

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO  
CARRERA DE ARQUITECTURA

## ESTRUCTURAS III

Tema: EDIFICIOS EN ALTURA – ACCION DEL VIENTO

---



Ing. José María Canciani  
Arq<sub>a</sub>. Cecilia Cei

Año Académico: 2009

## **ACCION DEL VIENTO EN EDIFICIOS EN ALTURA**

Ya se han visto las tipologías estructurales de edificios en altura.

Todas las tipologías descritas son apropiadas para resistir todas las cargas horizontales de Viento y Sismo. Si bien, ambos son consideradas cargas horizontales, cabe volver a destacar las siguientes diferencias: el viento es una fuerza determinada básicamente por la superficie expuesta y el sismo está determinada por las masas en juego.

## **CARGAS ACTUANTES**

Para un edificio de cierta altura, el sistema de cargas actuantes, en general, que compromete su estabilidad, es el de cargas gravitacionales (**q**), las cuales ya han sido estudiadas por ustedes en cursos anteriores.

A manera de repaso, sintetizaremos diciendo que son aquellas cargas que tienen:

- ✓ **Dirección vertical**
- ✓ **Sentido hacia abajo.**

a) **Estáticas:** no varían sustancialmente en el tiempo.

Y que podemos discriminar en

**Cargas permanentes:** estructura del edificio, mampostería, carpinterías etc. (**g**).

**Sobrecarga:** muebles, personas, etc. (**p**). Si bien se pueden desplazar, me muevo, esta variación no altera el estado de cargas.

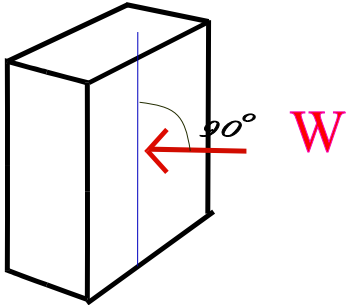
Cuando aumento la altura del edificio, y especialmente su esbeltez ( $\lambda = h/b$ ) la acción del viento comienza a comprometer la estabilidad de las construcciones con igual intensidad que las cargas gravitacionales.

Esto no significa que cuando calculamos un edificio bajo ( P.B. + 2 pisos) el viento no actúa; el viento siempre está actuando sobre las construcciones, pero en este caso no compromete su estabilidad. Y porque sí lo hace en el caso de un edificio alto?

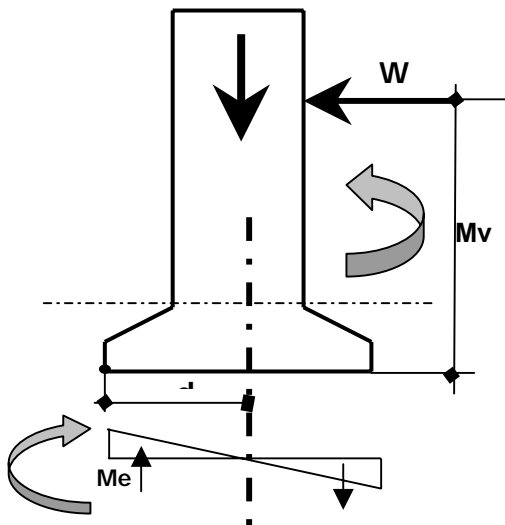
El Viento es una Carga dinámica (que varía en el tiempo) con una determinada dirección e intensidad, o sea una masa de aire en movimiento que al chocar contra el obstáculo (edificio) tiende a volcarlo a correrlo.

- **La presión dinámica producida por el viento es máxima en el centro de la fachada por simetría, este se llama punto de obstrucción y va disminuyendo en los bordes.**

- Para el cálculo se considera el viento en dirección horizontal y aplicado en el plano medio de la fachada.



- El conjunto se comporta como una **ménsula empotrada en el suelo**
- El viento, al encontrarse con la construcción produce un momento volcador, que aumenta con la velocidad y la superficie expuesta ( a mayor velocidad de viento y más superficie, mayor momento volcador)
- **POR LO TANTO EL EDIFICIO ES UNA MENSULA QUE ESTÁ SOMETIDA A FLEXION**

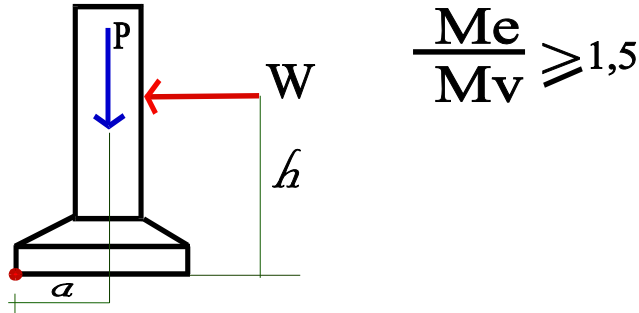


- LA PRIMERA VERIFICACION ES ASEGURARSE LA POSIBILIDAD DE MATERIALIZAR EL EMPOTRAMIENTO DE ESA MENSULA EN EL SUELO. ESTO ES FUNDACIONES Y SUELOS APTOS.

- EL MOMENTO DEBIDO AL VIENTO TIENDE A VOLCAR EL EDIFICIO

**MOMENTO VOLCADOR:**  $M_v$ : está dado por la carga de viento  $W$  multiplicada por la distancia  $h$  entre su punto de aplicación y el plano de fundaciones ó, la suma de los momentos producidos por las cargas de viento concentradas, aplicadas en cada nivel, con respecto al plano fundacional.

Este momento debe ser equilibrado por un **MOMENTO ESTABILIZADOR**  $M_e$ : que es el peso propio del edificio  $P$  por la distancia entre su recta de acción y el punto de giro  $a$ .



Debe cumplirse que el  $M_e$  sea una vez y media mayor o igual que el  $M_v$ . Esto permite, además de asegurarnos que la construcción no entre en colapso, determinar con que grado de seguridad se trabaja. Para esta verificación se toma el edificio descargado, es decir teniendo en cuenta solo las cargas permanentes.

- DEBE VERIFICARSE:
- La **Esbeltez** del edificio
- La **Rigidez**
- El **Volcamiento**
- La **Tensión Admisible del terreno**

**ESBELTEZ**

$$\lambda = \frac{Hn}{b} > 5 : \text{edif en altura}$$

*altura* (sobre Hn)      *lado menor* (sobre b)

• RIGIDEZ

$$\frac{a}{b} = \frac{\text{lado mayor}}{\text{lado menor}} < 5 \text{ edificio rígido}$$

VERIFICACION GLOBAL AL VOLCAMIENTO

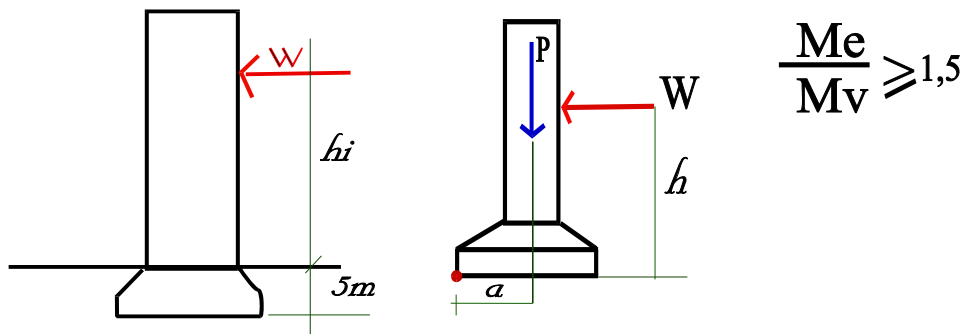
1.-Determinación del momento estabilizador **Me**

$$M_e = G \cdot d$$

*peso propio del edificio*  
*G = Sup. Planta x Nº de Plantas x g (peso propio)*  
*d = distancia desde la recta de acción de G al centro de volcamiento A*

2.-Determinación del momento volcador **Mv**

**Mvf = Wi** (acción del viento en cada nivel) **x Hi** (distancia desde el nivel considerado al plano de fundaciones (+5m))



TENSIONES DEL TERRENO

$\sigma_{Adm.} > \sigma_r = \sigma_g + \sigma_v$

- $\sigma_g$  : Tensión de Peso Propio =  $g/f$
- $\sigma_v$ : Tensión de viento  $\frac{6M_v}{b1 \cdot a1}$

$b1$ : lado menor

Para un edificio bajo esto no sucede

-

Por lo tanto este nuevo estado de cargas hace necesario una tipología específica que pueda resistir  $g$  y  $W$  y transmitir las al terreno

Para poder diseñar y calcular estas tipologías y elementos estructurales debemos conocer la intensidad de la carga actuante ( $W$ ), y sus efectos en las construcciones (**Momento volcador y corte**)

## CIRSOC 102

Para determinar la intensidad de la carga de viento, existen normas y reglamentaciones que en nuestro país es el CIRSOC 102, el cual establece el procedimiento a seguir para determinar la intensidad de la carga de viento en función de diferentes factores (mediante coeficientes) y los aspectos de seguridad a tener en cuenta.

**LO IMPORTANTE ES SABER CUALES SON LOS FACTORES A TENER EN CUENTA PARA DETERMINAR LA CARGA DE VIENTO, PUES ESTO INFLUIRÁ EN EL DISEÑO,** y no dejarse impresionar por las fórmulas de cálculo que presenta el reglamento.

Además la carga de viento es aleatoria y producto de fenómenos naturales, o sea que no se puede prever y también por eso los reglamentos varían y actualizan los criterios y procedimientos de cálculo periódicamente.

## FACTORES

- A) **ZONA:** el país está dividido en distintas zonas en función de las velocidades de viento (m/seg).- Velocidad de referencia ( $\beta$ ) (m/seg)
- B) **DESTINO:** de acuerdo a la función y destino que va a tener el edificio, se considera la posibilidad de que durante su vida útil (por ejemplo 50 años) se supere la  $\beta$  (por ejemplo vientos huracanados), para lo cual se aplica el coeficiente de seguridad  $c_p$ : coeficiente de velocidad probable, el cual afecta a  $\beta$ . Así se tiene

$$\beta \text{ (m/seg)} \cdot c_p = V_o \text{ velocidad básica de diseño}$$

El viento, como carga dinámica, como masa de aire en movimiento, es una fuerza con una velocidad y dirección como hemos dicho, lo cual al chocarse con la fachada del edificio se transforma en una presión la cual es máxima cuando actúa perpendicular a la fachada y en su eje de simetría; este punto se llama **punto de obstrucción (o)**<sup>n</sup> en un nivel considerado. Esto se ha verificado mediante mediciones y comprobaciones empíricas.

Por lo tanto a los efectos del cálculo, se considera este valor de presión por ser el más desfavorable.

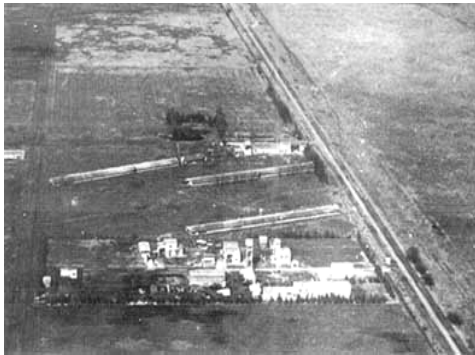
Como transformamos una velocidad en presión? Mediante un factor de conversión que consiste en

$$V_o^2 \times 0,00613 = q_o \text{ (kn/m}^2\text{) } \underline{\text{presión básica de diseño}}$$

- c) **ALTURA** a mayor altura de fachada, mayor carga de viento ( y también a mayor ancho de fachada)
- d) **ENTORNO** las características del entorno inmediato pueden modificar la intensidad del viento, esto es porque el edificio puede estar más o menos protegido por otros edificios y puede estar totalmente expuesto.

En una misma zona (Bs.As.  $\beta = 27,7 \text{ m/s}$ ) no es lo mismo un edificio aquí (ciudad Universitaria) a un edificio en el mismo Centro: esto se llama **RUGOSIDAD** y existen 4 tipos según el CIRSOC, desde zonas desérticas hasta complejos urbanos de alta densidad

Distintos Tipos de Rugosidad



Ejemplo de terrenos con tipo de Rugosidad I



Ejemplo de terrenos con tipo de Rugosidad II



Ejemplo de terrenos con tipo de Rugosidad III



Ejemplo de terrenos con tipo de Rugosidad IV

La forma en que estos 2 factores afectan a la  $q$  se expresa en un coeficiente llamado  $c_z$  (tabla), es decir que para cada distinta altura de fachada hay un valor de  $c_z$ ; y como la carga de viento es transmitida por los entresijos resistentes, tendremos un  $c_z$  para cada nivel de entresijo ( o se puede simplificar cada 10m)

- e) **FORMA**: tiene en cuenta las dimensiones principales del edificio:  $h$ ;  $a$ ;  $b$  y permite efectuar algunas reducciones siempre y cuando el edificio sea rígido, homogéneo y alguna de sus dimensiones supere los 20m. Este factor de forma afecta en forma uniforme toda la altura del edificio (TABLA)

Así vinculando estos 3 factores obtenemos la

$$Q_z = q_0 \cdot c_z \cdot c_d \text{ presión dinámica de cálculo}$$

- f) **ORIENTACION, TEXTURA** : Además debemos tener en cuenta la orientación, o sea si el edificio o la fachada expuesta está a Barlovento , frontal al viento (presión) o a Sotavento (succión). Y si la superficie expuesta es estanca, pasante o mixta. Estos aspectos se consideran en el:

Coeficiente de presión C

Así tendremos  $q_{zw} = q_z \cdot c$  ( $C_B + C_s$ ) en ambas fachadas se suman los efectos.

### ACCIONES UNITARIAS

Hasta ahora tenemos una carga distribuida por unidad de superficie de fachada expuesta. Es decir que se ha reemplazado la carga dinámica por la carga estática equivalente=  $Kn/m^2$  que está actuando a nivel de cada entresijo.

Para determinar la carga concreta  $W_{iz}$  (Kn) que está actuando en este entresijo y que equivale a la distribuída, se multiplica a  $q_{zw}$  x  $a$  (AREA DE INFLUENCIA) x  $h_e$

Para determinar la carga total W que actúa en el edificio, se suman todas la  $W_i$ , o sea

$$W_t = \sum_0^n W_i$$

### MOMENTO VOLCADOR

Una vez que conocemos el valor de  $W$ , podemos determinar los efectos que produce, en forma global, considerando al edificio infinitamente rígido.

Cada uno de los  $W_i$  produce un MV con respecto a la base del edificio

$$M_{if} = W_i \times h_{if}$$

Y el Momento Volcador Total producido por la acción de todos los  $W_i$  será

$$M_{VT} = \sum_0^n W_i \times h_{if}$$

## **EQUILIBRIO**

Esta fuerza W es equilibrada por el peso propio del edificio descargado (condición más desfavorable)

Siendo G : peso del edificio descargado = a x b x n<sup>o</sup> de niveles x g (kg/m<sup>2</sup>) (valor estimado según destino 700/1200.)

$$\mathbf{Me = G.d}$$

**DEBE CUMPLIRSE:  $Me / Mv \Rightarrow 1,5$  1º VERIFICACION PARA PODER SEGUIR ADELANTE CON EL CALCULO.**

## **ACLARACIONES**

Deben verificarse todas las direcciones principales

Hemos aplicado el **cálculo estático**, es decir que el período de oscilación del edificio es < 1 seg

Para edificio muy altos y esbeltos ( $\geq 8$  a 10 ) se aplica el **cálculo dinámico**, que es más complejo en cuanto a procedimiento pero considera los mismos factores.

## CONCLUSIONES FINALES

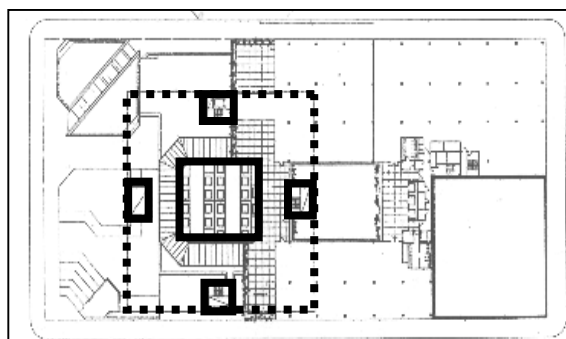
Hasta aquí hemos establecido el cálculo. Sin embargo, la arquitectura se resuelve en la tríada Diseño, construcción y Tecnología. Si bien el desarrollo de la ingeniería y la informática han avanzado en la determinación de cálculos cada vez más precisos para determinar la acción de los vientos y asegurar la seguridad de los edificios, también es cierto que la tecnología avanza cada vez más en la resolución de los problemas planteados y el diseño propone soluciones de alta creatividad a los problemas constructivos poniendo en juego los nuevos desarrollos tecnológicos. Creo profundamente en la enseñanza de Estructuras desde esa visión integradora. Por eso, este apunte concluye con algunos ejemplos en los que la tríada -diseño- tecnología- construcción han resuelto en forma eficaz los problemas que se fueron planteando.

## NUEVAS TECNOLOGÍAS: AMORTIGUADORES DE MASA

Algunos edificios altos, como el **Citicorp de Nueva York** o el **Taipei 101**, disponen en los pisos superiores de un amortiguador de masa. Se trata de un mecanismo simple en términos relativos, ya que consiste básicamente en un enorme bloque de acero u hormigón colgando como un péndulo o colocado sobre raíles o una plataforma deslizante. Su misión es contrarrestar los vaivenes y movimientos laterales habituales en este tipo de edificios, desplazándose en el sentido contrario a estos. En este caso analizaremos el Citicorp y cuando abordemos el tema de Sismos veremos el Taipei 101

### TORRE CITYCORP

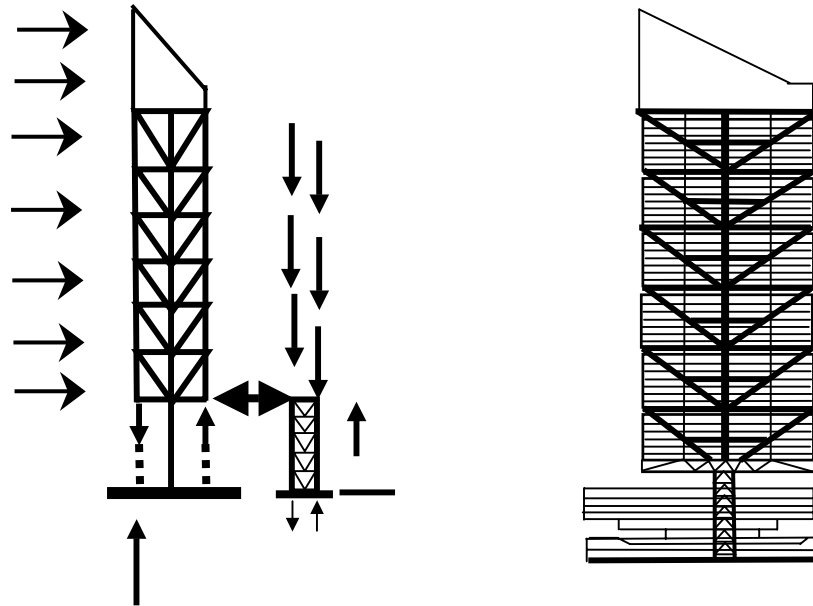
Como primer se eligió la torre Citycorp en Nueva York, porque esta torre tiene una historia, un sistema de estabilización interesante y es el primer edificio considerado “inteligente”. Primero quisiera establecer que una comunidad evangélica le donó el espacio aéreo sobre su iglesia a la corporación, con la condición que dicha iglesia no dejara de destacarse. Entonces deberían construirla sobre la capilla. Personalmente no me hubiera animado nunca a hacer estas columnas de 9 pisos de altura y ubicarlas dónde están en la parte central de las vigas.



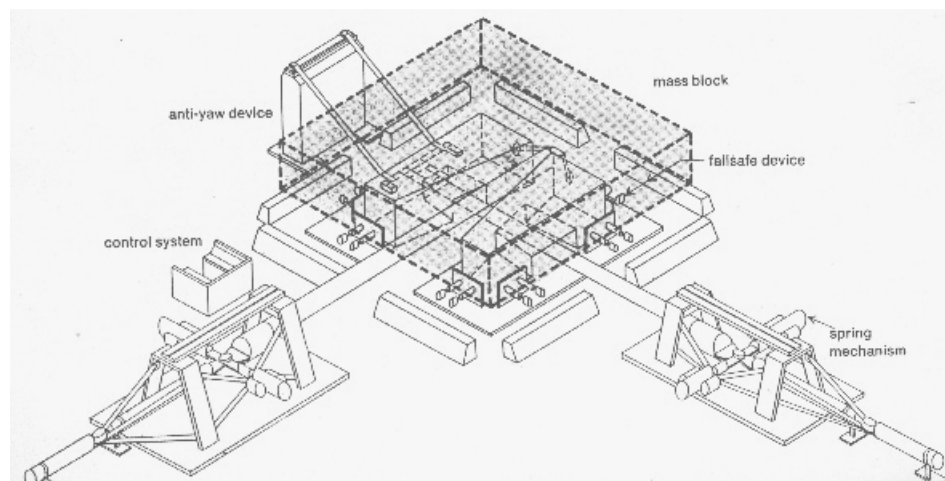
Planta

- 1978
- Hugh Stubbins & Asociados
- 59 niveles
- 279 m de altura

Pero la torre fue construida de esta manera, el sistema es un reticulado que toma la carga de los extremos y las lleva a las columnas centrales. Al construirla se observó que la misma oscilaba bastante en sus pisos altos, sobre todo por la acción de los fuertes vientos actuantes en NY. No se iba a caer, pero la situación de disconfort en esos pisos era bastante desagradable.



Para estabilizarla se le adicionó un gran peso un volumen importante de hormigón, con un sistema de rodillos comandados por una computadora, que ubicado debajo de su colector solar, podría moverse según la dirección desde dónde soplara el viento y así estabilizarla.



## **Bibliografía**

- Reglamento Cirsoc 102
- Engineering for Architecture Robert E Fischer –Ed. McGraw –Hill Book Company. 1980
- Techniques of successful practice for architects and engineers. William B. Foxhall. Ed. MacGraw- Hill Book Company 1980
- Diseño Estructural en Arquitectura. Salvadori y Levy. Ed.CECSA Bs.As.
- High- Rise Building Structures. W.Scheuller. John Willey & sons.
- [www.l.union.edu/merkeld/citicorp.html](http://www.l.union.edu/merkeld/citicorp.html)