

# **SOBRE EL TÚNEL DE VIENTO DE CAPA LÍMITE DE CIRCUITO ABIERTO DEL LABORATORIO DE CAPA LÍMITE Y FLUIDODINÁMICA AMBIENTAL (LACLYFA), FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLP**

**J. Colman Lerner<sup>a</sup>, J. Marañón Di Leo<sup>a,b</sup>, J. S. Delnero<sup>a,b</sup>, M. García Sainz<sup>a,c</sup> and Ulfilas Boldes<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, UNLP, Calle 116 e/47 y 48, (1900)La Plata, Pcia. de Bs. As., Argentina, [jcolman@ing.unlp.edu.ar](mailto:jcolman@ing.unlp.edu.ar), <http://www.laclyfa.ing.unlp.edu.ar>*

<sup>b</sup>*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), A. Rivadavia 1917, CABA, [jmaranon@ing.unlp.edu.ar](mailto:jmaranon@ing.unlp.edu.ar), [delnero@ing.unlp.edu.ar](mailto:delnero@ing.unlp.edu.ar), <http://www.conicet.gov.ar>*

<sup>c</sup>*Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Bs. As. (CIC), Cam. Gral. Belgrano y 526, Ciudad de La Plata, [mariano.garciasainz@ing.unlp.edu.ar](mailto:mariano.garciasainz@ing.unlp.edu.ar), <http://www.cic.gba.gov.ar>*

**Palabras Clave:** Túnel de viento, Capa límite atmosférica, Turbulencia, Ingeniería de vientos.

**Resumen.** El presente trabajo trata sobre el diseño, construcción y validación del nuevo túnel de viento de capa límite, de circuito abierto, instalado en el Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental (LaCLyFA) del Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería (UNLP). El mencionado túnel, con una longitud total de 24m, es un túnel de viento que funciona por aspiración de aire, el cual entra por una tobera hasta un conducto rectangular de sección transversal constante de 2,6 x 1,8 m<sup>2</sup>, con el área de pruebas cerca del final del mencionado conducto, el cual posee una plataforma rotatoria. A continuación se encuentra un gran difusor terminando en un plano donde se ubican 9 ventiladores de 1,25m de diámetro cada uno, conformando una sección cuadrada. Cada ventilador tiene un motor eléctrico de 15HP. Los ventiladores poseen un control continuo y simultáneo de la velocidad a través de un variador de frecuencia. Dentro del conducto rectangular de sección constante se ubican sistemas pasivos de generación de turbulencia como asimismo sobre el piso del conducto hay elementos de estribos para proveer de “rugosidad” artificial y, con todo ello, buscando reproducir las condiciones eólicas correspondientes a la baja capa límite atmosférica turbulenta. Se efectuaron determinaciones, en la zona de la sección de pruebas, de perfiles de velocidades medias e intensidad de la turbulencia según la coordenada vertical, para dos velocidades de referencia del flujo: 5 m/s y 10 m/s. También se calcularon las tensiones de Reynolds  $\tau_{xy}$  en función de la altura para la velocidad de referencia de 5m/s.

## 1 INTRODUCCIÓN

El propósito del diseño, construcción, validación y puesta en servicio de un túnel de viento de capa límite es hacer posible la modelización de la región de la capa superficial atmosférica o baja capa límite atmosférica, siendo la naturaleza del flujo de aire esencialmente turbulento, en el cual hay también estructuras coherentes, es decir, estructuras fluidodinámicas que conservan su forma o alguna de sus propiedades (por ejemplo su vorticidad) durante un cierto período. En esas condiciones, en el ámbito de la baja capa límite, ella se dan la mayoría de las actividades humanas. En dicha capa de aire están inmersos las ciudades, edificios, estructuras, bosques, cultivos, generadores eólicos, etc., por lo que es esencial poder simular experimentalmente importantes fenómenos como turbulencia a nivel peatonal y en el entorno de edificios, dispersión de contaminantes, conjuntos de viviendas, parques de aerogeneradores y cultivos diversos. El túnel de viento de circuito abierto del que trata este trabajo, redundará en la creación de una herramienta experimental con equipamiento único en el país, con gran capacidad para estudiar los fenómenos mencionados más arriba. Experiencias imposibles de encarar en la actualidad podrán realizarse con el nuevo túnel mediante el auxilio de modelos a una escala más aproximada a la real. De esta manera se alcanza una significativa mejora experimental respecto del túnel de capa límite de circuito cerrado preexistente en el LaCLyFA y de otros en el país.

## 2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Durante el año 2005, investigadores y colaboradores alumnos del LaCLyFA iniciaron la construcción del túnel de viento abierto del mismo, siguiendo los lineamientos del pre-diseño elaborado por los Dres. Colman Lerner y Boldes. Los fondos para dicha etapa inicial provinieron de trabajos técnicos del LaCLyFA a terceros, lo cual constituyó un gran esfuerzo por parte de todos. Luego el Dr. Boldes recibió un Subsidio (PICT 2004 Nro. 20181) de la ANPCyT (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica) lo cual permitió acelerar los trabajos a partir de fines del año 2006.

Es así que en su versión definitiva el túnel alcanzó los 24m de largo, lo cual incluye una tobera de entrada de 2m de largo, con una sección inicial de 3,6m x 2,8m y una final de 2,6m x 1,8m. Inmediatamente al final de la misma comienza la sección rectangular de área constante (2,6m x 1,8m), con un panel de abejas (honeycomb) de relación 5:1. El objetivo del mismo es el emparejamiento del flujo que sale de la tobera, dándole simetría axial. A continuación de dicho panel se ubican los generadores de vórtices del tipo “spikes” (triángulos verticales isósceles cuya altura es alrededor de 4 veces la base), con un espaciado entre ellos a lo largo del ancho de la sección, todos en un mismo plano vertical, de tal manera de generar estructuras vorticosas con “ejes” algo inclinados respecto de la vertical. Las dimensiones de los mencionados spikes como asimismo el número de ellos, dependerá del tipo particular de turbulencia que se desee producir. El conducto rectangular tiene 17m de largo. A continuación del plano de spikes se ubican extensas planchas de terciado fenólico con paralelepípedos con el eje principal paralelo a los spikes, con un dado espaciado entre sí. El objetivo es el de “simular” la rugosidad de suelo por donde ha pasado el viento en la realidad (suelos con ondulaciones; cultivos; áreas suburbanas; urbanas; etc.). Cerca del final del conducto rectangular, de área constante, se ubica una plataforma giratoria con motor eléctrico, cuyo propósito es el proveer a los modelos que se ubiquen sobre ella de la posibilidad de efectuar ensayos para distintas direcciones de viento medio turbulento. Al final del conducto comienza el difusor, de 5m de largo, que finaliza en una sección de aproximadamente 4m x 4m, en la cual se alojan 9 ventiladores axiales multipalas (blowers), de 1,25m de diámetro y

motor eléctrico trifásico de 15HP ( ventiladores Cirigliano), constituyendo una potencia instalada de 135HP. La velocidad de rotación de los ventiladores se comanda, para los 9 ventiladores al unísono, con un variador de frecuencia. La velocidad de los motores se controla a distancia del variador, a través de un potenciómetro. El túnel dispone de dos puertas de acceso a su interior, una relativamente pequeña de inspección en la zona de los spikes y otra, que abarca toda la altura, de dos hojas a los efectos de la introducción de los modelos, etc.

La estructura o esqueleto del túnel es de hierro (perfiles rectangulares y en ángulo) de distintos tamaños. El sistema de soporte del conjunto de ventiladores está armado con soldaduras y bulones y, asimismo, posee cuatro anclajes al suelo, asegurados con hormigón armado, a los efectos de proveer el adecuado soporte y rigidez al sistema de ventiladores.

Al esqueleto metálico van atornilladas placas de aglomerado con melamina, conformando las paredes laterales, techo y piso del túnel.

La máxima velocidad en la zona de pruebas, a media altura, es de 30m/s.

Las Figuras 1 y 2 nos muestran la boca de entrada de la tobera y la parte lateral derecha donde se aprecian la parte trasera del panel de abejas y la 1ra puerta de acceso lateral.

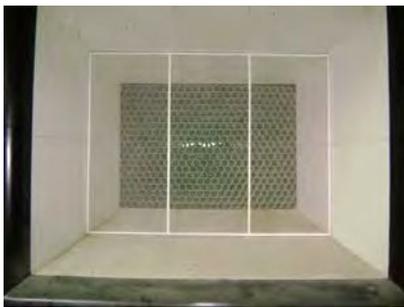


Figura 1: Tobera de entrada.



Figura 2: Vista lateral derecha del inicio del túnel.

Las Figuras 3 y 4 muestran el área de pruebas, donde también pueden verse las cajas de los comandos eléctricos de las luces interiores, el control de movimiento del disco rotatorio donde se ubican los modelos y el control remoto de la velocidad de giro de los ventiladores (Figura 3) y la parte delantera de los 9 ventiladores vista desde la zona de pruebas (Figura 4).



Figura 3: Zona de la sección de prueba.



Figura 4: Vista frontal de los 9 ventiladores.

### 3 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Una vez dispuestos en el interior del túnel los generadores de vórtices (spires) y los elementos de rugosidad superficial, los investigadores procedieron al inicio de las tareas de

medición de las velocidades instantáneas de la turbulencia en varios puntos según la vertical, en el área de pruebas, con vistas a conocer la evolución vertical de velocidades medias, la intensidad de la turbulencia de las componentes “u” y “v” de la velocidad y la evolución vertical de las tensiones de corte turbulentas  $\tau_{xy}$ .

Las mediciones de velocidades instantáneas se efectuaron en un plano vertical al eje del túnel, para dos velocidades medias del viento corriente arriba, tomadas a 1m de altura, a saber: 5m/s y 10m/s. Las “verticales” donde se efectuaron las mediciones de las velocidades instantáneas, en el plano vertical antes mencionado, fueron 5 (posiciones-y): una en el centro, es decir, a 1,3m de cada pared vertical, y las 4 restantes, 2 a la izquierda y 2 a la derecha, separadas cada una por 50cm. La adquisición de las velocidades instantáneas se efectuó con el anemómetro de hilo caliente a temperatura constante Dantec Streamline, empleando puntas tipo X-wire, con una frecuencia de adquisición de 2000Hz y filtrando las señales a 1000Hz. Los puntos en cada vertical se iniciaban a 1cm del suelo y luego con intervalos de 5cm hasta una altura de 151cm. Este proceso de mediciones se efectuó, para: túnel sin elementos generadores de turbulencia (spikes) y tampoco de rugosidad superficial (Configuración 3); túnel solo con elementos de rugosidad superficial, consistentes en paralelepípedos de 5cm x 30cm (ver Figura 5) dispuestos transversalmente a lo largo del eje del túnel (Configuración 1); túnel con elementos de rugosidad y generadores de turbulencia (Configuración 2)(ver Figura 6).



Figura 5: Vista desde la sección de prueba de elementos de rugosidad superficial.



Figura 6: Vista de los elementos de rugosidad y de los *spires*.

Las Figura 7, Figura 8 y Figura 9 nos muestran la distribución vertical de velocidades medias U y V según cada posición-y, para el túnel con rugosidad superficial (Configuración

1), túnel con spires y rugosidad superficial (Configuración 2) y el túnel limpio (Configuración 3), respectivamente, para la velocidad de referencia de 5m/s.

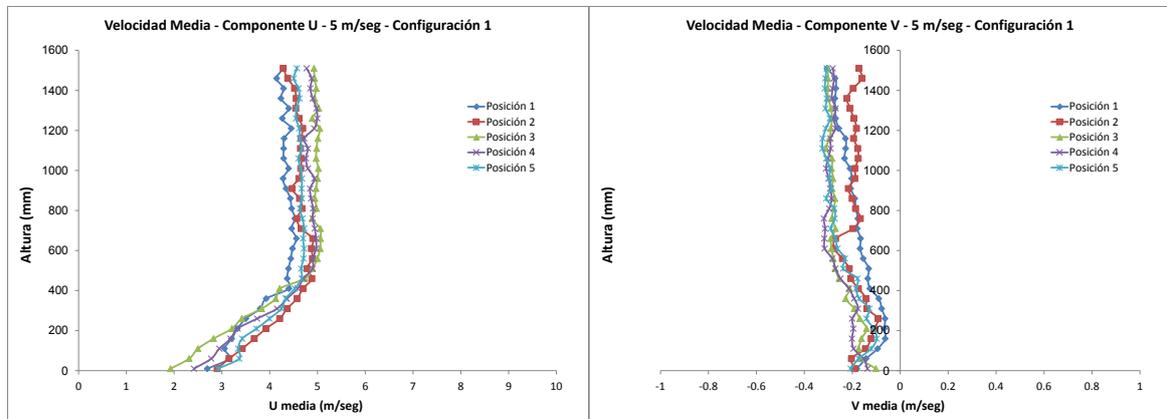


Figura 7: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 1. (5m/seg.)

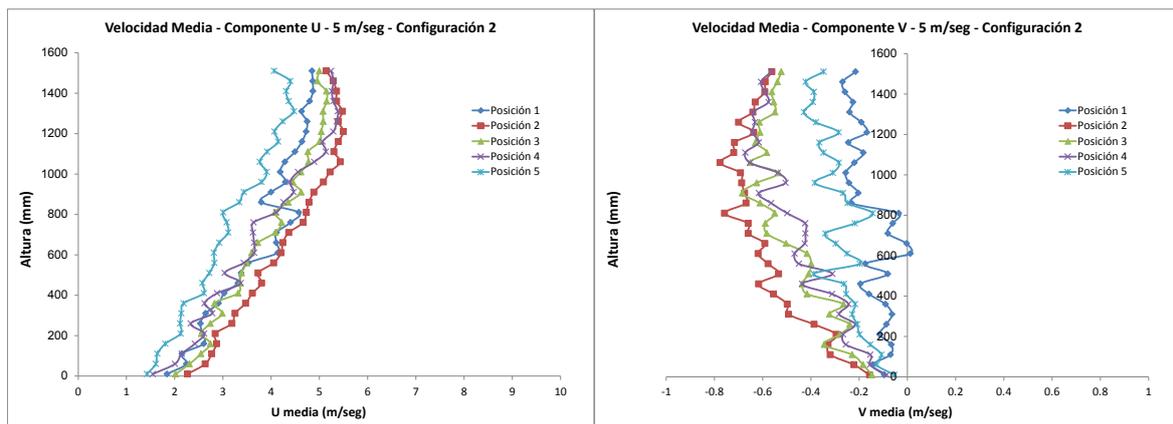


Figura 8: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 2. (5m/seg.)

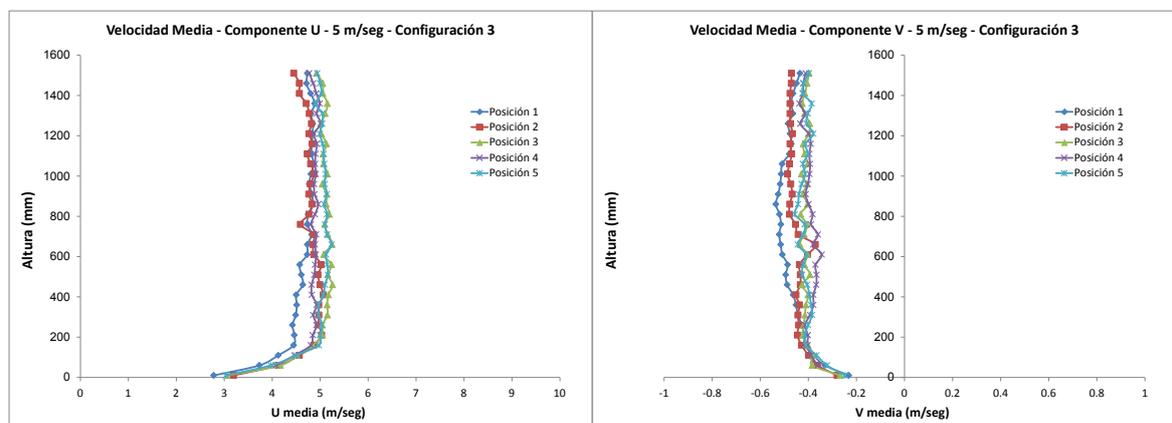


Figura 9: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 3. (5m/seg.)

Las Figura 10, Figura 11 y Figura 12 describen la misma situación, pero para la velocidad de referencia de 10m/s.

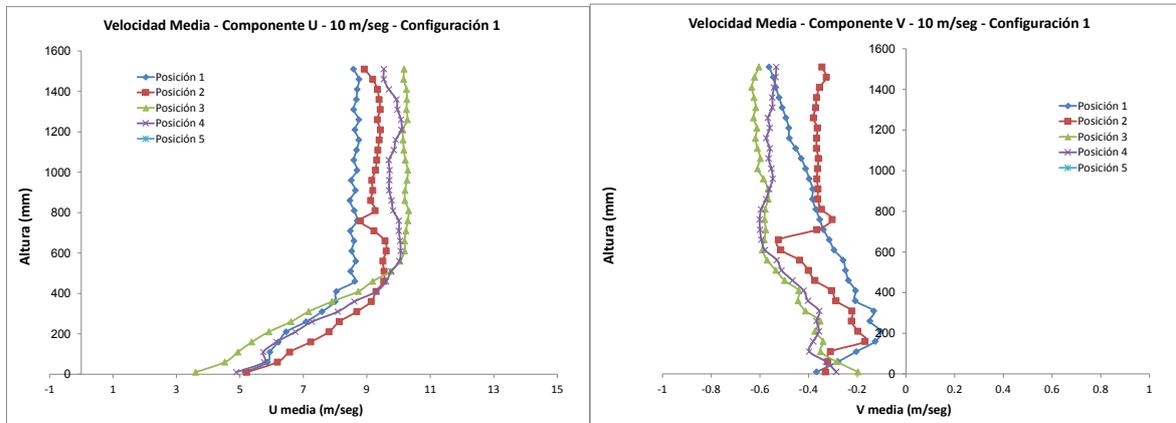


Figura 10: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 1. (10 m/seg.)

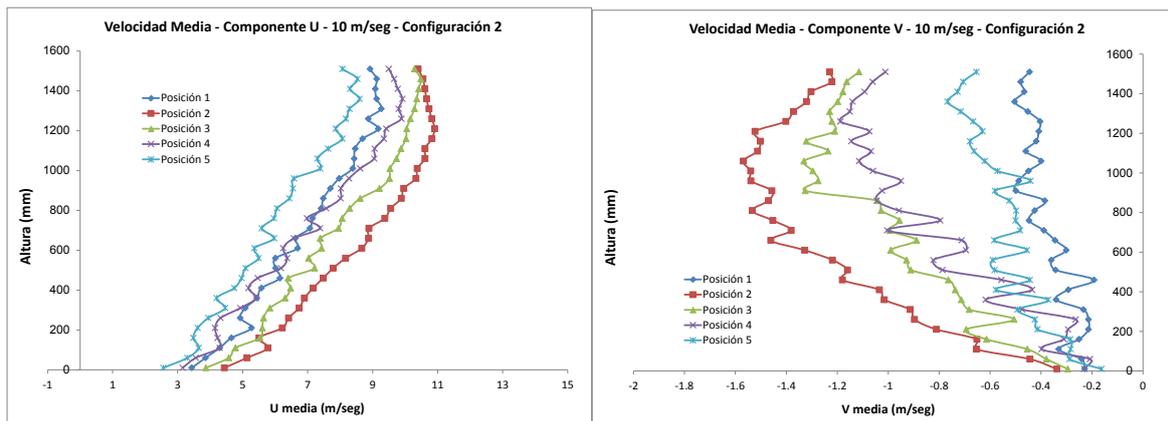


Figura 11: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 2. (10 m/seg.)

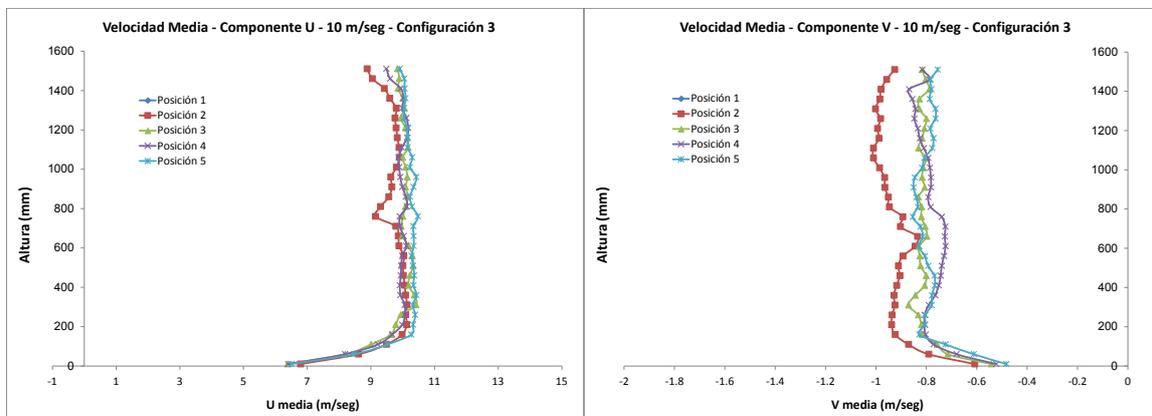


Figura 12: Distribución de las velocidades medias en U y V en altura, para la Configuración 3. (10 m/seg.)

La Figura 13, Figura 14 y Figura 15 corresponden a las distribuciones verticales de la intensidad de la turbulencia de las componentes “u” y “v” de la velocidad, para la velocidad de referencia de 5m/s, para cada Configuración, respectivamente.

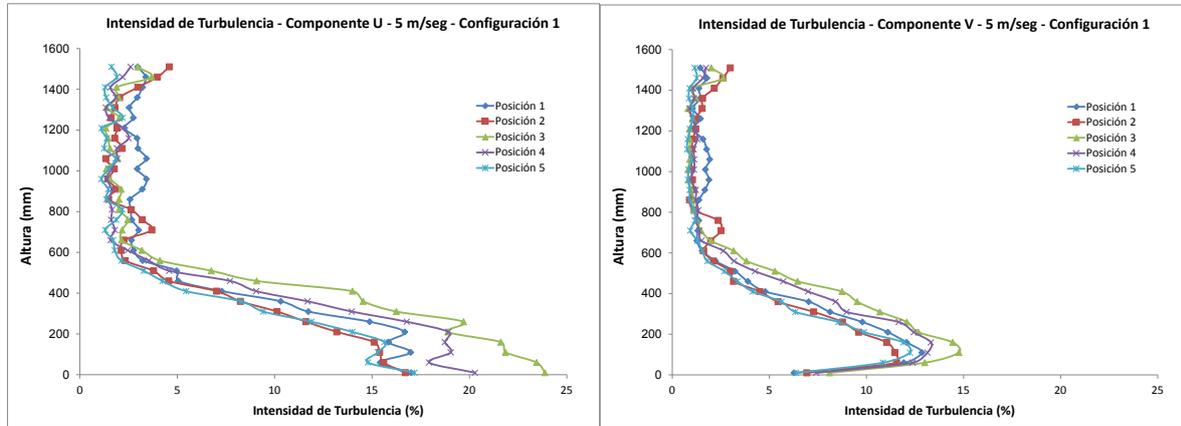


Figura 13: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 1. (5 m/seg.)

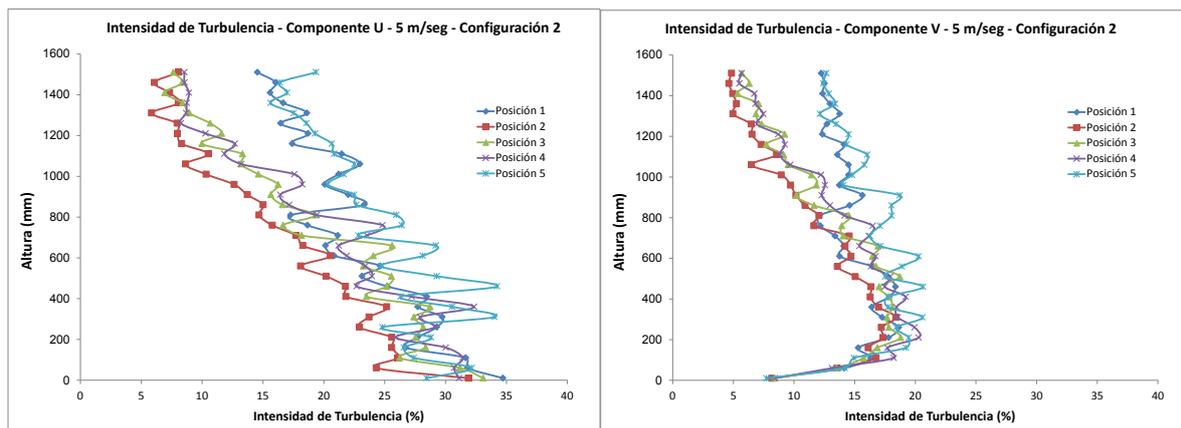


Figura 14: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 2. (5 m/seg.)

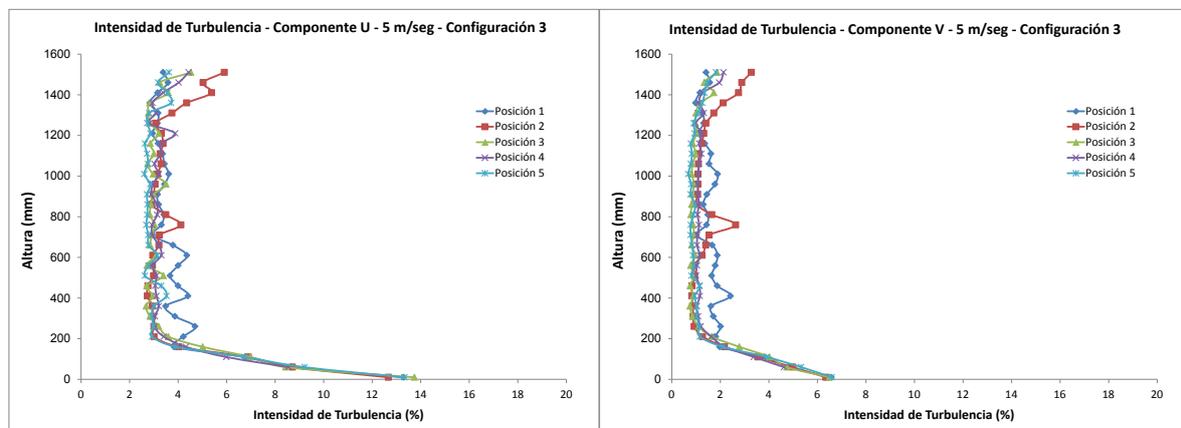


Figura 15: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 3. (5 m/seg.)

La Figura 16, Figura 17 y Figura 18, nos muestran las intensidades de la turbulencia pero para la velocidad de referencia de 10m/s, en las distintas configuraciones.

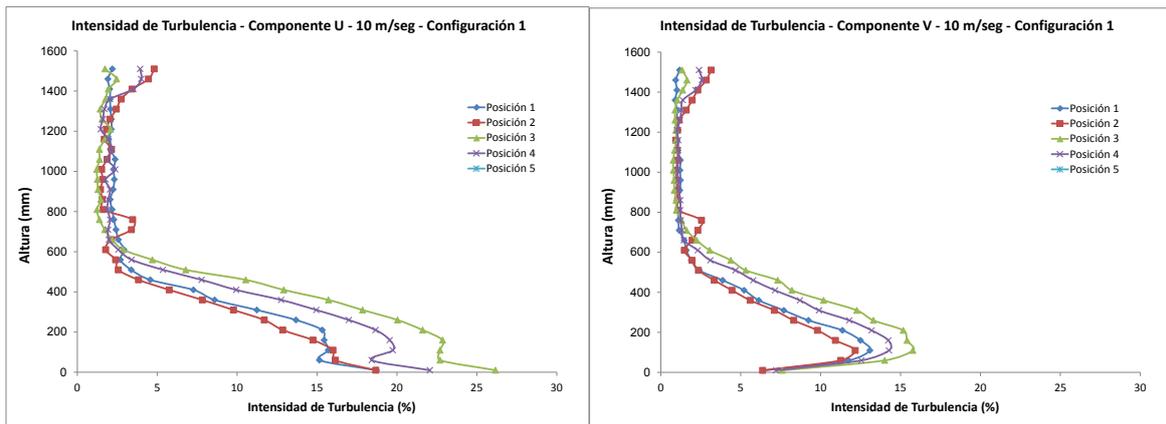


Figura 16: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 1. (10 m/seg.)

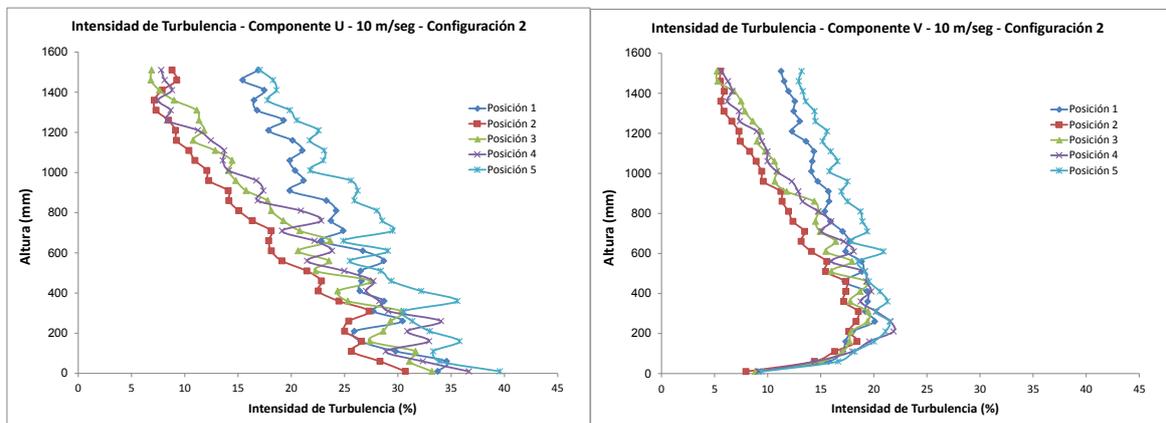


Figura 17: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 2. (10 m/seg.)

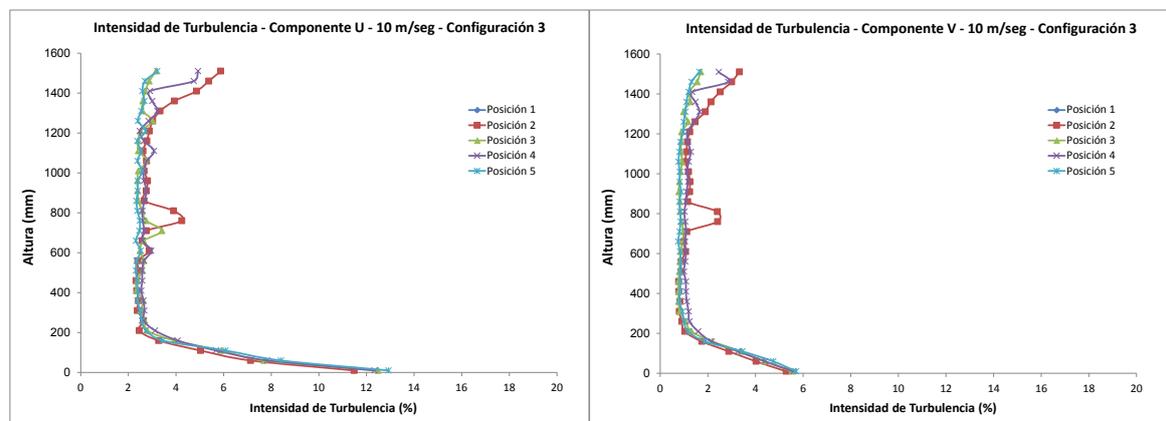


Figura 18: Distribución de Intensidad de Turbulencia para U y V en altura, para la Configuración 3. (10 m/seg.)

La Figura 19, Figura 20 y Figura 21, representan las tensiones de corte de Reynolds  $\tau_{xy}$  correspondientes a las tres Configuraciones para 5m/s y 10m/s. El orden de las Figuras es similar al de las anteriores, es decir, Configuración 1, Configuración 2 y Configuración 3.

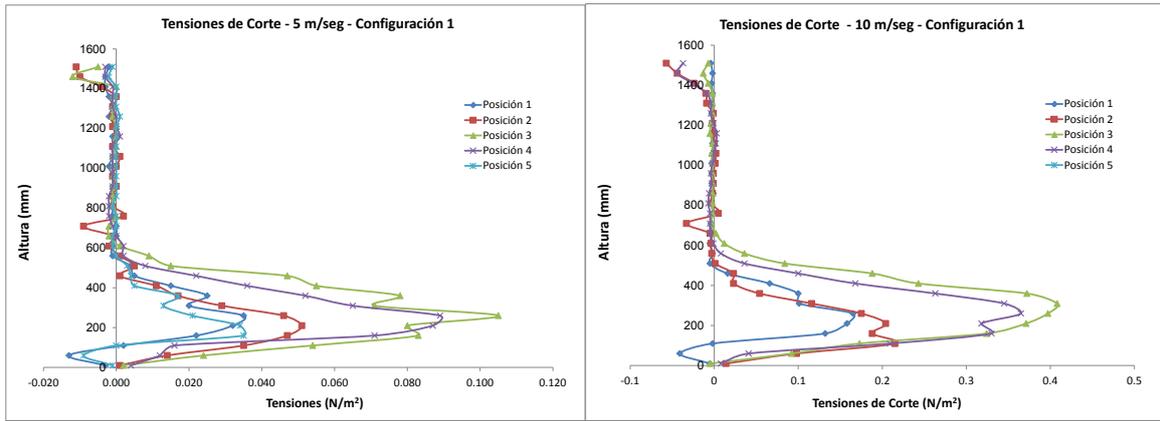


Figura 19: Distribución de Tensiones de Reynolds en altura, para la Configuración 1. (5 m/seg. y 10 m/seg.)

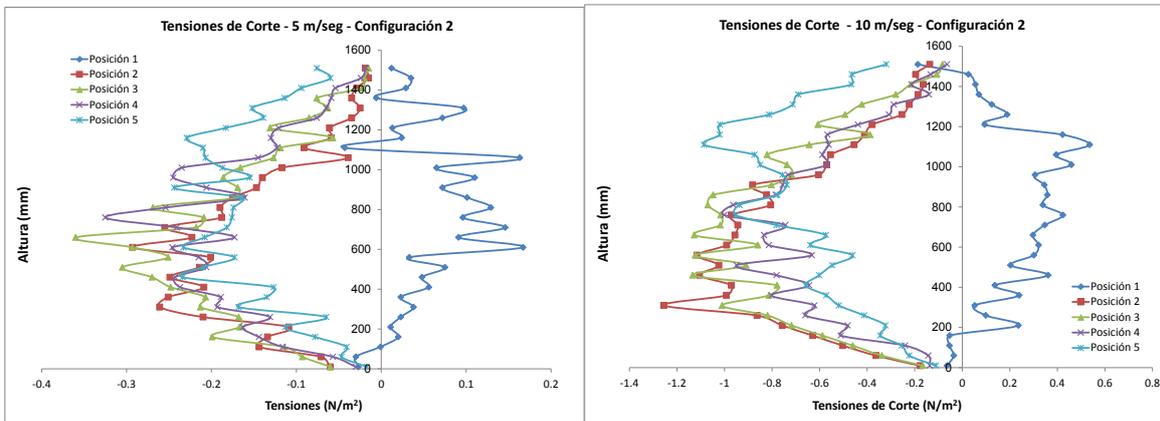


Figura 20: Distribución de Tensiones de Reynolds en altura, para la Configuración 2. (5 m/seg. y 10 m/seg.)

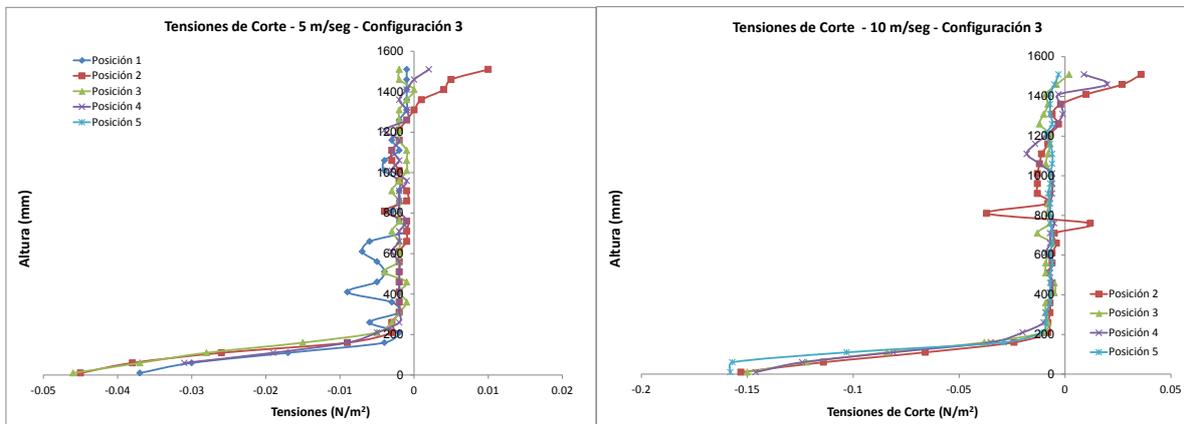


Figura 21: Distribución de Tensiones de Reynolds en altura, para la Configuración 3. (5 m/seg. y 10 m/seg.)

## 4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Túnel limpio (Configuración 3)

Analizando la Figura 9, correspondiente a las distribuciones verticales de velocidades medias  $U$  y  $V$  para una velocidad de referencia de 5m/s y túnel de viento sin ningún sistema artificial de generación de turbulencia, es decir, lo que llamaremos “túnel limpio”, podemos ver que la distribución de las horizontales es bastante pareja y con todos los valores positivos en el plano de medición, no sucediendo lo mismo con las verticales. No obstante estas últimas son de un orden de magnitud menor que las horizontales. Esto nos indicaría que las estructuras vorticosas que “detecta” el sensor X-wire probe, son principalmente hacia adelante con leves componentes descendentes, es decir, a favor de las agujas del reloj.

Este comportamiento es bastante más parejo cuando la velocidad de referencia es de 10m/s (ver Figura 12). En otras palabras, en lo que a la distribución de velocidades medias, el flujo parece ser más parejo cuando aumenta la velocidad de referencia o, lo que es lo mismo, el caudal global.

Respecto de la evolución vertical y en el plano de medición de las intensidades de la turbulencia (Figura 15), para la referencia de 5m/s, la correspondiente a la componente horizontal es muy pareja con la altura y en el plano de medición, mientras que la correspondiente a la velocidad vertical mantiene las características menos parejas al igual que lo que acontece con la evolución de velocidades medias. Por otra parte, es un resultado esperable después de ver cómo resulta la distribución de velocidades medias descrita más arriba. Al igual que las velocidades medias para la referencia de 10m/s, las “características” de las distribuciones de intensidades de turbulencia (Figura 18) son algo más parejas sobre el plano de medición que en el caso de la menor velocidad de referencia. En ambos casos de velocidades de referencia, las capas límites para “túnel limpio” alcanzan los 20cm de altura, aproximadamente.

Respecto de la distribución vertical de las tensiones de corte de Reynolds  $\tau_{xy}$  (Figura 21), para la velocidad de referencia de 5m/s, el comportamiento de las mismas es parejo y se corresponde con la evolución esperable en la baja capa límite atmosférica turbulenta. No obstante, para la velocidad de referencia de 10m/s, se observa un comportamiento anómalo en una de las posiciones verticales, la “posición 2”, a una altura algo por debajo de la mitad de la altura de la sección de prueba. Cabe destacar que es en la única posición donde se detecta dicha anomalía. Respecto de las demás, el desarrollo vertical de las tensiones de corte es muy similar que para la anterior velocidad de referencia.

### 4.2 Túnel solo con los elementos de rugosidad superficial (Configuración 1)

Para la velocidad de referencia de 5m/s, la distribución vertical y en el plano de medición de la componente horizontal de velocidades medias,  $U$ , no es tan pareja que el caso del túnel limpio. La menor uniformidad observada en las velocidades verticales  $V$ , para el túnel limpio, se acentúa en este caso con los elementos de rugosidad, tanto en la coordenada vertical como en el plano de medición. Los valores siguen siendo negativos y de un orden de magnitud menor que las horizontales, lo cual nos sigue indicando que las estructuras vorticosas tienen gran predominancia horizontal con movimiento según las agujas del reloj (Figura 7).

Un comportamiento semejante se observa con las distribuciones de turbulencia (Figura 13), es decir, se detecta un comportamiento menos uniforme que el caso del túnel limpio. Además, podemos observar que se ha duplicado (aproximadamente) el espesor de la capa límite.

Con relación al caso con la velocidad de referencia de 10m/s, los elementos de rugosidad prácticamente no afectan a la velocidad media horizontal, en lo que se refiere a su uniformidad tanto en altura como en el plano de medición, pero sí podemos constatar que se duplicó, aproximadamente, el espesor de la capa límite. También para esta velocidad de referencia se acentúa la falta de uniformidad de las componentes verticales (Figura 10). Se notan diferencias en las distribuciones verticales de turbulencia como asimismo en el plano de medición (Figura 16), tanto en la componente horizontal como las de la componente vertical. Por otra parte, cerca del suelo se detecta, principalmente en relación a las componentes verticales de velocidad, lo que consistiría en un máximo secundario, para ambas velocidades de referencia.

La distribución vertical de las tensiones de Reynolds (Figura 19), para las dos velocidades de referencia, es despareja hasta alrededor de 1/3 de la altura de la sección del túnel. No resulta muy adecuada, hasta esos niveles de altura, en relación a la que debería ser. Por otra parte, resulta claro esperar un comportamiento como el descrito luego de ver cómo es la evolución vertical de las velocidades medias y de las intensidades de la turbulencia.

### **4.3 Túnel con “spikes” y elementos de rugosidad superficial (Configuración 2)**

Los “spires” se colocaron cerca de la salida del flujo a través del panel de abejas. La combinación de ambos sistemas, spires y elementos superficiales de rugosidad, con la velocidad de referencia de 5m/s, generan un flujo visiblemente desparejo principalmente en el plano de medición. Eso se observa tan solo con las gráficas de velocidades medias horizontal y vertical (Figura 8). Las capas límites son de gran espesor comparado con el túnel limpio. Sin embargo, si nos fijamos en las anteriores Figuras y en las distribuciones de turbulencia (Figuras 14 y 17), ya no se visualiza el máximo secundario.

Con esta configuración de generación de turbulencia, es decir spires + elementos de superficie, no se observan diferencias con la otra velocidad de referencia, es decir, la de 10m/s (Figuras 11 y 17).

En esta configuración, la distribución vertical de las tensiones de Reynolds (Figura 20) dista mucho de ser la deseable para el túnel de viento de capa límite, pues las evoluciones (para ambas velocidades de referencia) son muy desparejas y no representarían, a priori, las condiciones eólicas más comunes de la baja capa límite atmosférica.

## **5 CONCLUSIONES PRELIMINARES**

Podemos decir que, si bien es deseable alcanzar una mayor uniformidad del flujo sobre todo en el plano de medición, la configuración con spikes le confiere cierta independencia al flujo respecto de la velocidad de referencia que se use.

No obstante, con el empleo de los generadores de turbulencia (spikes) junto con los elementos de rugosidad, las capas límites resultan muy gruesas y ello no es lo deseable.

Por tales razones, considerando las pruebas realizadas hasta el momento, parecería que tiene mejor prestación el túnel limpio, en la zona del plano de mediciones, que cuando se le agregan otros dispositivos pasivos dentro.

No obstante, si deseáramos mayores intensidades de la turbulencia a media altura que la que se alcanza con el túnel limpio, deberemos emplear los spikes pero, según sugieren los resultados preliminares obtenidos, con menos elementos de rugosidad superficial. Asimismo, si deseamos que las características de la turbulencia dependan poco de la velocidad de referencia (caudal global), digamos, para valores de la misma no menores que 5m/s, ello amerita continuar con las pruebas en el sentido expuesto en los párrafos anteriores. La

elección de la velocidad de 5m/s como valor de referencia no es caprichosa, pues la misma constituye el límite inferior a partir del cual no puede considerarse “confort eólico” en un área determinada, siguiendo los estándares de la ingeniería de vientos.

Similares consideraciones surgen del estudio de la evolución vertical de las tensiones de Reynolds.

Por tales motivos los autores consideran que deben continuarse las pruebas hasta agotar las posibilidades. Debemos buscar una mayor uniformidad de flujo en el “túnel limpio” y, alcanzado dicho objetivo, efectuar los ensayos con spikes únicamente para a posteriori comparar los resultados, dado que al presente resultaría conveniente, en caso de necesitar efectuar ensayos con algún modelo cuya altura no supere el metro y con factor de bloqueo no más allá del 10%, emplear el túnel limpio. Todo esto amerita continuar con ensayos con distintas configuraciones y con una menor cantidad de elementos de rugosidad superficial.

## REFERENCIAS

- Aynsley, R.M.; Melbourne, W. & Vickery, B.J. Architectural Aerodynamics. London, *Applied Science Publishers Ltd.*, 1977.
- Blessman, J. The Boundary Layer T V-2 Wind Tunnel of the UFRGS. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 10, 231-248. 1982.
- Boldes, U.; Colman, J. & Nadal Mora, V. The Boundary Layer Wind Tunnel at the Faculty of Engineering, University of La Plata (Argentina). *Latin Am. Applied Res.* 25, 75-85, 1995.
- Boldes, U. y J. A. Morosi. Influencia de la acción del viento en el diseño de conjuntos urbanos. Buenos Aires, *Programa Nacional de Tecnología de Vivienda. SECYT*, 1983, 66 pp.
- Boldes, U., J.A. Morosi, J. Colman y V. Nadal Mora. Descripción y caracterización del túnel de viento de la Facultad de Ingeniería (UNLP). *Anales LINTA* 93, 1993: 63-69.
- Bruun, H.H. Hot-Wire Anemometry. Principles and Signal Analysis. *Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, University of Bradford, Great Britain*, 1995.
- Cataldo, J. Construcción de un túnel de viento abierto tipo capa límite. *Proyecto BID CONICYT # 113, Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay*, 1996.
- Cermak, J.E. Laboratory simulation of the atmospheric boundary layer. *AIAA Journal*, Vol. 9, 1746-54, 1971.
- Cermak, J.E. & Cochran, L.S. Physical modelling of the atmospheric surface layer. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 42, 935-46, 1992.
- Kristensen, H.S. Hot-wire measurements in turbulent flows. *Fluid Mechanics Department, Technica University of Denmark, DISA, Denmark*, 1973.
- Lawson, T.V. Wind Effects on Buildings. *Applied Science Publishers LTD*, 1980.
- Morosi, J.A., U. Boldes y J. Colman. Fluidodinámica del ambiente. Una introducción a los aspectos fluidodinámicos de la arquitectura y el urbanismo. Buenos Aires, *Secret. de Ciencia y Técnica*, 1984. 166 pp.
- Morosi, J.A., U. Boldes y J. Colman. El túnel de viento meteorológico en el estudio eólico de edificios y ciudades. *Revista Vivienda n° 339*, 1990. Buenos Aires: 63-67.
- Morosi, J. A., U. Boldes y J. Colman. Experiencias en túnel de viento meteorológico. Conjunto de 1000 viviendas "Virgen del Valle", Catamarca". *Revista Vivienda n° 348*, 1991. Bs. As: 53-56.

- Morosi, J.A., U. Boldes y J. Colman. El factor eólico en la construcción del ambiente. *Revista Vivienda n° 349*, 1991. Buenos Aires: 39-54.
- Morosi, J.A., U. Boldes y J. Colman. El factor eólico en el diseño ambiental. *La Plata, Laboratorio de Investigaciones del Territorio y el Ambiente, CIC, y Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental, Facultad de Ingeniería, UNLP*, 1992. 42 pp.
- Panofsky, H. A. & Dutton, J.A. Atmospheric Turbulence: Models and methods for Engineering Applications. *John Wiley & Sons*, 1984.
- Parkinson, G. V. Blockage tolerance of a boundary layer wind tunnel for industrial aerodynamics. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 16, 293-300, 1984.
- Parkinson, G.V. & Cook, N.J. Blockage tolerance of a boundary layer wind tunnel. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 44, 873-84, 1992.
- Penwarden, A.D. & Wise, A. F.E. Wind environment around buildings. London, *B.R.E. Report*, 1975.