

APROVECHAMIENTOS EÓLICOS PARA EL EDIFICIO DE LA F.I.- UNComahue

Jorge Lassig, Claudia Palese, Juan Valle Sosa, Ubaldo Jara y Silvina Mazzei

*Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Comahue -Bs. As. 1400 – (8300) Neuquén,
Argentina, e-mail: jorge.lassig@fain.uncoma.edu.ar, Te: 54-299-4490322*

Palabras Clave: eólica, edificios, sustentable.

Resumen

Los edificios producen que la velocidad del viento se acelere por encima de ellos en el entorno urbano. Este hecho puede aprovecharse como recurso energético.

La integración de turbinas eólicas en edificios, se está transformando en una nueva posibilidad, y que ha comenzado a estudiarse en los centros de Investigación Universitarios en energía eólica, principalmente en Europa.

Actualmente estamos evaluando mediante ensayos en túnel de viento, formas de edificios que puedan captar el viento dentro de la capa límite atmosférica, dirigiéndolas a turbinas eólicas ubicadas en el edificio, de tal forma que estas produzcan energía eléctrica. En particular en este trabajo se evalúa el edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue.

Se realizaron mediciones de viento sobre el techo del edificio durante dos años.

Se modelizó la posible generación de energía con dos prototipos de turbinas eólicas pequeñas: una de eje horizontal y otra de eje vertical, ambas desarrolladas en la zona.

El ahorro energético anual que se podría lograr, sería del orden del 15%.

Área Temática: Energía Eólica

1 INTRODUCCION

El viento es un recurso que existe en todo el mundo, y que bajo ciertas condiciones orográficas pueden aumentar sensiblemente su potencial energético. Los denominados “efectos concentradores” pueden mejorar significativamente la velocidad media del flujo del viento. Estos efectos no se dan sólo en la naturaleza, sino también en entornos urbanos, lo cual hace aconsejable su estudio como recurso energético.

La integración de turbinas eólicas en edificios, se está transformando en una nueva posibilidad, y que ha comenzado a estudiarse en los centros de Investigación Universitarios en energía eólica, como la Universidad Técnica de Delft en Holanda, y que también empieza a explorarse a pequeña escala en varias ciudades holandesas, como Amsterdam, La Haya, Tilburg y Twente, y también en el Reino Unido [ref.1].

Por lo que ubicar una turbina eólica arriba de un edificio actualmente, es una posibilidad real para obtener electricidad, aprovechando el efecto de aceleración sobre el mismo. Wang et al [2008, ref. 2] analizan esta posibilidad. Por otra parte Andrew Grant et al [2008, ref. 3] estudian ubicar turbinas de eje vertical y horizontal dentro de ductos ubicados en los bordes de las terrazas de edificios altos, aprovechando la succión que allí se produce. Lin Lu y KaYan Ip [2009, ref. 4] realizan estudios de simulación (en CFD: Computational Fluid Dynamics) con distintos conjuntos de edificios, y valoran que el aumento de velocidad entre esos edificios puede incrementarse entre 1,5 y 2 veces la velocidad media del viento, produciendo aumentos en la potencia eólica disponible entre 3 á 8 veces. Por otra parte Nalanie Mithraratne [2009, ref. 5] evalúa la posibilidad de instalar pequeños aerogeneradores sobre los techos de casas en Nueva Zelanda, y llega a la conclusión que podría reducir entre el 26 y el 81% las emisiones de carbono en ese país.

2 METODOLOGIA

Todos los edificios provocan una aceleración del flujo libre en ciertos lugares cercanos al mismo, y a medida que nos alejamos del mismo, la velocidad se aproxima a la velocidad de la corriente libre.

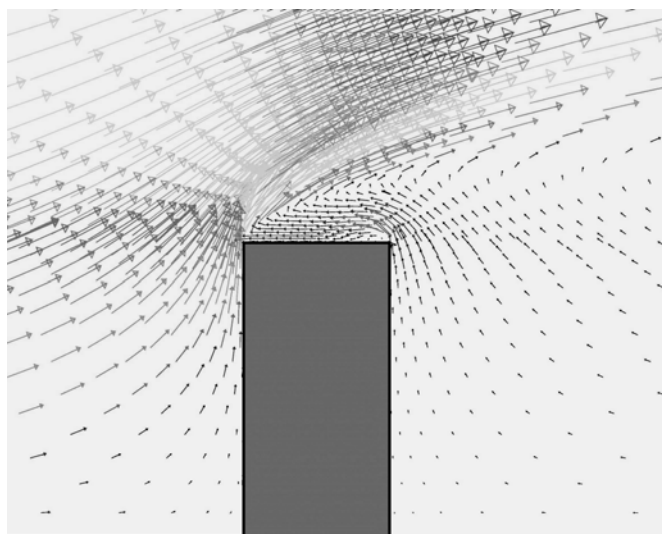


Figura 1: Vectores de la velocidad del viento generada en el entorno del edificio (modelo 2D).

En un edificio con bordes afilados a barlovento del viento, la capa límite se separa en dichos bordes [Schlichting, ref. 6] y las burbujas de separación están formadas en los lados y en la parte superior del edificio. La corriente principal se desvía alrededor del mismo, y se forma a sotavento una gran estela. La figura 1 muestra un esquema parcial de lo dicho anteriormente, ya que es una salida de CFD en 2D, reproduciendo parcialmente lo que ocurre (falta la estela, ya que ello es un fenómeno 3D).

Los resultados de esta separación son: una región con velocidades bajas, un nivel de alta turbulencia y la recirculación de flujo en el techo y en los laterales del edificio. Esta región de recirculación se debe evitar para el emplazamiento de los aerogeneradores. Por tanto, es importante conocer el tamaño de la región de recirculación.

Para determinar la mejor zona de emplazamiento de las turbinas eólicas sobre el techo de un edificio, deberemos conocer entre otras cosas: las características del viento en esa ciudad, el tamaño y formas del edificio, y hacer uso de las herramientas analíticas y experimentales para resolver el problema.

2.1.- Climatología de los Vientos del Lugar

Como los edificios están fijos al suelo, y los vientos pueden cambiar de dirección, por lo que la elección del tipo de Turbina Eólica y su ubicación dependerán de la dirección prevaleciente de los vientos en la localidad.

La figura 2 muestra las rosas de viento para varias ciudades Argentinas, donde se puede observar que a partir de la Patagonia los vientos son muy direccionales, y entonces se pueden alinear los edificios con ellos y así poder ofrecer una cara del mismo para instalar las turbinas eólicas.

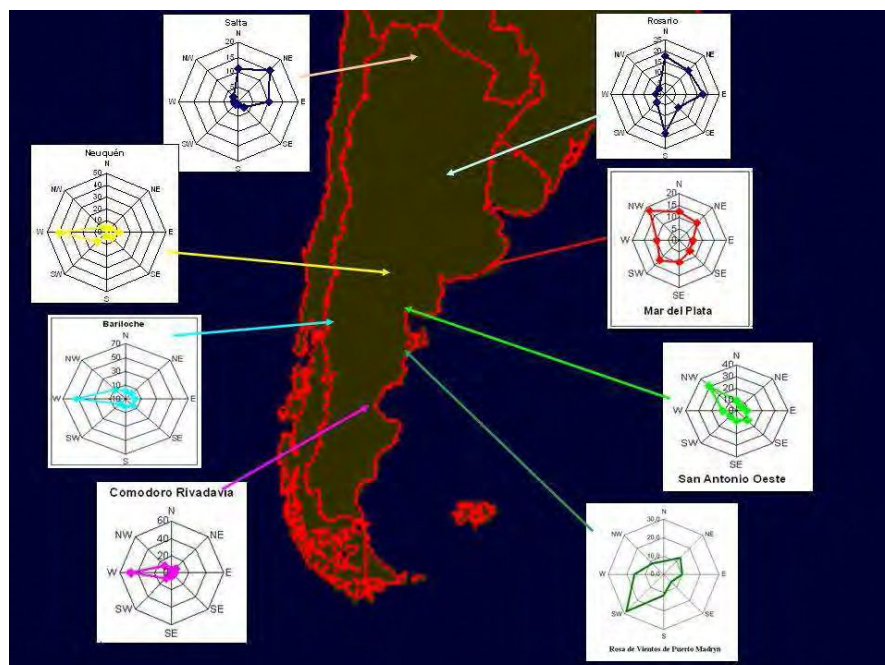


Figura 2: Rosas de Viento de distintas ciudades Argentinas.

Este es el caso del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, ubicado en la ciudad de Neuquén, donde el eje longitudinal del mismo está alineado con la dirección Norte-Sur, por lo que existe una cara lateral de unos 80 m de

extensión que mira al Oeste, coincidente con la mayor ocurrencia de vientos en la región (ver figuras 3).



Figura 3: Fachada del edificio de FI-UNCo (izquierda), vista aérea del mismo (derecha).

2.2.- Túnel de Viento

Es importante encontrar para un determinado edificio, la ubicación de los máximos de viento y las zonas con y sin turbulencia, para luego definir donde instalar las turbinas eólicas. El túnel de viento es una adecuada herramienta para este fin.

Por ello se construyó un modelo del edificio de la FI-UNCo en escala 1:100 y se lo ensayó en el túnel de viento N°2 del Laboratorio de Dinámica de Fluidos Ambientales, para encontrar según las direcciones preferenciales del viento, la mejor posible ubicación de las turbinas eólicas sobre el techo del mismo.

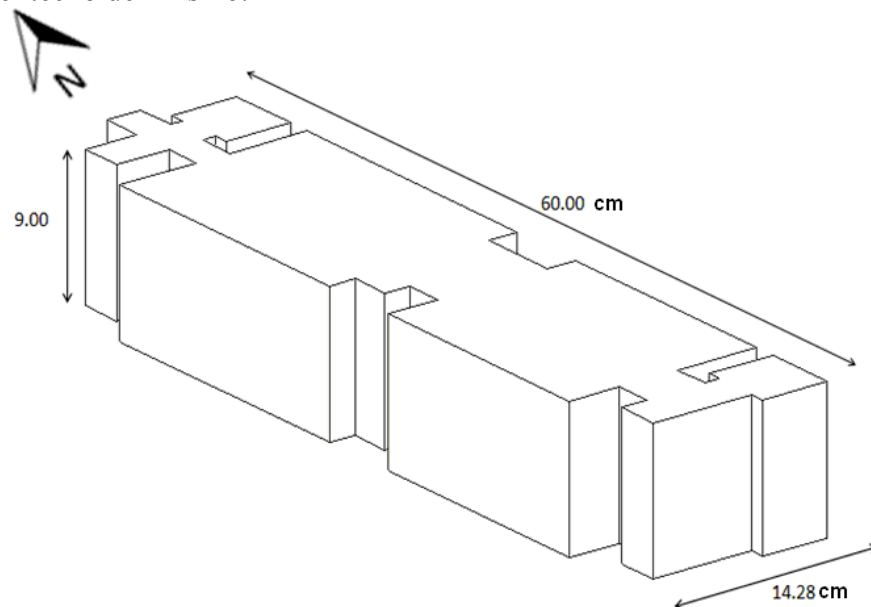


Figura 4: Modelo en escala 1:100 del edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, utilizado en los ensayos en túnel de viento.

El número de Reynolds de los ensayos realizados estuvo en aproximadamente 300.000, tomando como longitud principal el largo del edificio.

Los ensayos consistieron, primero en determinar la altura de mayor aceleración del viento a barlovento del edificio, para ello se utilizó humo como marcador de la trayectoria del flujo

de aire al pasar por sobre el edificio. La figura 5 ilustra la ubicación de dicho máximo del flujo.

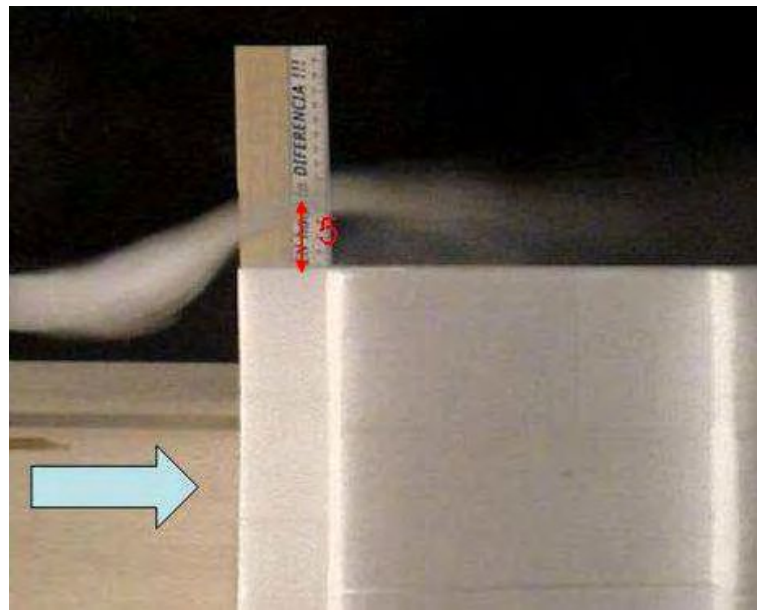


Figura 5: Visualización del patrón de flujo que se desarrolla por encima del techo.

Se puede apreciar en dicha figura, que aguas abajo del borde del techo, el flujo se acelera elevándose unos 40° , y a 2 m adentro alcanza su máximo a una altura de unos 5 m, para luego descender e impactar sobre el mismo. Esto último produce un flujo muy turbulento.

Para cualificar que parte de este flujo es más estable, y así determinar la posible ubicación de los aerogeneradores, se procedió a instalar sobre una parte del techo del modelo, cata vientos (tufts). La figura 6a muestran la orientación de los marcadores, representando su ubicación a un metro sobre el techo con un viento de dirección Oeste (270°), es decir perpendicular al edificio. La figura 6b corresponde a la misma dirección de viento (Oeste) pero los cata vientos fueron ubicados a lo que sería en el prototipo a 2,5m, 5m y 7,5m. Comparando ambas imágenes, se observa que a un metro sobre el techo el flujo es muy caótico (indicado en la fotografía por las multi direcciones que adoptan los marcadores y los trazos “movidos” de los mismos, indicando la presencia de vórtices). En cambio en la imagen 6b donde se ubicaron los cata vientos a mayores alturas del techo, los mismos se muestran más estables al frente del edificio, y en los niveles de 5 y 7,5 metros. En el centro del techo y a 2,5 metros de altura, los marcadores dan signos de la presencia de fuertes vórtices.

La figura 6c corresponde al viento de dirección Oeste Sur Oeste ($247,5^\circ$), y la figura 6d muestran el efecto del viento de dirección Sur Oeste (225°) por encima del techo del edificio.

En ambos casos la observación es similar a lo comentado para la figura 6b, con la salvedad de los leves cambios en la dirección del viento.

Por lo tanto, la zona más estable para la ubicación de las turbinas de viento es sobre la pared que mira al oeste, por encima de los 2,5 metros. En el centro del edificio la zona más estable está por encima de los 10 metros.

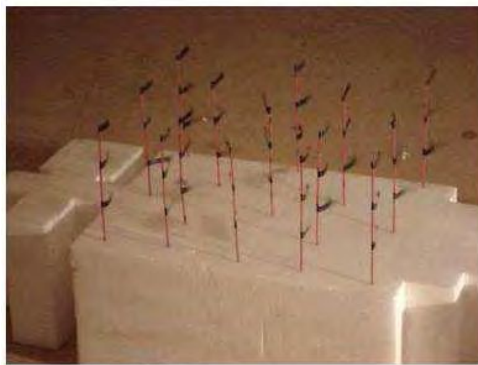
En el centro y a sotavento del edificio el flujo es muy turbulento y no se recomienda instalar allí turbinas de viento. Ver figura 7.



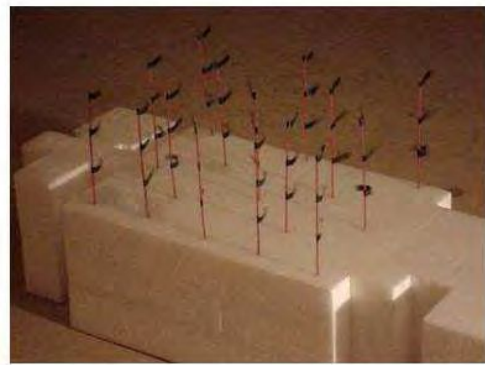
(a) Dirección del Viento O, cata vientos a 1m



(b) Dirección del Viento O, cata vientos a 2,5 – 5 y 7,5 m



(c) Dirección del Viento OSO, cata vientos a 2,5; 5 y 7,5 m



(d) Dirección del Viento SO, cata vientos a 2,5 – 5 y 7,5 m

Figura 6: (a) Catavientos a 1m sobre el techo con viento desde el Oeste; (b) catavientos a tres alturas sobre el techo con viento desde el Oeste; (c) catavientos a tres alturas sobre el techo con viento desde el Oeste Sur Oeste; (d) catavientos a tres alturas sobre el techo con viento desde el Sur Oeste.

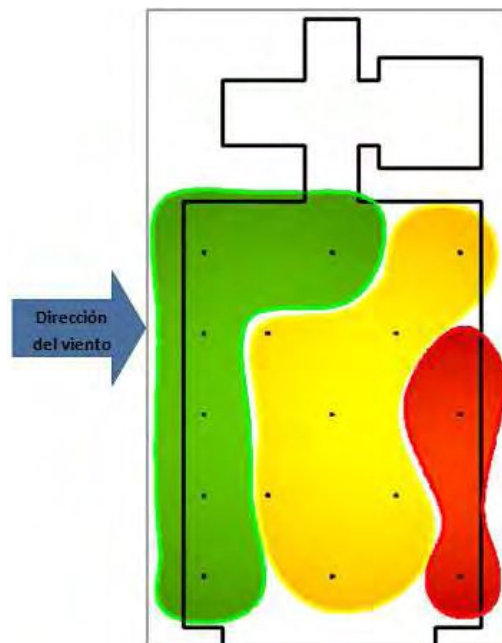


Figura 7: Zonificación del techo donde es más aconsejable instalar las turbinas eólicas. (Verde) vientos máximos y estable, (amarillo) turbulenta, (rojo) turbulenta y efecto de la estela.

2.3.- Datos Meteorológicos

Por otra parte, durante dos años (2010-2011) se instaló en el techo (lado norte) del edificio una estación meteorológica automática (marca Anemos) con dos anemómetros a dos niveles, pudiéndose obtener registros del viento. La figura 8 muestra el registro correspondiente al año 2010.

La potencia eólica meteorológica media anual se define como:

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \int_0^{\infty} f(v) \cdot V^3 dv$$

donde $f(v)$ es la función de distribución de vientos para la localidad o lugar de medición.

Por lo que dicha potencia medida para el borde Oeste del edificio fue de 122 W/m^2 para todas las direcciones de viento y de 105 W/m^2 para las direcciones de los Oestes. Como la potencia posible a extraer desde una turbina eólica es:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^3 \cdot C_p \cdot A$$

Donde:

- P : potencia (watt)
- ρ : densidad del aire
- V : velocidad del viento (m/s)
- C_p : Coeficiente de potencia de la turbina eólica
- A : área de la turbina eólica que enfrenta al viento

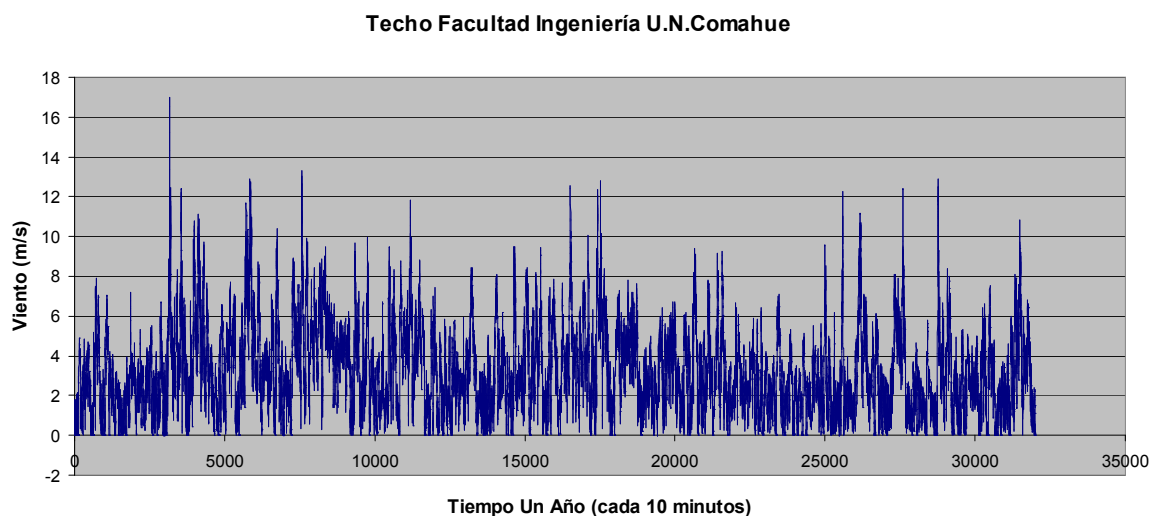


Figura 8: Registros de vientos medios sobre el techo de la FI-UNCo correspondiente al año 2010.

3 RESULTADOS

Para estimar la potencia posible a extraer desde el techo de la FI-UNCo deberemos definir el área a destinar y el C_p de la turbina eólica.

Se analizaron dos tipos de pequeños aerogeneradores, cuyos prototipos han sido construidos en la región del Comahue, ambos de eje horizontal pero de distintos diseños. En las figuras 9 a y b se los puede observar.

El coeficiente de potencia para una turbina bipala de eje horizontal pequeña puede estimarse en 0,4, y para una turbina tipo Savonius de baja solidez en 0,3.

Si utilizáramos los 80 m de lateral del techo que mira al Oeste, y estimáramos un alto de 1,5 m, eso nos da unos 120 m² de superficie de aprovechamiento eólico.

En la tabla I se indica los MW/hs/Año que podrían producir los dos modelos de turbinas eólicas sobre el techo del edificio.

Según Datos Viento en FI-UNCo Turbina desarrollada en Neuquén	MW/hs/Año Cp=0.3	MW/hs/Año Cp=0.4
Todas las Direcciones	38	51
Sólo Direcciones de los Oestes	33	44

Tabla I: Energía eléctrica posible de obtener desde el techo del edificio de la FI-UNCo en un año según el tipo de aerogenerador.



(a) Tipo Savonius de baja solidez



Bipala de eje horizontal (b)

Figura 9: Prototipos de turbinas eólicas construidas en el norte de la Patagonia.

El consumo anual medido de todo el edificio es de 316 MW/hs/Año, lo que representaría utilizando turbinas fijas sin orientación del rotor un ahorro entre 10 y 14% de la energía a consumir (considerando solo los vientos de los Oestes).

Si la ubicación fuera por sobre los 7,5 m del techo, entonces se podría aprovechar de aerogeneradores que orienten el rotor a la dirección del viento y podrían aportar entre 12 y 16% de la energía a consumir (considerando los vientos de todas las direcciones).

4 CONCLUSIONES

Aprovechar la aceleración del viento en laterales y techos de los edificios para producir energía, es una posibilidad muy real, de hecho en varias ciudades de Europa hay ejemplos de ello.

Se ha expuesto una metodología de trabajo para evaluar el posible potencial eólico sobre el techo de un edificio, consistente en realizar un análisis climático del viento en la ciudad, realizar mediciones in situ sobre el techo del edificio, y utilizar un túnel de viento para determinar el lugar más adecuado donde ubicar las turbinas eólicas.

Para este edificio en particular, se ha cuantificado el posible ahorro de energía, estando el mismo entre el 10 y 16%, dentro de los valores encontrados por otros investigadores antes citados.

Muchos edificios, con muchas pequeñas turbinas de viento en una ciudad, podrían aportar un importante porcentaje de energía a la red eléctrica y así ahorra en infraestructura.

Para nuestro país el principal inconveniente para llevar a cabo estos tipos de proyectos es la legislación vigente en que no está autorizado a usuarios particulares inyectar electricidad a la red.

Este inconveniente es fácil de solucionar, ya que no requiere de ningún tipo de inversión por parte del estado, y si posibilitaría a pequeños inversores generar la infraestructura de crecimiento energético a niveles cuantificado en otros países entre el 20 y el 40% de la energía local.

No se analiza en este trabajo el costo y la inversión necesarias, ya que ello es tema de otras variables que escapan a la Ingeniería del Viento.

REFERENCIAS

- 1.- Jadranka Cace, RenCom; Emil ter Horst, HoriSun; Katerina Syngellakis, IT Power; Maíte Niel, Axenne; Patrick Clement, Axenne; Renate Heppener, ARC; Eric Peirano, Ademe; Urban Wind Turbines - Guidelines For Small Wind Turbines In The Built Environment; February 2007; *Wind Energy Integration in the Urban Environment (WINEUR)*; <http://www.urbanwind.net/> (10/Sep/2009).
- 2.- Wang F., L. Baia, J. Fletcher, J. Whiteford, and D. Cullen; The methodology for aerodynamic study on a small domestic wind turbine with scoop; *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96 (2008) 1–24, Ed. Elseiver.
- 3.- Andrew Grant, Cameron Johnstone, and Nick Kell; Urban wind energy conversion: The potential of ducted turbines; *Renewable Energy* 33 (2008) 1157–1163, Ed. Elseiver..
- 4.- Lin Lu , and Ka Yan Ip; Investigation on the feasibility and enhancement methods of wind power utilization in high-rise buildings of Hong Kong; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 (2009) 450–461, Ed. Elseiver.
- 5.- Nalanie Mithraratne; Roof-top wind turbines for microgeneration in urban houses in New Zealand; *Energy and Buildings* 41 (2009) 1013–1018, Ed. Elseiver.
- 6.- Schlichting, H.; Boundary Layer Theory, Mc Graw-Hill, New York and London, Seventh edition, 1979, pp 817.