optar entre tantas otras por alguna de las siguientes propuestas:

1 – Un solo tabique ubicado en cualquier posición (fig. 5)

Esta solución “no es válida”, NO se pueden equilibrar las fuerzas horizontales en un solo tabique, pues estaríamos en el hipotético caso en que la resultante HT pase por el centro del tabique.

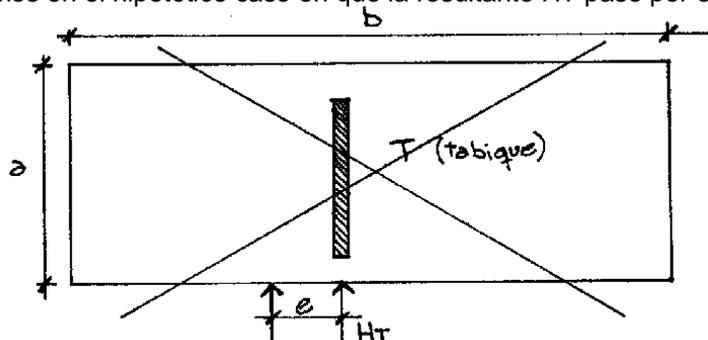


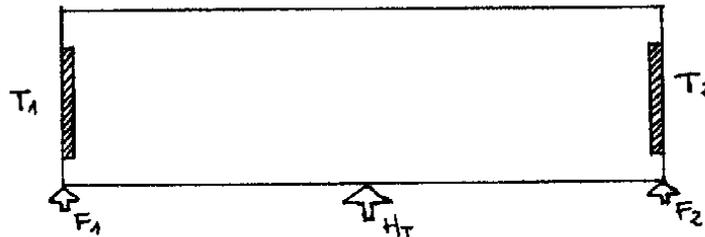
Fig. 5

Pero ante cualquier excentricidad, que realmente existe, pues al cambiar la dirección del viento (para un cierto ángulo de incidencia) se generan excentricidades e que pueden llegar hasta $1/10$ de b ; aparece un momento torsor $M_t = H_t \cdot e$.

Como el tabique, por ser una sección de muy poco espesor, tiene una resistencia a la torsión despreciable, se llega a la rotura del mismo por esta causa.

Debe quedar en claro que siempre es necesario disponer de por lo menos DOS elementos de RIGIDEZ VERTICAL, salvo en el caso de utilizar núcleos que sean capaces de absorber el momento torsor mencionado.

2 – Dos o más tabiques (fig. 6)

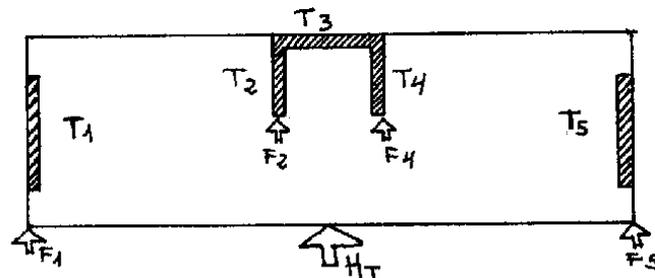


Dos tabiques iguales en los laterales

Fig. 6 a

En este caso la fuerza H_T se distribuye entre los tabiques T_1 y T_2 , los valores de F_1 y F_2 que absorben dichos tabiques dependen de las rigideces de los mismos; a mayor rigidez mayor porcentaje absorberá, y entre ambos deben tomar el 100% de H_T .

En el caso más común de tener una caja de ascensores, una alternativa posible es la que se muestra en la figura 6 b.



Dos tabiques laterales y dos intermedios de caja de ascensor dispuestos simétricamente.

Fig. 6 b

En este caso H_T se distribuye entre los tabiques T_1 , T_2 , T_4 y T_5 , que son los que poseen rigidez en el sentido de la menor esbeltez. La rigidez de T_3 es despreciable en este sentido y su colaboración se desprecia.

Al igual que en el caso anterior la distribución de H_T entre los mismos se hace en base a las rigideces.

Las propuestas presentadas hasta el momento (fig. 6 a y 6 b) se han resuelto con tabique dispuestos simétricamente respecto del eje, es la solución más racional tanto desde el punto de vista del cálculo como del funcionamiento.

Si se dispone de cajas de ascensores o de escaleras, como se muestra en la figura 6b, en principio se tratará de absorber H_T con los mismos. Si no fueran suficientes se pueden disponer otros tabiques en los laterales o en la posición más conveniente.

Si se nos presenta la alternativa dada en la figura 6d, podremos jugar con las rigideces de T_1 y T_6 hasta lograr que el centro de rigidez coincida con la recta de acción de H_T . Si no hay manera de lograr esto, caso de la figura 6e, inevitablemente aparece un momento torsor $M_t = H_T \cdot e$, que deberá ser absorbido por los tabiques T_1 , T_3 y T_4 .

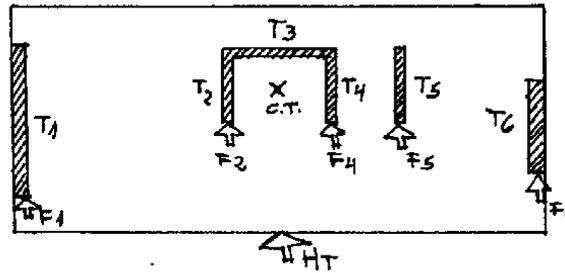


Fig. 6d

Dos tabiques laterales, dos intermedios de caja de ascensor y uno de caja de escalera, con el centro de rigidez ubicado en el eje.

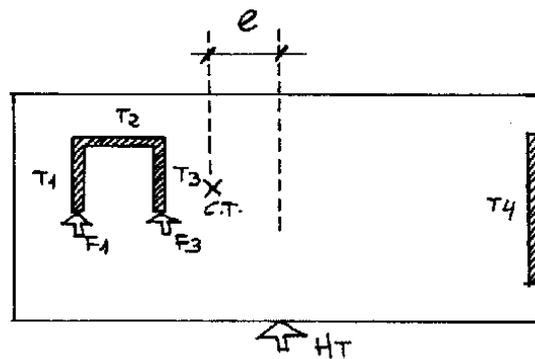


Fig. 6e

Tres tabiques no simétricos, con el centro de torsión desplazado hacia el lado de mayor rigidez. Aparece un momento torsor $M_t = HT \cdot e$

3 – Dos o más pórticos (fig. 7)

Al igual que con los tabiques, no se pueden absorber las fuerzas horizontales con un solo pórtico y se deben disponer como mínimo dos.

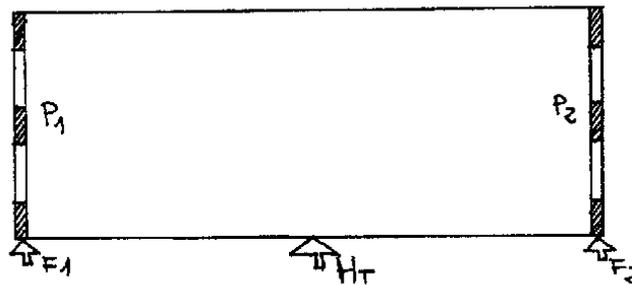


Fig. 7

Dos pórticos dispuestos simétricamente en la dirección de menor esbeltez.

Cada pórtico toma un porcentaje de HT, que es función de su rigidez. Es así como al pórtico 1 se deriva F1, en tanto que el pórtico 2 absorbe F2, siendo $F1 + F2 = HT$.

Como en el caso de los tabiques existen innumerables formas de disponer los mismos, los requerimientos de diseño darán la óptima o la que se aproxima a esta.

Es muy común tener combinaciones de pórticos con tabiques, y se nos presentan casos como el que se muestra en la figura 8.

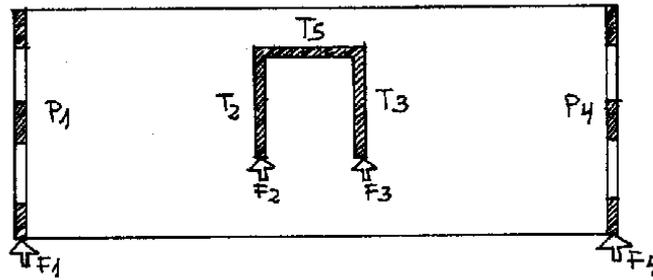


Fig. 8
Combinación de pórticos con tabiques.

Como se puede ver en estos ejemplos las combinaciones que existen son innumerables, pero siempre se deben disponer al menos dos elementos de rigidez vertical y es conveniente que estén algo alejados del centro para absorber los posibles momentos torsores generados por las excentricidades e de HT.

4 – Núcleos resistentes a torsión y flexión. (fig. 9)

Este es el único caso en que se puede absorber la fuerza del viento con un solo elemento resistente.

El núcleo se puede formar en los tabiques de cajas de ascensores, siempre que las aberturas no sean de gran dimensión respecto al tabique.

Ct: centro de torsión

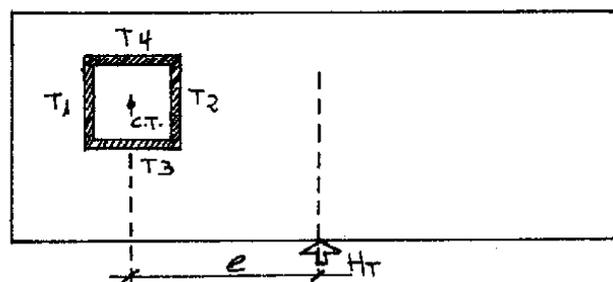


Fig. 9

Como se dijo anteriormente, esta no es la mejor solución, su funcionamiento estructural no es óptimo, pues tenemos que hacer trabajar el núcleo a torsión; se pueden generar roturas frágiles que siempre se tratan de evitar.

Resumiendo, este tipo de propuesta sólo es aconsejable en el caso de excentricidades muy pequeñas, o cuando se encuentra combinado con otros elementos, como pórticos o tabiques, etc. Y pasaríamos a soluciones como la de la figura 10.

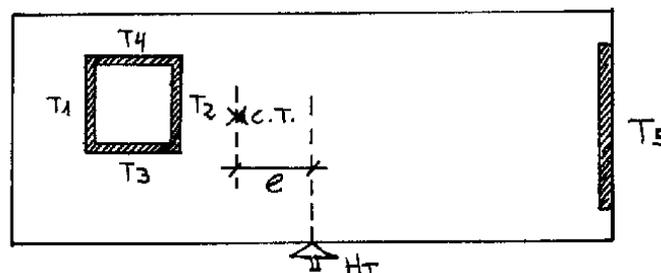


Fig. 10
Combinación de núcleo con tabique.

Mucho más racional que la anterior, pues el centro de torsión se desplaza hacia el centro del edificio y podemos jugar con la rigidez del tabique T5 hasta hacer coincidir el Ct con la recta de acción de HT si se quiere.

La excentricidad e disminuye notablemente y por ende el momento torsor. Volviendo a la figura 9, el Ct coincide con el centro del núcleo, si efectuamos una traslación de fuerzas a dicho punto, tendremos lo siguiente: (fig. 11)

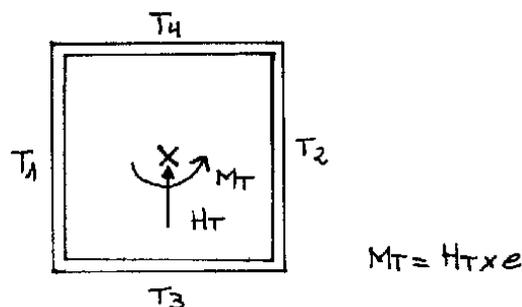
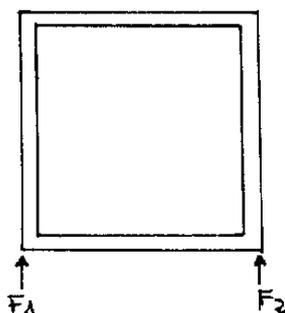


Fig. 11

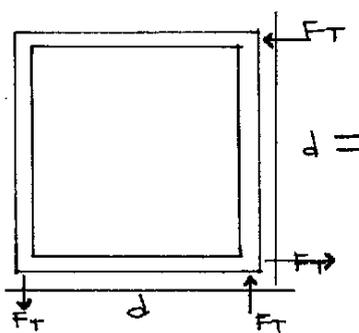
HT es absorbida por T1 y T2, en tanto que para el equilibrio de Mt colaboran los cuatro tabiques como se puede ver en las figuras 12 a, b y c.

Si los cuatro tabiques tienen igual rigidez, la distribución es sencilla. Si en cambio las rigideces son distintas, esto se complica algo.

Acciones debidas a HT



Acciones debidas a Mt



Acciones totales

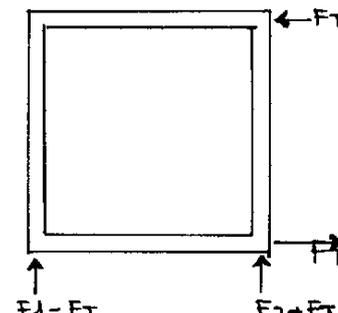


Fig. 12

Supongamos que las rigideces son iguales lo mismo que los lados d del núcleo, bajo tales circunstancias las fuerzas provocadas por HT serán iguales entre sí, es decir, $F_1 = F_2$, lo mismo que las Ft inducidas por Mt.

HT se equilibra con F1 y F2.

$$HT = F_1 + F_2$$

$$F_1 = F_2 = HT/2$$

El momento torsor Mt es equilibrado por las cuatro fuerzas Ft que se obtienen por suma de momentos respecto del punto a en la figura 12b.

$$2 F_t \cdot d = M_t$$

$$F_t = (M_t)/2d = (HT \cdot e)/2d$$

Las acciones resultantes sobre los tabiques se muestran en la figura 12c y surgen de sumar 12 a + 12 b.

Cabe aclarar que los ejemplos mencionados son válidos para edificios esbeltos en una sola dirección.

Si el problema de la esbeltez se presentase para las dos direcciones, todo lo dicho es válido para ambas, y tendremos que rigidizar en los dos sentidos. A modo de ejemplo se presenta la figura 13.

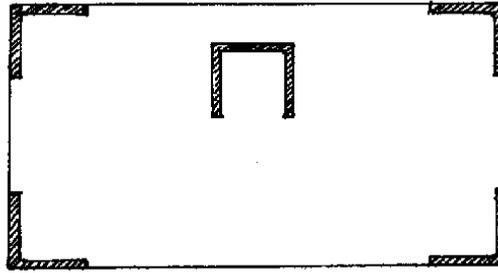


Fig. 13

Como último punto respecto al diseño podemos decir que los elementos de rigidez no necesariamente deben ser perpendiculares a los ejes, también se pueden equilibrar fuerzas horizontales con elementos oblicuos como se puede ver en la figura 14.

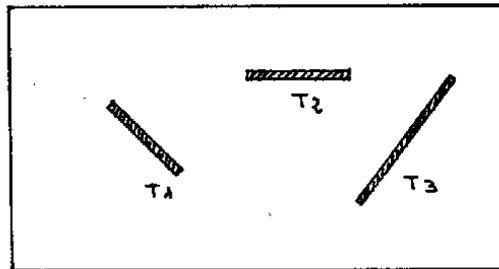


Fig. 14

5 – DISTRIBUCION DE HT ENTRE LOS DISTINTOS ELEMENTOS.

Como se explica en párrafos anteriores, la distribución de HT entre los distintos elementos (porcentaje que absorbe cada uno), se efectúa en base a las rigideces.

La rigidez K de un elemento cualquiera es proporcional a su módulo de elasticidad y a su momento de inercia, siendo inversamente proporcional a su longitud. Es un valor que nos da la idea de la fuerza que absorbe el elemento para una deformación unitaria.

$$K \approx \frac{E \cdot I}{L}$$

En el caso común de los edificios, si todos los elementos son del mismo material, por ejemplo $H^\circ A^\circ$, E resulta constante. Y si todos los pisos tienen igual altura, L será constante, quedando $K \approx I$, la rigidez proporcional al momento de inercia.

El momento de inercia de una sección rectangular sabemos que vale: $I = (b \cdot h^3)/12$, donde b es el espesor del tabique en metros, para h se toma la altura de la sección. (no confundir con la altura del piso)

Calculados los momentos de inercia de todos los tabiques, podemos hacer la repartición de HT, para lo cual se calculan los coeficientes de repartición de R_i , que nos determinará el porcentaje que absorbe el tabique i .

$$\text{Si } J_t = J_1 + J_2 + \dots + J_n$$

n : cantidad de tabiques.

J_t : suma de los momentos de inercia de todos los elementos.

$$R_1 = J_1/J_t \quad ; \quad R_2 = J_2/J_t \quad ; \quad R_n = J_n/J_t$$

Como control se debe verificar que:

$$R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = 1$$

Calculados los coeficientes de repartición se determina qué porcentaje de HT va a cada elemento, siendo:

$$H_1 = R_1 \cdot HT \quad ; \quad H_2 = R_2 \cdot HT \quad ; \quad H_3 = R_3 \cdot HT \quad ; \quad H_n = R_n \cdot HT$$

Una vez determinado qué porcentaje toma cada elemento, se calculan sollicitaciones o esfuerzos característicos, momentos flectores y torsiones si los hubiera, esfuerzo de corte y axil.

En un paso siguiente se dimensiona la armadura con un margen de seguridad adecuado, se verifica la fundación y se controlan las deformaciones.

El cálculo de solicitaciones, en el caso de tabiques, es muy sencillo ya que un tabique no es otra cosa que una ménsula empotrada en el piso. Si se tratara de pórticos es algo más complicado.

El dimensionado se hace a flexión compuesta, pues tomamos una sección sometida a un momento flector y a un esfuerzo axial.

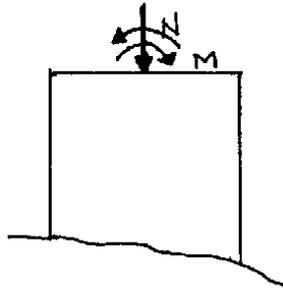


Fig. 16

Es importante notar que el momento flector puede actuar en cualquiera de los dos sentidos, ya que el viento puede actuar en cualquier dirección. Por esto es que las secciones deben armarse simétricamente.

Las fundaciones se verifican a rotura y al volcamiento. De nada nos serviría tener piezas perfectamente calculadas si se nos vuelca el edificio.

En cuanto a las deformaciones horizontales, éstas se limitan por cuestiones de comodidad de los usuarios, los reglamentos limitan el valor de δ (desplazamiento en el último piso), según el A. C. I. (American Concrete Institute), debería ser $\delta \leq h/1000$.

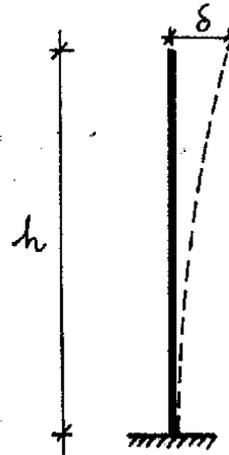


Fig. 17

Así se tiene que para un edificio de 50 metros, el máximo desplazamiento debería ser de $\delta \leq 50/1000 = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$.

6 – EJEMPLO

Calcular las fuerzas actuantes generadas por el viento y diseñar la estructura resistente para un edificio destinado a oficinas, de 15 pisos, ubicado en calle 49 entre 3 y 4 de la ciudad de La Plata.

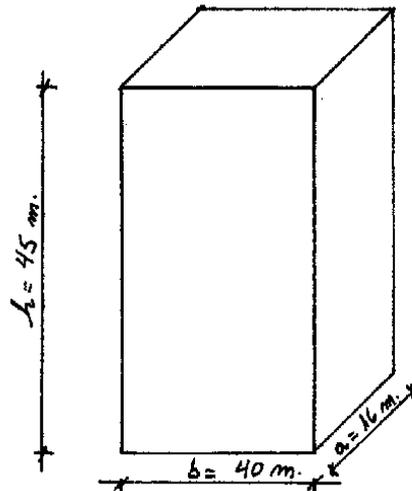


Fig. 18

6 – I. Características del edificio.

En la dirección b $\lambda = 45/40 < 3$
No se verifica.
En la dirección a $\lambda = 45/16 \approx 3$
se verifica.

$\beta = 28$ m/s.

6 – II. Cálculo de la velocidad de referencia β . (de tabla 1). Para La Plata,**6 – III. Cálculo de C_p .** (de tabla 2), según el destino (oficinas) $C_p = 1.65$ **6 – IV. Cálculo de V_o .** Velocidad básica de diseño.
 $V_o = \beta \cdot C_p = 1.65 \cdot 28 = 46.2$ m/s**6 – V. Cálculo de la presión dinámica básica Q_o .**
 $Q_o = 0.613 \cdot (V_o)^2 = 0.613 \cdot (46.2)^2 = 130.84$ kg/m²**6 – VI. Cálculo de la presión dinámica de cálculo Q_z .**
 $Q_z = C_d \cdot C_z \cdot Q_o$

6 – VI. a). C_d es un coeficiente adimensional que tiene en cuenta las dimensiones del edificio. Depende de:

- 1) Rugosidad: (de tabla 3), para ubicación céntrica, rugosidad IV.
- 2) Relación alto/ancho del edificio b/h .
 $b/h = 40/45 = 0.88 \approx 1$
- 3) Relación entre la altura h y la velocidad básica V_o .
 $h/V_o = 45/46.2 = 0.97 \approx 1$

Con estos valores entrando a la tabla 3 se obtiene $C_d = 0.77$

6 – VI. b). C_z es un coeficiente que da la variación de la presión con la altura. De tabla 5 para rugosidad tipo IV.

Altura z (m)	C_z	C_d	Q_o (kg/m ²)	$Q_z = C_z \cdot C_d \cdot Q_o$ (kg/m ²)	$W = Q_z \cdot C$
10	0.298	0.77	130.84	30.03	36.02
20	0.451	0.77	130.84	45.43	54.52
30	0.556	0.77	130.84	56.01	67.21
40	0.637	0.77	130.84	64.17	77.00
50	0.703	0.77	130.84	70.82	84.98

$$C = 1.2$$

C: coeficiente de forma, ver punto 7.

Con estos valores trazamos el diagrama simplificado de presiones.

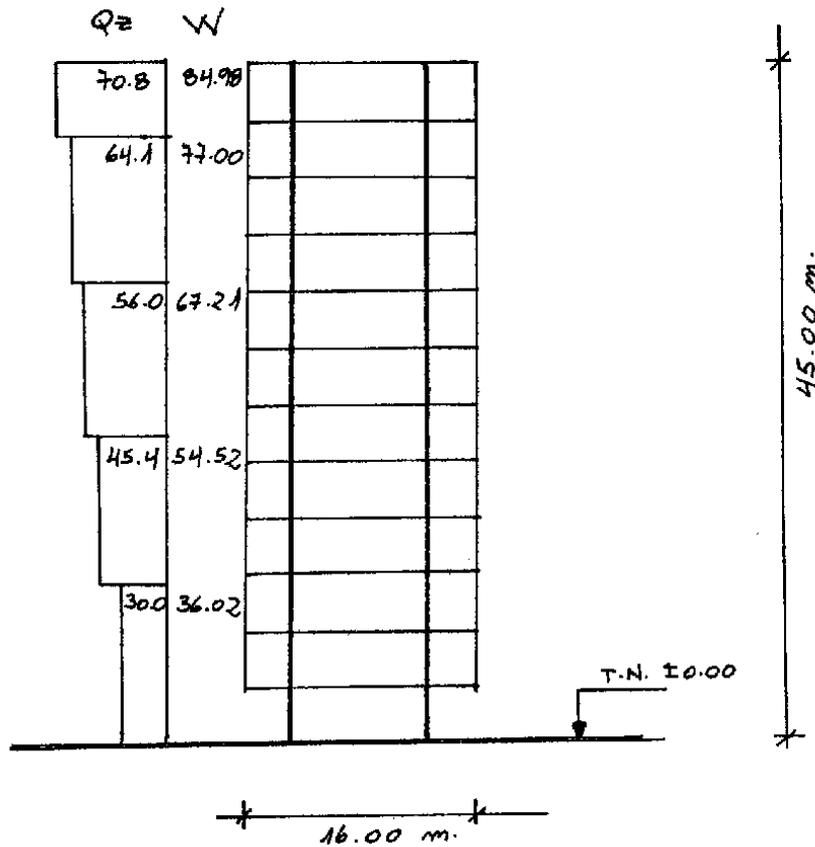


Fig.19

7 – CALCULO DEL COEFICIENTE DE PRESION C.

Para la configuración en planta de nuestro edificio tenemos los siguientes coeficientes de presión.

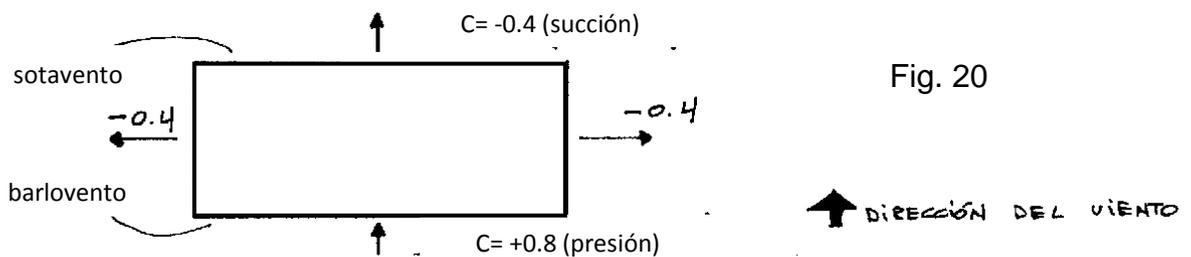
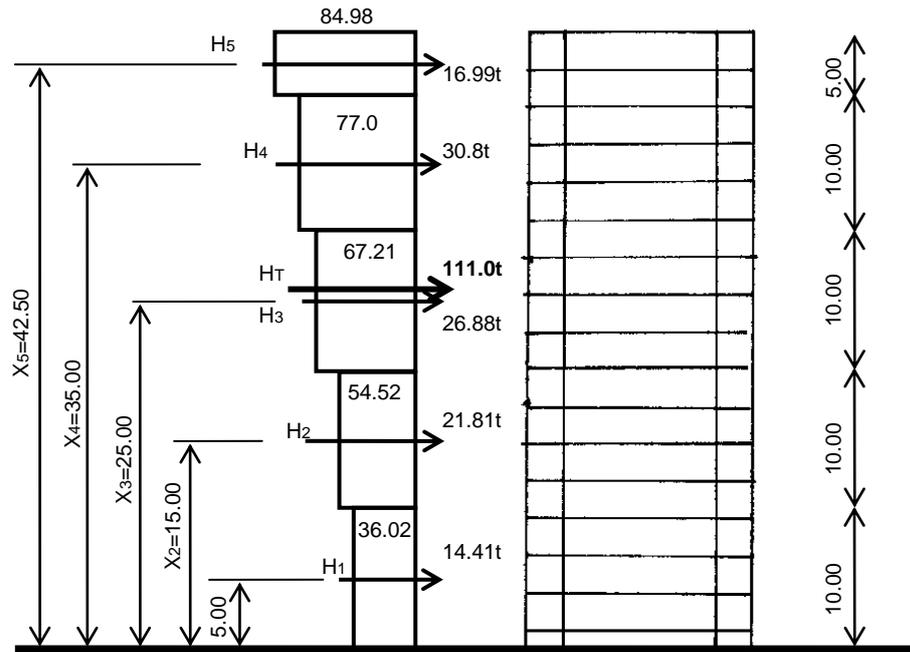


Fig. 20

El coeficiente resultante en la dirección del viento surge de sumar 0.8 de presión con 0.4 de succión.

$$C = 0.8 + 0.4 = 1.2$$

Multiplicando C por Qz se obtienen las acciones unitarias $W = C \cdot Qz$ como se puede ver en la figura siguiente.



Con estos valores podemos obtener las cargas que resultan de multiplicar W por la superficie de influencia.

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 36.02 \times 10 \times 40 = 14410 \text{ kg} \\
 H_2 &= 54.52 \times 10 \times 40 = 21810 \text{ kg} \\
 H_3 &= 67.21 \times 10 \times 40 = 26880 \text{ kg} \\
 H_4 &= 77.00 \times 10 \times 40 = 30800 \text{ kg} \\
 H_5 &= 84.98 \times 5 \times 40 = 16996 \text{ kg} \\
 H_T &= H_1 + H_2 + \dots + H_5 = 110980 \text{ kg} \approx 111 \text{ t}
 \end{aligned}$$

Por suma de momentos respecto al piso determinamos a qué altura X se ubica H_T .

$$X = \frac{H_1 \cdot x_1 + H_2 \cdot x_2 + H_3 \cdot x_3 + H_4 \cdot x_4 + H_5 \cdot x_5}{H_T}$$

$$X = \frac{14.41 \times 5 + 21.81 \times 15 + 26.88 \times 25 + 30.80 \times 35 + 16.99 \times 42.5}{111} = 25.90 \text{ m}$$

8 – DISTRIBUCION DE LAS FUERZAS HORIZONTALES.

Si adoptamos para absorber H_T un diseño estructural como el siguiente:

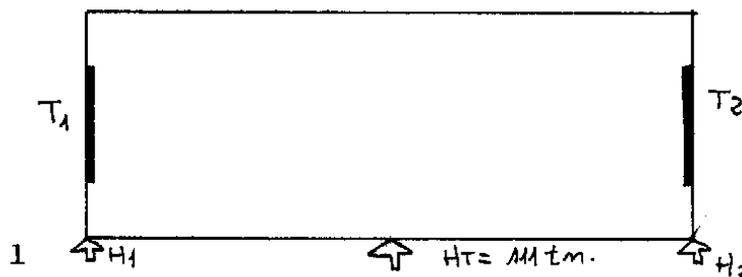


Fig. 22

Tabique 1

$$J1 = \frac{0.15 \times 5^3}{12} = 0.3125 \text{ m}^4$$

Tabique 2

$$J2 = \frac{0.15 \times 3^3}{12} = 0.1125 \text{ m}^4$$

$$Jt = J1 + J2 = 0.425 \text{ m}^4$$

$$R1 = J1/Jt = 0.3125/0.425 = 0.735 \text{ (73.5\%)}$$

$$R2 = J2/Jt = 0.1125/0.425 = 0.265 \text{ (26.5\%)}$$

$$\text{Control } R1 + R2 = 1$$

$$H1 = R1.HT = 0.735 \times 111 \text{ t} = 81.58 \text{ t}$$

$$H2 = R2.HT = 0.265 \times 111 \text{ t} = 29.41 \text{ t}$$

Con estos valores calculamos solicitaciones en los tabiques y dimensionamos a la flexión compuesta.

Supongamos que se funda a -5.00 m, el momento flector a dicho nivel será:

Tabique 1:

$$M1.H1.(X+5m) = 81.58 \times (25.9 + 5) = 81.58 \times 30.90 = 2520 \text{ t}$$

Tabique 2:

$$M2.H2.(X+5m) = 29.41 \times (25.9 + 5) = 29.41 \times 30.90 = 908.77 \text{ t}$$

$$M1 = 2520 \text{ t}$$

$$M2 = 908.77 \text{ t}$$

El esfuerzo axil N surge del estudio de las cargas verticales, peso propio, sobrecarga, etc.

5. MAPA EOLICO



Fig. A-2

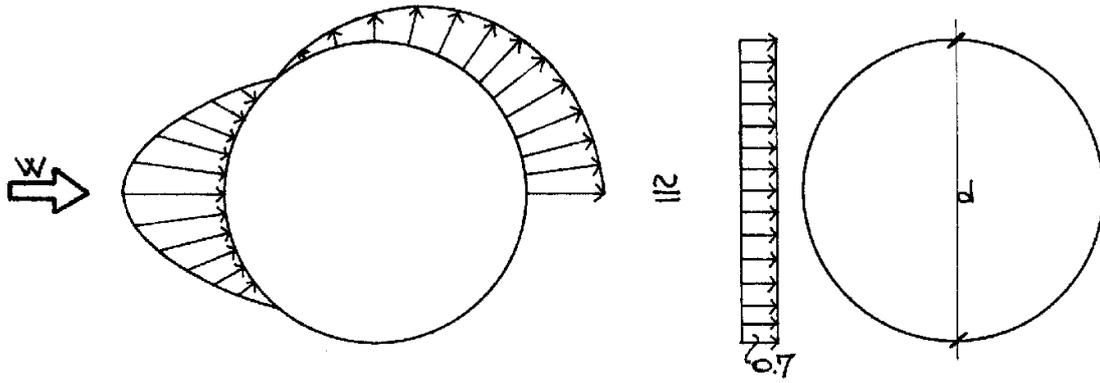


Fig. A-3

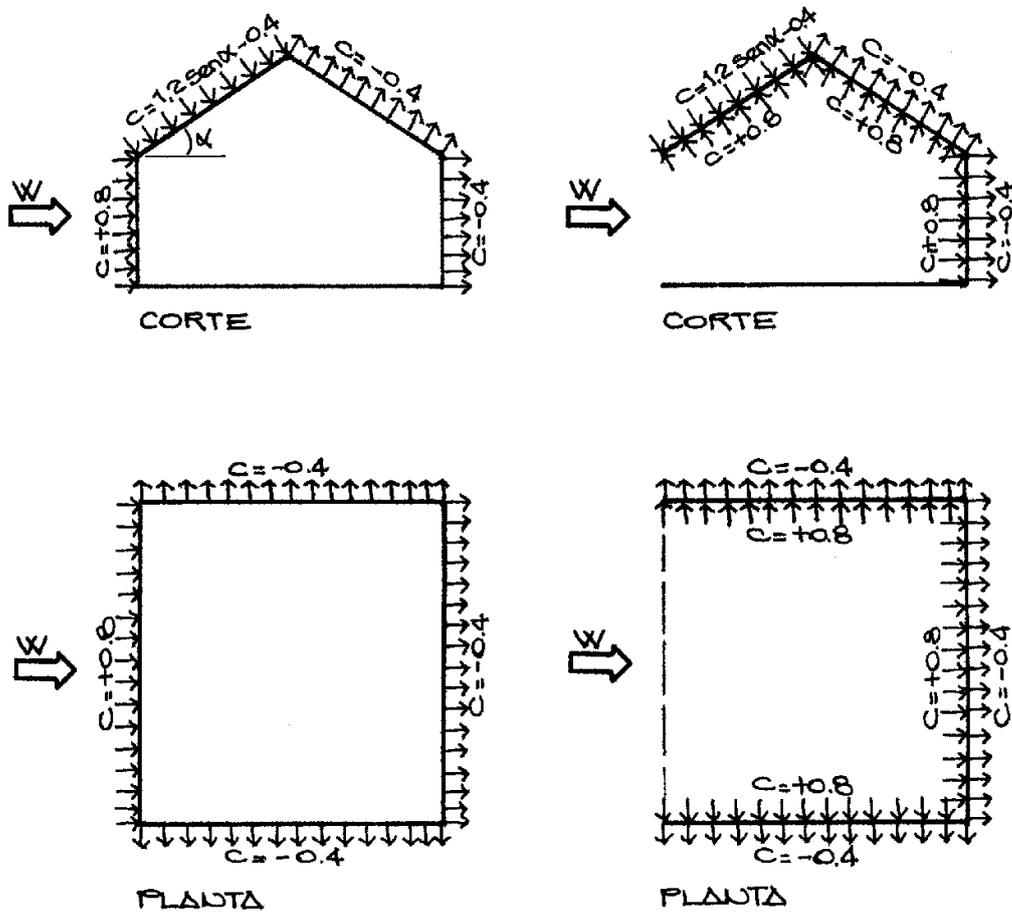


Tabla 1

Tabla 7.1. Valores de la velocidad de referencia β para las capitales provinciales y algunas ciudades.

CIUDAD	β (m/s)
Bahía Blanca	27,5
Bariloche	28,0
Buenos Aires	27,2
Catamarca	26,0
Comodoro Rivadavia	39,4
Córdoba	25,0
Corrientes	27,0
Formosa	27,0
La Plata	28,0
La Rioja	25,5
Mar del Plata	30,0
Mendoza	22,5
Neuquén	30,5
Paraná	30,0
Posadas	28,5
Rawson	32,5
Resistencia	27,2
Río Gallegos	33,0
Rosario	30,0
Salta	22,5
Santa Fe	30,0
San Juan	25,0
San Miguel de Tucumán	25,0
Santa Cruz	31,5
Santa Rosa	30,5
Santiago del Estero	25,2
Ushuaia	40,0
Viedma	30,0
San Luis	27,5
San Salvador de Jujuy	23,5

Tabla 2

Tabla 7.2. Valores límites de la Probabilidad p_m , del Período de vida m , y del Coeficiente c_p para los distintos grupos de construcciones.

Grupo	DESCRIPCION	p_m	m	c_p
1	Construcciones cuyo colapso o deterioro puede afectar la seguridad o la sanidad pública y aquellas vinculadas con la seguridad nacional: hospitales, centrales eléctricas y de comunicaciones, reactores nucleares, industrias riesgosas, cuarteles de bomberos y fuerzas de seguridad, aeropuertos principales, centrales de potabilización y distribución de aguas corrientes, etc.	0,20	50	2,13
2	Edificios para vivienda, hoteles y oficinas, edificios educacionales, edificios gubernamentales que no se consideren en el grupo 1, edificios para comercios e industrias con alto factor de ocupación, etc.	0,50	25	1,65
3	Edificios e instalaciones industriales con bajo factor de ocupación: depósitos, silos, construcciones rurales, etc.	0,50	10	1,45
4	Construcciones temporarias o precarias: locales para exposiciones, estructuras de otros grupos durante el proceso de construcción, etc.	0,50	2	1,16

Tabla 3

Tabla 7.3. Tipos de rugosidad y valores del parámetro z_0 para cada uno de ellos.

Tipo	DESCRIPCION	z_0 (m)
I	Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5 m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, pantanos, llanuras sin árboles, mesetas desérticas.	0,005
II	Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m	0,050
III	Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades	0,200
IV	Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura.	0,500

Tabla 4

Tabla 7.6. Coeficiente de reducción por dimensiones c_d

$\frac{b}{h}$	Tipo de rugosidad	$\frac{h}{V_0}$												
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	$\geq 6,0$	
0,0	I	0,99	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	
	II	0,97	0,90	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	
	III	0,95	0,89	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67	0,66	0,65	
	IV	0,94	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	
0,5	I	0,99	0,90	0,83	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	
	II	0,96	0,88	0,80	0,74	0,69	0,66	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,54	
	III	0,94	0,86	0,78	0,71	0,66	0,61	0,58	0,55	0,53	-----	-----	-----	
	IV	0,93	0,84	0,75	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52	-----	-----	-----	-----	
1,0	I	0,95	0,85	0,78	0,73	0,69	0,66	0,64	-----	-----	-----	-----	-----	
	II	0,93	0,81	0,73	0,67	0,62	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	III	0,91	0,79	0,70	0,64	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	IV	0,88	0,77	0,68	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
2,0	I	0,86	0,77	0,71	0,66	0,63	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	II	0,85	0,74	0,67	0,61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	III	0,83	0,72	0,63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	IV	0,82	0,68	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
5,0	I	0,83	0,71	0,63	0,59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	II	0,75	0,65	0,58	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	III	0,70	0,61	0,54	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	IV	0,67	0,56	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	

Tabla 5Tabla 7.5. Valores del coeficiente adimensional c_z

z (m)	Tipos de rugosidad			
	I	II	III	IV
≤ 10	1,000	0,673	0,446	0,298
20	1,191	0,860	0,618	0,451
30	1,310	0,980	0,732	0,556
40	1,398	1,071	0,818	0,637
50	1,468	1,143	0,888	0,703
60	1,527	1,204	0,948	0,760
70	1,578	1,257	1,000	0,810
80	1,622	1,304	1,046	0,854
90	1,662	1,346	1,088	0,894
100	1,698	1,384	1,125	0,931
150	1,839	1,536	1,277	1,079
200	1,944	1,648	1,390	1,191
250	2,026	1,738	1,482	1,281

Nota: Los valores intermedios se obtienen por interpolación lineal.