

## LA HISTORIA DEL VIENTO EN LAS CIUDADES

**CARLOS BUSTAMANTE OLEART**

Doctor Arquitecto

*Este documento contiene el capítulo dos de la tesis "La ciudad y el viento: La morfología urbana y su relación con el uso estancial del espacio público abierto en territorios con vientos fuertes y climas fríos. El caso de la ciudad de Punta Arenas, Región de Magallanes, Chile.", dirigida por la profesora Ester Higuera García de la Universidad Politécnica de Madrid. La tesis fue leída por su autor el 1 de febrero del 2016 en la Universidad Politécnica de Madrid con calificación de sobresaliente.*

Septiembre / Octubre 2020

<b>Directores:</b>	<b>José Fariña Tojo - Ester Higuera García</b>
Editora:	María Cristina García González
<b>Consejo de Redacción:</b>	
Directora:	María Emilia Román López
Comisión ejecutiva:	Agustín Hernández Aja, José Antonio Corraliza Rodríguez, María Cristina García González, María Emilia Román López, Eva Álvarez de Andrés.
Vocales:	Isabel Aguirre de Urcola (Escola Galega da Paisaxe Juana de Vega, A Coruña), Pilar Chías Navarro (Univ. Alcalá de Henares, Madrid), José Antonio Corraliza Rodríguez (Univ. Autónoma de Madrid), Alberto Cuchí Burgos (Univ. Politécnica de Cataluña), José Fariña Tojo (Univ. Politécnica de Madrid), Agustín Hernández Aja (Univ. Politécnica de Madrid), Francisco Lamiquiz Daudén (Univ. Politécnica de Madrid), María Asunción Leboeiro Amaro (Univ. Politécnica de Madrid), Rafael Mata Olmo (Univ. Autónoma de Madrid), Luis Andrés Orive (Centro de Estudios Ambientales, Vitoria-Gasteiz), Javier Ruiz Sánchez (Univ. Politécnica de Madrid), Carlos Manuel Valdés (Univ. Carlos III de Madrid)
<b>Consejo Asesor:</b>	José Manuel Atienza Riera (Vicerrector de Estrategia Académica e Internacionalización, Univ. Politécnica de Madrid), Manuel Blanco Lage (Director de la Escuela Superior de Arquitectura, Univ. Politécnica de Madrid), José Miguel Fernández Güell (Director del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Univ. Politécnica de Madrid), Antonio Elizalde Hevia, Julio García Lanza, Josefina Gómez de Mendoza, José Manuel Naredo, Julián Salas Serrano, Fernando de Terán Troyano, María Ángeles Querol.
<b>Comité Científico:</b>	Antonio Acierno (Univ. Federico II di Napoli, Nápoles, ITALIA), Miguel Ángel Barreto (Univ. Nacional del Nordeste, Resistencia, ARGENTINA), José Luis Carrillo (Univ. Veracruzana, Xalapa, MÉXICO), Luz Alicia Cárdenas Jirón (Univ. de Chile, Santiago de Chile, CHILE), Marta Casares (Univ. Nacional de Tucumán, Tucumán, ARGENTINA), María Castrillo (Univ. de Valladolid, ESPAÑA), Dania Chavarría (Univ. de Costa Rica, COSTA RICA), Mercedes Ferrer (Univ. del Zulia, Maracaibo, VENEZUELA), Fernando Gaja (Univ. Politécnica de Valencia, ESPAÑA), Alberto Gurovich (Univ. de Chile, Santiago de Chile, CHILE), Josué Llanque (Univ. Nacional de S. Agustín, Arequipa, PERÚ), Angelo Mazza (Univ. degli Studi di Napoli, Nápoles, ITALIA), Luis Moya (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Joan Olmos (Univ. Politécnica de Valencia, ESPAÑA), Ignazia Pinzello (Univ. degli Studi di Palermo, Palermo, ITALIA), Julio Pozueta (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Alfonso Rivas (Univ. A. Metropolitana Azcapotzalco, Ciudad de México, MÉXICO), Silvia Rossi (Univ. Nacional de Tucumán, ARGENTINA), Adalberto da Silva (Univ. Estadual Paulista, Sao Paulo, BRASIL), Carlos Soberanis (Univ. Francisco Marroquín, Guatemala, GUATEMALA), Carlos A. Torres (Univ. Nacional de Colombia, Bogotá, COLOMBIA), Graziella Trovato (Univ. Politécnica de Madrid, ESPAÑA), Carlos F. Valverde (Univ. Iberoamericana de Puebla, MÉXICO), Fernando N. Winfield (Univ. Veracruzana, Xalapa, MÉXICO), Ana Zazo (Univ. del Bio-Bio, Concepción, CHILE)

**Realización y maquetación:**Maquetación: [ciur.urbanismo.arquitectura@upm.es](mailto:ciur.urbanismo.arquitectura@upm.es)**© COPYRIGHT 2020**

CARLOS BUSTAMANTE OLEART

Fecha de recepción: 01/09/2020

Fecha de aceptación: 31/10/2020

I.S.S.N. (edición digital): 2174-5099

DOI: 10.20868/ciur.2020.132.4510

Depósito Legal: M-41356-2011

Año XII, Núm. 132, septiembre-octubre 2020, 63 págs.

Edita: Instituto Juan de Herrera

## **La historia del viento en las ciudades** ***The history of the wind in the cities***

DOI: 10.20868/ciur.2020.132.4510

### **DESCRIPTORES:**

Urbanismo / ciudad / viento / morfología/ confort térmico

### **KEY WORDS:**

Urbanism / city / wind / morphology/ thermal comfort

### **RESUMEN:**

La relación entre el viento y las ciudades se desarrolla a lo largo de la historia de manera accidentada, discontinua y en varias disciplinas. En sus orígenes, el conocimiento del viento era más de carácter intuitivo y se basaba en la observación de sus manifestaciones visibles, ya sea en la lluvia, los remolinos o los elementos que arrastra. Estas observaciones permitieron, en diversa épocas, generar ciertos criterios para diseñar ciudades con principios eólicos genéricos. Con el paso del tiempo, los avances científicos y las nuevas tecnologías, fue posible ir avanzado en el conocimiento del viento. Así, diversas disciplinas como la geografía, la meteorología, la arquitectura y el urbanismo avanzaron por caminos separados, cada una buscando sus propios objetivos en relación al viento. A medida que nos acercamos al siglo XX empiezan a aparecer ramas de estas mismas disciplinas, como la climatología o la bioclimatología, sumándose también nuevas áreas del conocimiento como la ingeniería aeroespacial, la que se desprende de la ingeniería aerodinámica para cuerpos romos no fuselados y cuerpos estáticos como los edificios, los puentes, etc. Todas estas ramas del conocimiento desarrollan caminos paralelos, pero al final del siglo XX y comienzos del XXI se empiezan a mezclar, compartiendo sus propios descubrimientos. Hoy, la necesidad de reunir estos conocimientos se torna fundamental para lograr un avance interdisciplinario que permita comprender la importancia del viento para la planificación urbana en un mundo que necesita cada vez más conciencia ambiental.

**ABSTRACT:**

*The relationship between the wind and the cities has developed throughout history in an uneven, discontinuous way and in various disciplines. In its origins, the knowledge of the wind was more intuitive in nature and was based on the observation of its visible manifestations, whether in the rain, the eddies or the elements that it drags. These observations allowed, at different times, to generate certain criteria to design cities with generic wind principles. With the passage of time, scientific advances and new technologies, it was possible to advance in the knowledge of the wind. Thus, various disciplines such as geography, meteorology, architecture and urban planning advanced in their separate ways, each seeking its own objectives in relation to the wind. As we approach the 20th century, branches of these same disciplines begin to appear, such as climatology or bioclimatology, also adding new areas of knowledge such as aerospace engineering, which is derived from aerodynamic engineering for non-fuselated blunt bodies and static bodies. like buildings, bridges, etc. All these branches of knowledge develop parallel paths, but at the end of the 20th century and the beginning of the 21st they begin to mix, sharing their own discoveries. Today, the need to gather this knowledge becomes fundamental to achieve an interdisciplinary advance that allows understanding the importance of the wind for urban planning in a world that increasingly needs environmental awareness.*

*\* Carlos Bustamante Oleart es Doctor en Periferias, Sostenibilidad y Vitalidad Urbana por la UPM – ETSAM, Magister en Diseño Urbano por la UPC- ETSAB y arquitecto de la Universidad Finis Terrae. Actualmente es académico de la de la Universidad Finis Terrae, Facultad de Arquitectura y Diseño de la Escuela de Arquitectura , Santiago, Chile, y de la Universidad Tecnológica Metropolitana, Escuela de Arquitectura, Santiago, Chile.  
cbustamante.o@gmail.com*

**CONSULTA DE NÚMEROS ANTERIORES/ACCESS TO PREVIOUS WORKS:**

La presente publicación se puede consultar en color en formato pdf en la dirección:

*This document is available in pdf format and full colour in the following web page:*

**<https://duyot.aq.upm.es/publicaciones>**

## INDICE

1	INTRODUCCION.....	7
1.1	La importancia del viento en las ciudades.....	9
1.2	La dificultad de estudiar el viento al interior de la ciudad.....	10
2	EL CONOCIMIENTO DEL VIENTO EN LAS CIUDADES.....	12
2.1	Las primeras civilizaciones.....	13
2.2	Las Leyes de Indias (1573) .....	13
2.3	Higienismo: La edad moderna (1844) .....	14
2.4	Plan Cerdà (1860).....	16
2.5	El plan Castro (1860) .....	19
2.6	Ciudad jardín (1900) .....	23
2.7	Le Corbusier y el CIAM (1933) .....	25
2.8	Climatología urbana (1930) .....	27
2.9	Los teóricos de las ciudades (1960) .....	29
2.10	Modelos de confort (1963) .....	30
2.11	La micro escala urbana .....	33
2.12	Estudio de las ciudades frías .....	37
3	CONOCIMIENTO DEL VIENTO DESDE LOS PERSONAJES E INVESTIGADORES..	38
3.1	Aristóteles (370 a. C.) .....	38
3.2	Vitruvio (siglo I a. C.) .....	39
3.3	Leonardo da Vinci (1452-1519).....	43
3.4	Leon Battista Alberti (1485).....	44
3.5	Daniel Bernoulli (1738) .....	44
3.6	Battista Venturi (1797) .....	45
3.7	Francis Beaufort (1806) .....	45
3.8	Victor Olgyay (1963) .....	48
3.9	Baruch Givoni (1969) .....	49
3.10	Timothy R. Oke (1999) .....	50
3.11	C. S. B. Grimmond (1999).....	51
3.12	Allan Konya (1980) .....	52

3.13	Otros investigadores.....	52
4	CONCLUSIONES .....	54
5	BIBLIOGRAFÍA.....	56

## 1. INTRODUCCION

La relación entre el viento y las ciudades se desarrolla a lo largo de la historia de manera accidentada, discontinua y en varias disciplinas. En sus orígenes, el conocimiento del viento era más de carácter intuitivo y se basaba en la observación de sus manifestaciones visibles, ya sea en la lluvia, los remolinos o los elementos que arrastra. Estas observaciones permitieron, en diversa épocas, generar ciertos criterios para diseñar ciudades con principios eólicos genéricos. Con el paso del tiempo, los avances científicos y las nuevas tecnologías, fue posible ir avanzando en el conocimiento del viento. Así, diversas disciplinas como la geografía, la meteorología, la arquitectura y el urbanismo avanzaron por caminos separados, cada una buscando sus propios objetivos en relación al viento. A medida que nos acercamos al siglo XX empiezan a aparecer ramas de estas mismas disciplinas, como la climatología o la bioclimatología, sumándose también nuevas áreas del conocimiento como la ingeniería aeroespacial, la que se desprende de la ingeniería aerodinámica para cuerpos romos no fuselados y cuerpos estáticos como los edificios, los puentes, etc. Todas estas ramas del conocimiento desarrollan caminos paralelos, pero al final del siglo XX y comienzos del XXI se empiezan a mezclar, compartiendo sus propios descubrimientos.

Hoy, la necesidad de reunir estos conocimientos se torna fundamental para lograr un avance interdisciplinario que permita comprender la importancia del viento para la planificación urbana en un mundo que necesita cada vez más conciencia ambiental. Durante la segunda mitad del siglo XX, los científicos que investigaban la capa límite —el estrato de aire directamente afectado por la superficie de la tierra— descubrieron variaciones significativas en la temperatura, las precipitaciones, la humedad y el movimiento del aire dentro de los microclimas en zonas edificadas. Debido a estas variaciones, se concentraron en la capa de la atmósfera donde la gente vive y respira, zona que además tiene una inmediata significación bioclimática para la salud humana y el bienestar.

Por otro lado, estas alteraciones microclimáticas eran evidentemente antropogénicas, estando directamente relacionadas con el diseño de los edificios, los materiales y el diseño del entorno construido. El efecto climático era claramente visible en la escala de la ciudad. De hecho, todas las áreas edificadas aparecen en los mapas meteorológicos de alta resolución como islas de calor y las regiones metropolitanas como archipiélagos térmicos, generando, por sumatoria, el cambio climático antropogénico. Una vez más, la escala y la intensidad del fenómeno fue directamente atribuible a factores relacionados con la planificación.

En 1947, Helmut Landsberg ofreció pruebas contundentes sobre los efectos adversos del diseño del entorno urbano. Él comparó desfavorablemente las configuraciones desérticas de los nuevos barrios residenciales norteamericanos con las realidades de la topografía, el viento y la orientación solar en la planificación de Stalingrado, en la ex Unión Soviética, concluyendo lo siguiente:

*Una de las maneras más seguras de mejorar el desempeño del individuo en edificios y ciudades enteras sería incorporar conocimientos microclimáticos en su diseño (...) Los edificios deben mezclarse armoniosamente con el paisaje visible, pero*

*también deben reconocer la importancia de lo invisible en la configuración de su microclima.* (Hebbert y MacKillop, 2011, p. 8).

Landsberg regresó varias veces a este tema a través de una distinguida carrera en los más altos niveles de la meteorología en los EE.UU. y lo mismo hicieron diversos científicos en este campo. Entre las contribuciones más importantes en el campo de la climatología urbana aplicada al diseño cabe destacar la del húngaro-norteamericano Victor Olgyay (autor de *Design with Climate*, de 1963), la del inglés Tony Chandler (autor de *Urban Climatology and its Relavance to Urban Design*, de 1976) y la de los israelíes Arie Bitan (autor de *Applied Climatology and its Contribution to Planning and Building*, de 1984) y Baruch Givoni (autor de *Climate Considerations in Building and Urban Design*, de 1998) (Hebbert y MacKillop, 2010).

La presencia del viento como elemento significativo en el diseño de la forma urbana tiene un origen basado en la observación del fenómeno climático y la manera en que este incide dentro de las ciudades. Por ello, al estudiar el viento debemos insertar los otros factores climáticos que se conjugan: el sol, las temperaturas, la humedad y las precipitaciones. Todas ellas son variables climáticas que funcionan integralmente entre sí, y que varían según factores como región, relieves, altitud, vegetación, etc. El estudio del clima y su relación con la ciudad se ha ido profundizando a lo largo de la historia en la medida en que los investigadores, sean estos urbanistas, geógrafos, meteorólogos, climatólogos o ingenieros, han sabido integrar diversos saberes provenientes de distintas disciplinas. Pese a ello, es posible reconocer de manera aislada cómo los conocimientos sobre el viento a lo largo de la historia van incidiendo significativamente en la comprensión de distintos fenómenos en la ciudad en sus distintas escalas.

Las primeras disciplinas que se relacionan son el urbanismo y el diseño de las ciudades con el estudio del fenómeno meteorológico y climático. Los temas de ingeniería, en cambio, solo son incorporados a fines de siglo XX y comienzos del XXI, cuando se desarrolla la ciencia de la aerodinámica civil. La climatología es una rama relativamente nueva, y más aún la micro-meteorología, que incide directamente en la escala humana. Pero los avances históricos de esta disciplina provienen originalmente desde la meteorología, disciplina derivada de la geofísica y que busca comprender el fenómeno de la macro escala a nivel atmosférico. Por ello, la historia de la comprensión del clima y el estudio del fenómeno del viento deviene primero de la meteorología y luego se especializa en la climatología. La historia del diseño urbano y la historia de la climatología son dos campos que se desarrollan de manera paralela y que, pese a compartir muchos antecedentes históricos, fueron solo débilmente conectados en la segunda mitad del siglo XX debido a la importancia que adquirió en el último siglo el cambio climático (Hebbert y Jankovic 2011). En esta primera parte del siglo XXI se sumó a ellas la disciplina de la ingeniería vinculada a la aerodinámica civil.



## 1.1. La importancia del viento en las ciudades

*EL signo de hoy es el aire, donde la arquitectura podrán encontrar la  
trascendencia que encontró en la luz.<sup>1</sup>  
Manuel Casanueva, 1992*

Son numerosos los acuerdos, directrices y legislaciones que se han aprobado para lograr un desarrollo más sostenible del crecimiento urbano en los diversos continentes. En este contexto, el urbanismo bioclimático establece las claves para conseguir que las ordenaciones estén integradas a su entorno y se gestionen eficazmente los recursos que facilitan una mejor calidad de vida a sus usuarios.

El sol y el viento constituyen dos de los factores más relevantes en el urbanismo bioclimático, siendo las temáticas solares las más estudiadas en todas sus escalas dado que el viento, por la complejidad de su comportamiento, se vuelve más difícil de medir y estudiar, aumentando los costos de investigación (Higuera García, 2006). Por este motivo, la primera motivación de esta investigación es tratar de aportar al avance del conocimiento del viento y, específicamente, a lo que respecta a su incidencia a nivel del espacio público.

Es indudable que en la última década, y gracias a las nuevas tecnologías, se ha avanzado mucho en el conocimiento científico del comportamiento del viento en la microescala de la ciudad. Esto ha impulsado una serie de investigaciones que buscan desarrollar indicadores y guías de diseño urbano que permitan corregir y producir proyectos más sostenibles.

Pero los avances científicos sobre el conocimiento del viento se habían intensificado ya en la segunda mitad del siglo XX, cuando el tema comenzó a ser abordado por una gran diversidad de disciplinas con objetivos muy disímiles. Por ejemplo, el interés agropecuario tiene relación con el comportamiento del viento frente a los árboles como medida de protección de los cultivos (Buck, 1970). La aerodinámica civil, por su parte, estudia el proceso de desprendimiento de la capa límite sobre los cuerpos romos para mejorar así los sistemas estructurales de los cuerpos edificados (Meseguer, y otros, 2007). Otras disciplinas, como la geografía y la climatología, estudian el comportamiento del viento a nivel territorial para localizar, por ejemplo, generadores eólicos, o bien estudian la ventilación urbana para mitigar los problemas de polución y contaminación atmosférica (Terán, 1963). Los urbanistas también estudian el viento dentro de los componentes del microclima urbano para mejorar el confort térmico (Higuera García, 2006). A su vez, la situación descrita generó una variedad de métodos de estudio, ya sea a través de sistemas de medición in situ, túneles de viento o sistemas de fluidos computacionales, o a través de cálculos numéricos y estadísticos del comportamiento del viento, entre otros, produciendo también una variedad de metodologías de análisis: mapificaciones, gráficas, diagramas, esquemas espectrales del comportamiento del viento, etc.

---

<sup>1</sup> Casanueva, M, (1991): *Tesis del Arquitecto Orfebre*. Proyecto Fondecyt, PUCV, Viña del mar, Chile.

Pero todos estos estudios del viento se traducen en tres disciplinas fundamentales: la meteorología a través de la rama de la climatología urbana, la ingeniería a través de los estudios de aerodinámica y su incidencia en las construcciones civiles y la arquitectura tanto a nivel de proyectos como a través de la dimensión urbanística. En este sentido, los avances de estas disciplinas se han desarrollado de manera separada e inconexa en muchos aspectos dado que cada una de ellas busca objetivos diferentes. Pese a ello, es absolutamente posible compartir los resultados entre las disciplinas, lo que permite comprender mejor la dimensión eólica en la microescala de la ciudad.

Este segundo aspecto se vuelve también una de las motivaciones de la investigación: tratar de reunir y exponer los avances de estas disciplinas, muchos de ellos traspasables a la dimensión urbana, optimizando y comprendiendo mejor la incidencia del viento en la ciudad, sobre todo para efectos del diseño de los espacios públicos. Los estudios de la dinámica del viento apuntan a mejorar los aspectos asociados al confort térmico de los espacios públicos exteriores. Asimismo, intentan optimizar los sistemas de ventilación urbana a través del estudio de la morfología urbana, incorporando aspectos de diseño que contribuyan a no obstruir el flujo del viento en la ciudad.

Dicha metodología no solo construye una caracterización del comportamiento del viento a nivel urbano, sino también un campo de medición que permite parametrizar los índices apropiados de circulación del aire en los tejidos urbanos. Reflejo de ello es el creciente interés por los estudios urbanos de mapas climáticos (UCMap) (Chao, Ng, & Katzschner, 2011). Actualmente hay más de 15 países que están desarrollando sus propios mapas y pautas climáticas con fin de implementar medidas de mitigación para las prácticas de planificación local. Esto se ha logrado gracias a estrategias de metodologías integradas que incorporan varios métodos comparativos para comprender con mayor precisión el comportamiento del viento.

Hoy en día no basta con realizar un trabajo de campo de medición y apoyarse simplemente en sistemas de simulación, ya que se ha detectado que estos tienen varios grados de error (Blocken y Carmeliet, 2004). Es por ello que la integración rigurosa de los métodos de análisis de las morfologías urbanas, las estrategias acotadas de mediciones de campo y la utilización de programas de simulación digital permite, en conjunto, no solo desarrollar diagnósticos más precisos, sino también elaborar pautas de diseño urbano que incorporen los patrones aerodinámicos. En este último punto radica la motivación final para aportar nuevas metodologías y plantear pautas de diseño desde los parámetros eólicos.

## **1.2. La dificultad de estudiar el viento al interior de la ciudad**

La necesidad de avanzar en el conocimiento del viento se hace cada vez más fundamental. Hoy, toda la producción de conocimiento acerca del viento se centra básicamente en estrategias de ventilación urbana, esto es, en métodos para mejorar el confort térmico del microclima urbano, permitiendo con ello renovar los aires contaminados dentro de las ciudades.

Por otro lado, también se han desarrollado investigaciones que tratan la comodidad peatonal a partir del fenómeno mecánico del viento. En muchos casos se trata de estudios en situaciones puntuales, como edificios altos o áreas donde la morfología urbana genera diversos fenómenos concretos como el efecto Venturi, entre otros (Katarzyna y Jablonski, 2004).

El viento, en principio, es un factor complejo de estudiar. Ello se debe a diversos factores: El viento es muy cambiante y está sujeto a muchas variables. En su descenso desde la atmósfera hasta el cañón urbano va sufriendo diversas modificaciones, tanto en velocidad como en direccionalidad, intensidad y frecuencia.

Por otro lado, en general los estudios sobre el microclima urbano desde parámetros eólicos no tienden a separarlo de otros factores como el sol, la humedad y la temperatura, ya que todas estas variables funcionan de manera conjunta incidiendo en la sensación de confort bioclimático, lo que plantea un desafío importante a la hora de estudiarlo. Asimismo, estudiar el viento implica costos elevados, ya sea en el trabajo de campo y la instalación de estaciones meteorológicas, como en el desarrollo de experimentos en túneles de viento.

Por último, también se han cuestionado muchos de los métodos para medir el viento, las interpretaciones de los datos y su representación en simuladores o en modelamiento 3D, específicamente en lo que se refiere a la comprensión del fenómeno simultáneo de un vórtice al interior de un cañón urbano, aspecto muy complejo de desarrollar y generar computacionalmente. (figura1)

Todos estos factores han generado una escasa bibliografía sobre estudios específicos del viento desde la disciplina urbanística, no así en lo que respecta a disciplinas como la climatología o la ingeniería y la rama de la aerodinámica civil de cuerpos romos, en las cuales, dado que es un tema en desarrollo, las investigaciones se presentan más en papers y actas de congresos que a través de libros. Se trata de material que, además, está en un alto porcentaje en inglés.

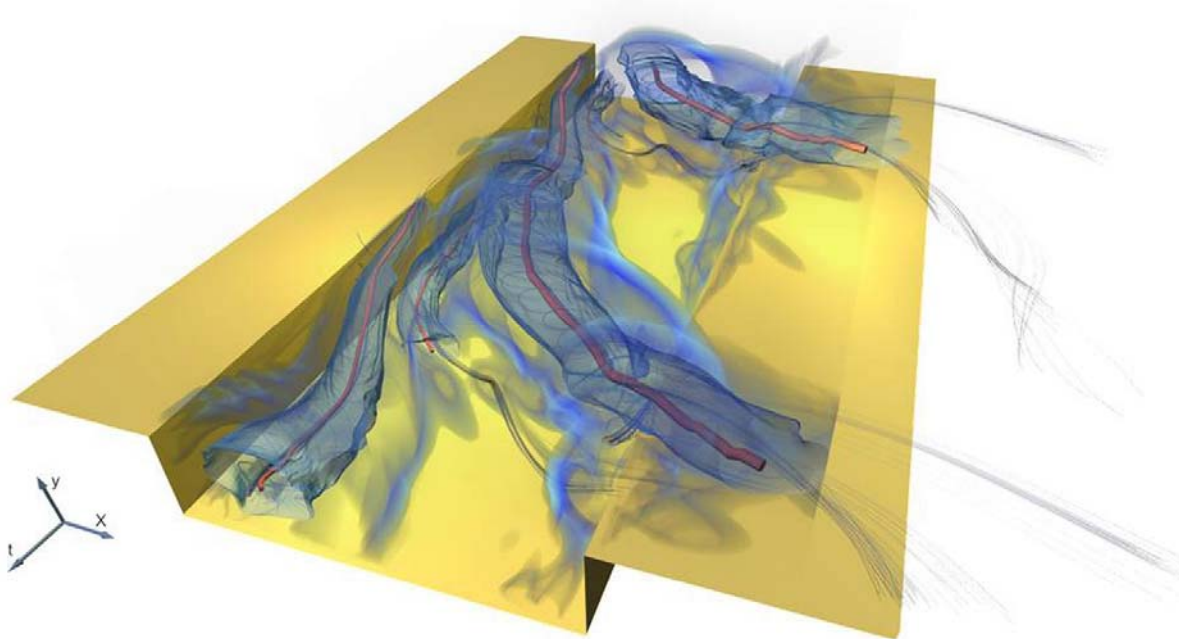


Figura 1: Fluido sobre una cavidad y la evolución del esqueleto de un vórtice. Estrategias de representación 3D de las curvas en espiral de las trayectorias de partículas fluidas en las regiones vorticales. Los vórtices se originan en el borde de ataque y se mueven a través de la cavidad sobre el borde de salida. El vórtice consiste en partículas en espiral con grandes valores de aceleración.

Fuente: Kasten, J., Zoufahl, A., Hege, H., y Hotz, Y. (2012). Análisis de vórtice gráficos de combinación. Magdeburg: Visión, Modelado y Visualización.

## 2 EL CONOCIMIENTO DEL VIENTO EN LAS CIUDADES

Los criterios de incorporación del viento en el diseño de las ciudades se inician a partir de las primeras civilizaciones, cuando se utilizaban parámetros más intuitivos. Con el correr de los siglos, las concepciones de ciudad buscan mejorar la calidad de vida de las personas desde diversos parámetros. El viento, que no quedaría ajeno a esta tendencia, es asociado a principios de ventilación, fenómeno que permite mantener libre de contaminación el aire dentro de las ciudades. Ya a fines del siglo XX, los estudios sobre el viento y las ciudades entran en una dimensión más profunda con el objetivo de comprender los fenómenos microclimáticos que se generan dentro de los cañones urbanos y cómo los diferentes cuerpos edificados aisladamente interfieren con la comodidad de los peatones. Actualmente, el urbanismo bioclimático, uno de cuyos parámetros es el viento, nos plantea de manera definitiva la incorporación de criterios para el diseño de ciudades más sustentables.

## 2.1 Las primeras civilizaciones

Las consideraciones del viento en el diseño de las ciudades han estado presentes desde las primeras civilizaciones. Algunos ejemplos registrados se refieren a la orientación de las calles para mejorar la penetración de la brisa del verano mientras proporcionan refugio contra los vientos del invierno frío. La presencia del viento era utilizada también para desarrollar emplazamientos estratégicos de borde mar que facilitarían la navegación eficaz de los barcos a vela. Pero estas primeras decisiones intuitivas solo se basaban en la observación general de los efectos del viento (García Chávez, 2005).

Por otro lado, según explican Hebbert y Jankovic (2011), existen antecedentes que indican que los antiguos trazados urbanos chinos eran concebidos reconociendo el valor del viento, del agua y del entorno físico, lo cual también continuó en el Feng Shui como método de diseño. El urbanismo tradicional japonés, por su parte, también se basó en la comprensión de las trayectorias de viento, dando lugar al Kaze no michi, que significa “camino del viento”.

## 2.2 Las Leyes de Indias (1573)

El rey Felipe II de España mostró interés en los principios de Vitruvio, como se aprecia en las ordenanzas sobre el trazado de las ciudades en el Nuevo Mundo que emitió desde el palacio de El Escorial en 1573. Allí se planteaba que los sitios de las ciudades en América debían permitir la entrada y salida abierta a los vientos del norte y que era preciso que muchas construcciones y edificios se dispusieran de tal manera que las habitaciones pudiesen disfrutar de los aires del sur y del norte, que se consideraban los mejores vientos.

Así mismo, en el medio de cada pueblo debía ser emplazada una plaza rectangular, de la que debían salir cuatro calles principales, una de la mitad de cada lado de la plaza y dos de cada esquina. Además se disponía que las cuatro esquinas de la plaza mirasen a los cuatro vientos principales, porque saliendo de esta manera las calles de la plaza no estarían expuestas a los cuatro vientos principales, lo que se consideraba muy inconveniente (Galantay, 1977). (figura 2)

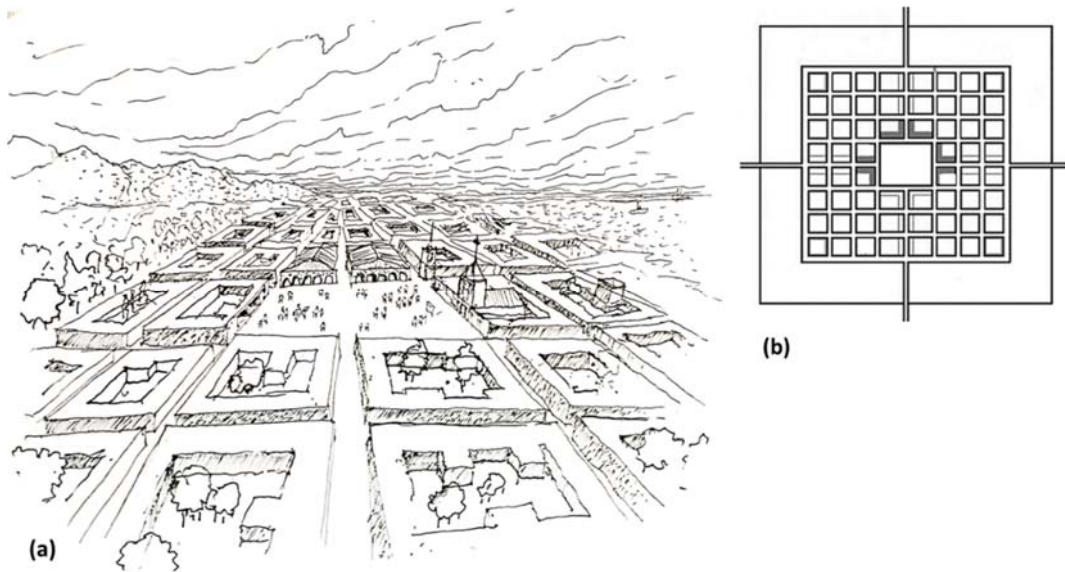


Figura 2: Croquis y esquema representativo de los emplazamientos urbanos europeos en America. Croquis (a) ilustra el uso de la cuadrícula considerando el vacío fundacional de la plaza de Armas, la cual tuvo varias variantes según las realidades locales. (b) Planta geométrica esquemática del modo de generar la trama con el vacío de la plaza fundacional.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se sugiere que las ciudades no sean ubicadas en lugares muy altos porque serían molestadas por los vientos, lo que dificulta el servicio y acarreo. Tampoco se recomiendan lugares muy bajos porque suelen ser “enfermos”. Se sugiere, en cambio, que se elijan lugares medianamente elevados que gocen de los aires libres y, especialmente, los del norte y del mediodía. Finalmente, se especifica también que el hospital para los enfermos con males contagiosos se ponga de modo que ningún viento dañoso, pasando por él, vaya a herir a la población. Edificarlo en un lugar alto se considera lo mejor.

### 2.3 Higenismo: La edad moderna (1844)

En el informe de trabajo titulado “Street Canyons and Canyon Streets: the strangely separate histories of urban climatology and urban design”, los investigadores de la Universidad de Manchester Michael Hebbert y Vladimir Jankovic sostienen que si bien los principios Vitruvianos tendieron a tener menos importancia en el urbanismo europeo que las necesidades militares de resguardo y las fortificaciones, nunca se olvidaron por completo. De acuerdo a dichos autores, durante toda la Edad Moderna la ciencia médica mantuvo su interés “hipocrático” en la salud de las ciudades y su relación con los efectos de la topografía, los suelos, la vegetación y los vientos dominantes. A principios de 1800, este conocimiento científico de los sitios habría resurgido dado que se generó un aumento en la densidad poblacional y se hacía evidente que las estructuras urbanas laberínticas generaban una gran mortalidad al dar pie a tugurios urbanos sin ventilación (Hebbert y Jankovic, 2011).

Los conceptos de Vitruvio indicaban que la disposición de las calles debía ser controlada en función de los intereses de la salud pública, y en Gran Bretaña sus principios fueron invocados por varios testigos ante una Comisión Parlamentaria que en 1844 debatió sobre la salud de las ciudades (Hebbert, y Jankovic, 2011.). Siguiendo a los mencionados autores, este movimiento sanitario tuvo valiosos resultados, como la generación de "espacios de respiración", el saneamiento de áreas contaminadas y la creación de "agujeros de aire" sobre alcantarillados y aguas subterráneas. A tal punto llegó la conciencia de la necesidad de ventilar adecuadamente los espacios urbanos que "En una visión para mejorar los jardines de Piccadilly en Manchester publicada en 1836, (...) Sir William Fairbairn colocó una estatua de Higié, la diosa de la salud, en medio de terrazas terminadas en arcos que permitían el paso de aire fresco (Ver figura 3) Esta conciencia del efecto de la ventilación en los sistemas de la calle continuó durante el siglo XIX. Los primeros planificadores de ciudades en Alemania tenían discrepancias sustanciales acerca del correcto diseño de las calles —rectas o curvas, anchas o angostas— pero todos ellos se declaraban vitruvianos" (Hebbert, y Jankovic, 2011, p. 4).



Figura 3: Vista en perspectiva de Bridgewater, Piccadilly, Manchester. (1836).

Fuente: Hebbert y MacKillop. *Urban Climatology Applied to Urban Planning - a knowledge circulation failure?* The University of Manchester, 2011.

## 2.4 Plan Cerdà (1860)

Así, el diseño de las ciudades avanza hacia una modernización que reconoce la importancia de los aspectos de salubridad. El proyecto del segundo distrito de Barcelona es un buen ejemplo. Elaborado por el ingeniero Ildefonso Cerdá y aprobado luego de un polémico concurso público convocado en 1859 para la extensión de la ciudad, no solo dio pie a un proyecto de reforma y extensión para la urbe, sino también a una teoría sobre la construcción de las ciudades, las urbanizaciones y los equipamientos.

*Cerdá utiliza dos referencias básicas para sacar a luz su proyecto teórico: las condiciones de vivienda del área urbanizada y las condiciones naturales de su entorno inmediato. (...) ambos principios están basados en una descripción de las condicionantes físicas, herencia clara de la tradición hipocrática recuperada en la ilustración por las topografías médicas desarrolladas desde el siglo XVIII pero con gran impulso a partir de los años 10 y 50 del siglo XIX, y busca delimitar de forma concreta los problemas y las soluciones para el diseño de una nueva ciudad (Costa, 1999, p. s. n.).*

*Cuando Ildefonso Cerdá presentó su proyecto de reforma y ensanche para Barcelona, la ciudad estaba básicamente formada por calles estrechas irregulares y flanqueadas de casas demasiado elevadas (Costa, 1999).*

*Con una anchura media de 4,19 metros, una orientación que desfavorecía la circulación de los vientos más saludables, y una altura media de 6,9 metros para los edificios, resultaba un cuadro de salud terriblemente desfavorable. El análisis de estas condiciones, se constituye para Cerdá en la base de su propuesta de reforma y ensanche ideales para Barcelona (Costa, 1999, p. s. n.) (figura 4)*

*[Cerdá] tiene un concepto de ciudad enferma basado en el aire que respira. Este es sucio, denso e impregnado de miasmas tanto para ricos como para pobres; todos comparten el aire podrido de la ciudad. La ciudad está enferma porque es sucia, y la suciedad está en el aire (Costa, 1999, p. s. n.).*



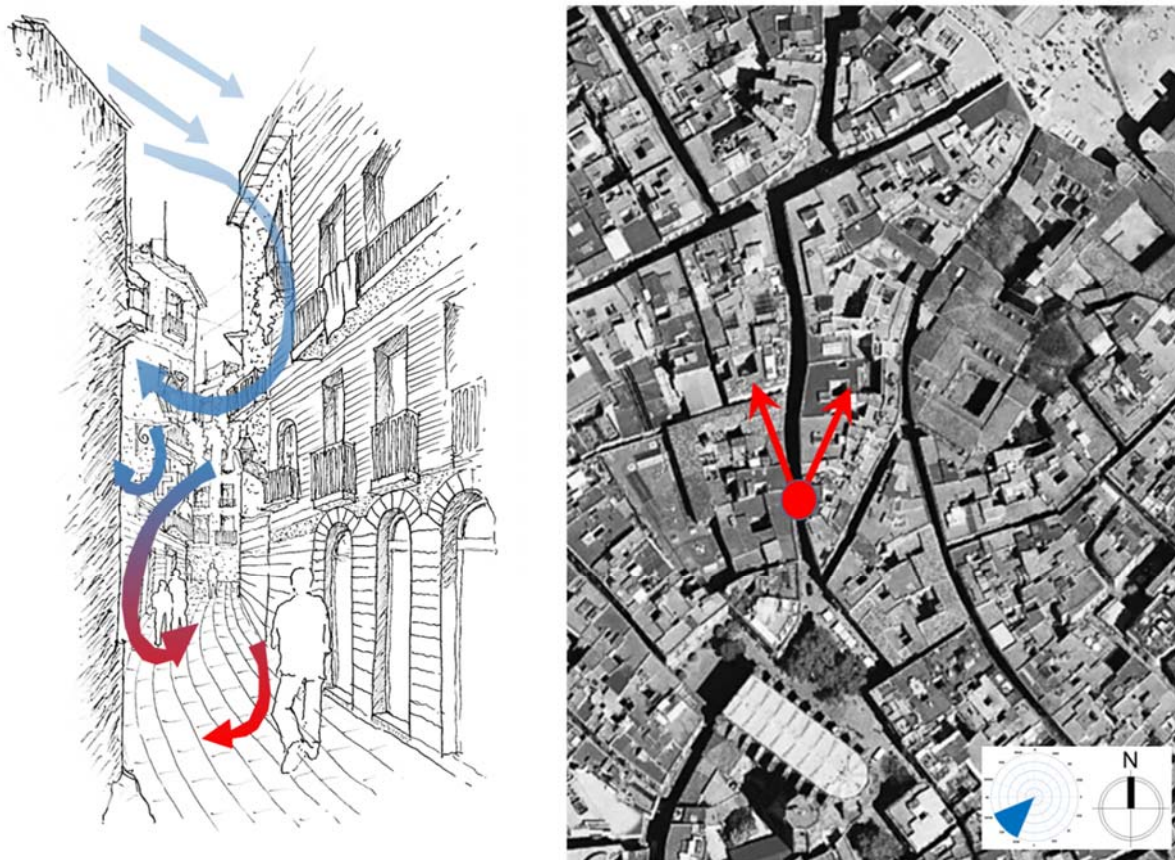


Figura 4: Croquis de viaje de la calle Pi, en Barcelona dentro del Barrio Gótico. Se puede apreciar la condición estrecha de las calles y su estructura laberíntica, permitiendo poca accesibilidad del viento dentro del tejido urbano. En Barcelona, el Garbí, viento del Sur Oeste 225°, es el viento predominante.

Fuente: Elaboración propia. Croquis de viaje intervenido.

Si bien es cierto que son varios los factores que finalmente dan forma al Eixample, el viento será uno de los relevantes. De hecho, los grandes ejes que articulan el Ensanche de Barcelona están definidos por la circulación de los vientos más saludables y la extracción de las aguas residuales (Costa, 1999). Esto demuestra que hay una relación concreta entre organización espacial y calidad de vida, y que esta está determinada básicamente por la presencia o ausencia de vientos:

*Sudoeste, 'siempre saludable' fresco y poco húmedo durante 47 días entre febrero y septiembre, 'el más ventajoso de todos', Noroeste, seco y sereno durante 13 días, y los de Sureste y Nordeste húmedos pero menos frecuentes entre todos los de su calidad. El trazado protege así la ciudad de los vientos de ponent ('en verano causa efectos lamentables'), de llevant ('gran humedad') y mitjorn ('muy incómodo por su humedad penetrante'). Por lo tanto aquello que determina las direcciones NE-SO y NO-SE de las calles de la nueva ciudad, así como aquellas que se abrirían en el casco antiguo, son la posibilidad de no sólo tener un trazado regular que favorezca el barrido, o limpieza, natural de la ciudad, sino que éste sea realizado por los vientos más sanos. Realmente, según los datos que anteriormente Cerdá incluye en la*

*memoria del Anteproyecto, los vientos Sur y Este, aunque más frecuentes (100 y 66 días al año respectivamente) son húmedos con lo que considera preferible los poco húmedos del Sudoeste, secos del Noroeste y los húmedos pero menos frecuentes del Sureste y Nordeste* (Costa, 1999 pág. s. n.). (Ver figura 5)

El trazado del Eixample de Barcelona se asemeja a una red de corredores de aire, conformadas por la orientación y anchura de las calles; el aire sería el elemento fundamental para la salud de la población, y su renovación sistemática impediría la acumulación del peligro miasmático que podría generar el estancamiento del aire; el casco antiguo de Barcelona sería ventilado por dos aperturas SO-SE, por donde los vientos descargarían el aire viciado de la ciudad hacia el mar y hacia las montañas (Costa, 1999). (Ver figura 6)

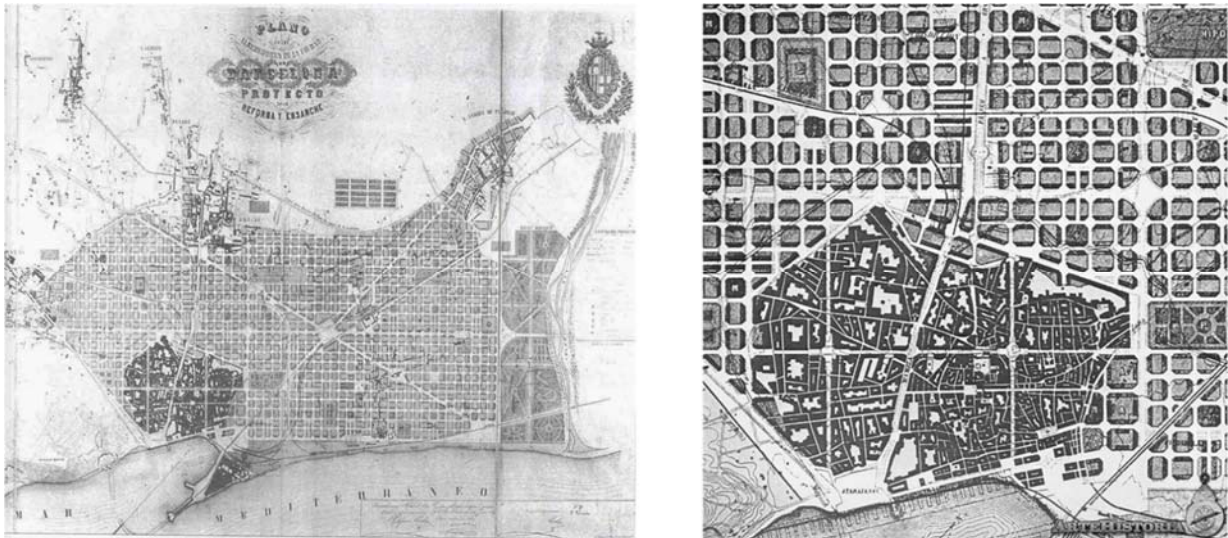


Figura 5: Plano del trazado del Eixample de Barcelona, 1859. El casco antiguo más oscuro en contraposición a la estructura del nuevo trazado.

Fuente: Cerdá. Teoría de la Construcción de las Ciudades. Cerdá y Barcelona (vol.1). Ministerio para las Administraciones Públicas/Ajuntament de Barcelona, 1991.

Por otro lado, Cerdá no respeta las indicaciones de las Bases del Concurso de Eixample convocado en 1859, que en su punto 16º indica:

*Para la dirección de las calles deberá atenderse á los vientos reinantes, haciendo con que las barran las que la higiene señala como saludables, ó sean, los del Norte, sin que por eso se perjudique la belleza de aquellas y la comodidad de los habitantes* (Costa, 1999, p. s. n.)



Figura 6: Croquis del Example desde arriba de una azotea. Se aprecia como las calles se convierten en corredores de viento. En Barcelona, el Garbí, viento del Sur Oeste  $225^\circ$ , es el viento predominante.

Fuente: Elaboración propia. Croquis de viaje intervenido.

## 2.5 El plan Castro (1860)

El 8 de abril de 1857, la reina Isabel II, mediante un Real Decreto, autoriza al Ministro de Fomento Claudio Moyano a que formule un Proyecto de Ensanche para Madrid. El 18 de mayo de ese mismo año se encarga su realización al ingeniero de caminos y arquitecto Carlos María de Castro. “Castro procede a su redacción siguiendo las instrucciones que contenía el mencionado Decreto, y el 19 de julio de 1860 es aprobado el “Anteproyecto de Ensanche de Madrid” mediante otro Real Decreto (Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda de Madrid, 2010, p. 2). De acuerdo al documento elaborado por el Ayuntamiento de Madrid con motivo de la celebración de los 150 años del Anteproyecto de ensanche, el plan implicaba el derribo de la cerca que Felipe IV había ordenado construir en 1625,

*Y proponía la expansión en cuadrícula por el norte, el este y el sur de la ciudad, en terrenos hoy pertenecientes a los distritos de Moncloa-Aravaca, Chamberí, Chamartín, Salamanca, Retiro y Arganzuela, delimitados por el río y las vías que hoy conocemos como “las rondas” (Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda de Madrid, 2010, p. 2).*

En la memoria descriptiva se pueden apreciar varias consideraciones de diseño respecto al viento. Existe, en primera instancia, un reconocimiento de las condiciones climáticas del territorio aledaño a Madrid. Se comprende cómo llega el viento a la

ciudad y a partir de ese análisis se generan principios de diseño urbano respecto al viento. Los datos estadísticos fueron facilitados en gran parte por el Sr. D. Antonio de Aguilar, director del real Observatorio Astronómico de Madrid. Respecto a la importancia del viento y las condiciones atmosféricas del entorno de Madrid en general, el plan señala lo siguiente:

*Ese fluido, con referencia a la localidad de Madrid, es el primero que necesitamos conocer para determinar la influencia que en sus condiciones de salubridad ejerce, asociándose con otras causas provenientes de su situación geográfica y topográfica, de su altura sobre el nivel del mar y de la distancia a que se haya colocada de las montañas vecinas. Reunamos pues estos datos sin cuyo conocimiento mal pudiéramos llegar a resolver con acierto el complejo problema que se nos presenta. Deduzcamos de ellos los principios que han de guiarnos en el estudio del proyecto de ensanche de Madrid que se nos ha confiado y procuremos por medio de su conocimiento dar a la nueva población condiciones higiénicas y de salubridad que hoy ciertamente no tiene.* (Castro, 1860, p. 24).

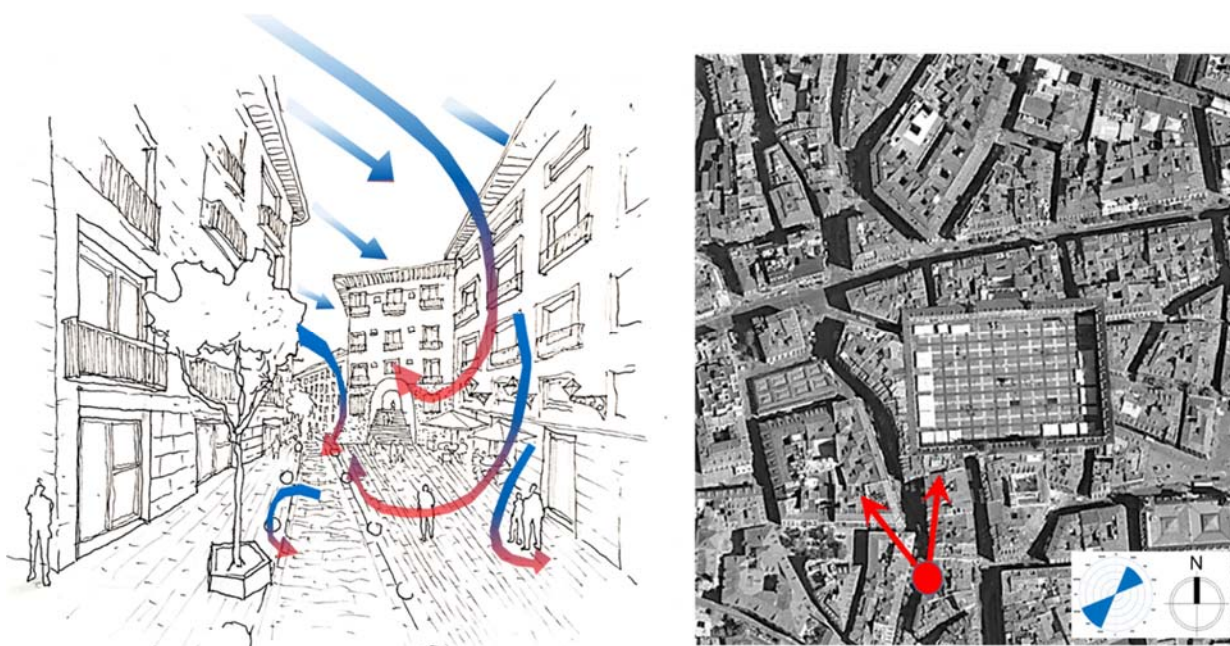


Figura 7: Croquis calle Cava de San Miguel, Madrid. calle lateral a la Plaza Mayor. Los vientos dominantes son los de SW, siguiéndole los del NE con escasa diferencia.  
Fuente: Elaboración propia. Croquis de viaje intervenido.

Entre las consideraciones generales sobre el terreno de los alrededores de Madrid, el plan describe los vientos, señalando que:

*Cuando a los vientos del S. y S. O. que son gruesos, húmedos y muy convenientes a la respiración, suceden repentinamente los del N. y N. E. que están muy cargados de oxígeno y son dañosos al pulmón, las enfermedades agudas se*

*aumentan considerablemente llevando el luto a las familias y dando a Madrid la apariencia de una población mal sana cuando tantos elementos de salubridad posee. Por fortuna, si bien los cambios de temperatura son bruscos, los vientos del N. y N. E. reinan solo en pocos días del año, de manera que los fríos más intensos son de corta duración y suelen tener lugar por intervalos, alternando con ellos las lluvias y algunas veces las nieves, que dulcifican la rigidez de los hielos que aquellos vientos traen consigo en el invierno y también en la primavera" (Castro, 1860, p. 26). (figura 7)*

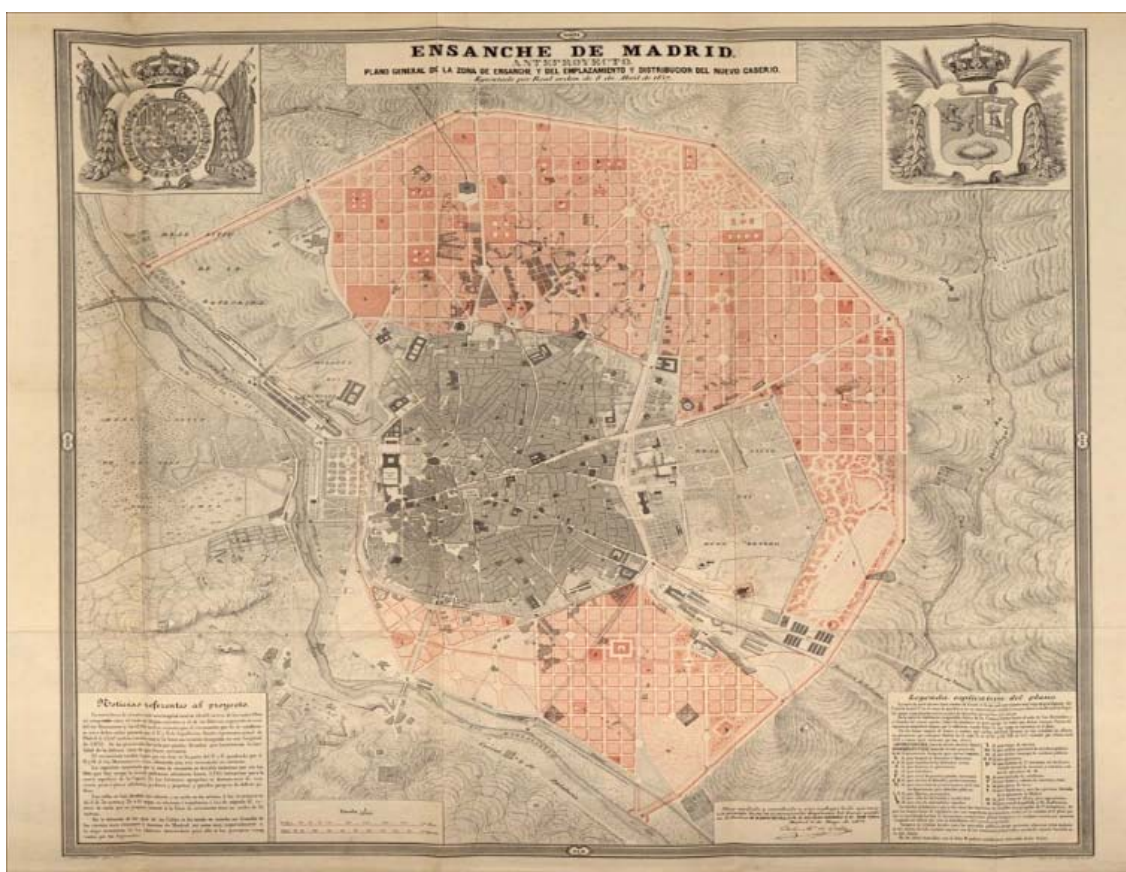


Figura 8: Plan Castro sobre el Proyecto de Ensanche para Madrid. (1860). En rojo podemos ver la propuesta del ensanche en contraposición al casco histórico de Madrid.

Fuente: 150 Aniversario del Ensanche de Madrid. Área de gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid.

Más adelante, el plan enfatiza la importancia del conocimiento de los vientos, aventurando una explicación acerca del modo en que se producen: *Los fenómenos atmosféricos que más conviene conocer en una localidad en que se trata de asentar una nueva población por la gran influencia que pueden ejercer sobre sus condiciones de salubridad son los meteoros aéreos en lo que relación tiene con la dirección, velocidad y circunstancias de los vientos reinantes o más constantes del país. Sabido es que los vientos son producidos por un rompimiento del equilibrio en cualquiera*

*parte de la atmósfera a consecuencia de una diferencia de temperatura entre las comarcas vecinas. (Castro, 1860, p. 40).*

Como conclusiones del clima de Madrid, Castro señala: *Aunque variable y destemplado en todas las estaciones del año, como consecuencia de la inconstancia de los vientos (...) es, sin embargo apacible en los otoños, sereno en gran parte de los inviernos (...) caluroso sin exceso en los veranos (...); por último las primaveras son las estaciones más crudas del año. (Castro, 1860, pp. 53-54).*

Entre los factores que determinan las condiciones climáticas de la capital, el plan reconoce que: *La falta de arbolado en sus cercanías (...) es la causa principal de la inconstancia del clima de Madrid y de la gran sequedad de su atmósfera, razón por la que nos complacería ver aumentarse de día en día las alamedas, los parques, los jardines y bosques en el interior de la población. (Castro, 1860, p. 54).*

Castro señala que es posible modificar algunas de las circunstancias que determinan las condiciones climáticas de Madrid: *Lo cual podría conseguirse en la dirección de las calles, desenfílandolas de los vientos más nocivos o menos a propósito para la salud, proyectando arbolados en estas y en las plazas que mitiguen los ardores del sol en el estío y mantengan en la atmósfera una humedad constante conveniente a la respiración, no dando grande altura a los edificios aun en las más anchas calles para no privarlas de la luz y del aire tan indispensables a la vida. (1860, p. 55).* A la luz de los estudios y antecedentes recopilados, Castro desarrolla un plan que define, entre otros aspectos, las calles (su dirección, sus órdenes y anchos, así como sus perfiles longitudinales y transversales) y su pavimento, siempre insistiendo en la relevancia del viento.

*El señalamiento de los ejes de las calles en un proyecto de edificación y más aún en el de ensanche de una ciudad preexistente, es el más difícil problema que se presenta al ingeniero encargado de tal proyecto y de cuya buena o mala resolución depende, por decirlo así, las bondades o desventajas de la población que trata de edificarse. Fuerza es tener en cuenta la dirección de los vientos reinantes en la localidad para evitar en lo posible la enfilación de aquellos que puedan ser nocivos a la salud (Castro, 1860 pág. 136).*

Finalmente, otro aspecto fundamental que Castro relaciona directamente con el viento es el sentido de las plazas, jardines y parques. Entre las razones que esgrime para considerarlas destaca que: *Las que tiene relación con la salubridad y la higiene pública son indudablemente de mayor peso para probar la necesidad de las plazas, de los jardines y de los parques. Pueden considerarse estos grades espacios vacíos de edificación, como extensos depósitos de aire que sirven para alimentación y renovación del de las calles que a ellos afluyen por efecto de las corrientes que se establecen a lo largo de estas a causa de su menor anchura comparada con la de aquellos (Castro, 1860, p. 152).* Como hemos visto a través de estas extensas citas, Carlos María de Castro asigna un papel muy importante al viento en el proyecto de ensanche de Madrid. (figura 9)



Figura 9: Croquis de viaje en Madrid de la calle Serrano. Los vientos dominantes son los de SW, siguiéndole los del NE con escasa diferencia.  
Fuente: elaboración propia. Croquis de viaje intervenido.

## 2.6 Ciudad jardín (1900)

Robert Owen en 1817 y Charles Fourier en 1843, entre otros, intentaron materializar una ciudad integrada a la naturaleza (denominada "ciudad jardín"). Sin embargo, el esquema estaba tan alejado de la realidad que no tuvo éxito esperado (Higueras, 2006).

*La industrialización y el transporte propiciaron la aparición de aglomeraciones vinculadas a las estaciones de ferrocarril, aunque con frecuencia sin control espacial, social o higienicosanitario, frente a ella la respuesta de la ciudad jardín planteaba estructuras residenciales autónomas, relacionadas con el campo y con el equilibrio entre zonas residenciales, industriales y equipamiento urbano. (Higueras, 2006, p. 40).*

Los postulados teóricos de la ciudad jardín fueron llevados a la práctica por Raymond Unwin y Barry Parker en Letchworth (1904), quienes buscaron la íntima relación entre lo urbano y lo rural.

Si bien es cierto que la relación con el viento no fue declarada explícitamente en los principios de la ciudad jardín, era evidente que la relación entre las vivienda y la altura de la ciudad permitía que esta se ventilara no en un sentido vertical, sino a través de los vientos transversales, rasantes a la ciudad, generando una sensación de apertura a lo rural.

El modelo de ciudad jardín en sus múltiples variaciones, dada su baja densidad, permitía un balance entre naturaleza y espacio verde en la ciudad. Los trazados de las calles generalmente seguían las curvas de nivel y, gracias a las distancias entre fachadas, favorecían a un buen asoleamiento y una buena ventilación. Esto era

potenciado por una estructura de espacios abiertos, tanto al interior de las manzanas (patio) como en su estructura urbana. (figura 10)

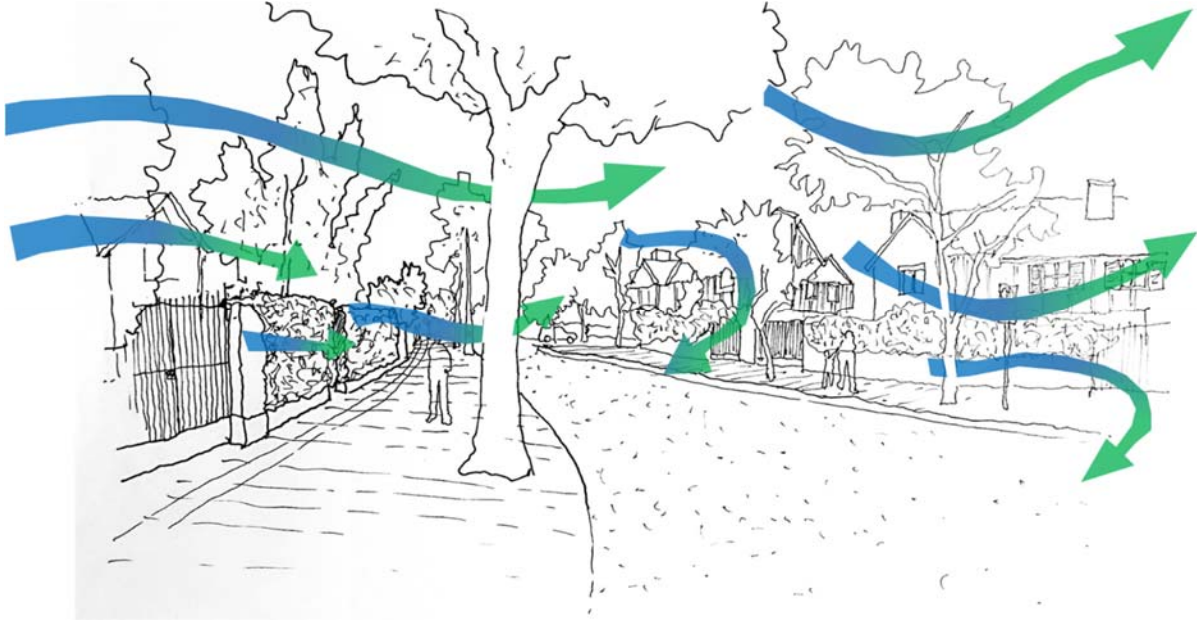


Figura 10: Croquis de una calle en la comuna de Providencia, Santiago de Chile. Tipología urbana desarrollada bajo el concepto de ciudad jardín. Permitiendo desdibujar los límites de lo público y privado a través de los espacios verdes de los patios frontales de las casas y la vegetación presente en los espacios públicos. Permitiendo generar un filtro difusor de los vientos.

Fuente: Elaboración propia. Croquis de viaje intervenido.

El urbanista británico Ebenezer Howard intentó materializar estos principios de ciudad jardín (figura 11). La ciudad que proponía Howard hacía que sus habitantes vivieran en una especie de campo-ciudad, con una clara visión sobre las ubicaciones de las fábricas, como puede apreciarse en este párrafo de la novela de William Morris titulada Noticias de ninguna parte: *Las fábricas de jabón, con sus altas chimeneas vomitando negro humo, habían desaparecido, los talleres de metalurgia, las fundiciones de plomo, las tenerías, todo había desaparecido, y el viento de Oeste no traía de Thorneycroft ningún ruido de las máquinas y de los martillos de la fábrica de clavos* (Morris, s. f.).



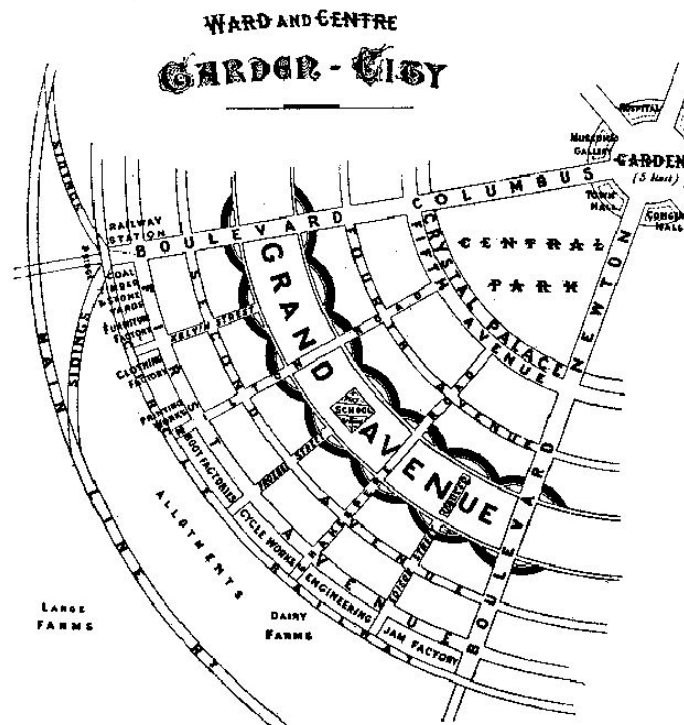


Figura 11: Parte del plano de la ciudad Jardín del urbanista británico Ebenezer Howard. Con una estructura circular con amplios espacios para la ventilación natural.

Fuente: Ebenezer Howard- Jardín Ciudades del Mañana (Londres, 1902. Reproducido, editadas con un prefacio de FJ Osborn y un ensayo introductorio por Lewis Mumford (Londres: . Faber and Faber, [1946]): 50-57, 138- 147.

## 2.7 Le Corbusier y el CIAM (1933)

Como observan Hebbert y Jankovic, a partir de 1900, el desarrollo de la bacteriología y la teoría de los gérmenes abren un nuevo debate público sobre la salud en torno a la infección, vinculando los espacios cerrados y pocos ventilados con las condiciones insalubres (s. f.). En este sentido, las “calles corredor” de fachada continua comenzaron a parecer poco higiénicas en comparación con torres y placas de inspiración modernista, que se alineaban libremente en los lotes (Hebbert y Jankovic, 2011). No en vano, la base principal para el influyente existenzminimum del diseño racionalista desarrollado por la Bauhaus era la vivienda individual que se orientaba de acuerdo a la luz solar (Hebbert y Jankovic, 2011).

*Los arquitectos del movimiento moderno fueron los primeros que mostraron su preocupación por conseguir que las viviendas fueran soleadas, y para eso diseñaron edificaciones bajo criterios helio térmicos. La crítica situación higiénica de las ciudades, altamente densificadas, provocaba importantes epidemias y enfermedades que no conocían fronteras. Frente a esta situación, surgió una reflexión teórica y práctica acerca de la necesidad de que las viviendas dispusieran de buenas condiciones de soleamiento y ventilación, y de este modo mejorar las condiciones higiénicas y sanitarias. (Higueras, 2006, p. 47).*

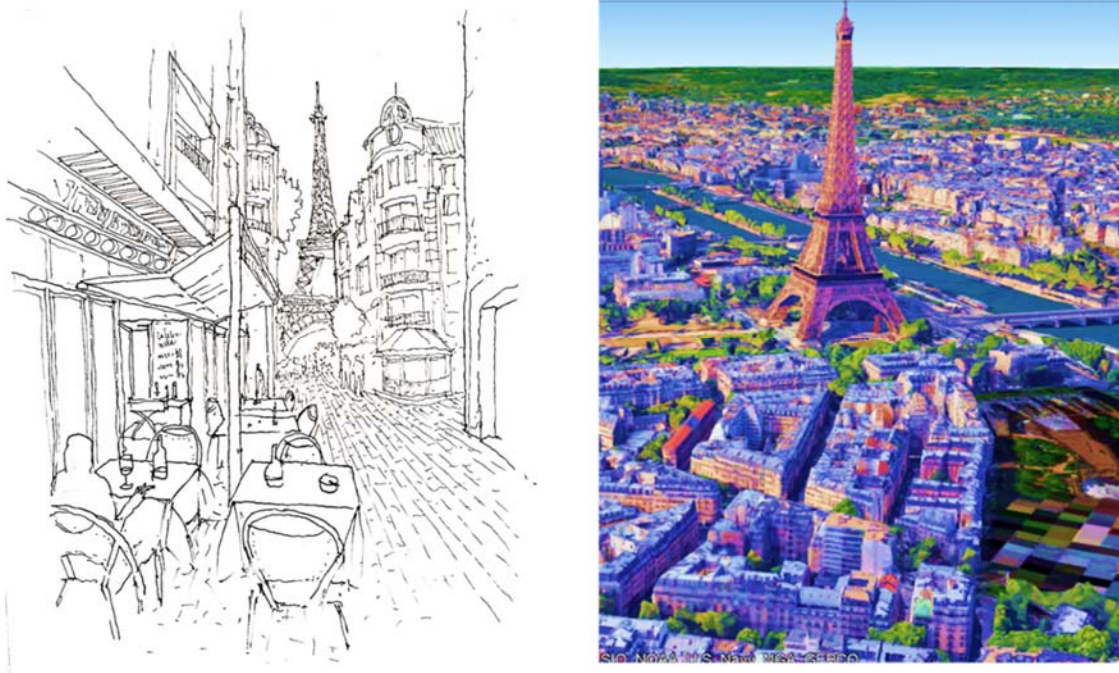


Figura 12: Croquis de la Rue de Monttessuy de la ciudad de París. Se aprecia el contraste entre las calles estrechas y discontinuas con carencia de ventilación versus el contexto inmediato de la torre Eiffel y la amplitud de su entorno.

Fuente: Croquis elaboración propia y Fotografía de Google Earth en 3D.

Siguiendo a Hebbert y Jankovic, el título mismo de la controvertida Ville Radieuse, diseñada por Le Corbusier en 1933, indicaba una ciudad diseñada para capturar la luz solar, aprovechando así el potencial higiénico del sol; y la Carta de Atenas, redactada con motivo del IV Congreso de Arquitectura Moderna (CIAM) celebrado a bordo del Patris II en 1933 en la ruta Marsella-Atenas-Marsella (publicada en 1942 por Le Corbusier y José Luis Sert), puede ser vista como un intento de reconciliar lo que Le Corbusier llamó “las cuatro funciones de la ciudad” (vivienda, trabajo, recreación y tráfico) con “las tres imperiosas necesidades” (suficiente espacio, sol y ventilación) (Hebbert, y Jankovic, 2011). (figura 13)

*Las hipótesis climatológicas de Corbusier y el CIAM tuvieron sus opositores. Bruno Taut desafió a Le Corbusier en 1937, criticando la producción de esquemas idénticos para todas las latitudes, con independencia de la temperatura y la humedad. Gaston Bardet mostró cómo las sombras proyectadas por las torres de la Ville Radieuse crearían una villa sombría y con un clima cavernoso.* (Hebbert y Jankovic, 2011, p. 5).

La Carta de Atenas menciona dos veces la importancia del viento para el diseño de las nuevas ciudades. En la segunda parte del documento, que analiza el estado actual de las ciudades, señala lo siguiente: *Las construcciones aireadas (viviendas acomodadas) ocupan las zonas favorecidas, al abrigo de vientos hostiles, con vistas seguras y graciosos desahogos sobre perspectivas paisajistas: lago, mar, montes,*

*etc., y con abundante exposición al sol.* (Le Corbusier y Sert, 1942, apartado 14). Y también en la segunda parte, esta vez en el ítem de exigencias, la carta señala que *En lo sucesivo, los barrios de viviendas deben ocupar los mejores emplazamientos en el espacio urbano, aprovechando la topografía, teniendo en cuenta el clima y disponiendo de la insolación más favorable y de los espacios verdes oportunos. (...) Hay que buscar simultáneamente las mejores vistas, el aire más salubre teniendo en cuenta los vientos y las brumas, las vertientes mejor orientadas.* (Le Corbusier y Sert, 1942, apartado 23). En ambos casos, el viento es considerado un elemento de oxigenación de la ciudad y de protección. Cabe hacer notar que no hay vínculos con estrategias de modelamiento del espacio urbano a partir del viento.



Figura 13: Ville Radieuse Le Corbusier 1933. Amplios espacios de asoleamiento y ventilación.

Fuente: Merin, Gili. "Clásicos de Arquitectura: Ville Radieuse / Le Corbusier" [AD Classics: Ville Radieuse / Le Corbusier]

## 2.8 Climatología urbana (1930)

A mediados del siglo XX, la búsqueda de ciudades mejores y más confortables era una preocupación teórica, existiendo el interés concreto de encontrar maneras a través de las cuales el diseño pudiese repercutir en una mejor calidad ambiental y un mayor confort, articulando la habitabilidad con diversos aspectos ecológicos.

*La conciencia de la climatología urbana se registró por primera vez a mediados del siglo 18, cuando los exploradores informaron que fueron testigos de las diferencias de temperatura del aire entre la ciudad y el campo (...) (Emmanuel, 2005). Más adelante en el siglo 19 y a comienzos del siglo 20, los estudios sobre las modificaciones climáticas urbanas inadvertidas y refrigeración radiativa, así como el desarrollo de instrumentos para la investigación del clima se llevaron a cabo (Landsberg, 1981) (Kim, 2014, p. 11).*

En cuestión de treinta años aparecen la primera síntesis sobre el clima urbano de Kratzer, que data de 1937, y el completo estudio de Chandler, de 1965. Junto con ello, investigadores como Kopper (en 1936) y Beoford (en 1950) desarrollan los primeros estudios de climatología urbana. En 1950, por su parte, se incorpora el cálculo computacional en las predicciones atmosféricas.

J. E. Aronin publica en 1953 su libro *Clima y arquitectura*, en el que aparece un gráfico sobre los índices de rugosidad urbana en tres niveles. Este esquema será el que se utilice hasta hoy para referirse a la incidencia de la rugosidad urbana de alta densidad, así como a la zona rural y a la extensión de mar como área de baja rugosidad. El esquema busca explicar lo que tarda el viento en recuperar los 100 kilómetros por hora según la altura. (figura 14)

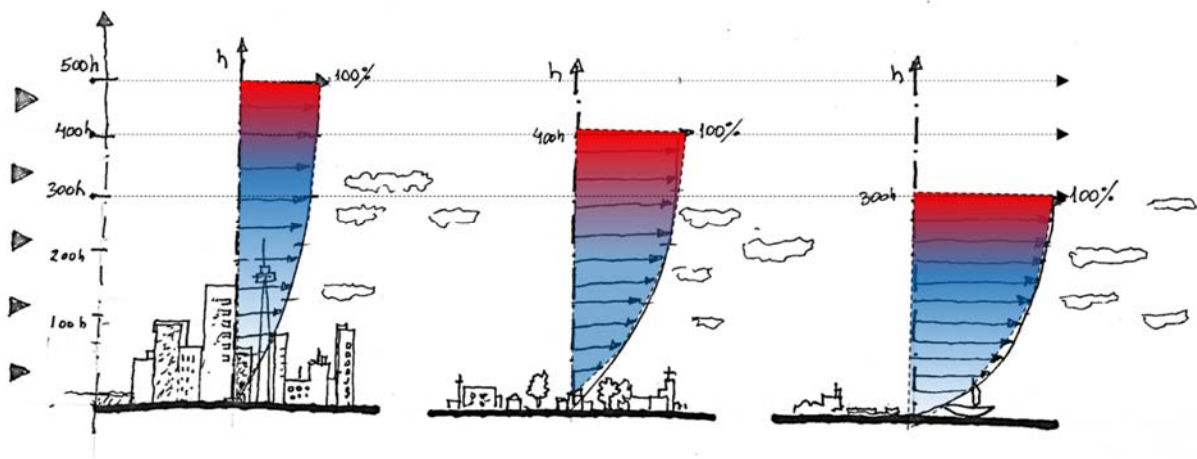


Figura 14: Gráfico de J.E. Aronin sobre los índices de rugosidad urbana.

Fuente: Elaboración propia.

Además, sugiere la disposición de áreas verdes a barlovento para reducir la fuerza de los vientos, la ubicación estratégica de los parques y jardines para conseguir ventilación, aireamiento y calentamiento en general. En su libro Aronin recomienda, además, que las grandes vías se orienten perpendicularmente al viento reinante y los caminos menores paralelos a este.

*Por otra parte, los avances en la climatología científica impulsada por las necesidades de la aviación estaban descubriendo la complejidad del microclima asociado a capas de inversión, convección y movimiento turbulento. Todo esto tuvo una gran influencia en el diseño del entorno construido. A mediados del siglo XX, escribiendo sobre el clima en relación con la planificación, Eva Taylor observó que la microclimatología científica, entonces en su infancia, sería importante para la práctica del urbanismo: 'Los planificadores deben conocer los resultados de estas nuevas investigaciones', argumentó ella. (Hebbert, y Jankovic, 2011, p. 5).*

## 2.9 Los teóricos de las ciudades (1960)

Para Hyungkoo Kim, los arquitectos y urbanistas de la segunda mitad del siglo XX inician una reflexión teórica sobre la habitabilidad de las ciudades influenciados por los trabajos seminales de Kevin Lynch (1962, 1981) y Jane Jacobs (1961), interesados en la manera en que la ciudad funciona para sus habitantes, así como en hacerla más confortable y agradable (Southworth, 2003)" (Kim, 2014, p. 11).

El diseño de los espacios públicos debía proporcionar comodidad y seguridad al usuario. Siguiendo a Kim, para los investigadores estas condiciones estaban asociadas *con valores adicionales en los que ellos hacían énfasis, como la calidad peatonal y la vitalidad (Jacobs y Appleyard, 1987; Lynch, 1981; Southworth, 2003)* (Kim, 2014, p. 11).

*Con respecto al microclima como el sol, el viento y el ruido, destacan su importancia en la promoción de la calidad de los espacios urbanos al aire libre, ya que afectan a la comodidad y al comportamiento de las personas que caminan, están de pie o permanecen sentadas (Lynch, 1962; Marcus y Francis, 1998; Whyte, 1980, 1988)* (Kim, 2014, p. 11).

La habitabilidad que buscaban los teóricos mencionados por Kim, radicaba en proporcionar a los peatones niveles adecuados de confort al aire libre, por ello estudiaron *varias dimensiones de forma urbana, incluyendo tamaños de bloques, tamaños de espacios abiertos, así como los anchos de las calles y los lineamientos, la masa de las construcciones y su espaciamiento y la altura de los edificios, que debían estar consideradas en el diseño urbano (Bosselmann, 1998, 2008; Gehl y Gemzøe, 2004; Gehl, 1987, 2010)*. (Kim, 2014, p. 11).

Por otro lado, también hicieron contribuciones a la climatología urbana los teóricos de la ecología, quienes, *Iniciados por Ian McHarg (1962), tratan de integrar el medio ambiente natural con el diseño urbano y promover el espacio urbano ecológicamente sustentable (Van der Ryn y Calthorpe, 1986; Van der Ryn & Cowan, 1996). Se acercan al microclima como un elemento crucial que debe ser considerado en el diseño del entorno construido y se centran en el efecto de diversas formas urbanas en el movimiento del aire, la cantidad de luz solar que recibe la ciudad, la vegetación y la isla de calor urbano. También sugieren formas alternativas de diseño ecológico que mitiguen situaciones microclimáticas desfavorables y argumentan que la orientación de los edificios, las calles y los parques se puede utilizar para canalizar las brisas deseadas y bloquear los vientos no deseados, así como para capturar el calor o reducir su absorción (Hough, 1984, 2004; Spirn, 1984)*. (Kim, 2014, p. 11). (figura 15)

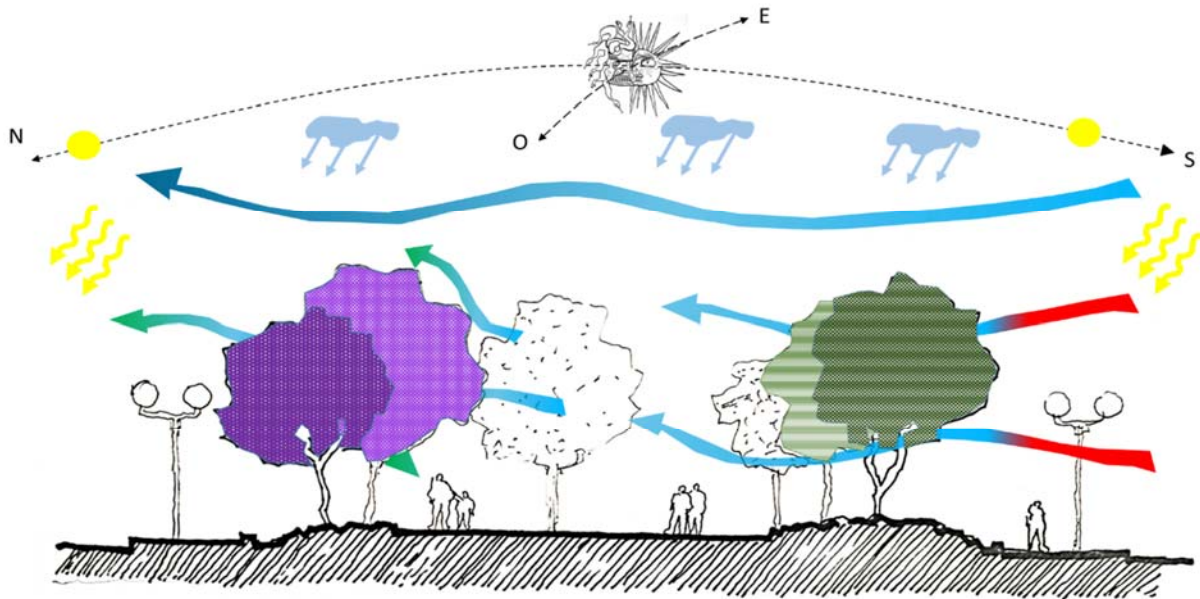


Figura 15: Esquema de corte de un Parque y su capacidad de filtrar el viento.  
Fuente: Elaboración propia.

## 2.10 Modelos de confort (1963)

Con el propósito de generar nuevos cambios en el confort térmico de las ciudades que fueran más allá de un tema fenomenológico del espacio urbano se comienza a configurar un grupo de investigadores que buscan definir un modelo científico de confort térmico que incorporara criterios energéticos que permitieran al cuerpo humano estar climáticamente equilibrado en la ciudad.

Uno de los pioneros fue Victor Olgyay, quien desarrolló en 1963 el Gráfico Bioclimático (ver figura 16) que delinea un rango de confort determinado por la humedad relativa, la temperatura, la radiación y la velocidad del viento. Olgyay fue seguido por Givoni, quien sugirió en 1976 el Gráfico Bioclimático Edificio, el que junto con definir un rango de confort tiene en cuenta la refrigeración pasiva por ventilación, la masa térmica, la refrigeración por evaporación y la energía solar pasiva. Ambos generan la base de una serie de investigaciones sobre el confort térmico y a través de sus diagramas permiten avances en la evaluación de las condiciones apropiadas de las envolventes térmicas que rodean al espacio, tanto privado como público.

*Con respecto al confort térmico al aire libre, el Índice de Viento Helado, que refleja la disminución en la percepción de la temperatura del aire debido al viento, se ha desarrollado desde la década de los cuarenta (American Society of Civil Engineers Task Committee on Outdoor Human Comfort, 2004). Más recientemente, Hoppe y Mayer (1987) y Mayer y Hoppe (1987) desarrollaron el Physiological Equivalent Temperature (PET), que se define como la temperatura del aire de un entorno imaginario (presión de vapor de agua = 12 hPa —o la humedad relativa = 50%), la*

velocidad del aire =  $0,1 \text{ m / s}$ ; y la temperatura del aire iguala a la temperatura radiante), en la que la pérdida total de calor de la piel de una persona imaginaria (metabolismo de trabajo  $80 \text{ W}$  de actividad ligera, más el metabolismo de base y  $0,9 \text{ clo}$ ) es igual a la de aquellos que están afuera. Utilizando un modelo de balance de calor para calcular el índice, PET permite a una persona comparar los efectos integrales de condiciones térmicas complejas exteriores e interiores (Hoppe, 1999). (Kim, 2014, p. 15).

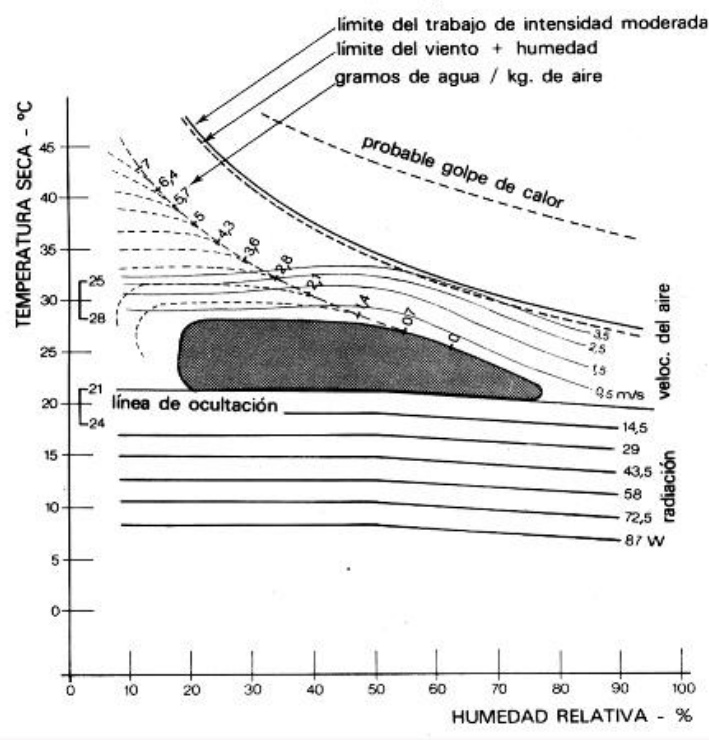


Figura 16: Carta bioclimática de Olgay.

Fuente: Victor Olgay. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Gustavo Gili, 2004.

Ya a fines del siglo XX, la climatología urbana y el diseño urbano han ido comprendiendo cómo la construcción y el ambiente urbano afectan al clima, buscando con ello crear un ambiente "confortable" (Torneró, et al., 2006).

*El enfoque habitual del diseño urbano es el bioclimático, con una aproximación empírica, mientras que la climatología urbana se ha centrado en la modelización de los procesos físicos para determinar el 'efecto urbano', casi siempre sin propuestas de diseño (Eliasson, 2000; Mills, 2006). El punto de unión entre ambas disciplinas, el 'diseño urbano bioclimático'. (Torneró, y otros, 2006, pp. 161-162).*

Otra línea de investigación que comenzó a desarrollar la ingeniería aerodinámica civil, y que lleva más de 30 años de investigación, indaga el patrón de flujo del viento alrededor de los edificios. Se trata de un tema complejo de estudiar por la multiplicidad de variables que se debe considerar. Un estudio integral centrado en las características del flujo del viento alrededor de los edificios a nivel peatonal lo

realizaron Blocken y Carmeliet en 2004 (Tsang, y otros, 2009). Como ya hemos explicado, desde mediados del siglo XX se ha estudiado significativamente el confort humano y su relación con el espacio abierto.

“Desde los años sesenta, el confort humano al aire libre ha recibido una significativa atención. Estudios de viento a nivel peatonal en el entorno de edificios idealizados se llevaron a cabo con el objetivo principal de identificar las condiciones molestas causadas por los fuertes vientos cerca de los edificios (Wiren 1975, Stathopoulos and Storms 1986, Uematsu 1992, Jamieson et al. 1992, Stathopoulos and Wu 1995, To and Lam 1995, Blocken et al. 2007, 2008).

En esos estudios fueron investigados los efectos de las características de edificios, tales como las dimensiones, forma, separación entre edificios, orientaciones de grupos de edificios y el cañón de la calle, de los que se han desarrollado sistemas expertos basados en el conocimiento (Stathopoulos et al. 1992, Visser et al. 2000)” (Tsang, y otros, 2009, p. 2).

Los efectos que se generan por el paso del viento entre las construcciones dependen de la dimensión de los edificios, su altura, su separación y sus orientaciones, así como de la forma del cañón urbano. La disposición arbitraria de edificios genera zonas de intensidad y distintos tipos de vórtices, afectando no solo a peatones y a su confort térmico, sino también a configuraciones de árboles e incluso al tráfico (Klemm y Jablonski, 2004).

Los efectos del viento en la gente pueden ser la causa de condiciones incómodas o incluso peligrosas. Vientos firmes pueden interferir con las actividades de las personas, afectando su equilibrio, exigiendo un aumento de la energía requerida para caminar y afectando el rendimiento. (...) Las condiciones del viento cerca de las esquinas de los edificios pueden ser peligrosas debido a cambios muy bruscos en la velocidad y dirección del viento. Un aumento repentino de la velocidad del viento de 15 m/s o más puede ser suficiente para desequilibrar a la gente. (figura 17)

Los edificios altos están particularmente sometidos al efecto del viento. Por lo tanto, la información sobre los patrones de flujo del viento alrededor de los edificios puede ser muy útil para arquitectos y urbanistas.

Arquitectos contemporáneos, diseñadores e ingenieros deben prestar más atención a la creación de edificios más cómodos (...). Los diseñadores urbanos y los planificadores requieren datos detallados del flujo del viento alrededor de los edificios, en las calles y en las plazas para garantizar la comodidad de los peatones y la ventilación adecuada de las urbanizaciones y de toda la ciudad. Aplicar la simulación numérica permite predecir y evaluar las condiciones del viento en el medio ambiente urbano (Klemm, y Jablonski, 2004, p.1). (figuras 18 y 19)

Estas investigaciones dirigidas por ingenieros están aún en desarrollo, existiendo muchos vacíos en la literatura científica, lo que impide avanzar en estos temas. Pese a ello, ya se consideran varias investigaciones como hechos científicos demostrables.



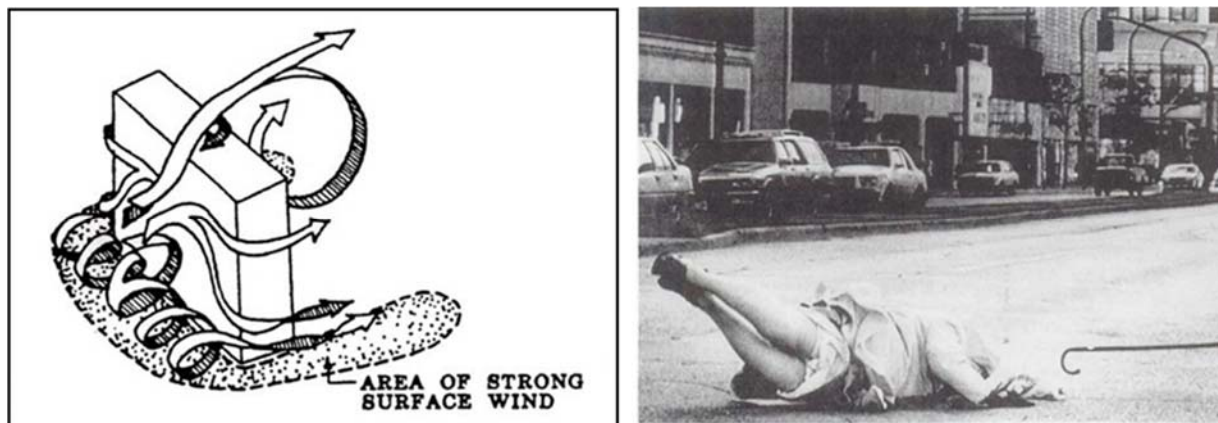


Figura 17: Imágenes del fenómeno del viento en edificios altos y su impacto a nivel peatonal.

Fuente: Outdoor Human Comfort and Its Assessment Task Committee on Outdoor Human Comfort – ASCE. 2004 – p. 2.

## 2.11 La micro escala urbana

Los avances sobre los estudios del microclima urbano desarrollado en el cañón urbano van teniendo un desarrollo paralelo a las investigaciones sobre la isla de calor, dos escalas antagónicas.

En el caso de los efectos microclimáticos de los cañones urbanos se estudia el almacenamiento de calor (Asaeda et al., 1996), las velocidades del viento (Paul y Sieh, 1986), la relación entre la cinemática de los flujos y la dispersión (Hoydysh y Dabbert, 1988), su aplicación a la dispersión de contaminantes (Yamartino y Wiegand, 1986; Ng, 2006), la estabilidad atmosférica (Nakamura y Oke, 1989) y, por supuesto, los balances de energía” (Tornero et al., 2006, p. 165). Se trata aun de investigaciones básicas acerca de la forma en que la ciudad modifica los parámetros meteorológicos. Pero también se ha ido pasando a temas más específicos como “los efectos de vórtice inducidos por la orientación de las calles respecto al viento (Santamouris et al., 1999)” y como estos se aplican a la dispersión de los contaminantes (Tornero et al., 2006, p. 165). (figuras 19 y 20)

En general, las investigaciones sobre el microclima urbano y su relación con el confort térmico, en las cuales el viento es un elemento importante en espacios abiertos, son mucho más complejas que las de espacios cerrados. Pese a ello son numerosas las investigaciones que se han generado desde comienzo de siglo XXI, en las que se constata que “los límites térmicos del confort son mayores en espacios abiertos que en cerrados (Höppe, 2002; Spagnolo y Dear, 2003a, etc.). Las adaptaciones espontáneas en el grado de vestimenta, actividad, exposición, etc., son una de las causas, aunque no la única, de esta disfunción” (Tornero et al., 2006, p. 166).

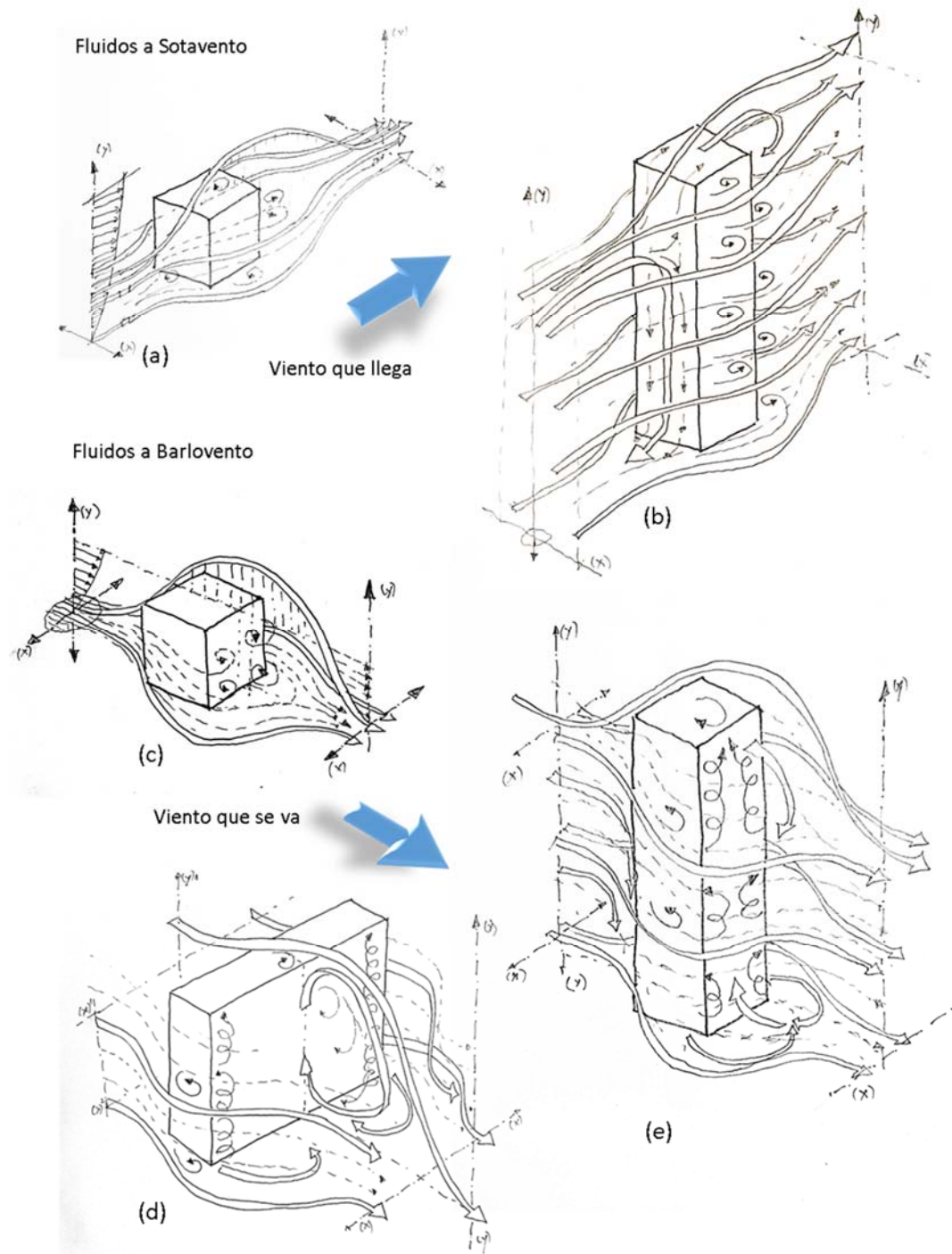


Figura 18: Efecto del flujo del viento en cuerpos cúbicos aislados de diversos anchos y alturas. Dos elementos cúbicos de distintas alturas (a-b, c-d) y la representación de los flujos de viento a barlovento y sotavento. Y un tercer elemento tipo bloque horizontal (e). La diferencia radica en los vórtices de los flujos al pasar por los bordes de los cuerpos y la aceleración descendente a sotavento en los cuerpos verticales.

Fuente: Elaboración propia.

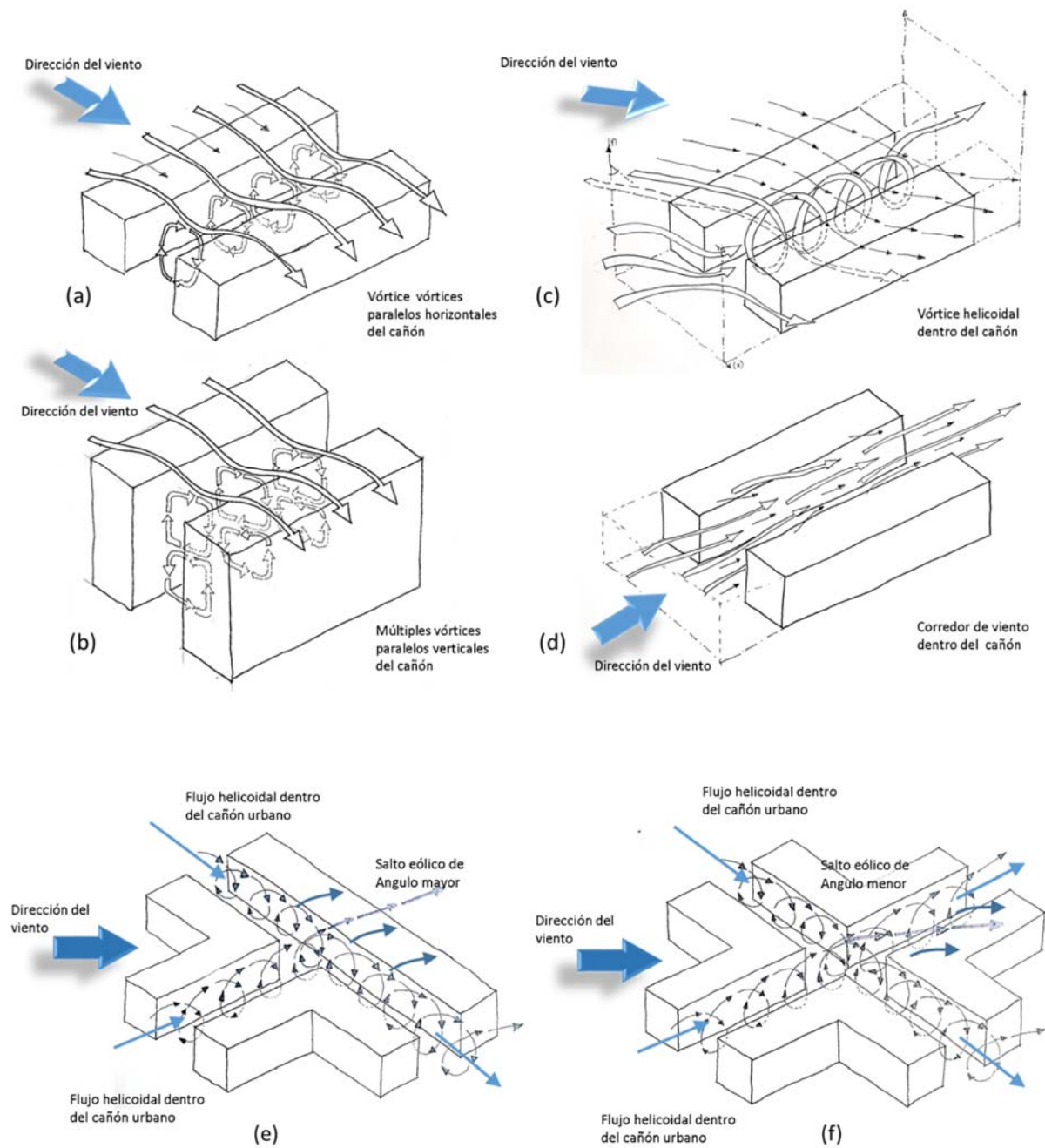


Figura 19: Ejemplos del comportamiento del viento dentro el cañón urbano. Representaciones de los flujos de viento dentro del cañón urbano dependiendo del ángulo de ataque (dirección del viento) y su modo de activar la cavidad del cañón urbano.  
Fuente: Elaboración Propia

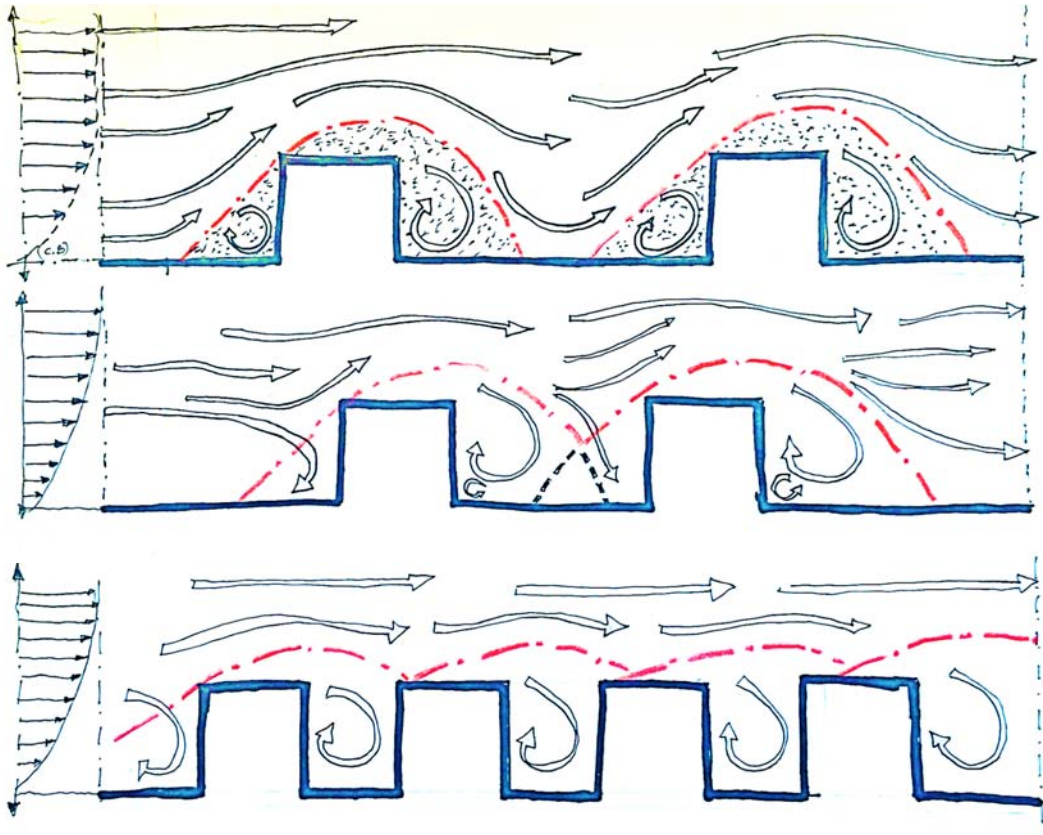


Figura 20: Visión en corte según distancia de edificaciones del comportamiento del viento en la micro escala urbana.

Fuente: Elaboración propia.

Como señalan Tornero, Cueva Pérez y Gómez, habitualmente estas investigaciones utilizan dos tipos de evaluaciones in situ, las mediciones de los parámetros atmosféricos y la aplicación de cuestionarios simultáneos. *La percepción y, consecuentemente, el uso de los espacios abiertos está muy influenciado por las condiciones microclimáticas (temperatura del aire, humedad, velocidad del viento, flujos de radiación), así como por parámetros personales (...). En su estudio de la percepción del confort en un espacio abierto de Lisboa, [Oliveira y Andrade] encuentran que las personas se sienten confortables a temperaturas mucho más altas que las consideradas normales en los modelos de confort. También observan que la temperatura del aire es muy difícil de percibir, en parte porque es modificada por el efecto del viento. También se presentan dudas en la percepción de la humedad relativa y la radiación solar, mientras que el viento es la variable más intensamente percibida (Oliveira y Andrade, 2007) (Tornero, et al., 2006, p. 167).*

Tornero, Cueva Pérez y Gómez, citan un estudio de Eliasson et al. sobre la relación entre el clima y el comportamiento en el espacio público abierto (desarrollado en 2007 en una ciudad nórdica, Gotemburgo, Suecia), cuyos autores “confirman la hipótesis de que el tiempo atmosférico y el microclima tienen una significativa

influencia en dos de los tres componentes de un lugar, el funcional y el psicológico” (Torneró et al., 2006, p. 167).

*En el campo del componente funcional encuentran una clara relación entre las temperaturas y la afluencia de visitantes a los lugares públicos, así como con cielos claros y vientos débiles, al igual que otros autores en estudios en Escandinavia. No obstante pueden encontrarse grandes diferencias entre diversas ciudades europeas, tal como muestra el proyecto RUROS (Nikolopoulou y Lykoudis, 2006) (Torneró et al., 2006, p. 167). Siguiendo a Torneró et al., dentro de estos estudios (específicamente uno desarrollado por Walton et al. en 2007) se determinó que el factor que mejor predice la adaptabilidad son las ráfagas máximas de viento y que el menos importante serían los factores de temperatura (Torneró et al., 2006, p. 167).*

## **2.12 Estudio de las ciudades frías**

La climatología, y en especial el clima urbano, buscan comprender el comportamiento climático al interior del cañón urbano. Por otro lado, la bioclimatología estudia la medida y el balance energético apropiado para que los seres vivos, en este caso “el ciudadano”, sientan confort en el espacio público. Finalmente, el diseño urbano, a través de soluciones arquitectónicas o urbanísticas en las cuales el viento es una variable fundamental, es el encargado de este balance energético. En este sentido, dentro de la amplia gama de ciudades y climas encontramos tres tipos de ciudades básicas: las frías, las cálidas y las húmedas. Dado que la mayoría de las ciudades se encuentra entre las cálidas-secas y las cálidas-húmedas, las ciudades frías han sido las menos estudiadas.

*Las ciudades frías y mixtas frías son aquellas en las que el mayor grado de discomfort procede del frío del largo periodo invernal. Hay pocas ciudades siempre frías (por ejemplo, en condiciones de tundra) y en consecuencia apenas se han realizado estudios sobre ellas. En todo caso, en este tipo de ciudades, el diseño urbano está basado en mucha mayor medida en soluciones de tipo arquitectónico que de planificación urbana. La mayor parte de estas ciudades suele tener un periodo estival más o menos corto, en el que pueden llegar a alcanzarse, incluso, condiciones de fuerte discomfort por calor. Es el caso de Erzurum (Turquía), en donde Toy et al. (2007) estudian la frecuencia de situaciones entre la categoría hiperglacial del índice THI (-40°C) y la tórrida (más de 30°C). Pero en todas ellas, el periodo estival es un paréntesis, básicamente confortable, entre unas condiciones frías, muy frías o glaciales, y el diseño urbano se centra en corregir este tipo de discomfort sin aumentar en demasía el de signo contrario. (Torneró et al., 2006, p. 164).*



Figura 21: Punta Arenas, Chile. La ciudad más austral del mundo. En el dibujo global los 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. En la fotografía de la derecha se aprecia unos ciudadanos de Punta Arenas luchando contra el viento que baja por la presencia de unos de los edificios altos de la ciudad.

Fuente: Dibujo elaboración de Hernán Pitto. Fotografía Agencia Uno, 2014.

### 3 EL CONOCIMIENTO DEL VIENTO DESDE LOS PERSONAJES E INVESTIGADORES

Los distintos ideales de ciudad que se desarrollaron a lo largo de la historia buscaron mejorar cada vez más la calidad de vida de sus habitantes. En esta búsqueda el factor viento se constituye en una variable significativa de diseño, lo que se extiende hasta hoy. En el siglo XXI, las herramientas tecnológicas y científicas han permitido desarrollar criterios más específicos de diseño, lejos de la percepción e intuición con que inicialmente se planificaron las ciudades. Pero todos estos avances no hubieran sido posibles sin los distintos aportes y descubrimientos respecto al viento que dejaron a lo largo de la historia distintos personajes e investigadores, desde Aristóteles, quien reconocía las bondades de incorporar el viento entre los criterios de emplazamiento de una ciudad, hasta los actuales investigadores, que desarrollan conocimientos en distintas disciplinas cuyo interés es comprender de mejor manera el viento y su comportamiento dentro de las ciudades.

#### 3.1 Aristóteles (370 a. C.)

En la antigüedad fue Hipócrates, médico griego (460-370 a. C.), quien, en sus "Aforismos", señaló de manera más precisa la influencia del clima y el medio sobre el bienestar y la salud de los hombres. En su obra De los aires, de las aguas y de los lugares, declara que estos tres son los factores fundamentales para explicar la salud de los habitantes de una determinada ciudad (citado en Tornero, y otros, 2006). El

sistema hipocrático atribuye a cada ciudad un clima distinto y un correspondiente síndrome médico (Hipócrates, 1868).

En su Política, Aristóteles menciona el emplazamiento saludable en relación al viento y al sol incluso antes que el emplazamiento militar, que busca la seguridad como el primer principio de diseño urbano (Hebbert y Jankovic, 2011).

Aristóteles afirmaba que *las ciudades más sanas son las construidas en una ladera hacia el este, puesto que el viento sopla desde el cuadrante de la salida del Sol* (Chueca Goitia, 1970, p. 111). Vitrubio tenía la misma preocupación, ya que comprendía que una de las consideraciones principales que debían tener los trazados de las ciudades era defenderlas de los vientos predominantes. La Meteorología de Aristóteles, escrita en el 350 a. C. y traducida al inglés por E. W. Webster, da cuenta de la incógnita que es el viento. Aristóteles afirma:

*El curso de los vientos es oblicuo: pues aunque la evaporación se eleva hacia arriba desde la Tierra, estos vuelan alrededor de ella porque todo el aire circundante sigue el movimiento de los cielos. Por lo tanto, cabe preguntarse si los vientos se originan desde arriba o desde abajo. El movimiento viene de arriba: antes de que sintamos el viento soplando, el aire traiciona su presencia si hay nubes o niebla, porque su movimiento demuestra que el viento ha comenzado a soplar antes de que haya llegado hasta nosotros; y esto implica que la fuente de los vientos está por encima. Pero ya que el viento se define como 'la cantidad de evaporación seca de la Tierra que se mueve alrededor de ella', está claro que mientras el origen del movimiento viene de lo alto, la materia y la generación del viento vienen desde abajo. El movimiento oblicuo de la evaporación en aumento es causado desde arriba: debido a que el movimiento de los cielos determina los procesos que están a una distancia de la Tierra, y el movimiento de abajo es vertical y cada causa es más activa cuanto más cercano es el efecto; pero, en su generación y su origen, el viento claramente deriva de la tierra.* (Aristóteles, s.f., Libro II, Parte 4).

La capacidad de observación de Aristóteles le permite distinguir que las distintas orientaciones o emplazamientos de pueblos y casas (solanas o sotaventos, frente a umbrías o barloventos) serían causa y razón de una mayor confortabilidad. En el tomo cuatro de la mencionada obra, Aristóteles reconoce, en base a la observación, cierto retardamiento del viento a medida que avanza, tema hoy ya entendido como efecto de la rugosidad.

*Los hechos confirman la opinión de que los vientos se forman por la unión gradual de muchas evaporaciones, igual que los ríos se derivan de sus fuentes de agua que brota de la tierra. Cada viento se hace más débil a medida que avanza y abandona su fuente hasta reunirse nuevamente con sus fuerzas.* (Aristóteles, s.f., Libro II, Parte 4).

### **3.2 Vitruvio (siglo I a. C.)**

Marco Vitruvio Polión fue otro de los grandes personajes de la historia de la arquitectura que trató el tema del viento con criterios de diseño urbano. Vitruvio fue un arquitecto, escritor, ingeniero y principalmente tratadista romano del siglo I a. C.

Desarrolló una serie de recomendaciones de cómo emplazar las ciudades en relación al viento, también desde la observación de su comportamiento. En el primero de Los 10 libros de Arquitectura, Vitrubio desarrolla un capítulo titulado “De la división y distribución de las obras dentro de las murallas”, en el que señala lo siguiente:

*Siguiendo los ángulos intermedios entre dos direcciones de viento, parece que deben orientarse los trazados tanto de plazas públicas como de las calles, de manera que con esta disposición se alejará de las viviendas y de las calles la molesta violencia de los vientos. Pues, en efecto, si las calles estuvieran trazadas en la dirección de los vientos, entrando estos directamente del espacio abierto del cielo, su soplo e ímpetu constantes, comprimidos en lo angosto de las calles estrechas, se difundirán con mayor violencia. Las calles, pues deben estar orientadas en el sentido opuesto a la dirección de los vientos, a fin de que cuando soplen se quiebre en los ángulos formados por las manzanas de las casas y, rebatidos se dispersen (...) a ellos pueden añadirse las brisas matinales que emergen excitadas por los rayos con que el sol, al levantarse, absorbe la humedad que la noche ha dejado en el aire (Vitruvio, 1999, Libro 1, capítulo IV).* Para Vitruvio, el viento no es otra cosa que una ola de aire agitado, con movimiento fuerte y errante. Él sabía que los vientos afectaban de manera física la estructura de las calles y de la ciudad en sí.

En el primer libro de su tratado, Vitruvio también menciona a Andrónico de Cirrestres, (Andronikos de Kyrrhos), astrónomo macedonio que en el año 50 a. C. levantó una torre octogonal a los pies de la Acrópolis de Atenas (al este del Ágora romana de la capital helénica), conocida como La Torre de los ocho vientos. Se trataba de una torre de mármol octogonal, en la cual cinceló, en cada uno de sus laterales, unas imágenes que representaban a cada uno de los vientos, frente a la dirección de cada uno de ellos.

La torre, que se mantiene en pie, tiene 12,8 metros de altura y un diámetro de 8 metros. Sus caras están orientadas a los ocho vientos enteros: N, NE, E, SE, S, SO, O Y NO. Tenía una triple función. En su interior actuaba como clepsidra, es decir, como un reloj de agua que marcaba la hora en el ágora. También funcionaba como veleta (la que no se conserva) y, por último, como reloj solar, ya que poseía ocho relojes de sol que probablemente fueron construidos más tarde. Las representaciones de los ocho vientos dominantes en Atenas se encuentran en el friso de cada una de sus ocho caras. De acuerdo a Theodossiou, Manimanis y Katsiotis (2005) (figura 22), los vientos tallados corresponden a:

1. N, Boreas. Este viento frío y violento del norte que trae la azotadora brisa del invierno está representado por un anciano que sopla una caracola para producir el ruido característico.

2. NE, Kaikias. Es el viento dañino del noreste. En el friso aparece un hombre viejo con túnica y descalzo portando una cesta llena de granizo. El viejo derrama el hielo acumulado en su escudo.

3. E, Apeliotis. El impetuoso viento del otoño que trae el trigo y los frutos está caracterizado por un joven que acarrea frutos y trigo en su manto.



4. SE, Evros. El viento funesto del este que trae calor y lluvia está personificado por un hombre maduro cubriéndose con una capa que soporta una vasija invertida que derrama agua.

5. S, Notos. Es el viento caliente que trae tormentas al final del verano, con lo cual podía conllevar la pérdida de las cosechas. Su símbolo es un joven vaciando una vasija para producir la lluvia.

6. SO, Lips. Es el viento que viene de África. El friso representa un muchacho alado empujando la proa de un barco y dirigiéndola hacia el chorro de aire.

7. O, Zephiros. La suave brisa fructificadora que anuncia la primavera es encarnada por un joven con poca ropa que reparte flores.

8. NO, Skirion. Este viento anuncia la llegada del invierno. Su símbolo es un hombre barbudo con una vasija de bronce repartiendo brasas de carbón.

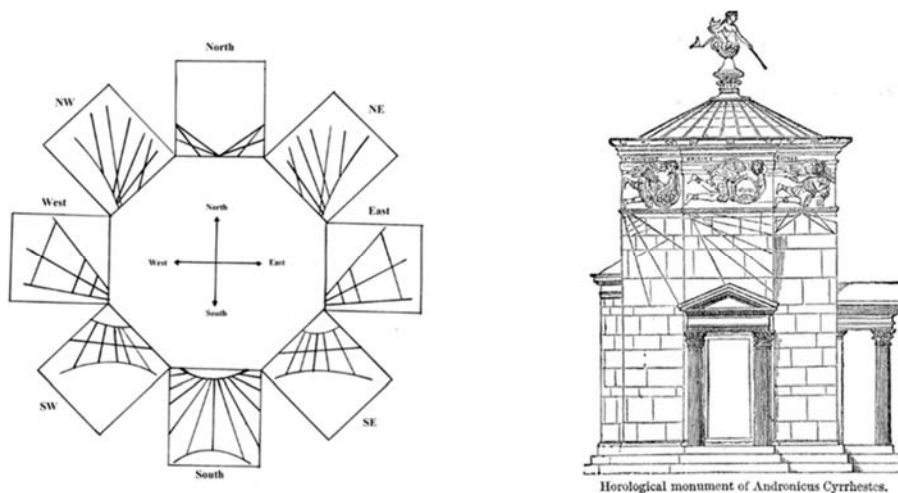


Figura 22: La torre de los ocho vientos, torre octogonal a los pies de la Acrópolis de Atenas.

Fuente: *Revista de la Societat Catalana de Gnomonica*. N. 52. Mayo-agosto, 2005.

Basándose en estos principios del viento de Andrónico, Vitruvio desarrolló un esquema para una ciudad de ocho lados con un plan de radiación (figura 23). Pero esta concepción era muy utópica y, por ende, no tuvo un impacto tangible en la práctica urbanística del Imperio Romano. Pero alrededor de 1413, *De Architectura* fue redescubierto en la biblioteca del Convento de Saint Gall. Sus numerosas traducciones y ediciones difundieron el ideal de Vitruvio sobre las calles alineadas en relación a los vientos. Así, cuando en 1503 Leonardo da Vinci desarrolla un plan urbanístico de la ciudad de Imola, se basa en los trimestres de los vientos, estableciendo la rosa de los vientos como una característica regular de la representación de la cartografía urbana (Kostof, 1991).

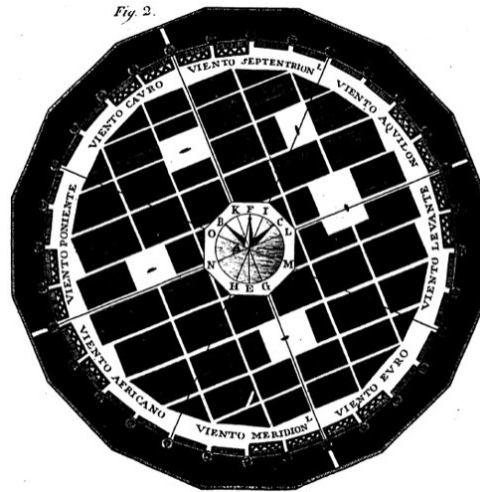


Figura 23: Planta de una ciudad resguardada de los vientos.

Fuente: Vitruvio. *De Architectura*. Vitruvio Lib. 1, Cap. 6.

Vitruvio se refiere posteriormente al rol del viento en lo más micro, las construcciones específicas de aquella época, las que requieren del conocimiento del viento y de su dirección, así como de las lluvias, las cuales según la fuerza del viento caen en variados ángulos a la superficie. En el libro quinto, capítulos X y XI, Vitruvio habla los baños calientes y las palestras respectivamente: *Lo primero que debe hacerse es seleccionar un lugar lo más cálido posible, es decir, un lugar opuesto al septentrión y al viento del norte* (Vitruvio, 1999). *En las palestras deben formarse peristilos cuadrados o alargados; el perímetro del paseo que las circunvala medirá dos estadios, en griego diaulon; tres pórticos serán sencillos y un cuarto pórtico será doble, que estará orientado hacia el sur con el fin de que, cuando arrecien tormentas acompañadas de viento, el agua no pueda penetrar en la parte interior* (Vitruvio, 1999).

Terminando las alusiones que hace respecto al viento, Vitruvio habla de la relación directa que existe entre el viento y el agua, es decir, de 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 (libro sexto, capítulos II y III). Por otro, lado Vitruvio comprende que la procedencia de los vientos arrastra consigo las condiciones atmosféricas del clima. *El aire, a su vez, en sus desplazamientos arrastra con violentas ráfagas los vapores húmedos hacia todas las direcciones, formando las corrientes impetuosas de los vientos que se desarrollan progresivamente. Estos valores húmedos, que proceden de fuentes, de lagunas y del mar, son arrastrados por los vientos por todos los lados y se van condensando por la fuerza calorífica del sol, se elevan hacia las alturas y forman las nubes* (Vitruvio, 1999).

*Los vientos corroboran este fenómeno natural: los que se originan y soplan desde zonas más frías, como son el viento del norte y el cierzo, arrastran corrientes de aire enrarecidas por la sequedad; el viento del sur y los vientos que soplan desde*

*la parte del curso del sol, son muy húmedos y siempre arrastran las lluvias, ya que llegan muy calientes desde las regiones abrasadas por el sol, evaporan la humedad de los países que atraviesan y descargan el agua en las regiones del norte (Vitruvio, 1999).*

### **3.3 Leonardo da Vinci (1452-1519)**

Leonardo da Vinci fue uno de los primeros interesados en abordar varios problemas de manera más científica. Realizó muchos experimentos sobre diversos temas, desarrollando estudios bastante metódicos sobre el flujo del aire y el agua alrededor de objetos y documentó sus descubrimientos con diagramas y dibujos propios. En sus estudios de los pájaros y la naturaleza combina sus conocimientos de física y mecánica, lo que le permitió escribir sus tratados sobre el vuelo de las aves. En uno de ellos analiza los vientos, los efectos que genera la resistencia del aire, el movimiento de los fluidos, la estabilidad de las aves en el aire y la dirección que estas toman en sus vuelos.

*El aire que por sí viste los cuerpos, se moverá junto con estos cuerpos; nos lo demuestra la experiencia cuando el caballo corre por caminos polvorientos. Tanto se mueve el objeto contra el aire, como el aire contra el objeto sin movimiento” (Bridges, 1968, p. 14).*

Y observando los pájaros escribió: *El pájaro batiendo las alas sobre el aire, viene a condensarlo y hacerlo resistente a su descenso. Pero si el aire se mueve contra las alas inmóviles, esas alas sostienen el peso del pájaro en el aire. Cuando la fuerza del movimiento del aire iguale la fuerza del descenso de un pájaro, este pájaro estará en el aire sin movimiento. Y si el movimiento del aire es más fuerte, vencerá y levantará al pájaro entre las altas nubes. (Bridges, 1968 p. 14).*

Pese a sus conclusiones, Leonardo nunca logró generar una máquina voladora, ya que aún no se generaban los conocimientos de la aerodinámica. Sin embargo, llaman la atención sus dibujos sobre el comportamiento del agua. Leonardo experimenta introduciendo pequeños objetos en el agua para observar su movimiento según fluye el líquido, observando los remolinos que aparecen cuando el agua fluye rápidamente en torno a un cuerpo, es decir, analiza la aparición de la turbulencia, desarrollando exploraciones de diseño que permitieran minimizar esas turbulencias (figura 24). Pese a sus interesantes observaciones materializadas en sus dibujos, en la época de Leonardo aún no se había vinculado la física con las matemáticas (algo que comenzó a suceder prácticamente un siglo más tarde con Galileo Galilei), por lo tanto una teoría de fluidos era aún imposible.

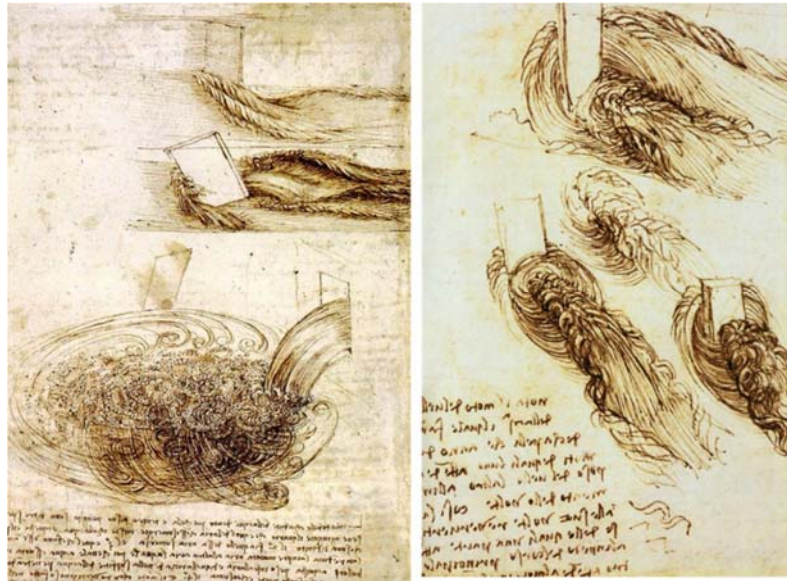


Figura 24: Dibujos de los cuadernos de Leonardo da Vinci: curso del agua sobre un río. Leonardo da Vinci esbozó los diversos campos de flujo sobre los objetos en una corriente que fluye a través del dibujo, Leonardo desarrolló la capacidad de observación del fenómeno.

Fuente: García Sosa, Morales Burgos y Escalante Triay. *Mecánica de fluidos: antecedentes y actualidad*. Universidad Autónoma de Yucatán, 2004.

### 3.4 Leon Battista Alberti (1485)

Alberti, uno de los primeros teóricos del arte del Renacimiento, se mostró constantemente interesado por la búsqueda de reglas, tanto teóricas como prácticas. Interesado en entender la influencia del ambiente sobre diferentes construcciones arquitectónicas, su enfoque resulta extraordinariamente moderno para su época (Landsberg, 1981). Tal como quedó plasmado en su *Re Aedificatoria* (1485), ya en la época de Alberti se pensaba que el clima y el ambiente condicionan la confortabilidad de un territorio, influyendo en su salubridad. Esto permite afirmar que la salubridad o confortabilidad de cualquier comarca o espacio urbano eran componentes geográficos del territorio y características intrínsecas del mismo, como su temperatura, humedad o altitud, con las que de forma tácita o explícita se le considera relacionado. No en vano, a comienzos de nuestra era Plinio afirmaba que “el arquitecto ha de conocer el arte de la medicina y sus relaciones con las regiones de la Tierra y los caracteres de la atmósfera” (Tornerio et al., 2006).

### 3.5 Daniel Bernoulli (1738)

Daniel Bernoulli fue un matemático, estadístico, físico y médico holandés-suizo. En 1738 publicó su obra clave, *Hidrodinámica*, donde define lo que más tarde sería reconocido como el Principio de Bernoulli, que describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente de agua. Bernoulli descubrió que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido. Sus experimentos lo llevaron a entender que *la presión interna de un fluido (líquido*

o gas) decrece en la medida que la velocidad del fluido se incrementa. (Blanco, 2006, p. 2).

### 3.6 Battista Venturi (1797)

Battista Venturi era un físico italiano que descubrió un efecto en la mecánica de fluidos que luego tomó su nombre. También da nombre a la bomba Venturi (aspiradora) y el tubo Venturi. Este físico, el primero que mostró la importancia de Leonardo da Vinci como científico, compiló y publicó muchos de los manuscritos y cartas de Galileo.

Venturi comprobó experimentalmente que, al pasar por un estrechamiento, las partículas de un fluido aumentan su velocidad. El efecto Venturi se explica mediante el principio de Bernoulli y el principio de continuidad (el cual dice que si pasa un elemento de un punto a otro, no se pierde nada en el trayecto), y solo es aplicable cuando el fluido se encuentra en movimiento y pasa por una zona de menor área.

Esto va a ser fundamental en los avances de la aeronáutica al aplicarse al diseño del perfil alar (cuando el viento pasa por un cuerpo fuselado como el perfil de un ala cuya cara superior es más curva que la inferior, tiene más superficie que recorrer en la cara superior que en la inferior. Esto generará un cambio de presión. Será precisamente este fenómeno lo que provocará la sustentación alar).

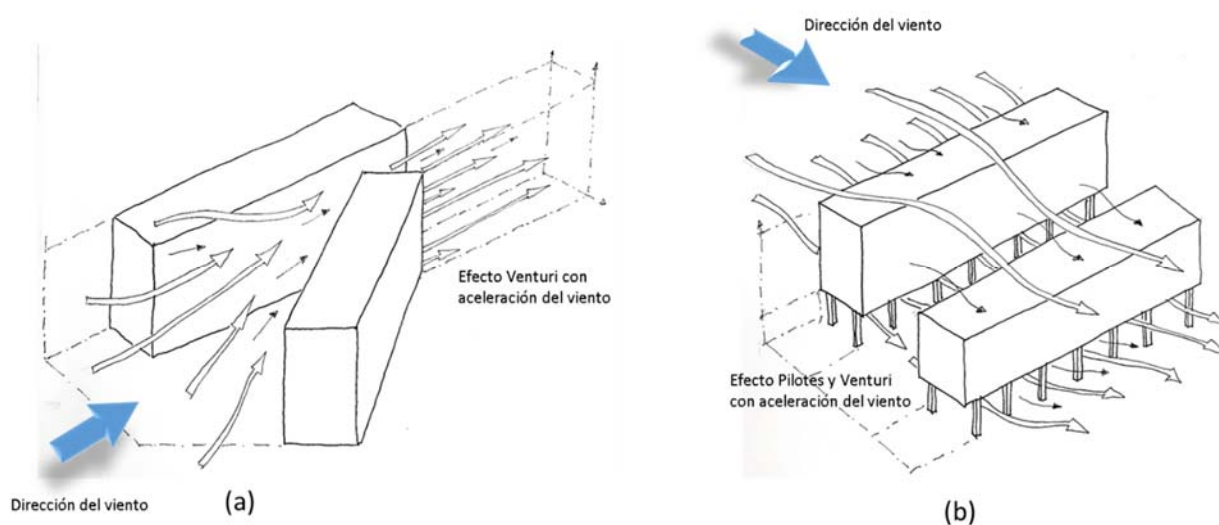


Figura 25: Efecto Venturi en el estrechamiento y levantamiento de bloques. El efecto Venturi (también conocido tubo de Venturi), consiste en que un fluido en movimiento dentro de un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar la velocidad después de pasar por una zona de sección menor.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7 Francis Beaufort (1806)

De acuerdo a información publicada por la Oficina Meteorológica Nacional de Gran Bretaña, de donde fueron obtenidos todos los datos incluidos en esta sección sobre Beaufort, el mantenimiento de registros del clima se hizo cada vez más popular en diversos lugares de la Tierra a contar de 1660. Ya en 1723 James Jurin (1684-1750),

entonces secretario de la Royal Society, recomienda una escala para estimar y medir la fuerza del viento (MET Office, 2010).

A menudo se dice que Francis Beaufort, de la Marina Real británica, fue el primero en diseñar una escala de la fuerza del viento hacia el comienzo del siglo XIX. Pero un relato de 1704 muestra que una escala similar estaba en uso un siglo antes: Daniel Defoe, en su narración de la terrible tempestad que asoló a las islas británicas entre el 26 y el 27 de noviembre de 1703 (titulado "La tormenta: una colección del mayor número de bajas notables y desastres que ocurrieron en la última tempestad terrible, tanto por mar como en tierra"), hace referencia a una escala de 12 puntos llamada "Tabla de grados" (MET Office, 2010).

A comienzos del siglo XIX, una versión cuantitativa de una escala de viento había sido ideada, como muestra un trabajo del coronel Capper de la East India Company. En sus "Observaciones sobre los vientos y los monzones", de 1801, Capper reprodujo "Una tabla de las diferentes velocidades y fuerzas de los vientos, construida por el Sr. Rous, con mucho cuidado, a partir de un número considerable de hechos y experimentos" (MET Office, 2010).

Francis Beaufort ideó su escala de la fuerza del viento en 1805, cuando servía a bordo del HMS Woolwich. Primero la mencionó en su diario privado el 13 de enero de 1806, declarando la siguiente intención: "de aquí en adelante estimaré la fuerza del viento de acuerdo a la siguiente escala" (citado en MET Office, 2010 pág. 5). Beaufort modificó su escala en 1807, cuando decidió combinar las categorías 1 y 2 y, posteriormente, utilizó una escala que se extiende entre 0 y 12. En el mismo año agregó la descripción de la lona (o vela) que podría transportar a una fragata en diferentes condiciones de viento. Al igual que los observadores de la Sociedad Meteorológica Palatina, con frecuencia utilizó mitades, lo que sugiere que estaba seguro de que podía estimar con precisión la fuerza del viento (MET Office, 2010).

La primera referencia publicada sobre la escala de Beaufort para medir la fuerza del viento se produjo en 1832, cuando la Nautical Magazine imprimió un artículo titulado "The Log Board". En este artículo, la formulación de las escalas se atribuyó a Beaufort. Posteriormente, en diciembre de 1838, el Ministerio de Marina emitió un memorando para presentar las escalas a "todos los capitanes y comandantes de los barcos y buques de su Majestad" (MET Office, 2010 pág. 6). La escala Beaufort se amplió en 1944, cuando se agregaron cinco nuevas fuerzas (de 13 a 17). Antes de eso, la fuerza 12 (huracán) había sido el punto más alto de la escala, en referencia a una velocidad sostenida del viento de 64 nudos o más, es decir, un promedio igual o superior a 32,7 metros por segundo durante 10 minutos (MET Office, 2010).

Escala	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Aspecto de la mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	Calma	Espejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia varea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles. empiezan a moverse los
3	12 a 19	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	Bonancible (brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	Temporal fuerte (muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y mas	Temporal huracanado (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

Figura 26: La escala Beaufort donde aparece el efecto tanto en el mar como en la tierra.

Fuente: [www.vientosmaritimos.com](http://www.vientosmaritimos.com)

*Los cinco puntos adicionales ampliaron la escala a 118 nudos (61,2 metros por segundo), con la fuerza 12 referida solo a velocidades en el rango de 64 a 71 nudos (entre 32,7 y 36,9 metros por segundo). Sin embargo, las fuerzas del 13 al 17 estaban destinadas a aplicarse solo a casos especiales, como los ciclones tropicales. No estaban destinadas al uso ordinario en el mar —de hecho, es imposible juzgar Fuerzas 13 a 17 por la apariencia del mar— (MET Office, 2010 pág. 8). Para todos los efectos normales, la escala Beaufort se extiende desde la fuerza 0 (calma) a la fuerza 12 (huracán). Esta escala asumió su forma actual alrededor de 1960, cuando se añadieron la altura probable de las olas y la altura máxima probable de las mismas (esta última corresponde a la altura de la ola más alta esperada en un período de 10 minutos, y las alturas de olas se refieren a mar abierto, lejos de la tierra) (MET Office, 2010).*

*Estrictamente, se aplica solo cuando el mar está completamente desarrollado; es decir, cuando las olas han alcanzado su altura máxima para una velocidad del viento en particular. Se debe tener cuidado cuando el alcance y duración del viento son limitados (la zona de alcance es la distancia a la que el viento ha soplado, y la duración corresponde al tiempo que ha estado soplando). También vale la pena recordar que la apariencia de la superficie del mar está influenciada no solo por el viento, sino también por el oleaje (olas que vienen de lejos), la precipitación, las corrientes de marea y otras corrientes. (MET Office, 2010, p. 8).*

### **3.8 Victor Olgyay (1963)**

El arquitecto Victor Olgyay, autor de *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas* (publicado en 1963 por Princeton University Press), es considerado el pionero en bioclimatismo. Sus postulados son la base de muchas investigaciones posteriores y siguen vigentes hasta hoy. La preocupación fundamental de Olgyay era encontrar respuestas a la pregunta de qué variables constituyen el confort térmico.

*En la práctica, el problema consiste en lograr un índice que sea capaz de medir la "temperatura efectiva" de la superficie del cuerpo (a nivel de la piel), que es la sensación térmica que el organismo experimenta realmente. Pero esa temperatura, según distintos autores, es consecuencia no solo de la temperatura ambiente, sino también de la biológica y, sobre todo, de la intensidad de enfriamiento, en el que interviene el viento y la humedad, que al actuar sobre la evapotranspiración, modifican el proceso térmico. (Torner et l., 2006, pp. 149-150).*

Olgyay finalmente define, con mucha precisión, el polígono de confort en su "Carta Bioclimática", la cual será la base para el estudio del confort en espacios abiertos de la ciudad. Además de desarrollar estudios sobre el efecto del viento en la arquitectura, Olgyay también explora conjuntos de edificios utilizando túneles de viento.

Así, descubre que en la configuración de unidades paralelas, el viento tiende a "brincar" sobre los bloques de edificios. Al estar en fila, los edificios provocan una "sombra" eólica sobre las subsecuentes unidades de cada bloque, y el viento tiende a canalizarse a través de los espacios libres, sin pasar ni estancarse en las unidades



posteriores. *En el caso de situar los bloques o unidades escalonadamente tiene la ventaja de que habrá fuertes patrones de viento desde las construcciones directas al flujo, hacia las subsecuentes unidades, por lo que el esquema de corrientes es mucho más uniforme, quedando casi eliminadas las zonas de aire estancado.* (Rodríguez V., y otros, 2001). (figura 27)

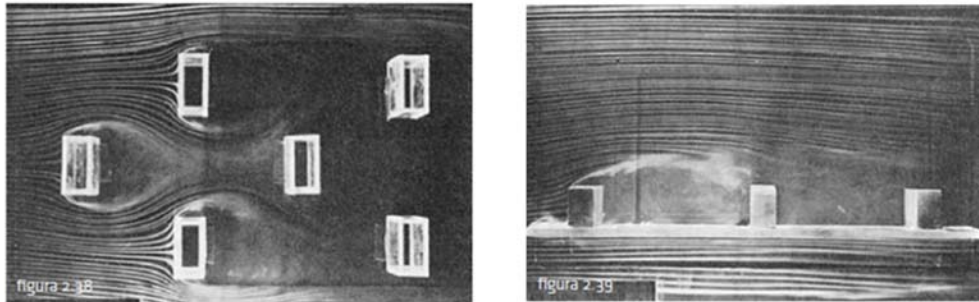


Figura 27: Modelos arquitectónicos de corte en túneles de viento.

Fuente: Olgay. Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Editorial Gili. 1998.

### 3.9 Baruch Givoni (1969)

El arquitecto israelí Baruch Givoni es uno de los especialistas en arquitectura bioclimática más reconocidos a nivel internacional. Su publicación de 1969 "Man, Climate and Architecture" (Hombre, clima y arquitectura), editada por Elsevier, ha sido un referente clave en todos los avances e investigaciones respecto al clima urbano. Magíster en Higiene y Ph.D en Salud Pública, Givoni se desempeña como profesor e investigador de la Building Research Station en el Technion del Israel Institute of Technology.

Givoni investiga la relación entre el confort humano, el clima y la arquitectura. Su trabajo llega a la síntesis en un climograma reflejado en un diagrama psicrométrico donde traza una zona de confort higrotérmico, tanto para el invierno como para el verano. Fuera de esta zona de confort, Givoni plantea estrategias de diseño pasivo en la arquitectura o la envolvente.

Dentro de sus variables, el viento aparece como uno de los factores relevantes para alcanzar el confort térmico. Este climograma también puede ser aplicado en los espacios exteriores, siendo un gran avance en el tema de diagramas métricos para medir y diseñar los espacios exteriores. (figura 28)

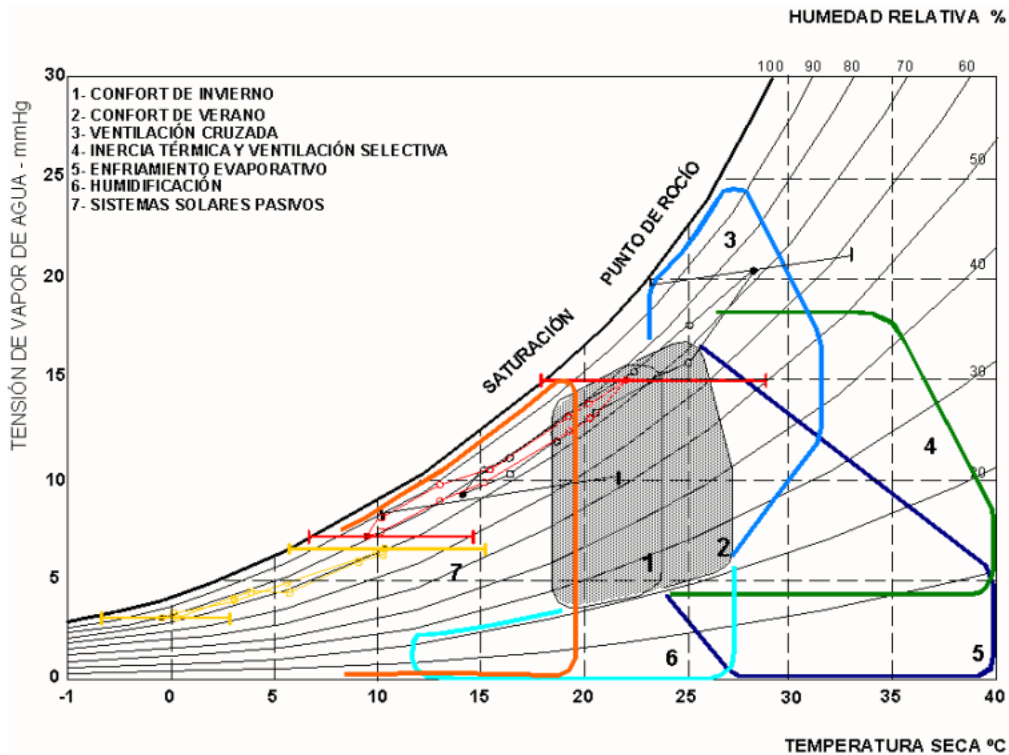


Figura 28: La figura muestra el Climograma de B. Givoni

Fuente Givoni B, A. (1976) *Man, Climate and Architecture*. Architectural Science Services, Publishers, Ltd. London

### 3.10 Timothy R. Oke (1999)

Oke es Profesor Emérito del Departamento de Geografía y miembro del Programa de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de la Columbia Británica en Vancouver, Canadá. Sus intereses de investigación se centran en el clima urbano y los balances de energía y de agua de las ciudades.

Oke ha desarrollado una serie de investigaciones centradas en los temas de temperatura de la superficie y teledetección, superficie y balance energético de las ciudades, parametrización de los flujos, evaporación urbana, islas de calor, entre otros. Uno de los temas de interés para esta investigación es el de la rugosidad urbana y sus turbulencias, este último en la micro escala urbana (figura 29). Oke ha desarrollado muchos de estos trabajos de investigación junto a investigadora C. S. B. Grimmond, con quien publicó, en 1999, el trabajo de investigación sobre las propiedades aerodinámicas de las zonas urbanas derivadas del análisis de forma superficial, el más relevante y citado sobre este tema (*Journal of Applied Meteorology*, 38 (9)).

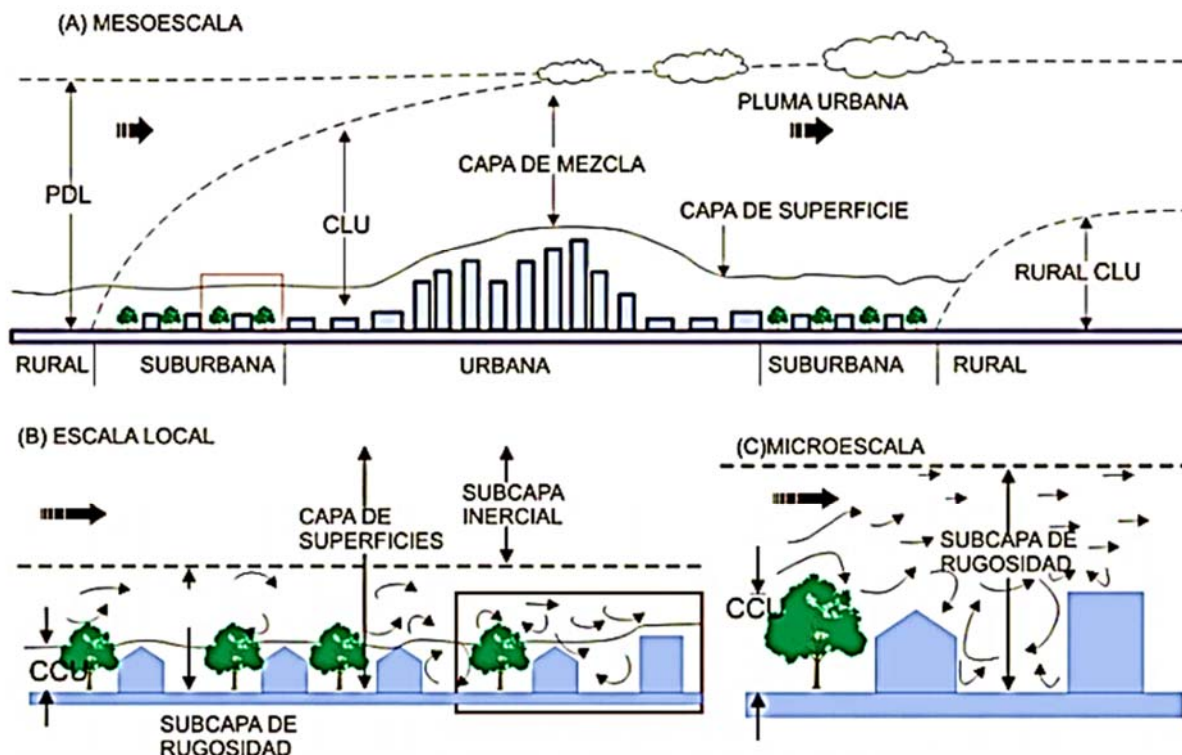


Figura 29: Escalas del viento en contextos urbanos. (A) MESOESCALA) en condiciones cercanas a la calma con su "cúpula", y un flujo de aire constante con su región urbana "pluma", (B) (ESCALA LOCAL) una zona única urbana del terreno que muestra la estratificación interna de la cubierta urbana y la parte inferior del límite, una única calle cañón (C) (MICROESCALA) subcapa de rugosidad y elementos de construcción, sobre la base de T. Oke (1976).

Fuente: Fahmy, Mohamad, Steve Sharples, Abdul-Wahab Al-Kady (2008).

### 3.11 C. S. B. Grimmond (1999)

C. S. B. Grimmond, del Departamento de Meteorología, de la Universidad de Reading (anteriormente profesora del King's College London y de la Universidad de Indiana en Bloomington, EE.UU.) ha desarrollado más de 300 publicaciones en revistas científicas. Sus investigaciones le han permitido desarrollar varios métodos para determinar las características aerodinámicas de un sitio a través del análisis de su forma superficial (morfometría). Este método queda expuesto en la investigación en 1999 sobre las propiedades aerodinámicas de las zonas urbanas derivadas del análisis de forma superficial que publicara junto a Oke en 1999.

Las medidas discutidas en este estudio incluyen plano-cero de longitud de desplazamiento ( $z_d$ ), longitud de rugosidad ( $z_0$ ), profundidad de rugosidad de la subcapa y la conductancia aerodinámica.

*Sistemas de información geográfica desarrollado para 11 sitios en 7 ciudades norteamericanas son utilizados para determinar las características de la morfometría —altura, forma, superficie en tres dimensiones y la distribución espacial de sus elementos de rugosidad (edificios y árboles)—. La mayoría de los sitios están en los*

*suburbios residenciales, pero uno es industrial y dos están cerca de los centros urbanos. Se utiliza este estudio descriptivo de la forma geométrica urbana, junto con las fórmulas morfométricas, para derivar las características aerodinámicas aparentes de los sitios. Las estimaciones resultantes de  $z_d$  y  $z_0$  se comparan con los valores obtenidos a partir del análisis de las observaciones del viento y turbulencia. Estos últimos se obtienen a partir de un sondeo de aproximadamente 60 estudios de campo y 14 estudios de laboratorio de ciudades reales y modelos a escala. A pesar del carácter global del sondeo, muy pocos estudios se consideran aceptables y su dispersión es grande, por lo que no proporcionan un estándar contra el cual probar los algoritmos morfométricos. Además, los datos muestran relaciones débiles entre los valores medidos para  $z_d$  y  $z_0$  y densidad de la rugosidad. Se discuten los méritos relativos de los parámetros aerodinámicos basados en estimaciones morfométricas y del viento. Se hacen recomendaciones en relación con la elección del método para calcular  $z_d$  y  $z_0$  en las zonas urbanas y su más probable magnitud" (Oke, y Grimmond, 1999, p. 1262).*

### **3.12 Allan Konya (1980)**

Allan Konya, autor de *Design Primer for Hot Climate* (publicado en 1980 por *Architectural Press*), publicó por primera vez la imagen sobre los estudios del viento a escala urbana que se ha convertido en referente y se ha repetido en muchas publicaciones.

### **3.13 Otros investigadores**

Pese a los avances generados por distintos autores en temáticas del viento, los entornos urbanos de fines del siglo XX fueron cambiando significativamente sin considerar las recomendaciones desarrolladas por los expertos respecto a sus diseños y su relación con el microclima. En este sentido, las calles se ensancharon, se eliminaron muchos árboles en función del tráfico y se rompió la continuidad de las fachadas con la aparición de estructuras independientes con su propio acceso al sol y al viento y sus propios sistemas de control climático (Hebbert, y Jankovic, 2011).

Esto fue la tendencia mundial que reconocieron Clive Doucet en Ottawa, Peter Bosselmann en San Francisco y Silvia de Schiller en Buenos Aires. Los efectos fueron la generación de más viento en las calles y el aumento de las temperaturas externas, siendo finalmente menos cómodo para el ciudadano usar los espacios públicos, con lo cual las personas comenzaron a preferir vivir encapsulados, tanto en sus automóviles como en sus departamento, muchos de ellos con aire acondicionado. (Hebbert, y Jankovic, 2011).

*El estudio del confort térmico en la ciudad ha sido una cuestión del máximo interés para numerosos científicos. Y es que, como dijo Manuel de Terán, la ciudad representa 'la forma más radical de transformación del paisaje natural, pues su impacto no se limita a cambiar la morfología del terreno, nuevas construcciones, otro plano y disposición del territorio, ni tampoco la aglomeración humana o mecánica que determina, sino que todo ello modifica las mismas condiciones climáticas y*

ambientales, elevando la temperatura y afectando al régimen de precipitaciones y de vientos. (Tornero et al., 2006, pp. 150-151).

En España se reconoce lo desarrollado por José Fariña Tojo, autor de *La ciudad y el medio natural* (publicado en 1998 por Akal) y *Criterios ambientales en el diseño y la construcción de la ciudad* (publicado en 2003 por la Universidad Politécnica De Madrid); así mismo, destaca el trabajo de Ester Higuera, autora de *Urbanismo Bioclimático* (publicado en 2006 por Gustavo Gili).

A nivel internacional, también han sido publicadas muchas guías de sustentabilidad y diseño urbano en las que se hace mención al manejo y control del diseño en relación al viento, como es el caso de la guía *RUROS* (publicada por el Centre for Renewable Energy Sources and Saving de Grecia en 2002). Durante el 2013 aparece el *Manual de Diseño Bioclimático Urbano: Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*, dirigido por José Fariña Tojo. Este trabajo es el resultado de una asistencia técnica en materia de análisis y diseño bioclimático de los espacios libres realizada por encargo del Instituto Politécnico de Bragança dentro del proyecto BIOURB, en el marco del Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal que se desarrolla con el apoyo de la UE y la cofinanciación comunitaria de Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Programa de Cooperación Transfronteriza Portugal España (POCTEP). El trabajo fue realizado entre 2012 y 2013 por investigadores del GIAU+S de la UPM a través del Instituto Juan de Herrera de la ETSAM (Hernández, 2013, p. 5). En dicho manual se trata significativamente cómo se deben incorporar criterios de viento en el diseño urbano con el fin de mejorar el confort térmico de los espacios públicos. (figura 30)

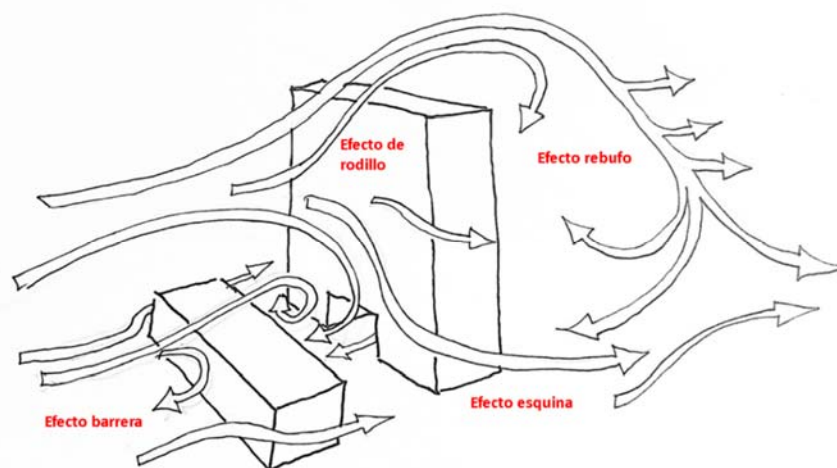


Figura 30: Efectos de la interacción entre el viento y las edificaciones

Fuente: Elaboración propia basado en modelo presente en libro *Manual de Diseño Bioclimático Urbano- Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*.

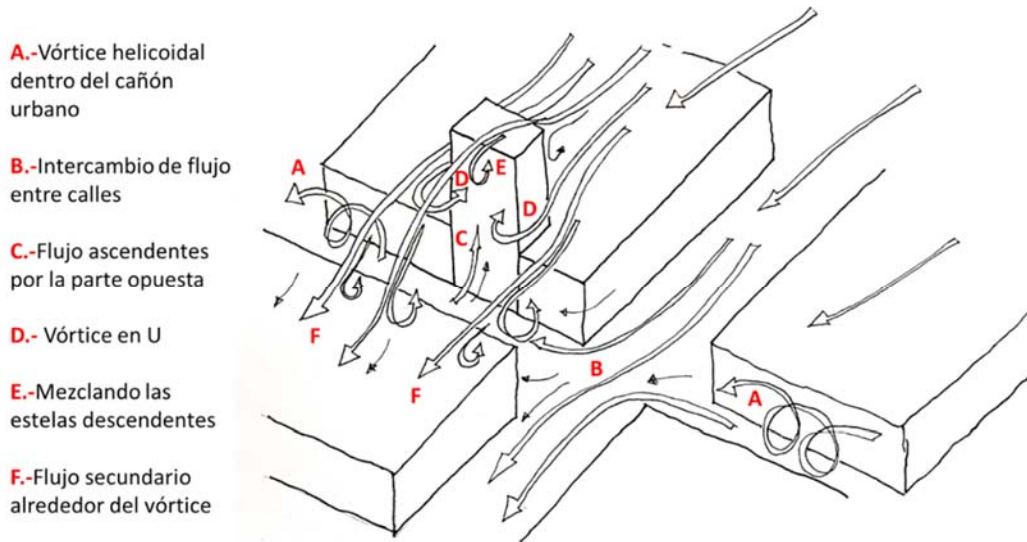


Figura 31: Campo de flujo del viento en una intersección de calles con un edificio alto en la esquina que genera intercambios y mezcla adicionales.

Fuente: Elaboración propia en base al dibujo presente en el documento "Street Design and Urban Microclimate: Analyzing the Effects of Street Geometry and Orientation on Airflow and Solar Access in Urban Canyons. (Shishegar, 2013)

## 4 CONCLUSIONES

El estudio del viento fue avanzando paulatinamente a lo largo de la historia en distintas disciplinas, siendo la primera aquella que lo analizaba a nivel urbanístico, específicamente para determinar el tipo de emplazamiento que debían tener las ciudades

Con el tiempo, distintos personajes de la historia dedicaron sus esfuerzos a comprender mejor el viento, en una segunda etapa como un tema de salud al interior de las ciudades ("higienismo"). Paralelamente, varios inventos como los instrumentos de medición y las nuevas tecnologías permitieron también que la meteorología, y posteriormente la climatología, desarrollaran nuevas líneas de investigación en las que el viento sería uno de los elementos a considerar, impactando significativamente en la bioclimatología y la sensación de confort térmico por parte de las personas. A esta trayectoria se sumaron luego los estudios sobre el viento desarrollados por los ingenieros, quienes ya a fines del siglo XX y comienzos del XXI despliegan una serie de investigaciones centradas en los fenómenos aerodinámicos de los cuerpos romos no fuselados, es decir, los edificios. Estos estudios intentan resolver las incomodidades peatonales cada vez mayores en la medida que las alturas de los edificios crecen y sus formas, orientación y modos de agrupación interfieren con la comodidad de los espacios públicos.

Hoy existen desarrollos de *softwares* que generan simulaciones del viento en diversos contextos edificados, pudiendo controlar variables como la intensidad, dirección y duración. Pese a ello, el viento sigue siendo un fenómeno complejo de estudiar y generar buenos resultados implica altos costos. En la actualidad, los

estudios sobre los vientos urbanos utilizan varios métodos simultáneamente para corroborar los resultados.

Cada vez más, los planificadores de ciudades están incorporando principios de ventilación urbana para mejorar la calidad del aire dentro de los cañones urbanos. También se han incorporado estudios aerodinámicos en el caso de los edificios altos, no solo por razones estructurales, sino también para no producir la incomodidad peatonal que ocasionan las fuertes ráfagas que descienden por las fachadas de los edificios.

Finalmente, los criterios de sustentabilidad y medio ambiente que comandan el diseño urbano del siglo XXI consideran el factor viento como un elemento significativo para el diseño bioclimático de las ciudades.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

Sánchez. M. y Albentosa, L. (1990): *Climatología y medio ambiente*. S.I.: Universitat Barcelona.

Área de gobierno de urbanismo y vivienda de Madrid. (2010). *Plan Castro 150 años. 150 aniversario del Anteproyecto de Ensanche de Madrid*. [Citado el: 11 de julio de 2015.]

<http://www.madrid.es/UnidadWeb/Contenidos/Publicaciones/TemaUrbanismo/PlanCastro/plancastrocorr.pdf>.

Aristóteles. H D P L. (1952): *Meteorologica*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Blanco, C. (2006): Quién es quién, Daniel Bernoulli. *Revista Índice* 19.

Bosselmann, P. (1998): *Representation of Places: reality and realism in city design*. Berkeley: University of California.

Bridges, V. (1968): *Historia de las comunicaciones. Transportes aéreos*. Pamplona: Editorial Salvat.

Bustamante, C., Jans, M. e Higuera, E. (2014). *El comportamiento del viento en la morfología urbana y su incidencia en el uso estancial del espacio público, Punta Arenas, Chile*. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]* 15, pp. 28-33. doi: 10.4206/aus.2014.n15-06

Bustamante, C., Altamirano PKO e Higuera, E. (2013). *Estrategia Metodológica para la Visualización Digital de Patrones Aerodinámicos Presentes en la Morfología Urbana y su Incidencia en el Uso Estancial de los Espacios Públicos*. Sigradi.

Bustamante, C. e Higuera, E. (2013). *Urbanismo aerodinámico: entre lo sólido y lo fluido. Greencities y Sostenibilidad*. Málaga, España.

Castro, C. (1860): *Memoria descriptiva del anteproyecto del ensanche de Madrid*. Madrid: Imprenta de D. José C. de La Peña.

Chueca goitia, F. (1970). *Breve historia del urbanismo*. Madrid: Alianza.

Comisión europea, jrc. (2008): *Lo más destacado del JRC. 50 años de investigación científica*. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.

Conrads, U. y Bullock, M. (1970). *Programmes and manifestoes on twentieth century architecture*. Londres: Lund Humphries.

Le Corbusier. *Carta de Atenas*. [Citado el: 28 de julio de 2015.] <http://www-etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/CartaAtenas.htm>

Costa, X. (1999): *La compulsión por lo limpio en la idealización y construcción de la ciudad contemporánea. Salud y gestión residual en Barcelona: 1849-1936*. s.l. : Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, dirigida por el Prof. Manuel Guardia i Bassols y defendida el 21 de octubre de 1999.



Diccionarios Oxford- Complutense.(1998): *Física*. Madrid : Editorial Complutense.

Galantay, E. Y. (1977). *Nuevas ciudades. De la antigüedad a nuestros días*. Barcelona: Gustavo Gili.

García Chávez, J. R. (2005): *Viento y arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico*. México, D.F.: Trillas.

González del Castillo, H. (1913): *Ciudades jardines y ciudades lineales*. Conferencia organizada por el Congreso de las Ciencias y dada en el Ateneo de Madrid el 20 de junio de 1913. Madrid: Imprenta de la Ciudad Lineal.

Hebbert, M.; Jankovic, V. (2011): *Street Canyons and Canyon Streets: the strangely separate histories of urban climatology and urban design*. s.l. : Climate Science in Urban Design, Working Paper 1. The University of Manchester.

Hebbert, M. y Mackillop, F. (2011): *Urban Climatology Applied to Urban Planning - a knowledge circulation failure?* . s.l.: The University of Manchester. Climate Science in Urban Design, Working Paper 4.

-(2010). *Urban climatology and urban design: a history of failed encounters?* Annual International Conference of the RGS-IBG 2010, Londres.

Hernández, A. (Coord.). (2013): *Manual de Diseño Bioclimático Urbano: Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Braganza: Instituto Politécnico de Bragança.

Higueras, E. (2006): *Urbanismo bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili.

Hipócrates (1868): *The Hippocratic Collection Vol I*. [trad.] C. D. Adams. Nueva York: Dover.

Kim, H. (2014): *Urban Form, Wind, Comfort, and Sustainability: The San Francisco Experience. Doctor of Philosophy Dissertation*. Dept. of City and Regional Planning, University of California, Berkeley.

Klemm, K y Jablonski, M. (2004): Wind speed at pedestrian level in a residential building complex. Plea2004 - *The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Eindhoven, Países Bajos, 19-22 de setiembre de 2004.

Kostof, S. (1991): *The City Shaped - Urban Patterns and Meanings through History*. Londres: Thames & Hudson.

Landsberg, B. (1981): *The urban climate*. Nueva York: Academy Press.

Met office. (2010): *National Meteorological Library and Archive. Fact sheet 6 — The Beaufort Scale*. [Citado el: 8 de julio de 2015.] [http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/b/7/Fact\\_sheet\\_No.\\_6.pdf](http://www.metoffice.gov.uk/media/pdf/b/7/Fact_sheet_No._6.pdf).

Morris, W. s. f. *Noticias de ninguna parte*. Biblioteca Virtual Antorcha. s. f. [Citado el: 2 de setiembre de 2015.]

[http://www.antorcha.net/biblioteca\\_virtual/literatura/morris/2.html](http://www.antorcha.net/biblioteca_virtual/literatura/morris/2.html)

- Oke, T. R. y Grimmod, C. S. B. (1999): Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form. *Journal of applied meteorology*, 38 (9), pp. 1262-1292.
- Parliamentary Papers. (1844): Vol XVII. Minutes of Evidences Taken before the Commissioners of Inquiry into the State of Large Towns and Populous Districts.
- Priyadarsini R. y Wong N. (2005): Parametric studies on urban geometry, airflow and temperatura. *International journal on architectural science*, 6 (3), pp. 114-132.
- Roa Alonso, A. *Los Alisios según Galileo*. s.f. [Citado el: 8 de julio de 2015.] <http://www.divulgameteo.es/uploads/Alisios-Galileo.pdf>.
- Roaf, S., Crichton, D. y Fergus, N. (2005): *Adapting Buildings and Cities for Climate Change: A 21st Century Survival Guide*. Amsterdam: Architectural Press, 2005.
- Rodríguez, V. et al. (2001). *Introducción a la arquitectura bioclimática*. México, D.F.: Limusa.
- Taylor, E. (1950): *Climate in Relation to Planning*. En J. Tyrwhitt (Ed.). *Town and Country Planning Textbook*. Londres: the Architectural Press.
- Terán, F. de (1963). La ciudad y el viento (1): estudio del problema del viento en relación con la disposición de los núcleos urbanos. *Arquitectura*, 48, pp. 39-44.
- Teran, F. de (1989): *El sueño de un orden*. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. MOPU.
- Theodossiou, E., Kanimanis, V. N. y Katsiotis, E. M. (2005): *La Torre dels Vents, Atenes (La Torre de los vientos de Atenas)*. *Revista de la Societat Catalana de Gnomonica*, 52, mayo-agosto de 2005, pp. 11-19.
- Tornero, J., Cueva Pérez, A. y Gómez, F. (2006): Ciudad y confort ambiental. *Cuadernos de Geografía*, 80, pp. 147-182.
- Tsang, C. W.; Kwok, K. C. S. y Hitchcock, P. A. (2009): *Effects of building dimensions and building separations on pedestrian-level wind environment*. EACWE 5. Florencia, 19-23 de julio de 2009.
- Viñas Rubio, José Miguel. (2013): Origen y desarrollos actuales de la predicción meteorológica. *Revista Encuentros Disciplinarios*, 45.
- Vitruvio, M. (1999): *Los 10 libros de arquitectura*. Cáceres: Cicon.
- Worpole, K. (2000): *Here Comes the Sun*. Londres: Reaktion Press.

**LOS CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA.** El Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, lleva publicando desde el año 1993 la revista Cuadernos Investigación Urbanística, (Ci[ur]), para dar a conocer trabajos de investigación realizados en el área del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje. Su objetivo es la difusión de estos trabajos. La lengua preferente utilizada es el español, aunque se admiten artículos en inglés, francés, italiano y portugués.

La publicación presenta un carácter monográfico. Se trata de amplios informes de la investigación realizada que ocupan la totalidad de cada número sobre todo a aquellos investigadores que se inician, y que permite tener accesibles los aspectos más relevantes de los trabajos y conocer con bastante precisión el proceso de elaboración de los mismos. Los artículos constituyen amplios informes de una investigación realizada que tiene como objeto preferente las tesis doctorales leídas relacionadas con las temáticas del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje en las condiciones que se detallan en el apartado "Publicar un trabajo".

La realización material de los Cuadernos de Investigación Urbanística está a cargo del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El respeto de la propiedad intelectual está garantizado, ya que el registro es siempre en su totalidad propiedad del autor y, en todo caso, con autorización de la entidad pública o privada que ha subvencionado la investigación. Está permitida su reproducción parcial en las condiciones establecidas por la legislación sobre propiedad intelectual citando autor, previa petición de permiso al mismo, y procedencia.

Con objeto de verificar la calidad de los trabajos publicados los originales serán sometidos a un proceso de revisión por pares de expertos pertenecientes al Comité Científico de la Red de Cuadernos de Investigación Urbanística (RCi[ur]). Cualquier universidad que lo solicite y sea admitida por el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Universidad Politécnica de Madrid (DUYOT) puede pertenecer a esta red. Su único compromiso es el nombramiento, como mínimo, de un miembro de esa universidad experto en el área de conocimiento del Urbanismo, la Ordenación Territorial, el Medio Ambiente, la Planificación Sostenible y el Paisaje para que forme parte del Comité Científico de la revista y cuya obligación es evaluar los trabajos que se le remitan para verificar su calidad.

A juicio del Consejo de Redacción los resúmenes de tesis o partes de tesis doctorales leídas ante el tribunal correspondiente podrán ser exceptuados de esta revisión por pares. Sin embargo, dicho Consejo tendrá que manifestarse sobre si el resumen o parte de tesis doctoral responde efectivamente a la aportación científica de la misma.

#### **NORMAS DE PUBLICACIÓN**

Las condiciones para el envío de originales se pueden consultar en la página web:  
<http://polired.upm.es/index.php/ciur>

**CONSULTA DE NÚMEROS ANTERIORES/ACCESS TO PREVIOUS ISSUES**

La colección completa se puede consultar en color y en formato PDF en siguiente página web: *The entire publication is available in pdf format and full colour in the following web page:*

<http://polired.upm.es/index.php/ciur>

**ÚLTIMOS NÚMEROS PUBLICADOS:**

**131 José Jorge Peralta Arias:** "Sostenibilidad urbana en el contexto latinoamericano y en el europeo", 128 páginas, agosto 2020.

**130 Álvaro Cerezo Ibarrondo:** "La actuación sobre el medio urbano de regeneración y renovación integrada. El nuevo paradigma de la gestión urbanística en suelo urbanizado" 95 páginas, junio 2020.

**129 Emilia Román López (editora):** "Seminario Internacional. Paisajes culturales de la sal artesanal en España e Iberoamérica. Estrategias e instrumentos para la planificación y gestión del patrimonio cultural [I/II]. II. Sal y cultura", 109 páginas, abril 2020.

**128 Ester Higuera García (editora):** "Seminario Internacional. Paisajes culturales de la sal artesanal en España e Iberoamérica. Estrategias e instrumentos para la planificación y gestión del patrimonio cultural [I/II]. I. Sal y cultura", 86 páginas, febrero 2020.

**127 Eduardo de Santiago Rodríguez e Isabel González García:** "El estado del planeamiento urbanístico municipal en España: Análisis de los instrumentos vigentes y de los municipios sin planeamiento", 82 páginas, diciembre 2019.

**126 Maria do Carmo:** "Cidade e água: Relações entre tipologias de ocupação urbana e recarga de aquíferos", 74 páginas, octubre 2019.

**125 Marta Donadei:** "Aportaciones para la definición de una metodología para la investigación cualitativa en el urbanismo", 77 páginas, agosto 2019.

**124 Marian Simón Rojo, Inés Morales Bernardos, Jon Sanz Landaluze (editores):** "Agroecología y alianzas urbano-rurales frente a la desposesión [I/II]. II. Flujos y redes alternativas en la reconstrucción de las relaciones campo ciudad", 75 páginas, junio 2019.

**123 Marian Simón Rojo, Inés Morales Bernardos, Jon Sanz Landaluze (editores):** "Agroecología y alianzas urbano-rurales frente a la desposesión [I/II]. I. Retos, ausencias y excesos de la planificación espacial", 82 páginas, abril 2019.

**122 Francisco J. García Sánchez:** "Planeamiento urbanístico y cambio climático: la infraestructura verde como estrategia de adaptación", 102 páginas, febrero 2019.

**121 Sara González Moratiel:** "La ciudad y la estética: siete maneras de pensar la belleza", 67 páginas, diciembre 2018.



PROGRAMA OFICIAL DE POSGRADO EN ARQUITECTURA



**XII EDICIÓN DEL MÁSTER UNIVERSITARIO DE PLANEAMIENTO URBANO Y TERRITORIAL (MUPUT)**

**CURSO 2020-2021.**

El Máster Universitario de Planeamiento Urbano y Territorial (MUPUT) es un Máster Oficial de la Universidad Politécnica de Madrid con Mención de Calidad AESOP y Acreditación de Calidad MASH-D renovada en 2019.

El MUPUT es un Máster cuyo objetivo es formar a profesionales en urbanismo frente a los retos de la ciudad actual, bajo los objetivos del desarrollo urbano sostenible (ODS 2015).

Directora: Ester Higuera García

Subdirector: José Miguel Fernández Güell

Secretaría Académica: María Cristina García González

Marketing y comunicación: Emilia Román López

Prácticas profesionales: Sonia De Gregorio

El Plan de Estudios del MUPUT presenta dos especialidades:

**ESPECIALIDAD EN PLANEAMIENTO URBANÍSTICO**, de orientación profesional, que busca dotar de habilidades específicas en el campo del ejercicio práctico de la planificación urbana, cubriendo las necesidades profesionales tanto de organismos públicos como de empresas privadas en materia de planeamiento urbano.

**ESPECIALIDAD EN ESTUDIOS URBANOS**, de orientación académica e investigadora, cuyo objetivo es dotar al alumno del conocimiento que le permita alcanzar un nivel avanzado en la comprensión y análisis del hecho urbano. Este itinerario tiene como objetivo alcanzar los requisitos necesarios para poder ser considerado como periodo de formación de un programa de doctorado.  
Trabajos: <http://polired.upm.es/index.php/territoriosformacion>

A su vez, se estructura en **seis módulos**, articulados de distinto modo (y con una carga específica de asignaturas y créditos) en cada especialidad. Las asignaturas troncales del módulo de Formación Básica en Urbanismo y el Trabajo de Fin de Máster garantizan la adquisición del conjunto de las competencias asociadas al Título. Además, el Máster se caracteriza por tener una optatividad que permite al alumno adaptar su currículum a su perfil de ingreso y a sus intereses científicos y profesionales dentro de las dos especialidades que oferta el Máster. Los esquemas de la estructura de los itinerarios de **Planeamiento Urbano** (perfil profesional) y **Estudios Urbanos** (Perfil investigador) son:



**Profesores que impartirán clase en otoño 2020:**

Alvaro Sevilla, Eva Álvarez, Andrea Alonso, Ester Higuera, Javier Ruiz, Emilia Román, Isabel González y Carmen de Andrés.

**Profesores que impartirán clases en primavera 2021:**

José Miguel Fernández Güell, Álvaro Sevilla, Eva Álvarez de Andrés, José María Ezquiaga, Agustín Hernández Aja, Carmen de Andrés, Llanos Masiá y Álvaro Ardura.

Se dispone de un máximo de **6 prácticas profesionales curriculares** para aquellos alumnos del itinerario de Planeamiento Urbanístico destacados en el cuatrimestre de otoño.

Se dispone de **programa de intercambio Erasmus +** para los alumnos del itinerario de Estudios Urbanos en los siguientes destinos: Universiteit Antwerpen, University of Zagreb, Università degli Studi di Palermo, Università Iuav di Venezia, Universiteit van Amsterdam, Graduate School of Social Sciences, Wrocław University of Science and Technology, Università degli Studi di Napoli "Federico II" y Weimar.

Enlace de interés:  
<https://duyot.aq.upm.es/master/muput>

Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio  
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid  
Universidad Politécnica de Madrid  
Avda. Juan de Herrera nº4, 28040 Madrid  
Tel.: +34 91 336 65 92



**PROFESORADO:**

- Eva Álvarez de Andrés
- Andrea Alonso Ramos
- Carmen de Andrés Mateo
- Álvaro Ardura Urquiaga
- Sonia de Gregorio Hurtado
- José María Ezquiaga Domínguez
- José Fariña Tojo

- José Miguel Fernández Güell
- María Cristina García González
- Belén Gesto Barroso
- Isabel González García
- Agustín Hernández Aja
- Ester Higuera García

- Francisco José Lamíquiz
- Emilia Román López
- Inés Sánchez de Madariaga
- Llanos Masiá González
- Inmaculada Mohino Sanz
- Javier Ruiz Sánchez
- Álvaro Sevilla Buitrago

**ENTIDADES COLABORADORAS:**



ci[ur]

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA



Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España



Ayuntamiento Real Sitio San Fernando de Henares

CONTACTO: [masterplaneamiento.arquitectura@upm.es](mailto:masterplaneamiento.arquitectura@upm.es)

<https://duyot.aq.upm.es/master/muput>

Otros medios divulgativos del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio:

Web del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio: <https://duyot.aq.upm.es/>

Donde figuran todas las actividades docentes, divulgativas y de investigación que se realizan en el Departamento con una actualización permanente de sus contenidos.

# urban

REVISTA del DEPARTAMENTO de URBANÍSTICA y ORDENACIÓN del TERRITORIO  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

## PRESENTACIÓN SEGUNDA ÉPOCA

**DESDE** el año 1997, **URBAN** ha sido vehículo de expresión de la reflexión urbanística más innovadora en España y lugar de encuentro entre profesionales y académicos de todo el mundo. Durante su primera época la revista ha combinado el interés por los resultados de la investigación con la atención a la práctica profesional, especialmente en el ámbito español y la región madrileña. Sin abandonar dicha vocación de saber aplicado y localizado, la segunda época se centra en el progreso de las políticas urbanas y territoriales y la investigación científica a nivel internacional.

## CONVOCATORIA PARA LA RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS:

**Urban mantiene abierta una convocatoria permanente para la remisión de artículos de temática relacionada con los objetivos de la revista: Para más información:**

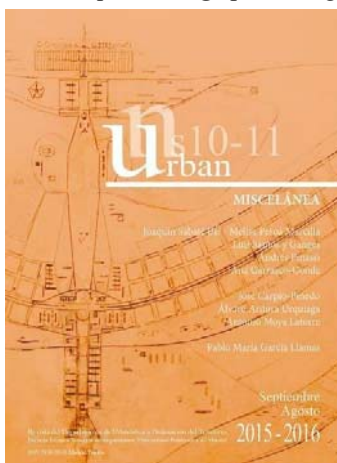
<http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/institucional/publicaciones/urban/ns/instrucciones-paraautores/>

Por último, se recuerda que, aunque La revista **URBAN** organiza sus números de manera monográfica mediante convocatorias temáticas, simultáneamente, mantiene siempre abierta de forma continua una convocatoria para artículos de temática libre.

## DATOS DE CONTACTO

Envío de manuscritos y originales a la atención de Javier Ruiz Sánchez:

urban.arquitectura@upm.es Página web: <http://polired.upm.es/index.php/urban>



# territorios en formación



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA

*Territorios en formación* constituye una plataforma de divulgación de la producción académica relacionada con los programas de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM–UPM proporcionando una vía para la publicación de los artículos científicos y los trabajos de investigación del alumnado y garantizando su excelencia gracias a la constatación de que los mismos han tenido que superar un tribunal fin de máster o de los programas de doctorado del DUyOT.

Así, la publicación persigue dos objetivos: por un lado, pretende abordar la investigación dentro del ámbito de conocimiento de la Urbanística y la Ordenación del Territorio, así como la producción técnica de los programas profesionales relacionados con ellas; por otro, promueve la difusión de investigaciones o ejercicios técnicos que hayan sido planteados desde el ámbito de la formación de postgrado. En este caso es, principalmente, el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio el que genera esta producción, gracias a la colaboración con la asociación Ne.Re.As. (Net Research Association / Asociación Red Investiga, asociación de investigadores de urbanismo y del territorio de la UPM), que, por acuerdo del Consejo de Departamento del DUyOT, es la encargada de la edición de la revista electrónica.

## DATOS DE CONTACTO

<http://polired.upm.es/index.php/territoriosenformacion>

