



PROPUESTA DE UN METODO PARA ANALIZAR LAS CONDICIONES MICROCLIMATICAS EN ESPACIOS URBANOS

Maria Jose Leveratto*

Centro de Investigacion Habitat y Energia, Universidad de Buenos Aires

CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal, Argentina

fax: 54 11 4 778 1855

e-mail: ferpont@lvd.com.ar

RESUMEN *Este trabajo presenta un metodo de analisis bioclimatico que permite comprender la influencia de diferentes decisiones de diseño arquitectonico en la calidad ambiental de los espacios exteriores urbanos. Para ello se identifican tres variables altamente relacionadas con el trabajo de arquitectos y planificadores, estas son: el tipo de superficies que conforman el espacio, la geometria y la vegetacion. Las variables se estudian en relacion a su capacidad de brindar proteccion y/o acceso a sol, proteccion de viento y/o acceso a brisas, enfriamiento evaporativo, inercia termica y radiacion hacia el cielo. Teniendo en cuenta estas estrategias, se definen que atributos de las variables propuestas se relacionan con el diseño arquitectonico del espacio, y estos se cuantifican utilizando herramientas simples y accesibles con el objetivo de proponer una metodologia util a la practica profesional. El método se ejemplifica y testea aplicandolo a un caso, a partir de lo cual pueden señalarse aciertos y limitaciones de este tipo de analisis.*

ABSTRACT *This paper presents a method to analyze bioclimatic conditions in urban areas. The objective is to understand the influence of different design decisions in the microclimate and the environmental quality of outdoor spaces in cities. Taking into account that architects and planners do not easily have access to sophisticated methods for climatic analysis, this study avoids the use of complex tools to quantify attributes. Three design variables, strongly related to the work of designers, are identified; they are surface type, geometry and vegetation. They are evaluated according to their capacity to provide solar access, sun protection, wind protection, access to breezes, sky radiation, evaporative cooling and thermal mass. To exemplify and test the method, a case study is used, highlighting problems and design opportunities.*

Muchos autores consideran que para definir la personalidad y vitalidad de una ciudad es más importante el diseño del espacio vacío entre edificios que el del espacio construido. (Bacon 1981; Lynch y Hack 1985; Lennand 1995). La calidad, cantidad y forma de uso de estos espacios urbanos se determina, en gran parte, por sus condiciones microclimáticas. A pesar de ello, arquitectos y urbanistas suelen desconocer la importante influencia de decisiones de diseño como el tipo de superficies a utilizar, la geometría del espacio, la presencia o no de vegetación, etc. en las condiciones bioambientales de espacios exteriores. Esto puede atribuirse, al menos en parte, a la falta de herramientas que permitan visualizar estos efectos, tanto en proyectos como en obras construidas, de manera rápida y clara.

El objetivo de este estudio es proponer y testear un método que facilite comprender la relación existente entre calidad microclimática y diseño, utilizando herramientas comunes y accesibles que faciliten su aplicabilidad entre arquitectos, planificadores y diseñadores urbanos.

El análisis se concentra en espacios que tienen un uso cotidiano y que son comunes a la mayoría de las ciudades como calles, avenidas o bulevares, plazas, pequeños parques, jardines o inclusive espacios de estacionamiento.

2 Método de análisis

Analizando estudios previos sobre el tema, es posible identificar que variables han sido introducidas por la urbanización, modificando el entorno físico respecto a una situación pre-urbana o rural. Entre estas pueden definirse las más relevantes con relación al trabajo de los distintos diseñadores del espacio. Ellas son: el tipo de superficies utilizadas, la geometría del entorno construido y la vegetación.

La tabla que se presenta a continuación resume el tipo de análisis propuesto, donde se define en base a que atributos se valuará cada variable y la relación existente entre estos y siete estrategias bioclimáticas de diseño que posibilitan mejorar las condiciones ambientales de espacios exteriores urbanos.

Tabla 1. Relación entre estrategias de diseño y atributos de variables.

| | | |
|--|--|---|
| Acceso solar | | |
| 1. Geometría <i>Perfil urbano</i> <i>Radiación solar</i> | 2. Vegetación <i>Coeficiente de Sombra</i> | 3. Superficie <i>Albedo</i> |
| Protección solar | | |
| 1. Geometría <i>Perfil urbano</i> <i>Radiación solar</i> | 2. Vegetación <i>Forma</i> <i>Tipo</i> <i>Periodo de foliación</i> <i>Coeficiente de sombra</i> | 3. Superficie <i>Albedo</i> |
| Protección de vientos | | |
| 1. Geometría <i>Velocidad de viento</i> <i>Sombra de viento</i> | 2. Vegetación <i>Forma</i> <i>Tipo</i> <i>Periodo de foliación</i> | 3. Superficie |
| Acceso a brisas | | |
| 1. Geometría <i>Velocidad de viento</i> <i>Sombra de viento</i> | 2. Vegetación <i>Forma</i> <i>Tipo</i> <i>Periodo de foliación</i> | 3. Superficie <i>Albedo</i> |
| Radiación hacia el cielo | | |
| 1. Geometría <i>Perfil urbano</i> <i>Factor de visión del cielo</i> <i>Radiación solar</i> | 2. Superficie <i>Admitancia térmica</i> <i>albedo</i> | 3. Vegetación <i>Coeficiente de sombra</i> |
| Refrescamiento evaporativo | | |
| 1. Superficie <i>Tipo</i> | 2. Vegetación <i>Periodo de foliación</i> <i>Forma</i> | 3. Geometría <i>Radiación solar</i> <i>Velocidad de viento</i> |
| Inercia térmica | | |
| 1. Superficie <i>Admitancia térmica</i> | 2. Geometría <i>Perfil urbano</i> | 3. Vegetación <i>Coeficiente de sombra</i> |

| | | |
|---------------|----------------------------|--|
| <i>Albedo</i> | <i>Radiación solar</i> | |
| | <i>Velocidad de viento</i> | |
| | <i>Sombra de viento</i> | |

Arquitectos, planificadores y diseñadores urbanos interesados en diseñar espacios exteriores bioclimáticos no cuentan, en general, con materiales y técnicas que les permitan medir en forma directa y rápida el impacto de sus proyectos en las condiciones del sitio. El desafío del método propuesto consiste en poder brindar estimaciones útiles en el proceso de diseño, trabajando con herramientas accesibles a un estudio de arquitectura tradicional.

Para determinar valores de albedo y admitancia térmica de materiales (atributos relacionados con la variable "superficies") se propone utilizar datos ya existentes, agrupados en tablas, compilados en base a mediciones realizadas por diferentes autores (Taha et al. 1988, Marcus et al. 1985, Oke 1987, Brazel y Marcus 1986). Para valuar el coeficiente de sombra de la vegetación se trabaja también con tablas existentes (McPherson 1984) que, aunque reúnen una limitada cantidad de especies, permiten visualizar la capacidad de distintos tipo de arboles de brindar sombra en diferentes periodos del año.

Los estudios de volumetría y recorridos del sol se grafican con el programa de dibujo FormZ, especificando la altura y azimuth solar, o seleccionando la localidad correspondiente entre las casi 500 ciudades disponibles en la biblioteca del programa (Form-Z JS PPC V2.9.5).

Las estimaciones en cuanto a velocidad, dirección y sombra de viento se definen en base a estudios previos en los que diferentes autores, determinan parámetros característicos de recorrido y velocidad estimada de viento para volumetrías típicas (Parmelee 1970, Oke 1984, Oke 1987, Bang et al 1994, Arens y Bosselman 1996, Steemers et al 1996). La validez de estas aproximaciones puede ser discutida y en ciertos casos debería complementarse con, por ejemplo, mediciones en túnel de viento. Aunque investigadores como Penwarden y Wise (Cohen et al 1977) consideran a este tipo de estimaciones suficientes para predecir efectos generales de viento en zonas urbanas. Debe tenerse en cuenta también que, dada la complejidad del movimiento del aire en las capas bajas de la atmósfera, especialmente en zonas urbanas, tanto estudios en túnel de viento como modelos matemáticos deberían ser confrontados con suficientes datos de mediciones in situ para su real validación.

Otros atributos, como el perfil urbano, la cantidad, forma y características de la vegetación, se miden utilizando sistemas comunes a la formación de arquitectos y diseñadores, como por ejemplo el dibujo en escala, la fotografía o las estimaciones visuales.

3 Aplicación del método

Este método de análisis bioclimático se aplica a un caso construido en la ciudad de Phoenix, Arizona, USA, con el objeto de testear la propuesta, evaluar resultados y determinar potencialidades y limitaciones de las herramientas utilizadas. El ejemplo es un pequeño espacio de estacionamiento en el centro de la ciudad. Ha sido elegido por

su geometría y escala relativamente simple y su representatividad en cuanto a tipologías comunes a centros urbanos.

Para determinar las estrategias de diseño que deberían implementarse para mejorar las condiciones bioclimáticas del espacio en estudio se utiliza el método clásico de análisis de clima propuesto por Olgay (Olgay 1963). Una vez definidas las estrategias, que para el caso de Phoenix (34° Latitud Norte), con un clima cálido seco incluyen principalmente la protección solar en los meses cálidos, promover el refrescamiento evaporativo, la irradiación de calor hacia el cielo y el acceso a brisas, en los periodos fríos es importante garantizar un buen asoleamiento y promover la acumulación de calor en materiales de alta inercia térmica. En base a estos requerimientos, se analizan las distintas superficies, volumetrías y vegetación del espacio aplicando los métodos descritos en el punto anterior. En la figura 1 se representan, a modo de ejemplo, las condiciones de asoleamiento del espacio para un día típico de verano (15 de Julio) e invierno (15 de enero), utilizando el programa FormZ.

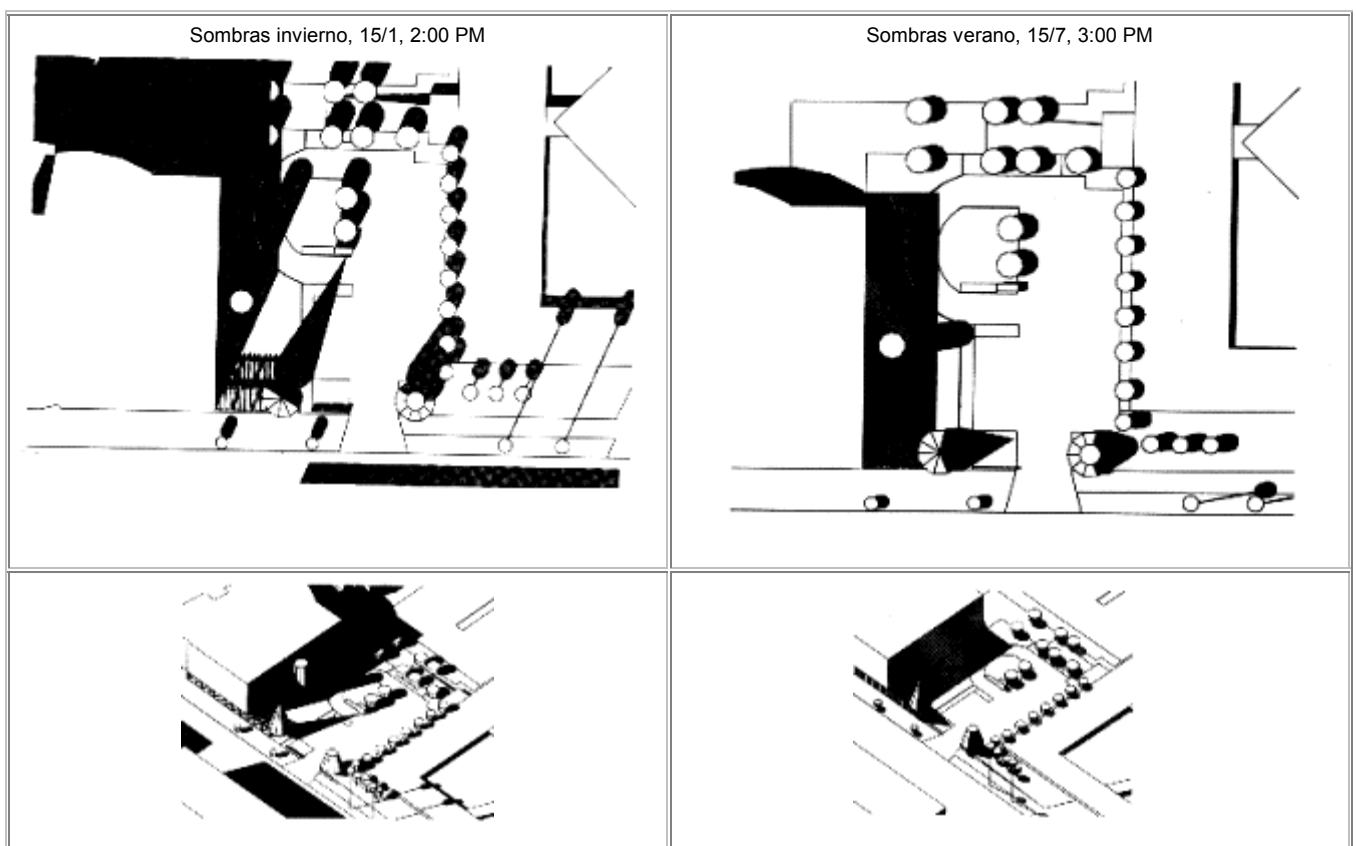


Gráfico 1. Condiciones de asoleamiento en invierno y verano

Estos estudios muestran que gran parte de las superficies que conforman el espacio, especialmente las horizontales, reciben mucha radiación solar directa durante los meses cálidos. Es importante destacar además que las superficies asfaltadas (con un valor de albedo de 0.10 y gran inercia térmica), son las que reciben mayor porcentaje de radiación: el 15 de julio a las 3 PM el 87% de las superficies asfaltadas reciben sol. Las superficies con pasto, por el contrario, solo reciben sol directo en un 29 %. Esto significa que, si bien el espacio cuenta con vegetación y recibe sombras de los edificios que lo conforman, el diseño y distribución de usos favorece el sobrecalentamiento de superficies y la acumulación de calor. Por el contrario en los meses fríos del invierno, las condiciones de asoleamiento son mejores, ya que el perfil o cañón urbano es bajo

(h/a). También se desprende de este análisis que las superficies cubiertas con pasto - que deberían recibir sol directo para permitir actividades al aire libre- se encuentran en sombras en mas de un 50% a partir de las 2 PM. Analisis similares pueden realizarse para las superficies verticales, cuya ubicación e influencia relativa se muestran en el gráfico siguiente.

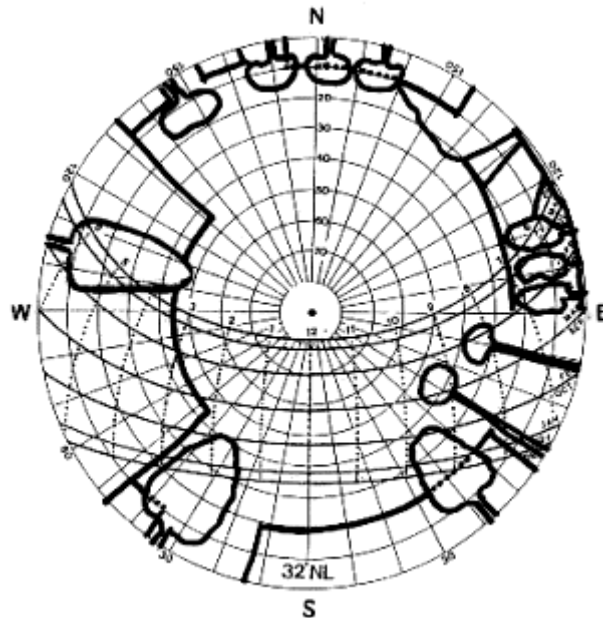


Figura 2. Bóveda celeste, obstáculos y recorrido del sol en el espacio de estudio

La visión tipo "ojo de pescado" de un punto central en el sitio, junto con los estudios previos de asoleamiento, permite observar que la superficie vertical de mayor influencia en las condiciones del espacio es un muro de ladrillos ubicado al Oeste, que no cuenta con suficiente protección solar en verano. El único árbol existente protegiendo ese muro del sol bajo matinal, es de foliación perenne, lo que disminuye el acceso de sol invernal y luz natural en el edificio adyacente. Puede observarse también, la escasez de especies vegetales como la palmera -de tronco alto, delgado y copa con buen coeficiente de sombra- que protegería del sol de verano a las superficies asfaltadas sin dificultar el acceso vehicular.

En las estrategias de diseño planteadas se definió que, aunque no se requería protección de viento en los meses mas fríos, el poder aprovechar las brisas frescas en verano mejoraría el microclima del sitio. El gráfico 3 muestra las condiciones de viento estimadas para los meses de verano, teniendo en cuenta que la volumetría del área urbana es homogénea, de baja altura y que en general las velocidades de viento son bajas.

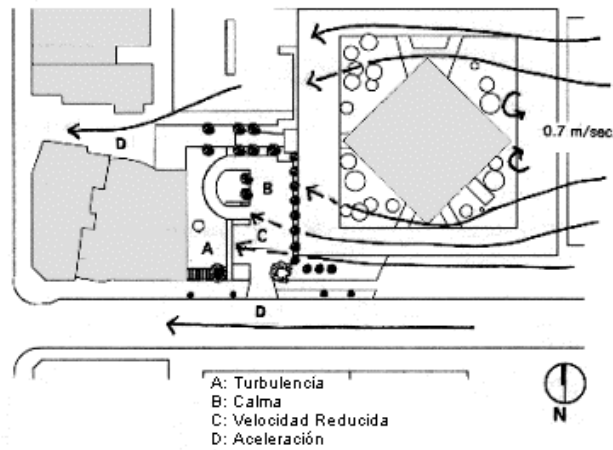


Gráfico 3. Condiciones de viento en el espacio de estudio

Si bien las condiciones graficadas son estimativas, puede señalarse que el potencial refrescamiento por brisas en el sitio es muy limitado. Las formas y características del entorno no favorecen la aceleración del aire y la presencia de barreras de vegetación coincidente con la dirección de viento disminuye aun mas esta potencialidad. La estrategia de enfriamiento por refrescamiento evaporativo no se encuentra aprovechada, ya que el espacio no cuenta con fuentes u otras superficies de agua y la vegetación es escasa.

Se destaca la presencia de gran cantidad de superficies con alta inercia térmica, de colores oscuros (asfalto, ladrillo) y bajo valor de albedo, expuestas a radiación solar en verano. Esto favorece la formación de islas de calor, desconfort en verano y mayor consumo de energía para refrescamiento.

En otro sentido, el sitio tiene buena capacidad de irradiar energía hacia al cielo, ya que tiene un factor de visión al cielo (sky view factor) de 0.88 . Aunque este valor es alto, comparado con el de otros centros de ciudades donde es de alrededor de 0.50 (Yamashita 1986), debe destacarse que la capacidad de enfriamiento urbano por irradiación al cielo es modesta, en comparación con la cantidad de energía que reciben las superficies del sol (Cook 1989).

4 Conclusiones

A partir de este tipo de estudios, se elaboraron recomendaciones de diseño tendientes a mejorar la calidad Bioclimática del espacio. Es importante señalar que muchas de estas no se hubieran detectado, ni justificado, sin la aplicación del método de analisis propuesto en este trabajo. Las herramientas utilizadas fueron relativamente simples y accesible, aunque se considera que, en algunos casos, el tiempo requerido para valuar atributos de variables fue excesivo, lo que limita su aplicabilidad. Esto podría superarse implementando sistemas de analisis informatizados y reemplazando herramientas manuales por imágenes digitalizadas o inclusive diferentes lentes fotográficos o instrumentos como el "Instrumento de Medición de Asoleamiento Potencial" (IMAP), que disminuirían en tiempo y cantidad los cálculos geométricos y dimensionamiento de superficies.

Debe mencionarse también que la información disponible, especialmente en cuanto valores de albedo de superficies urbanas, admitancia térmica y coeficientes de sombra de vegetación, es escasa. Faltan también estudios comparativos que permitan validar el uso de parámetros predictivos sobre las condiciones de viento en zonas urbanas para su aplicación en proyectos.

Finalmente se considera que, este tipo de metodología de análisis microclimático debería aplicarse a mayor cantidad de ejemplos, en distintos climas y con otras características urbanas. Esto permitiría testear la propuesta en otras condiciones culturales, arquitectónicas y urbanísticas y obtener mayor información en cuanto a su utilidad, limitaciones y potencialidades bajo diferentes condiciones de diseño.

5 Referencias Bibliográficas

Yamashita, S, et al. (1986): *On Relationships between Heat Island and Sky View Factor in the Cities of Tama River Basin, Japan*, *Atmospheric Environment* 20, 4 pp. 681-686.

Cook, J., editor. (1989): *Passive Cooling*, The MIT Press, Cambridge.

Arens, Edward and Peter Bosselman (1996): *Wind, Sun and Temperature-Predicting the Thermal Comfort of People in Outdoor Spaces*, *Building and Environment* 24, 4 pp. 315-320.

Bang, Borre, et al (1994): *Computer Simulation of Wind Speed, Wind Pressure and Snow Accumulation around Buildings (SNOW-SIM)*, *Energy and Buildings* 21 pp. 235-243.

Givoni, B. (1981), *Man, Climate and Architecture*. 2nd edition, Van Nostrand Reinhold, New York:.

Oke, T. R. (1984), *Towards a Prescription for the Greater Use of Climatic Principles in Settlement Planning*, *Energy and Building* 7: pp.1-10.

Oke, T. R. (1987), *Boundary Layer Climates*, Methven, New York.

Olgay, V. y Olgay A, (1963), *Design with Climate*, Princeton University Press, New Jersey.

Parmelee, R., editor (1970), *Wind Effect on High-rise Buildings*, Proceedings of the Chicago Design Symposium, Northwestern University Press, Evanston.

Stemmers, K. Et al. (1996), *Urban Design: Microclimate, Buildings and Energy*, en Plea 96 Conference Proceedings. Andre De Herde, editor, Louvain-la-Neuve, Belgium, pp. 331-336.