

- ▲ **Palabras clave/** viento, morfología urbana, espacio público, confort térmico.
- ▲ **Keywords/** Wind, urban morphology, public space, thermal comfort.
- ▲ **Recepción/** 15 mayo 2014
- ▲ **Aceptación/** 27 junio 2014

## El comportamiento del viento en la morfología urbana y su incidencia en el uso estancial del espacio público, Punta Arenas, Chile<sup>1</sup>.

The Behavior of Wind in Urban Morphology and its Incidence in the Resting Use of Public Space, Punta Arenas, Chile.

### Mg. Carlos Bustamante

Arquitecto Universidad Finis Terrae, Chile.  
Magister en Urbanismo, Universidad Politécnica de Cataluña, España.  
Doctor (c) en Periferias, Sostenibilidad y Vitalidad Urbana, Universidad Politécnica de Madrid, España.  
Académico Universidad San Sebastián, Chile.  
carlos.bustamante@uss.cl

### Mg. Margarita Jans

Arquitecta Universidad del Desarrollo, Chile.  
Magister en Renovación y Rediseño de Áreas Urbanas, Technische Universiteit van Delft, Holanda.  
Académico de la Universidad Finis Terrae, Chile.  
mjans@uft.cl

### Dra. Ester Higuera

Arquitecta Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, España.  
Doctora en Construcción y Tecnologías Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, España.  
Académico de la Universidad Politécnica de Madrid, España.  
ester.higuera@upm.es

**EL VIENTO EN LA HISTORIA.** El viento es uno de los elementos condicionantes para el bienestar térmico de los espacios urbanos. Ya desde la antigüedad son conocidos sus efectos favorables y perniciosos para la salud, destacándose las recomendaciones de Aristóteles, Xenofonte o Vitruvio, este último divulgado en el Renacimiento. En general, en los asentamientos de los pueblos mediterráneos (Griegos y Romanos) se rehuían las grandes calles que encauzan los vientos (Tramontana, Mistral o Bora). Vitruvio establece una relación directa entre el viento y el agua, es decir, la formación de las nubes, los vientos húmedos y las lluvias que caen en regiones puntuales, dando a entender que esos fenómenos deben tomarse en cuenta a la hora de proyectar. Además, Vitruvio comprende que la procedencia de los vientos arrastra consigo las condiciones atmosféricas del clima (imagen 1).

En la época contemporánea, ejemplos registrados por el arquitecto Fernando de Terán (1960) se refieren a la orientación de las calles para mejorar la penetración de las brisas del verano, mientras que

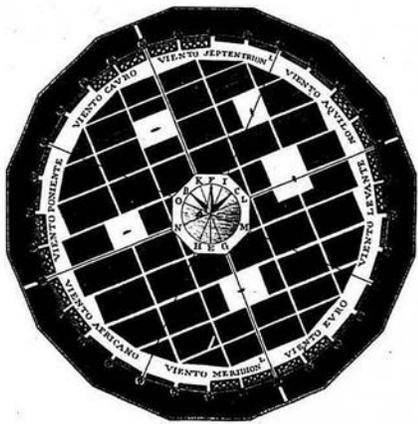
**RESUMEN/** El presente artículo responde a un trabajo de investigación inicial, desarrollado entre los años 2010 y 2012 mediante fondos internos entregados por la Universidad Finis Terrae, con el objetivo de conocer los principios del Urbanismo Aerodinámico. El estudio se centra en comprender la relación entre la morfología urbana con su entorno geo-climático y la importancia en el diseño del espacio público, para identificar cuáles son las dificultades y condicionantes al momento de realizar una intervención en el espacio urbano en una ciudad con clima extremo. El uso estancial de espacios públicos no diseñados bajo condiciones determinadas produce que éstos no se usen, generando poca intensidad de uso y su abandono social.

**ABSTRACT/** This article summarizes a preliminary research work developed between 2010 and 2012 with internal funds provided by Finis Terrae University. Its goal was to learn about the principles of aerodynamic urbanism. The study is focused on understanding the relationship between urban morphology and its geo-climatic environment, and the relevance of public space design to identify the difficulties and determinants during the intervention of urban spaces in a city with extreme weather conditions. The resting use of public spaces not designed under specific conditions results in these spaces being left behind, with low use intensity and social abandonment.

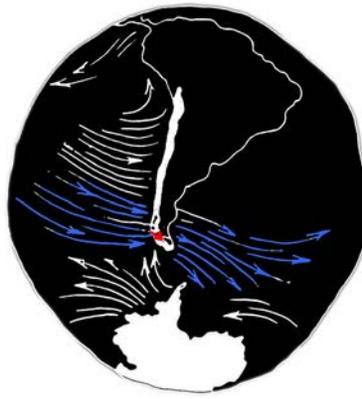
proporciona refugio contra los vientos del invierno frío. Otros ejemplos se refieren a asentamientos de la época colonial en América y la búsqueda de emplazamientos estratégicos de borde mar en relación al viento que facilitarían la navegación eficaz de los buques de vela, como es el caso de "Buenos Aires"; decisiones intuitivas basadas en la observación general de los efectos del viento. El presente escrito obedece a una investigación de carácter exploratorio, relacionando el viento con la morfología urbana y cómo determinadas estrategias pueden generar una oportunidad para mejorar el uso del espacio público de ciudades en territorios con climas fríos y vientos fuertes. Relacionando el territorio-ciudad desde la variable viento en la meso-escala, a través del estudio de los problemas locales frente al fenómeno del viento en la micro-escala.

**EL VIENTO EN LA CIUDAD.** La revolución industrial del siglo XVIII inicia el deterioro global del medio ambiente a través de la contaminación del aire, el agua y la tierra. El movimiento continuo del aire en la ciudad es una necesidad

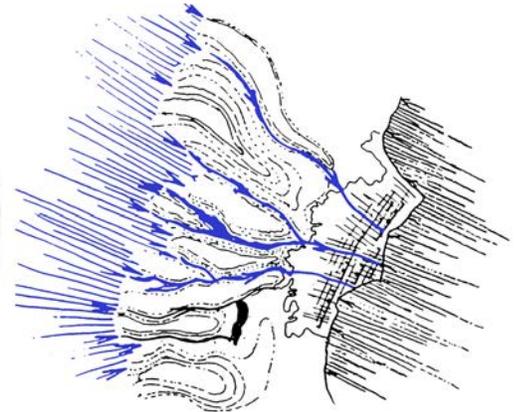
<sup>1</sup> Investigación desarrollada con Fondos Concursables para Proyectos de Investigación Universidad Finis Terrae, años 2010 al 2012.



**Imagen 1.** Planta de una ciudad resguardada de los vientos, siglo I a.C. (fuente: Vitruvio, 1997).



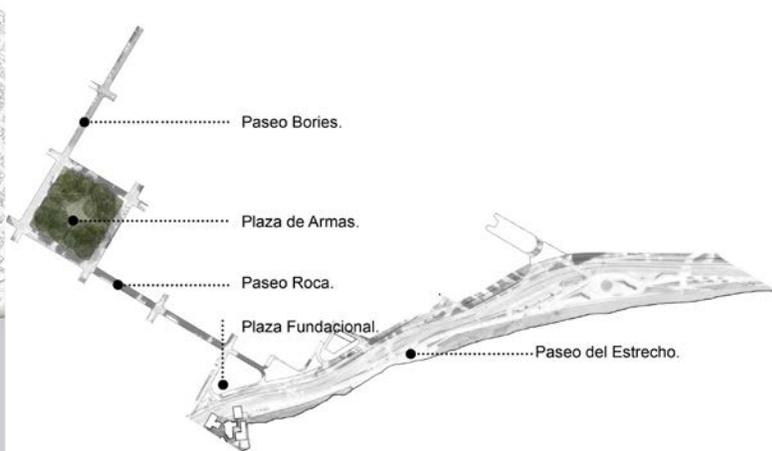
**Imagen 2.** Izquierda, vientos dominantes del este son producto de la situación geografía de Punta Arenas ya que, al encontrarse en el meridiano 53°, está en el límite de los vientos polares y próximos al eje de rotación de la tierra, el cual genera, a su vez, el inicio del ciclo de los vientos (fuente: elaboración de Hernán Pitto). Derecha, los vientos geos-tróficos llegan sin problema a la superficie de la tierra dada a la baja resistencia que presenta la Cordillera de los Andes que practicante no existe. Esto facilita el avance del viento, el cual se canaliza a través de las quebradas y topografías próximas a la ciudad para, finalmente, acelerarse al coincidir la trama urbana con la dirección del viento (fuente: elaboración de Hernán Pitto).



fundamental para el bienestar térmico o confort ambiental de sus habitantes, sobre todo para disipar por convección el calor excesivo del cuerpo y también evaporar la transpiración. Por ello el viento es uno de los elementos climáticos más importantes, pues la dispersión del aire contaminado y el confort humano dependen enormemente de su manejo adecuado (García, 2005). Las estrategias de emplazamiento urbano en relación al viento demandan un estudio de la morfología urbana, ya que el comportamiento del viento define las diversas presiones que ejerce sobre barreras y cursos arquitectónicos (imagen

2). Los vientos en el medio urbano se ven significativamente modificados, su velocidad es menor por la diversidad de obstáculos y barreras que se encuentran; menor en el casco que en las zonas periféricas. Estos accidentes provocan variaciones de dirección que debemos conocer y controlar para evitar efectos perjudiciales, debido a que las velocidades son muy variables según las zonas, la época del año y el soleamiento (Higuera, 1998). Un gran aporte ha sido realizado desde la Universidad de Hong Kong, a través del Departamento de Planificación, gracias al diseño de una Metodología

llamada Establishment of Air Ventilation Assessment (AVA), implementada desde el año 2008 para todos los proyectos urbanos desarrollados en Hong Kong. Ésta ha permitido sistematizar y evaluar los proyectos según su índice de interferencia eólica a escala urbana. Para ello, dicha investigación desarrolla mapas climáticos de la ciudad con estrategias pormenorizadas que permitan paliar problemas de ventilación, reducción de la contaminación del aire y una mejora del confort térmico en los espacios públicos. Esta metodología no sólo caracteriza el comportamiento del viento a nivel urbano, sino también propone



**Imagen 3.** Mapa de ubicación de los espacios públicos rediseñados (fuente: elaboración propia).



**Imagen 4.** Fotografía del Paseo del Estrecho que muestra lo abierto y sobreexposto que se encuentra dicho espacio público frente a la embestida de los vientos predominantes que llegan desde la ciudad (fuente: Laura Villanueva).

una medición que permite parametrizar los índices apropiados de circulación del aire en los tejidos urbanos y, de esta forma, concretar las medidas correctoras desde la escala urbana y arquitectónica.

### EL VIENTO EN PUNTA ARENAS.

Punta Arenas se conoce como una ciudad donde el viento es un elemento determinante ya que, a diferencia de otras ciudades, presenta un tejido urbano hiperventilado, con dirección de viento dominante desde el oeste que alcanza más de 120km/h. Sin embargo, el viento no es un elemento considerado en los documentos de planificación urbana. El viento polar, sumado a las bajas temperaturas que tiene la ciudad de Punta Arenas dada su latitud (53° 09'45" S 70° 54'29" O), genera una sensación térmica bajo cero.

La ciudad, en los últimos 10 años, ha invertido considerablemente en el rediseño de sus espacios públicos, como el Paseo Borries, La Plaza de Armas, el Paseo Roca y el más significativo, el Paseo del Estrecho. Sin embargo, estos espacios públicos tienen poco uso, ya que el factor viento sólo fue considerado en el Paseo del Estrecho, colocándose unas barreras de viento, lo que sólo revela la ausencia de un criterio mayor sobre la problemática del viento en la ciudad (imagen 4).

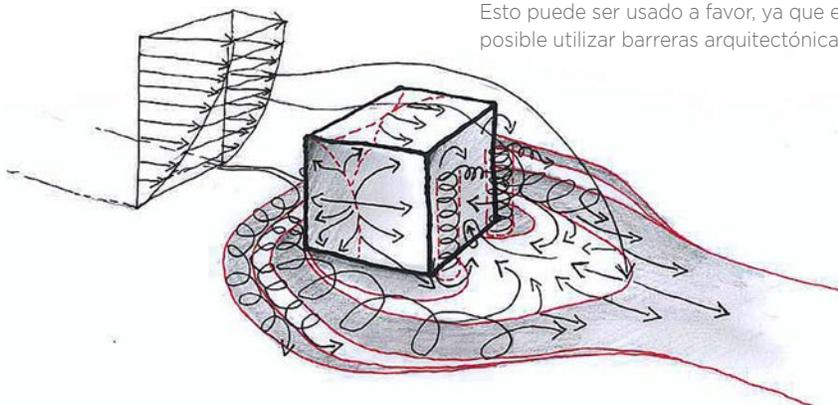
Es necesario entender el efecto de los cuerpos fijos, como las arquitecturas, en la ciudad frente al viento. Cuando el viento golpea la cara de un edificio (barlovento),

se crea una zona de alta presión o presión positiva: el viento va hacia arriba, creándose unas zonas de baja presión sobre el techo o presión negativa de la edificación. Esta zona de baja presión se extiende detrás del edificio y condiciona un flujo de aire de regreso hacia el suelo (sotavento). Una distribución de presión y flujos similares aparece en la planta (imagen 5).

Al estudiar el clima, la historia y la estructura urbana de Punta Arenas, se reconocen diversos problemas que provoca el viento en los espacios públicos. El viento dentro de la ciudad genera varios puntos de conflicto y sus efectos se evidencian en la incomodidad del peatón. Uno de los puntos más significativo es la esquina del Paseo Roca con la Plaza de Armas (imagen 6), debido a que se conjugan tres fenómenos eólicos:

- 1.- La presencia de un edificio de altura por encima del resto de la ciudad, lo que provoca que el viento, al chocar con el edificio, comience a bajar aumentando su velocidad. El viento choca finalmente con el suelo, provocando fuertes vientos (imagen 7).

- 2.- Al ser un edificio de esquina, provoca el encuentro de dos ejes de viento, lo que genera turbulencias y vórtices simultáneos.



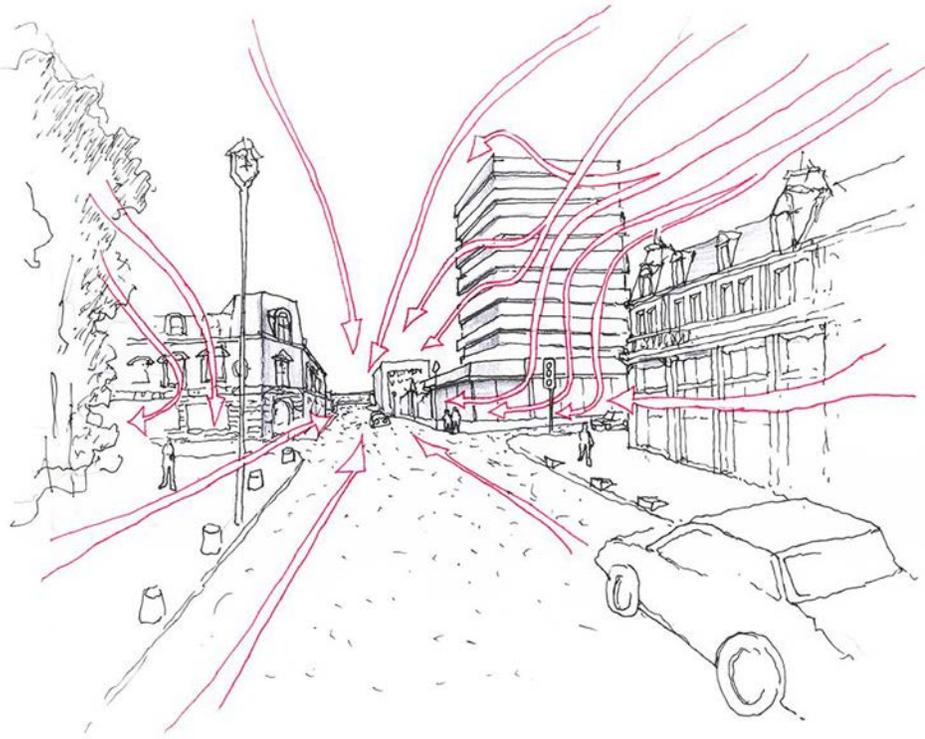
**Imagen 5.** El flujo del viento en la cara a barlovento de un cubo genera vórtices y ráfagas laterales, causando incomodidad peatonal. En la cara posterior del cubo se genera el efecto "estela", generando una sombra eólica en condiciones de turbulencia (fuente: elaboración propia, 2014).

3.- Se debe considerar, además, que los ejes de la calle coinciden con el curso del viento, generando el efecto "cañón de encauzamiento" (Efecto Venturi).

### LAS BARRERAS, OBSTÁCULOS Y DISIPADORES EÓLICOS.

La topografía es el primer factor que incide en el comportamiento del viento antes de llegar a la ciudad desde la meso-escala. Por ejemplo, las montañas presentan el máximo grado de rugosidad superficial, por lo tanto originan un importante cambio en la dirección y velocidad de los vientos, ya que las corrientes de aire se canaliza por la topografía a través de las depresiones principales. La vegetación tiene efectos en la velocidad, la dirección y las turbulencias, pero a menor escala, además de los efectos mecánicos (García, 2005).

Los obstáculos topográficos naturales o edificados modifican el régimen laminar del viento, sobre todo en las capas más bajas. El viento, al chocar con un obstáculo, se desvía tanto vertical como horizontalmente, lo cual al concentrarse mayor flujo del viento laminar aumenta su velocidad en la parte superior, pero disminuye en la parte inferior. Esto puede ser usado a favor, ya que es posible utilizar barreras arquitectónicas



**Imagen 6.** Dibujo esquemático sobre el comportamiento del fenómeno de las turbulencias en la esquina del Paseo Roca con Plaza de Armas de la ciudad de Punta Arenas, Chile (fuente: elaboración propia).

o vegetales, controlando sus índices de permeabilidad para moderar la velocidad del viento (imagen 8). Las especies vegetativas más recomendables para utilizarlas como barrera son las coníferas, distanciadas lo mínimo posible entre ellas, y con una distribución de tres filas (Higuera, 2006).

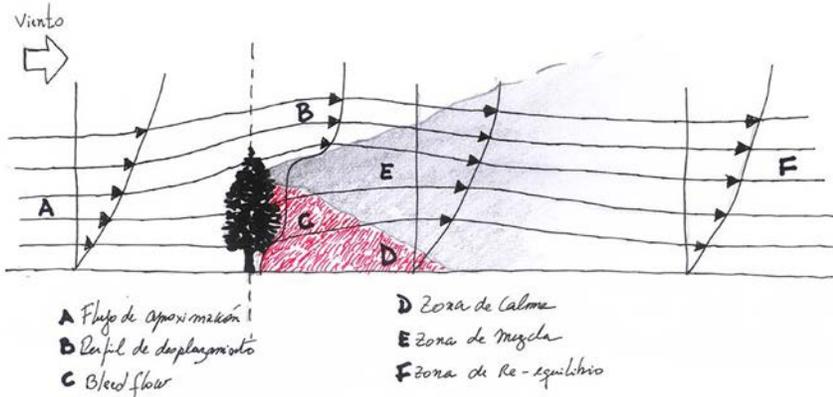
En el caso de la ciudad de Punta Arenas, los árboles registran cierta particularidad en términos de densidad y morfología. A mayor densidad de hojas, el árbol arroja mejores resultados como elemento de barrera, su morfología redondeada responde al viento laminar aerodinámicamente como un fuselaje (imagen 9). En el caso de otras especies de árboles que poseen menor

densidad que los Cipreses Macrocarpas, éstas adoptan la forma de bandera, deformándose por la acción del viento (imagen 10).

La vegetación forma parte de la rugosidad de la ciudad, por lo tanto influye en el comportamiento de los vientos locales. Las áreas verdes son superficies rugosas y por lo tanto contribuyen a generar turbulencia mecánica en el aire, pero también ayudan a disminuir las turbulencias térmicas, favoreciendo el control de la temperatura. El conocimiento de los efectos de la vegetación sobre el viento hace posible utilizarla como medida paliativa para la obstrucción, la filtración, la deflexión y la canalización.



**Imagen 7.** En temporadas de mucho viento, el municipio coloca cuerdas para que la gente no "vuele" (fuente: Agencia Uno, 2014).



**Imagen 8.** Dibujo esquemático sobre el comportamiento del viento al pasar por un cuerpo vegetativo, el cual, dada su permeabilidad, desacelera el viento en su sombra eólica. A; Flujo de aproximación; B, Perfil de desplazamiento; C, Bleed Flow; D, Zona de calma; E, Zona de mezcla; F, Zona de Re-equilibrio. (fuente: elaboración propia a partir de Cleugh, 1998).



**Imagen 9.** Fotografía de árboles urbanos como barrera densa al viento en la ciudad de Punta Arenas (fuente: Teresa Eiroa)



**Imagen 10.** Árbol deformado con el efecto bandera al estar sobreexpuesto a los fuertes vientos locales (fuente: el autor).

**APROXIMACIÓN INTEGRADA DEL DISEÑO.**

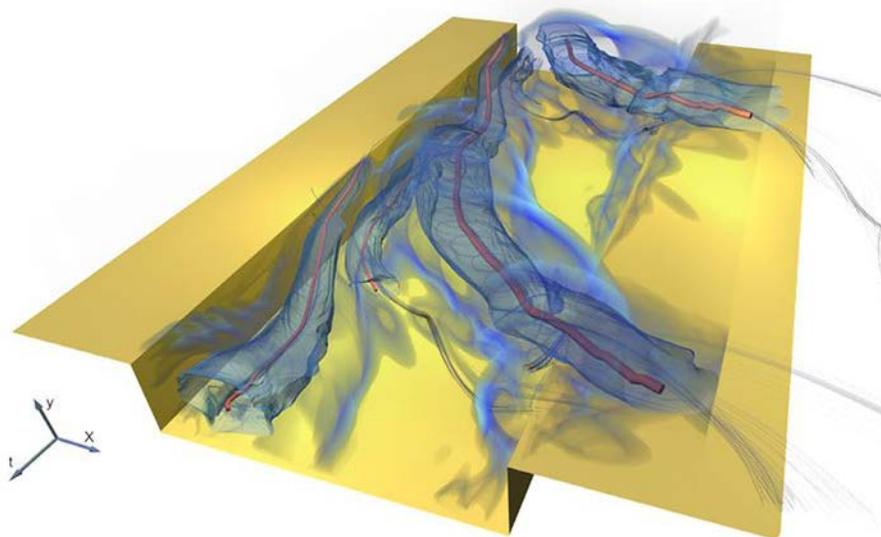
Los desafíos por parte del diseñador son grandes, debido a la influencia de distintas variables poco exploradas, como en nuestro caso de estudio el viento y su influencia en el desarrollo de proyectos urbanos de espacio público. El estudio del viento en la ciudad es un campo de reciente investigación y la producción de conocimiento en esta área es un aporte para mejorar la permanencia de uso de espacios públicos de las ciudades (imagen 11).

La acción del diseñador es clave, ya

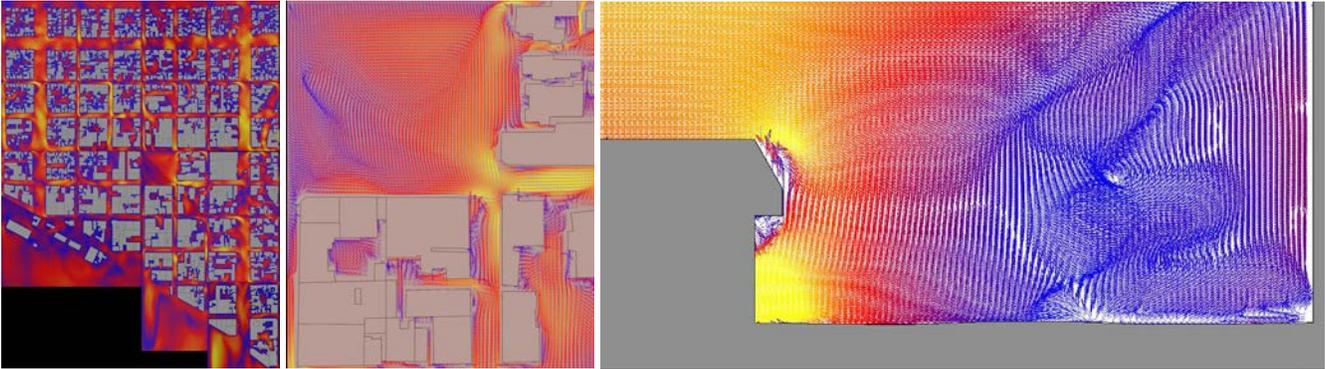
que la ubicación y el diseño inadecuado conlleva la pérdida de valiosas inversiones, especialmente cuando se trata de edificaciones cercanas a la costa. De acuerdo a lo anterior, la dotación de sentido al espacio público ya no es restrictiva a una problemática estético formal, sino que debe ser fortalecida desde la racionalidad científico-técnica y entendida como un medio de transformación social. Dicho de otro modo, el buen desarrollo del espacio público puede modificar patrones de conducta en los habitantes de una ciudad y mejorar su calidad de vida (imagen 12).

En la actualidad es posible reconocer, en la racionalidad científica-técnica, los criterios de urbanismo bioclimático y urbanismo sustentable, los cuales forman parte de la formación disciplinar de los nuevos interventores de la ciudad. Ésta se enmarca en una acción responsable y consciente con el contexto y los recursos que disponemos.

**CONCLUSIONES.** La ciudad de Punta Arenas, históricamente vinculada a la presencia del viento, da testimonio de la acción del viento plasmada en la forma de su vegetación y ciertamente del habitar. Su localización geográfica y emplazamiento territorial permiten al viento descender por la ladera de la cordillera, 300 m de altura en esta latitud, hacia el estrecho y continuar por el trazado urbano, lo que genera verdaderos corredores de viento y, por ende, la sobre ventilación de la ciudad. Parece significativo desarrollar investigaciones que permitan el uso estancial de espacios públicos, mejorando con ello la calidad de vida de habitantes y visitantes de la ciudad. Uno de los factores más importantes que influyen en la comodidad de peatones en los espacios abiertos al aire libre es el viento, entendido como un medio ambiente difícil de prever y controlar, influenciado por una serie de factores globales, regionales y locales, ya que adquiere una velocidad y dirección producidas por los sistemas climáticos



**Imagen 11.** Últimos avances en los sistemas de representación del fenómeno del viento dentro del cañón urbano 3D, haciendo aparecer la evolución del esqueleto de un vórtice con ángulo de ataque desde los bordes de la cavidad (fuente: Kasten, 2012).



**Imagen 12.** Se utilizaron dos métodos para generar los modelos de simulación: uno a través de un CFD, o simulador de dinámica de fluido (Autodesk Vasari), y posteriormente se realizó otra más detallada mediante Ecotect. Se hizo primero en bloques y después en forma general, constituyendo mediante ellos zonas de 2 x 2 cuadras. El modelo general corresponde a la suma de estos bloques, tanto en planta como en corte (fuente: elaboración propia).

globales que luego es influenciado por la tipología del paisaje regional y local. Podemos concluir que es recomendable situar los espacios libres abiertos en dirección de calma de viento durante los meses más fríos y establecer barreras protectoras (de vegetación, o con elementos edificados, muretes, desniveles, bancas, etc.) para resolver las situaciones más desfavorables.

Las edificaciones en altura suponen una barrera importante para los vientos, aun cuando convierten los flujos superiores en diferentes corrientes (equinas, bases, etc.) y pueden multiplicar por tres la velocidad de viento inicial (ejemplos Calle Roca y esquina edificio de Correos de Chile en Punta Arenas). La masa edificatoria de cada ciudad condiciona notablemente las características del viento, siendo prácticamente imposible hacer generalizaciones de comportamiento. Sabemos que, tanto en la arquitectura como en el urbanismo, el apropiado control del viento determina los niveles de bienestar de los usuarios en su hábitat. Las condiciones de ventilación tienen una importancia

fundamental para el confort y salud humana: afectan directamente al usuario a través del efecto fisiológico de la calidad y movimiento del aire y, de manera indirecta, a través de su influencia en las temperaturas y humedad del aire.

En general, si el clima es extremo, la solución será localizar espacios libres adecuados al invierno y otros al verano, probablemente seleccionando diferentes usos para cada estación. Por tanto, es importante entender que no puede haber grandes diferencias en el entorno de viento de una parte de una ciudad a otra, o incluso en la escala micro de una parte de un espacio a otro. No se puede olvidar que el viento no es un fenómeno constante, sino que varía momentáneamente en dirección y fuerza (ráfagas de viento), y las variaciones pueden ser de temporada o anual.

La planificación urbana del siglo XXI debe adecuarse a las realidades locales para equilibrar el diseño urbano con las variables climáticas y territoriales de cada localidad y así conseguir una optimización de todas las áreas urbanas de manera sustentable. En este sentido, el “urbanismo bioclimático”

tiene como punto de partida el recoger las condicionantes meteorológicas del clima de la región para, desde allí, trazar las relaciones con los espacios urbanos y con la masa edificatoria. Vinculando la planificación urbana con el diseño urbano y arquitectónico, es posible lograr un desarrollo más sostenible de los crecimientos urbanos y gestionar eficazmente recursos que faciliten una mejor calidad de vida a sus usuarios. El signo de hoy es el aire, donde la arquitectura podrá encontrar la trascendencia que encontró en la luz (Casanueva, 1992). ▲●●

## REFERENCIAS

- Casanueva, M. (1992). Tesis del arquitecto Orfebren, edición UCV. Proyecto Fondecyt 91-0551.
- García, J. (2005). Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico. México: Editorial Trillas.
- Higuera, E. (2006). Urbanismo Bioclimático. Madrid: Editorial GG.
- Higuera, E. (2009). El reto de la ciudad habitable y sostenible. Madrid: Editorial Dapp.
- Kasten, J., Zoufahl, A., Hege, H., y Hotz, Y. (2012). Análisis de vórtice gráficos de combinación. Magdeburg: Visión, Modelado y Visualización.
- Ng, E. (2005). Feasibility Study for Establishment of Air Ventilation Assessment System FINAL REPORT, Department of Architecture Chinese University of Hong Kong, China.
- Terán, M. (1962-1963). La ciudad y el viento. Revista Arquitectura, 48, 49 y 50.
- Vitruvio (1997). Los diez libros de arquitectura. Reedición. Barcelona: Editorial Iberia.