

CIRCULACIÓN DE AIRE EN TORRES CON GRANDES ABERTURAS Y UN ESPACIO CENTRAL ABIERTO

Scarabino, A., Marañón Di Leo, J., Delnero, S., Colman, J., Boldes, U.

**Universidad Nacional de La Plata.
Facultad de Ingeniería – Dto. de Aeronáutica
Calle 116 entre 47 y 48 – La Plata (1900) – Argentina
E-mail: aescarbi@ing.unlp.edu.ar**

RESUMEN

El objetivo del trabajo es la determinación cualitativa, en el túnel de viento, del comportamiento del flujo de aire en el exterior e interior de modelos de dos torres diseñadas para la ciudad de Singapur. Las torres cuentan con un espacio central abierto en toda su altura, y plazas centrales cada siete pisos, con grandes aberturas hacia el exterior, pensadas para generar una sensación de aire libre en cada plaza. Esta configuración ocasiona complejos patrones tridimensionales de flujo en el interior de las torres, los que son analizados en este trabajo para las direcciones de viento predominantes en la zona. La circulación general producida por esta arquitectura particular favorece la ventilación natural en estos edificios.

The aim of this work is to determine qualitatively in wind tunnel experiments the behaviour of the air flow in the surroundings and inside the models of two towers designed for the city of Singapore. The towers have an open central space connecting all the levels, and central public squares every seven floors, with large openings toward the outside, designed to produce an outdoors feeling. This configuration causes complex tridimensional flow patterns in the interior of the towers, which are analysed in this work for the prevailing wind directions. The general circulation produced by this particular architecture enhances natural ventilation in these buildings.

Palabras clave: ventilación natural, flujo de aire en edificios, patios interiores

Key words: natural ventilation, air flow in buildings, atria.

INTRODUCCIÓN

La ventilación natural todavía es el método más común para los edificios residenciales, incluso en climas tropicales. La visualización del flujo en modelos de edificios ha sido usada frecuentemente para evaluar los efectos del movimiento natural del aire a través de ventanas y puertas, como asimismo la circulación forzada por la calefacción y aberturas de ventilación. (Fontaine et al 1991, Awbi y Gan 1992). Smith (1951) describe el comportamiento de una cámara de aire. Caudill & Reed (1952) mencionan estudios de flujos dentro y alrededor de estructuras de diferentes formas. Baturin (1972) reporta estudios sobre ventilación industrial. Mas recientemente, Awbi (1994) discute los parámetros a ser considerados diseñando sistemas de ventilación naturales. Meroney (1999) presenta una revisión global sobre el tema.

El proyecto de BBBSA Arquitectura - Diseño Urbano consiste en dos edificios de 150 m de altura, con 200000 m² de espacio habitable en un emplazamiento de 25000 m², localizados en una extensión del Duxton Plain Park en Singapur. Cada torre, de planta cuadrada, tiene un gran espacio central, abierto en el techo, que atraviesa toda la torre en altura. Los departamentos se sitúan en la periferia y rodean grandes plazas existentes cada 7 pisos, de modo que por el lado exterior los residentes tienen vista a la ciudad, y por el lado interior, a las plazas que rodean el espacio abierto central (figuras 3 y 4). Cada plaza consta de un espacio público, zonas de recreo, locales comerciales, etc., rodeando la abertura interior que abarca en altura la totalidad del edificio. El complejo cuenta con grandes aberturas en cada pared, de 7 pisos de alto y diferente ancho, simples y dobles, que contribuyen a la sensación de estar al aire libre. Las plazas cuentan con vegetación, que se puede conservar gracias a estas aberturas y al espacio abierto central por el cual circula un flujo de aire que favorece la ventilación natural en todos los niveles.

METODOLOGÍA

Singapur se encuentra al norte del Ecuador cerca de 1,5 grados de latitud Norte y los 104 grados de longitud Este. Debido a su situación geográfica y la exposición marítima, su clima es caracterizado a través de temperatura uniforme, presión y humedad altas con lluvia abundante. El clima de Singapur puede ser dividido en dos estaciones principales, el Monzón Nordeste (diciembre a marzo) y la estación del Monzón Sudoeste (junio a septiembre). La temperatura diurna va de un mínimo de 23 a 26 C a un máximo 31 a 34 C. La velocidad del viento es normalmente baja, por debajo de 5.50 ms^{-1} (20 km/h), aunque se han registrado valores entre $7.75\text{-}11 \text{ ms}^{-1}$ (30-40 km/h) en enero y febrero (Ref. SNEA, 1998).

Para poder realizar este estudio se debe contar con todos los datos meteorológicos y geográficos del emplazamiento a estudiar. Con estos datos se genera un modelo que es simulado luego en un túnel de viento. Este modelo debe contener el perfil de velocidades media de la zona a estudiar así como también la turbulencia que se genera en la misma debida a la geografía del lugar (edificios, cerros, montañas, valles, bosques, ríos, plantaciones, etc.).

En el túnel de viento de capa límite del Departamento Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP se reprodujo la distribución vertical de vientos de la baja capa límite en una atmósfera urbana (Boldes et al, 1995), con propiedades semejantes a las existentes en el lugar del futuro emplazamiento de las torres, por medio de elementos de rugosidad, generadores de turbulencia (spires) y apertura parcial de aletas deflectoras en la entrada a la sección de pruebas del túnel (fig. 1a y 1b). Se analizó el comportamiento del flujo en el exterior y el interior de un modelo de las torres, por medio de catavientos de hilo situados en cada plaza y en el exterior, y con mediciones locales de velocidad media en determinados puntos del espacio central, mediante anemómetro de hilo caliente Dantec Flowmaster. El estudio se realizó para las dos direcciones de viento establecidas como predominantes: SO y NE.

Tomando como velocidad de referencia el valor de 5.4 ms^{-1} , medido a la altura h de las torres, el valor del número de Reynolds basado en el ancho de las mismas es $Re_t = 55.000$. El número de Reynolds basado en al ancho de las aberturas (simples) es $Re_a = 10.400$.

Para la determinación de las velocidades de referencia de la corriente libre (aguas arriba) se utilizó también el Anemómetro de hilo caliente portátil DANTEC Flowmaster con brazo telescópico de 5 m.

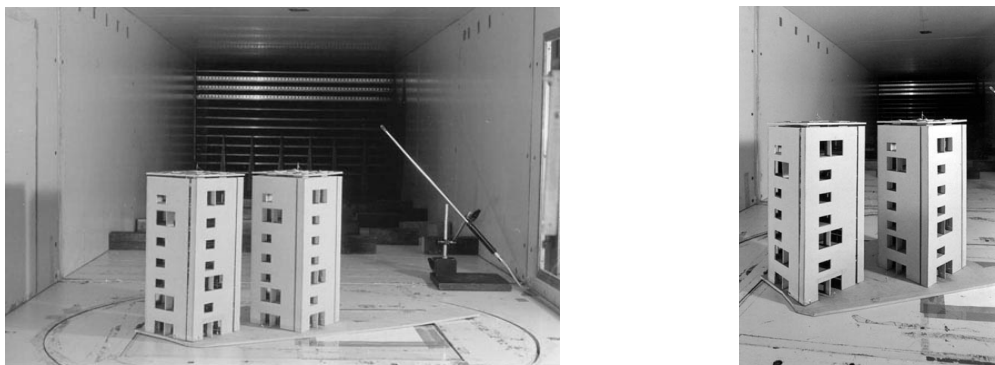


Figura 1) Vistas de la maqueta en la sección de prueba del túnel de vientos.

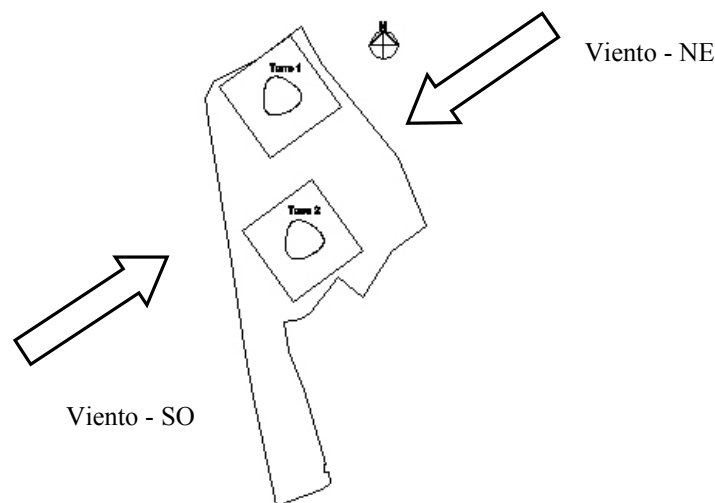


Fig. 2 - Posición geográfica de las torres y dirección de los vientos predominantes.

RESULTADOS.

En ambas direcciones de viento estudiadas se detectó que la distribución de aberturas y el orificio central que conecta las siete plazas de cada torre genera una configuración fluidodinámica netamente tridimensional en el interior del modelo. Las condiciones de viento en cada plaza son altamente dependientes de la dirección del viento incidente, generándose distintos tipos de corrientes en cada plaza, y entre plazas consecutivas, a través del espacio central que las conecta, así como la formación de un vórtice en el centro del modelo, en un flujo vertical ascendente o descendente según la altura dentro del modelo, y la dirección del viento incidente. (figuras 3 y 4)

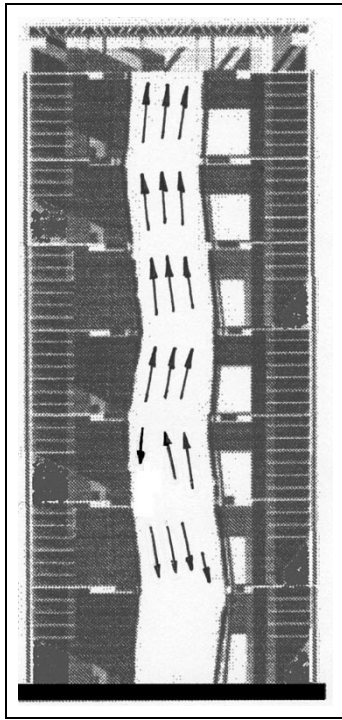


Fig. 3 Configuración con viento sudoeste.
Corte SE-NO

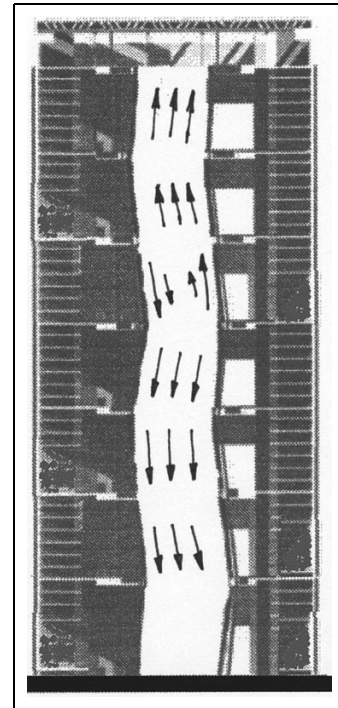


Fig. 4 Configuración con viento noreste.
Corte NO-SE

Resultados en cada plaza:

Para viento de dirección NE:

Plaza 2: un flujo vertical descendente atraviesa el espacio central, con una componente NE-SO, probablemente influenciada por la corriente que atraviesa la plaza 1 entre las aberturas NE y SO. El resto de la plaza muestra el patrón de circulación en sentido horario mencionado en 1)

Plaza 3: viento descendente en el vórtice central. Componentes hacia el centro en el sector O

Plaza 4: Flujo vertical descendente en el espacio central. Desvío del flujo de la circulación horaria hacia la abertura doble en la cara SE, y hacia la abertura simple de la cara SO a sotavento. La velocidad del viento medida en el centro de las plazas 2, 3 y 4, en el orificio central, no superó 1 m/s, es decir, el 20 % de la velocidad de referencia, o el 25 % de la velocidad incidente.

Plaza 5: presenta el patrón de flujo más complejo para el viento de esta dirección. La abertura doble a barlovento introduce una circulación intensa en la plaza (figura 6). La componente vertical de velocidad del viento es ascendente en el lado NO y descendente en el SE. Se detectó una zona de baja velocidad en la esquina O y velocidades de 4 m/s (80% de la velocidad del viento exterior) en el centro de la plaza.

Plaza 6: circulación estable, y vórtice central bien definido, con dirección ascendente (figura 8). Velocidad en el centro alrededor de 2 m/s, o 40 % de la velocidad exterior.

Plaza 7: circulación estable, aunque con dirección intermitente cerca de la abertura doble a barlovento (cara SO). Vórtice ascendente. Velocidad medida de orden 1.5 m/s, un 25% de la velocidad exterior.

Para viento de dirección SO

Plaza 2: Corriente cruzada entre aberturas de barlovento hacia sotavento, y circulación horaria en sector SE y S. Componente descendente en el espacio central, sobre lateral NO. Velocidad en espacio central 1.3 m/s.

Plaza 3 (ventana doble a barlovento). En el espacio central la corriente vertical se divide: hacia abajo en sector NO, generando una corriente hacia la abertura doble en ese lateral en la plaza 2, y hacia arriba y hacia la abertura de la cara NE en el resto del orificio. Aparece una zona de remanso en la esquina S, y flujo hacia la abertura de sotavento en la esquina E (figura 5). La velocidad en el centro alcanza los 3.8 m/s, el mismo orden que la velocidad exterior a esa altura.

Plaza 4: se define el vórtice ascendente en el centro del orificio, y se establece circulación horaria en la plaza, con componentes de velocidad hacia la abertura doble en el sector SE, y una zona de baja intensidad de viento en la esquina S. La velocidad medida es 1.8 m/s, 40% de la velocidad exterior a esa altura.

Plaza 5: vórtice ascendente establecido y circulación horaria. Bajas velocidades (medido: 1 m/s, 22% de la velocidad exterior a esa altura). Componente hacia el exterior en abertura doble a sotavento y zona de remanso en esquina S.

Plaza 6: Vórtice central ascendente, circulación horaria estable, componentes hacia fuera en abertura doble, cara NO y en la abertura simple a barlovento, cara NE (figura 7). Velocidad medida 1.4 m/s (27 % vel. exterior)

Plaza 7 (abertura doble a barlovento). El vórtice ascendente se intensifica. Posible existencia de un vórtice secundario en la esquina S. Componente hacia la abertura en sector E, superpuesta a la circulación horaria general. Velocidad de 4.3 m/s, 80% del valor de la velocidad exterior.

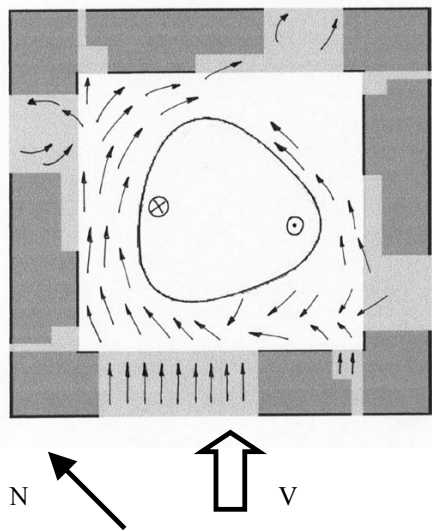


Figura 5

Configuración con viento sudoeste (Plaza 3 – torre 2)

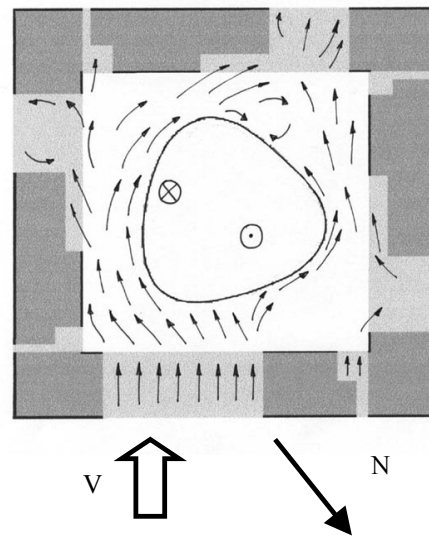


Figura 6

Configuración con viento noreste (Plaza 5 – torre 2)

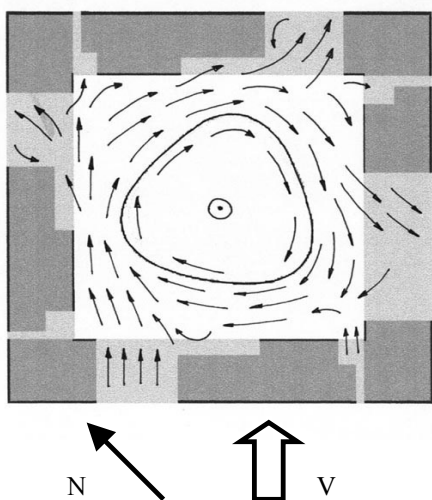


Figura 7

Configuración con viento sudoeste (Plaza 6 –torre 2)

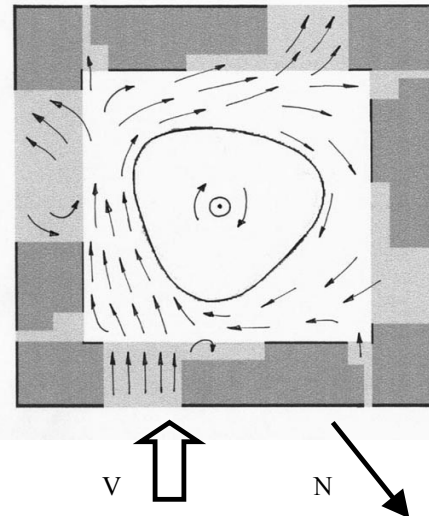


Figura 8

Configuración con viento noreste (Plaza 6 – torre 2)

Observaciones globales

1. En ambas direcciones de viento y en ambas torres, la ubicación de las aberturas produce un patrón de circulación de aire en las plazas con sentido horario, excepto en la plaza 1, en que la distribución de aberturas genera una corriente que atraviesa la planta.
2. La circulación mencionada se intensifica en el espacio abierto central, generando un vórtice de eje vertical, con una componente de velocidad vertical que varía según la plaza y según la dirección del viento.
3. La ubicación de las aberturas dobles resulta un factor determinante en la configuración del flujo de aire dentro de cada edificio, en particular en el flujo vertical a través del espacio central.
4. Los mayores valores de velocidad del aire dentro del modelo se detectaron en las plazas con aberturas dobles a barlovento.
5. En cada dirección de viento estudiada, se establecieron en ambas torres patrones de circulación cualitativamente similares, aunque no se descartan diferencias cuantitativas debidas a la distinta posición relativa al viento de las mismas.
6. Las ranuras verticales enfrentadas al viento reducen moderadamente la circulación en el sector adyacente.
7. La dirección del flujo dentro del modelo en la mayoría de los puntos observados presentaba en general fluctuaciones considerables.

CONCLUSIONES.

Se realizó un relevamiento plaza por plaza y en las direcciones antes mencionadas, en el cual se pudo visualizar la generación de vórtices centrales en las diferentes plazas de acuerdo con la dirección predominante en ese momento. La corriente ascendente a través del espacio central intensifica la vorticidad presente en la misma, mejorando la circulación general. Puede verse que en el túnel central el flujo de aire sube o baja de acuerdo al viento incidente, produciéndose en algunas plazas vórtices transversales que hacen que el flujo de aire en ese lugar sube de un lado y baja del otro. Este efecto refuerza en algunos casos y en otros disminuye la intensidad del flujo dentro del edificio, siendo la orientación de las aberturas dobles un factor determinante. Esta circulación en el túnel central provoca que en algunos ventanales se produzca succión mientras que en otro se produce un escape del flujo. Esto mejora notablemente la ventilación en el complejo. En etapa de diseño, la distribución de aberturas laterales puede variarse para potenciar los efectos favorables.

Es importante destacar que en algunos casos se detectaron altos valores de intensidad del viento incidente dentro de las plazas a nivel peatonal, lo que puede producir incomodidad a residentes que circulen por ese lugar. Se plantearán soluciones para este problema.

En conclusión, la configuración de flujo compleja generada por las aperturas grandes y el espacio central contribuye a la sensación de "aire libre" en los patios, que era una de las metas de los arquitectos para su plan. Es más, los microclimas particulares generados dentro de los edificios mejoran la ventilación, a través de los flujos cruzados, circulación general, y el vórtice central.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Fontaine, J. R., F. Biolley, R. Rapp, and J.C. Sériéys. Sept. 1991: Ventilation Flow Analysis - Flow Visualization and LDA Measurements in Water Scale Models, Validation of Numerical Results. *Air Movement and Ventilation Control within Buildings*, 12th AIVC Conference, Ottawa, Canada, pp. 47-75.
- 2) Awbi H.B., Gan G., 1992 Simulation of solar-induced ventilation, *Renewable Energy Technology and the Environment* 4 pp. 2016-2030
- 3) Smith, E.G. 1951. The feasibility of using models for predetermining natural ventilation. *Texas Engineering Experiment Station Research report* No. 26, Texas A. & M. College, College Station, TX pp.26.
- 4) Caudill, W.W., B.H. Reed. 1952. Geometry of classrooms as related to natural lighting and natural ventilation. *Texas Engineering Experiment Station Research Report* No. 36, Texas A. & M. College Station, TX pp. 57.
- 5) Baturin, V.V. 1972. Air Change. *Fundamentals of Industrial Ventilation*. Oxford: Pergamon Press Ch. 13, pp. 283-347.
- 6) Awbi H. B., 1994. Design considerations for naturally ventilated buildings. *Renewable Energy* 5, pp. 1081 - 1090
- 7) Meroney, R.N. 1999: Perspectives on air pollution aerodynamics. *Wind Engineering into the 21st Century*, Larsen, Larose & Livesey (eds). Balkema, Rotterdam, Vol 1, pp. 79-90.
- 8) Singapore National Environmental Agency, 1998: *Environmental Guide Book for Construction Sites*
- 9) Boldes U. Colman J. Nadal Mora V., 1995: The boundary layer wind tunnel at the Faculty of Engineering, University of La Plata, Argentina. *Latin Am. Applied Res.* 25, pp. 75-85.