

# 18

Vol.

Nro. 2 REVISTA DE ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
de Colombia

Vigilada Mineducación

• Revista de Arquitectura • Vol.18 Nro. 2 julio-diciembre 2016  
• pp. 1-136 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X  
• Bogotá, Colombia

Revista de Arquitectura

# Acceso solar en la arquitectura y la ciudad

## Aproximación histórica

Ricardo Franco-Medina, Pedro Juan Bright-Samper

Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá (Colombia)

Franco-Medina, R. & Bright-Samper, P. (2016). Acceso solar en la arquitectura y la ciudad. Aproximación histórica. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 95-106. doi:10.14718/RevArq.2016.18.2.9



<http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.9>

### Ricardo Franco-Medina

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia (Colombia). Especialista en Gerencia de Diseño, Universidad Jorge Tadeo Lozano (Colombia).

Máster en Arquitectura, Energía y Medio ambiente, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona (España).

Docente de tiempo completo e investigador en el área técnica del Programa de Arquitectura. Investigador asociado al grupo "Proyecto arquitectónico y ciudad", Universidad Jorge Tadeo Lozano (Colombia).

#### Publicaciones:

(2007). *Estructuras adaptables*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

(2010). *Hacia una arquitectura móvil*. Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano.

(2016). *20 maneras de transformar un cubo*. Bogotá: Publicación independiente.

<http://orcid.org/0000-0002-0310-9680>

[ricardo.franco@utadeo.edu.co](mailto:ricardo.franco@utadeo.edu.co)

### Pedro Juan Bright-Samper

Arquitecto, Universidad Nacional de Colombia (Colombia).

Magíster en Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia (Colombia).

Candidato a Doctor en Arte y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia (Colombia).

Profesor Asociado, Programa de Arquitectura, Universidad Jorge Tadeo Lozano (Colombia).

<http://orcid.org/0000-0002-2796-792X>

[pedro.bright@utadeo.edu.co](mailto:pedro.bright@utadeo.edu.co)

## Introducción

El concepto de acceso solar nace en Estados Unidos a finales de la década de los setenta como una manera de proteger legalmente la disponibilidad de la luz, la captación y el uso de la energía solar por parte de los dueños de un edificio, con el objeto de garantizar así el acceso a la energía solar tanto en el tiempo presente como en el futuro. La captación, el uso y el aprovechamiento de la energía solar adquieren cada día una importancia vital en la arquitectura y la ciudad contemporánea, este aprovechamiento contribuye a la reducción de las altas emisiones de CO<sub>2</sub>. Con el objeto de hacer un aporte a la discusión, este artículo pretende: indagar, desentrañar y exponer el concepto de acceso solar a través de una revisión histórica, con diversos ejemplos arquitectónicos que exponen algunas maneras de beneficiarse y sacar provecho de la energía solar por medio de la ordenación y orientación de la forma.

Esta revisión histórica hace parte de los resultados de la tesis: "Estudio comparativo de acceso solar por el método descriptivo entre las ciudades: Jerusalén, Israel (31°46' Norte) y Bogotá, Colombia (4°38' Norte)" (Franco Medina, 2013-2014) realizado en el marco del Máster Arquitectura, Energía y Medio ambiente, cursado entre los años 2013-2014 en la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España; apoyado económica, académica e institucionalmente por la Universidad Jorge Tadeo Lozano y a su vez constituye el estado del arte del proyecto de investigación: "Estudio de acceso solar para el barrio Las Nieves", del Programa de Arquitectura de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, cuya hipótesis es: la energía solar, más que otra energía renovable, tiene una relación directa con la forma, la habitabilidad, el confort, la ordenación volumétrica de nuestros edificios, sus separaciones, alturas y retrocesos. Por tanto, si un edificio cuenta con acceso solar, esta energía se puede aprovechar e integrar en la edificación a través de sistemas activos o pasivos con el objeto de reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y su demanda energética, procurando una dimensión sostenible en la arquitectura. "El empleo de la energía solar como fuente primaria para la vida

## Resumen

En este artículo se aborda el concepto de acceso solar en la arquitectura y la ciudad a través de diversos ejemplos históricos y aplicaciones. La primera parte establece la importancia del acceso a la energía solar, define el concepto de acceso solar, y describe y establece sus determinantes. La segunda parte hace una revisión histórica del concepto de acceso solar en la arquitectura y la ciudad, para esto se han establecido cuatro grandes períodos que exponen las diversas relaciones entre la arquitectura, la ciudad y el sol en diferentes períodos de la historia. El primero, el período antiguo, está estrechamente relacionado con la orientación y el aprovechamiento pasivo de la energía solar. El período posindustrial vincula la salud de las personas con el disfrute del sol. El tercer período, las aproximaciones geométricas, surge como respuesta a la crisis energética de la década de los setenta, este período vincula los conceptos de la envolvente solar y de calidad de vida; por último, el período de cuantificación del acceso solar, el cual centra su atención en la manera de cuantificar dicho acceso en un método unificado que reúne dos parámetros de medición: la radiación directa y la radiación difusa.

**Palabras clave:** sol y arquitectura, derechos solares, morfología urbana, energía y sol, envolvente solar.

## Solar access in architecture and the city. Historical approach

### Abstract

This article examines the concept of solar access in architecture and the city through various historical examples and applications. The first part of the article establishes the importance of access to solar energy; it also defines the concept of solar access, while describing and establishing its determinants. The second part offers a historical review of the concept of solar access in architecture and the city; to this effect, four great periods have been established, which present the diverse relationships among architecture, city, and sun in different historical periods. The first one, the ancient period, is closely related to the orientation and passive use of solar energy. The postindustrial period links people's health to enjoying sunlight. The third period—geometric approximations—emerges as a response to the energy crisis of the 1970s; this period links together the concept of solar envelope and the concept of quality of life. Finally, the period of quantification of solar access focuses on ways of quantifying solar access in a unified method that brings together two parameters of measurement: direct radiation and diffuse radiation.

**Keywords:** Sun and architecture, urban morphology, energy and sun, solar envelope.

Recibido: febrero 15/2016

Evaluado: septiembre 14/2016

Aceptado: septiembre 27/2016

humana en las ciudades, requiere de una condición espacial: el acceso solar, pues sin ella no es viable alcanzar una dimensión de la sostenibilidad urbana" (Cárdenas y Uribe, 2012).

### **Acceso solar: el porqué de su importancia**

La energía solar es esencial para la subsistencia de la vida en el planeta Tierra. La energía que desprende el Sol es la fuente de luz para nuestra visión, es la fuente constante y gratuita de radiación y calor que mantiene y alimenta la vida en nuestro planeta. La luz solar que atraviesa la atmósfera y llega a la corteza terrestre provee un ritmo a nuestras vidas, sus movimientos informan a nuestra percepción el transcurrir del tiempo en el espacio, la alternancia día-noche, el cambio de estaciones, las épocas de siembra y cosecha, entre otros cambios.

El acceso garantizado a la energía solar es, por tanto, primordial para el sostenimiento y la salud de nuestras vidas. Sin este acceso nos enfrentaríamos a la incertidumbre y la desorientación; nuestro metabolismo se perturbaría, nos enfrentaríamos a un desequilibrio hormonal y psíquico. De acuerdo con Partonen y Pandi-Perumal (2010), muchas de las funciones endocrinas del cuerpo humano están guiadas por el ritmo circadiano, es decir, el ciclo día (luz), noche (oscuridad); la alteración de este ritmo perturba el funcionamiento normal del organismo. Existen dos efectos muy conocidos de la afectación al ritmo circadiano: el *jet lag* y la alteración del sueño. Este ritmo es el encargado de regular en el cuerpo humano el ciclo sueño-vigilia, las secreciones hormonales, la temperatura del cuerpo, la actividad cardiovascular y el metabolismo en general. En la actualidad, existe un aumento de enfermedades que están relacionadas con alteraciones del ritmo circadiano: obesidad, migrañas, depresión, cáncer, dificultades locomotoras, ceguera, fallas en la memoria, ataxia cerebral, entre otras.

En la naturaleza abundan ejemplos de plantas y animales que deben su supervivencia en gran medida a la exposición al sol. El concepto de acceso solar es una abstracción generalizada (Knowles, 2003); si observamos detenidamente nuestro mundo construido nos daríamos cuenta de que nuestras ciudades no siguen el ejemplo de la naturaleza en este sentido (el de la búsqueda de sol para sobrevivir). Algunas de nuestras

edificaciones contemporáneas son indiferentes al medio, a la orientación y a la exposición al sol.

Nuestras ciudades modernas, puntos focales del desarrollo y la interacción social, cultural, política y económica son las responsables de altos consumos energéticos; de acuerdo con Edwards (2008), el 75 % de la demanda total de energía es consumida en centros urbanos. Según el Banco Mundial, hoy día las ciudades son el hogar del casi el 50 % de la población mundial (en la Unión Europea está cifra supera el 80%). Junto con esta concentración, y la emigración de las zonas rurales, llegó el creciente consumo energético y, en consecuencia, las altas cifras de emisiones de CO<sub>2</sub>; actualmente, las ciudades son responsables del 75-80 % del total de emisiones de CO<sub>2</sub> que produce el hombre y constituyen la principal causa del calentamiento global (p. 6).

El acceso solar ha estado como tema de discusión desde 1970 en Norteamérica, fue con la crisis energética de esta década que nos fijamos en el sol como fuente de energía primaria para solventar la crisis, esta mirada pretendía desarrollar una alternativa a los suministros inciertos de combustibles fósiles y sus consecuencias como la contaminación y el calentamiento global. Recientemente, con el deterioro del medio ambiente urbano, el acceso solar cobró importancia ya que un acceso garantizado al sol mejora la calidad de vida de las personas que habitan grandes centros urbanos. Ya sea para la generación de energía limpia o para mejorar la calidad de vida de las personas, "el acceso solar sigue siendo un ámbito de la política pública en la que el objetivo primordial es regular cómo y cuándo los vecinos pueden dar sombra unos a otros" (Knowles, 2003, p. 25).

### **El concepto de acceso solar**

McCann (2008) define el acceso solar como: la continua disponibilidad de luz solar directa que posee una edificación y sin obstrucción de otra de propiedad (edificios, vegetación u otro impedimento). Este acceso solar se calcula con el diagrama de trayectoria solar para cada edificación.

Inicialmente, este concepto estaba circunscrito a la academia y la investigación en Norteamérica pero, posteriormente, al finalizar la década de los setenta (en 1978) se convirtió en un mecanismo legal que protege el acceso solar y su aprovechamiento a los propietarios de una

edificación. Actualmente, en Estados Unidos, 34 de los 50 estados que conforman la Unión poseen reglamentaciones sobre servidumbres y derechos solares, los otros 16 estados tienen políticas energéticas favorables a la captación y aprovechamiento de la energía solar, como por ejemplo, Illinois, Texas, Vermont, Pennsylvania y Connecticut (Muller, 2009, p. 1).

## Determinantes del acceso solar para una edificación y un entorno urbano

Según De Decker (2012), el acceso solar a un edificio en particular está determinado por cuatro factores: la latitud, la pendiente del terreno donde está asentado, su forma y la orientación.

El acceso solar para una ciudad (o cualquier otro entorno urbano) se encuentra determinado por siete factores: los cuatro anteriores, además de la altura de las edificaciones, la proporción de las calles y la orientación de las mismas.

## Descripción del acceso solar

Según Muller (2009), con el objeto de aprovechar la energía del sol, el dueño de una propiedad debe tener acceso a la luz solar, y el derecho a instalar un sistema captador de energía solar que convierta dicha luz en energía utilizable. En consecuencia, la consideración del acceso solar en Estados Unidos está dividida en dos categorías: las servidumbres solares (Solar Easement Law, 1976), que se ocupan del acceso a la luz solar, y los derechos de solares (Solar Rights Act, 1978), que se refieren al derecho a instalar un sistema captador de energía solar.

La servidumbre solar es una ordenanza que proporciona a los propietarios de un edificio la oportunidad de proteger el acceso solar tanto en el momento presente como en el futuro, a través de una servidumbre negociada previamente con los vecinos y demás propietarios. Tal servidumbre vincula al espacio de aire que existe por encima de una edificación o un terreno con un derecho de propiedad, mediante el cual el propietario puede disfrutar de la luz solar.

Con este derecho de propiedad se controlan las obstrucciones que provengan de edificaciones vecinas, todo esto a través de una escritura que especifica: alturas máximas, ángulos de incidencia y los diferentes acuerdos a los que

lleguen la partes, así como indemnizaciones en caso de incumplimientos.

La ley de derechos solares es el complemento práctico a la ley de servidumbres solares, ya que reconoce el derecho a los propietarios de una edificación a instalar sistemas captadores de energía solar, así como hacer uso y aprovechamiento de esta energía.

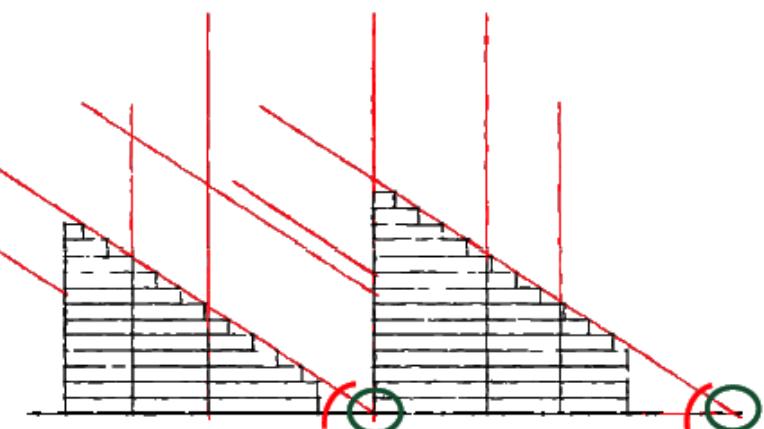
## Los dos grandes enfoques de las reglamentaciones

En el mundo, muchas ciudades ya han comenzado a reglamentar los lineamientos para proteger los derechos solares, tanto para las personas, las edificaciones, como para el espacio público. Es así como en Nueva York, Toronto, San Francisco y Tel Aviv, la reglamentación posee un claro sesgo público, la cual en primera medida defiende el acceso solar para los espacios públicos, parques, pasajes y calles.

En otras ciudades se han definido normas para garantizar el pleno uso y aprovechamiento de la energía solar en las propiedades privadas (de manera activa o pasiva). La aplicación de las normativas varía de enfoque de una ciudad a otra. Según Capeluto, Yezioro, Bleiberg y Shaviv (2006) existen dos grandes enfoques:

- El método de actuación define unos requisitos básicos que deben ser cumplido, como, por ejemplo: el número de horas mínimas de asoleación necesarias para el 21 de diciembre para latitudes superiores a 30° localizadas en el hemisferio norte.
- El otro método es descriptivo (Figura 1), el cual establece las alturas máximas a los edificios con el objeto de no causar obstrucciones a otras edificaciones o espacios públicos,

Figura 1. Ejemplo del método descriptivo  
Fuente: Capeluto et al. (2006, p. 6).



este método se establece con el ángulo del sol en el periodo más crítico: el invierno; en este, la geometría y la proyección de sombras buscan establecer las alturas máximas de los edificios para que estos no obstruyan el acceso solar a otras edificaciones existentes o no.

La tarea de realizar una revisión histórica del concepto de acceso solar se debe a la imperiosa necesidad de identificar los aspectos fundamentales conocidos sobre el manejo del recurso solar en la arquitectura y la ciudad, y a su vez desentrañar los aspectos desconocidos o no tan comunes sobre este tema, como es la medición del acceso solar.

El objetivo específico de este apartado histórico fue establecer las principales aproximaciones teóricas y técnicas del concepto de acceso solar; de esta aproximación teórica y técnica derivó la clasificación del acceso solar en cuatro grandes períodos: antiguo, posindustrial, aproximación geométrica y cuantificación.

## Metodología

La revisión histórica del concepto de acceso solar presentada es de carácter descriptivo y trata de proporcionar al lector un reconocimiento sobre el manejo del recurso solar en la arquitectura y la ciudad; a su vez, este tema encaja con las reflexiones acuciosas de la energía, los recursos y la sostenibilidad del planeta Tierra.

La metodología que se siguió consta de seis pasos:

1. *Revisión bibliográfica*: básicamente centrada en buscar libros, artículos científicos, autores, publicaciones indexadas, fuentes, tesis de maestría y doctorado, páginas especializadas que contuvieran información y referencias del manejo del recurso solar en la arquitectura y la ciudad.
2. *Estrategia de búsqueda*: para dar desarrollo a la indagación se emplearon las siguientes palabras clave: acceso solar, energía solar, aprovechamiento de la energía solar, sol y arquitectura, derechos solares, envolvente solar.
3. *Criterios de selección*: la selección de los artículos y capítulos de libros para su lectura y evaluación se centró en su calidad metodológica y si cumplían los criterios de calidad científica

e indexación. En esta selección se encontraron cuatro autores con diversas referencias en otros artículos científicos o capítulos de libros, estos son: Beckers (2007), Butti (1980), Capeluto y Shaviv (1997), Knowles (2003).

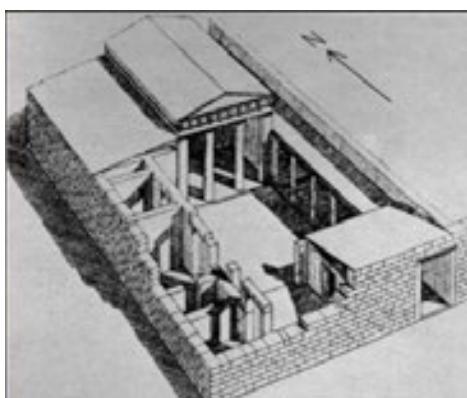
4. *Evaluación de los artículos y capítulos seleccionados*: la evaluación de los textos seleccionados se basó en los siguientes criterios: profundización y aporte al conocimiento, calidad académica, pertinencia y claridad en la presentación de los temas tratados, originalidad y una clara referenciación bibliográfica.
5. *Criterios para la clasificación y organización por períodos*: la aproximación teórica y técnica permitió la clasificación del acceso solar en cuatro grandes períodos, se tuvieron en cuenta principalmente los grandes avances en el manejo técnico y conceptual del recurso solar, y sus repercusiones en la arquitectura y el ordenamiento de la ciudad; estos avances tuvieron influencias durante grandes períodos de tiempo, de allí su importancia.
6. *Redacción y presentación de resultados*.

## Resultados

### Antigüedad: Grecia, orientación y aprovechamiento pasivo

La idea de acceso solar en la arquitectura es mucho más antigua que las investigaciones y las leyes del siglo pasado. En la antigua China, Grecia, Roma y América prehispánica (todas ellas localizadas en la latitud norte) sus habitantes ya sacaban provecho de la energía solar para calentar los recintos en época de invierno y evitar el sobrecalentamiento en verano. La técnica para sacar la mayor ventaja de la energía solar en estas civilizaciones consistió en entender que los rayos solares cambiaban con el transcurrir de las estaciones, a esta variación respondieron con una correcta orientación y disposición de las aberturas al sur, además de un uso adecuado de materiales aprovechando su inercia térmica.

En la antigua Grecia, Sócrates explicaba que: "En las casas orientadas al sur, el sol penetra el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco del sol descrito se eleva justo sobre nuestras cabezas y por encima del techo, de manera que allí está la sombra" (citado en Butti, 1980, p. 5) (Figura 2).



Ⓐ Figura 2. Casa griega clásica, orientada al sur  
Fuente: Butti (1980, p. 5).

Este principio de diseño sirvió de base a la arquitectura griega para sacar la mayor ventaja del recurso solar de forma pasiva, a través de una correcta orientación y la disposición efectiva de las habitaciones detrás del pórtico, el cual deja pasar la energía solar en invierno calentando las habitaciones gracias al patio orientado a sur, pero en verano, este pórtico daba sombra y refrescaba toda la casa (Figura 3).

La ciudad de Olynthus (Figura 4) es un ejemplo de cómo se puso en práctica este principio socrático en una comunidad densamente poblada. Aproximadamente unas 2500 personas vivieron allí con recursos limitados, la leña empleada para calentar los hogares escaseaba y, en ese entonces, los griegos no contaban con el vidrio para cubrir sus ventanas, esto conllevó a sacar la mayor ventaja del recurso solar. El trazado de la ciudad dio como resultado calles perpendiculares, dispuestas de norte a sur y oriente a occidente, con el objeto de que todas las casas pudieran ser construidas con exposición al sur, recibiendo así la mayor cantidad de luz y calor del sol en los períodos de invierno, cumpliendo así un ideal democrático y de igualdad.

## Antigüedad: Roma, orientación y aprovechamiento pasivo

Desde el mandato de Augusto en el siglo I d. C., hasta la caída del Imperio romano, el uso de la energía solar para calentar casas, termas e invernaderos fue bastante extendido en todo el Imperio, pero a diferencia de Grecia, el recurso solar lo aprovecharon solo los más pudientes, Roma no planificaba para los ciudadanos más pobres. “En agudo contraste con el espíritu griego de democracia e igualdad social, la ideología dominante en Roma favorecía a lo más privilegiados de clase (y, así, únicamente los ricos podían

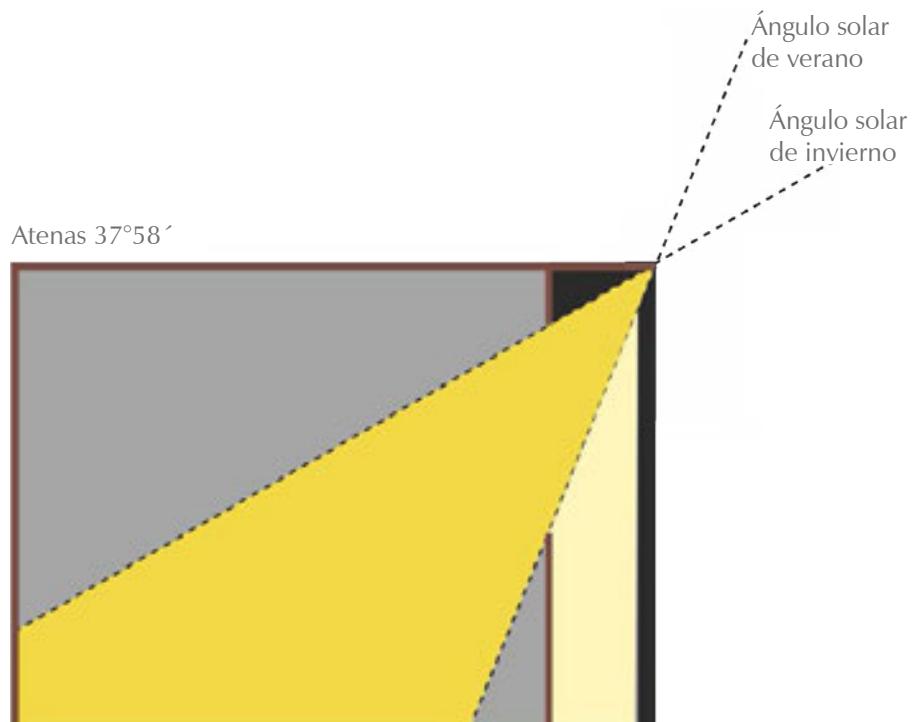
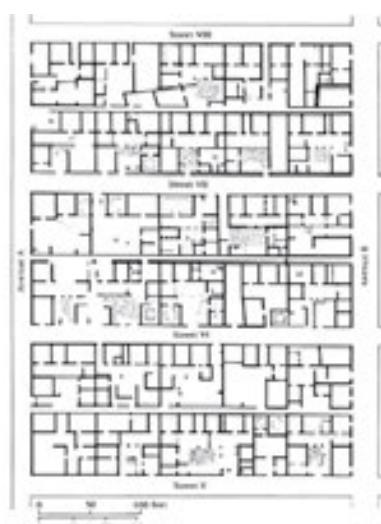
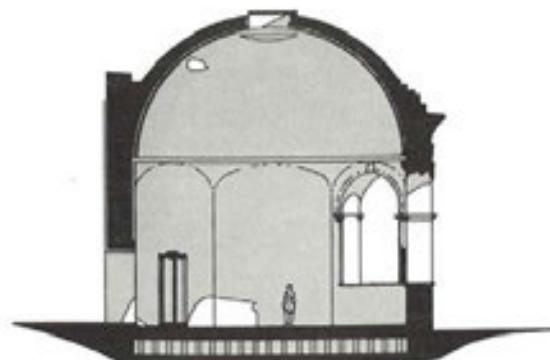


Figura 3. Control bioclimático ejercido por el pórtico para la latitud 37°58' (Atenas) norte, los días 21 de diciembre, solsticio de invierno (abajo), y 21 de junio, solsticio de verano (arriba)



Ⓐ Figura 4. Trazado de las calles de Olynthus, con todas sus edificaciones orientadas al sur  
Fuente: Butti (1980, p. 6).



Ⓐ Figura 5. Sección transversal de un heliocaminus romano en los baños de Ostia. Los ventanales de vidrio permitían en invierno el ingreso de gran cantidad de sol

construir sus casas con la orientación adecuada)" (Butti, 1980, p. 27).

Sin embargo, Roma aportó significativos avances en el manejo del recurso solar; constructivamente, el empleo del vidrio para cubrir los vanos de las ventanas representó la retención del calor en habitaciones, baños o invernaderos. Según Cortés (2001), el uso de pequeñas láminas de vidrio como cerramiento de ventanas era una práctica muy común en el mundo romano.

Figura 6. Agrupación y orientación de las casas de Acoma

Fuente: Knowles (2003, p. 16).

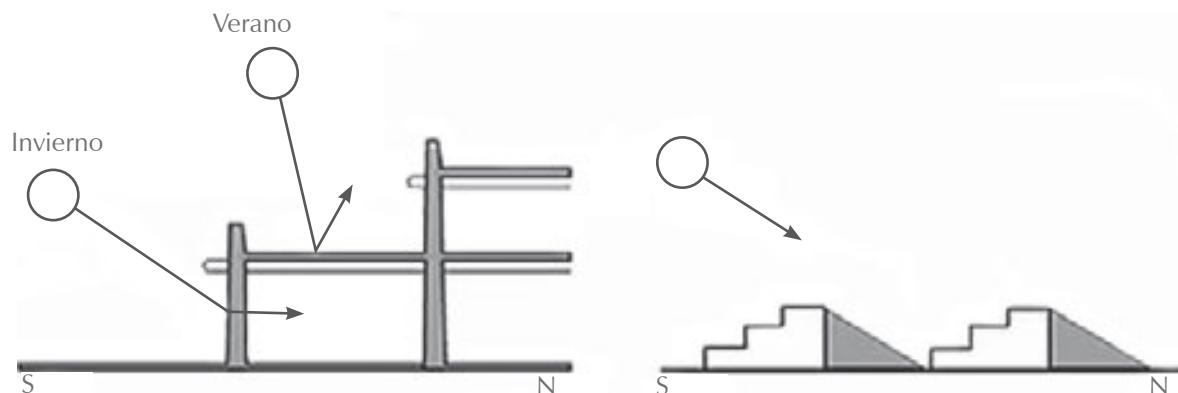


Figura 8. Tugurios típicos de Londres; estas viviendas estaban construidas espalda contra espalda, e hilera sobre hilera; algunas de ellas carecían por completo de acceso solar en invierno

Fuente: Butti (1980, p. 161).

En cuestiones legislativas, por primera vez en la historia se establecieron leyes para proteger los derechos de accesibilidad solar.

El heliocaminus (horno solar) (Figura 5) era una habitación orientada al sur o suroeste, la cual se calentaba mucho más que el resto de la casa, ya que recibía luz directa a través de sus ventanas recubiertas de vidrio. En el día el calor se acumulaba en su interior, en la noche este calor calentaba al resto de la casa. Pero, a medida que la población crecía, las nuevas edificaciones y otros objetos bloqueaban el acceso solar a algunos de estos hornos solares, por lo cual sus dueños demandaban. Ulpiano (jurista del siglo II d. C.) falló a favor de los dueños, declarando que el acceso solar para el heliocaminus no podía ser violado. Esta sentencia fue incorporada al Código Justiniano dos siglos después: "Si un objeto está colocado en manera de ocultar el sol a un heliocaminus, debe afirmarse que tal objeto crea

Figura 7. Vista de las filas de casas escalonadas hasta tres niveles y separadas para evitar la sombra en invierno sobre las demás filas de casas, y sus muros de almacenamiento de calor

Fuente: Knowles (1974, p. 27)

sombra en un lugar donde la luz solar constituye una absoluta necesidad. Esto es así en violación del derecho del heliocaminus al sol" (Butti, 1980, p. 27).

### Antigüedad: Norteamérica, orientación y aprovechamiento pasivo

En Norteamérica, al oeste de Albuquerque, en Nuevo México, se localiza Acoma (35° Norte), un asentamiento indígena que parece haber sido habitado desde el siglo XI hasta nuestros días. Las filas de sus casas están escalonadas con una clara orientación hacia el sur, esto con el objetivo de no proyectar sombra entre ellas. Las paredes son de mampostería de un gran espesor. Los tejados y las terrazas son de madera y cañas, cubiertas de una mezcla de arcilla y pasta (Knowles, 1974) (Figura 6).

En las casas de Acoma, los gruesos muros de mampostería y las terrazas de madera y cañas responden eficientemente a los cambios estacionales de los períodos más críticos (invierno, verano). El escalonamiento de las filas de casas es una estrategia de orientación y disposición lo suficientemente hábil para evitar las sombras de unas casas sobre otras y de unas filas sobre las otras filas.

Las casas de Acoma claramente se adaptan al clima desértico de esta región, en invierno los rayos solares bajos bañan directamente los gruesos muros de mampostería donde la energía se almacena durante el día, para luego ser liberada cuando el sol ya se ha retirado, calentando los espacios interiores de la casa durante toda la noche, que es particularmente fría. En verano, el sol se levanta en lo alto del cielo y golpea más directamente los tejados y las terrazas donde la



Figura 9. Separación de filas de vivienda

Fuente: Butti (1980, p. 163).

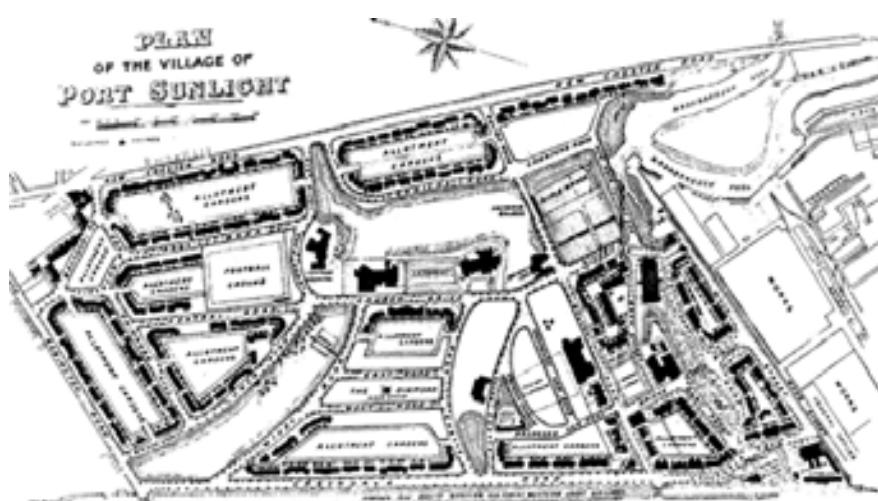


Figura 10. Plano de la comunidad obrera de Port Sunlight; la separación entre edificaciones garantizaba el acceso solar a cada vivienda

Fuente: Butti (1980, p. 162).

energía solar ya no se almacena; la madera y las cañas transfieren la energía solar con menos eficacia (Figura 7).

### Periodo posindustrial: salud y disfrute del sol

La Revolución Industrial del siglo XVIII trajo energía y mano de obra barata a las grandes ciudades europeas, pero también trajo enfermedades y millones de personas hacinadas que fueron a parar a edificios malsanos, sin acceso al sol, localizados en calles estrechas y sucias. Muchos barrios ingleses fueron asolados por epidemias como la tuberculosis, la viruela, el cólera y la fiebre tifoidea. La preocupación europea por el acceso al sol en centros urbanos fue originada por los problemas de salud, de hacinamiento, mala higiene y enfermedades al interior de las viviendas de los trabajadores durante la Revolución industrial (Figura 8).

En consecuencia, los médicos europeos y norteamericanos comenzaron a promover el acceso a la luz del sol y de aire fresco para ayudar a prevenir y curar algunas dolencias y enfermedades. Un ejemplo del empleo de la luz del sol para mejorar la salud de las personas se dio con la erradicación del raquitismo (caracterizado por deformidades esqueléticas debido a la deficiencia de vitamina D, la cual se fabrica en el cuerpo humano gracias a la exposición a la luz solar), esta enfermedad fue una epidemia que azotó a los niños de las ciuda-

des industriales del siglo XIX y que prácticamente desapareció en Europa en el siglo XX.

Esta visión higienista trajo consigo un compromiso fulminante y enfático en Europa: el acceso garantizado a la luz del sol en el interior de las viviendas de los trabajadores. Las primeras propuestas establecieron reglas geométricas relativamente sencillas en relación con el espacio entre edificios y la altura de los mismos. Concretamente, Augustin Rey (funcionario francés de la vivienda) comprobó que en la latitud de París (48° norte), los edificios construidos uno detrás del otro con orientación sur debían guardar una separación no inferior a  $2\frac{1}{2}$  su altura para no generar sombra sobre la siguiente fila en el periodo de invierno, mientras que para edificios análogos con orientación este u oeste esta separación podía reducirse al  $1\frac{1}{2}$  veces la altura sin problemas de sombra arrojada. En conclusión, la separación entre edificios con orientación sur requiere casi el doble de separación que los orientados hacia este u oeste (Butti, 1980) (Figura 9).

Hacia 1860, se erigieron en Inglaterra comunidades obreras emplazadas en los suburbios y el campo, los diversos proyectos empezaron aplicar los principios de separación entre bloques y la regulación de las alturas a los edificios. Los nuevos planteamientos ofrecían abundante asoleamiento, espacios verdes, así como mejores condiciones higiénicas en contraste con lo que ofrecía la ciudad industrial, a estas nuevas propuestas se les denominó: las ciudades jardín.



Figura 11. Relación geométrica en Acoma, la cual dio origen al concepto de envolvente solar

Fuente: elaboración propia. CC BY-NC

Port Sunlight (Figura 10) es, tal vez, la primera ciudad jardín en Inglaterra, en un principio fue un proyecto construido para los trabajadores de la fábrica de jabón Sunlight (la más famosa en Inglaterra).

Según el planteamiento urbano, los bloques de vivienda estaban separados por calles de anchura variable, entre los 12 y 36 metros, de modo que el aire y la luz del sol podían ingresar a las viviendas por todos lados; sin embargo, la cuestión de la orientación solar no era un principio vital para su emplazamiento. Solo cuando las comunidades obreras planificadas adquirieron mayor difusión y reconocimiento en Inglaterra y otros países de Europa, los planificadores, arquitectos y urbanistas fijaron su atención en estudiar científicamente la cuestión de la orientación solar (Butti, 1980, p. 162). Fue así como Raymond Unwin (urbanista inglés) estudió los movimientos anuales del sol para Inglaterra y llegó a la misma conclusión a la que los griegos habían llegado hace más de dos mil años: considerando el movimiento del sol en la latitud norte, no hay duda de que la orientación sur puede considerarse la más deseable para las habitaciones.

El modelo de ciudad que surgió luego del periodo industrial trabaja incansablemente las nociones de higiene y salubridad, esta preocupación higienista permea los criterios de diseño del urbanismo y la vivienda en este periodo. La ciudad posindustrial centró sus reflexiones sustancialmente en los estándares mínimos de la vivienda, la técnica y calidad de la misma, y la capacidad de lograr buenas condiciones de soleamiento y ventilación para la vivienda, esto con el objeto de dar por terminados los problemas de higiene y salud pública en la ciudad.

### El periodo geométrico: respuesta a la crisis energética (la envolvente solar y la calidad de vida)

Los edificios modernos se han hecho dependientes cada vez más del suministro masivo de combustibles fósiles para calentar, enfriar e iluminar los espacios interiores. Sin este suministro de combustibles, la mayoría de las edificaciones se tornarían completamente inhabitables la mayor parte del año, o bien porque son demasiado frías o calientes, o demasiado oscuras y malsanas. La crisis energética de la década de los setenta derivó en una búsqueda alternativa a esta dependencia de suministros fósiles, fue así como nos fijamos en el sol como fuente de energía para calentar nuestros edificios de forma activa o pasiva, o para la generación de energía limpia aprovechando las superficies disponibles de las cubiertas y fachadas, o simplemente para mejorar la calidad de vida de las personas dentro y fuera de las edificaciones.

Según De Decker (2012), en esta década la mayor parte de la investigación en el diseño solar pasivo estaba dirigida a los edificios individuales, sin embargo, Ralph Knowles (1974, 2003), profesor emérito de la Escuela de Arquitectura de la University of Southern California (USC), comenzó una carrera de cuarenta años de investigación acerca de las ciudades orientadas por el sol.

Knowles es el autor del concepto de *la envolvente solar*, él se apoyó en las conclusiones a las que había llegado luego de estudiar Acoma (Figura 11), recordemos que en este asentamiento las filas de viviendas están separadas para evitar dar sombra en invierno sobre las demás terrazas y muros de almacenamiento de calor. Fue en esta relación geométrica entre la posición del sol más crítica

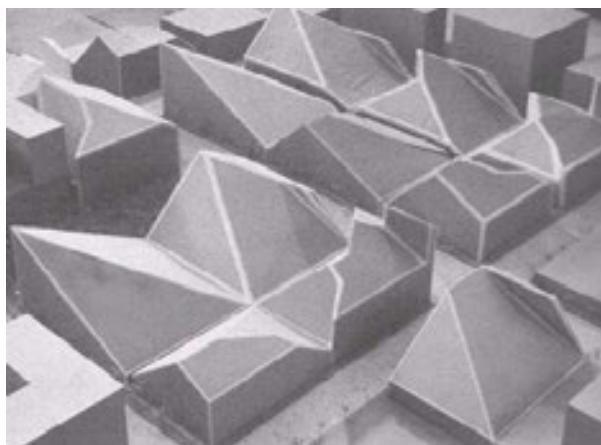


Figura 12. Diagrama que ilustra el concepto de envolvente solar. Ejercicio sobre la malla de los Ángeles, California (34° norte)

Fuente: Knowles (2003, p. 18).

del año, la altura de un primer edificio, la zona de sombra generada y la siguiente edificación, la cual continúa irrestrictamente con acceso solar la que, en 1976, dio lugar al concepto de *la envolvente solar*.

Según explica Knowles (2003), la envolvente solar tiene como objeto establecer las alturas máximas de los edificios para que estos no obstruyan el acceso solar de las edificaciones existentes. Este sistema es una forma de asegurar el acceso solar urbano, tanto para la energía como para la calidad de vida de las personas, y puede ayudar a regular el desarrollo urbano dentro de los límites que establece la trayectoria solar.

No obstante, la envolvente solar propuesta por Knowles no tiene en cuenta las consideraciones energéticas. La envolvente solar se define básicamente en términos de números de horas de sol o de sombra, hace muy poca referencia a los niveles de radiación o de iluminación reales (Morello y Ratti, 2008). Curiosamente, Knowles inició su investigación sobre la ponderación energética de la envolvente solar, pero más tarde abandonó esta línea por problemas computacionales y redirigió la investigación con el objetivo de mejorar la calidad de vida de las personas en los grandes centros urbanos, fue así como desarrolló y perfeccionó una metodología que logra un equilibrio entre la densidad de población y el acceso solar (De Decker, 2012). Knowles y sus estudiantes han realizado propuestas urbanas con densidades que están muy por encima de la media en las ciudades de Europa y América, todo esto sin restringir el acceso solar a ninguna edificación (Figura 12).

Knowles (2003) explica que si la envolvente solar se aplicara como un instrumento de zonificación, no solo proporcionará criterios para el crecimiento sostenible de la ciudad, sino que

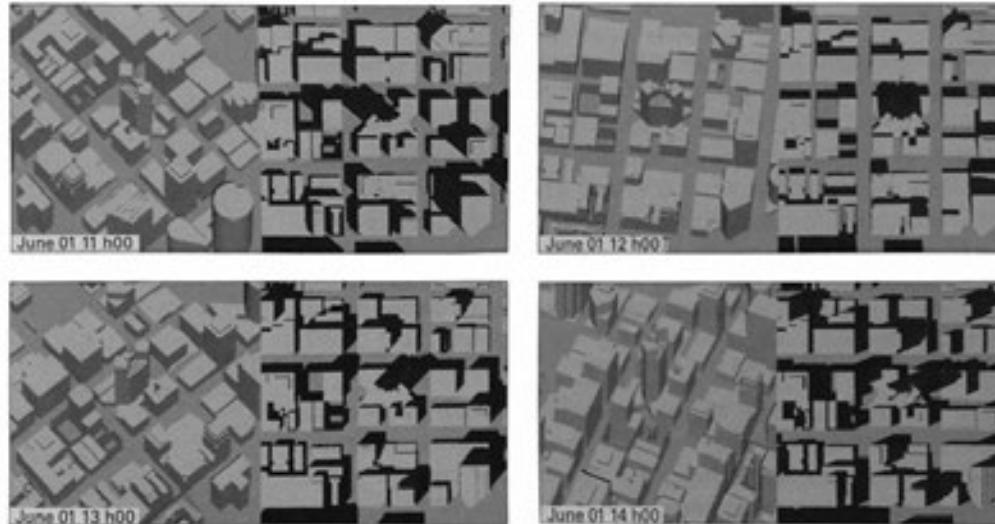


Figura 13. Patrones de sombra para la ciudad de San Francisco: 1 de junio de 11:00 a.m. a 14:00 p.m.

Fuente: Mardaljevic (2005, p. 373).

abrirá nuevas posibilidades estéticas para la arquitectura y el diseño urbano, debido a que produce una geometría urbana diferente.

La idea de la envolvente solar de 1976 se extendió y se complementó; así, Capeluto y Shaviv (1997) distinguen otros dos conceptos adicionales: "los derechos solares de la envolvente" y "la envolvente para los colectores solares". Los derechos de la envolvente solar son definidos como las alturas máximas de los edificios para que estos no violen los derechos solares de ninguno de los edificios existentes durante un determinado periodo del año. La envolvente para los colectores solares presenta la posición más baja posible de ventanas y colectores solares pasivos en la fachada de un edificio, de tal manera que estarán expuestos al sol durante un periodo determinado en invierno, pero pasarán a la sombra en verano.

### Cuantificación del acceso solar: radiación solar directa y factor de cielo visible

Según Mardaljevic (2005, pp. 371-391), existen dos métodos comúnmente empleados para intentar medir el acceso solar en entornos urbanos. El primero está basado en los patrones de sombra proyectada por el sol en diferentes momentos del año, por ejemplo, en la Figura 13 observamos el 1 de junio cuando se acerca el solsticio de verano en la ciudad de San Francisco,

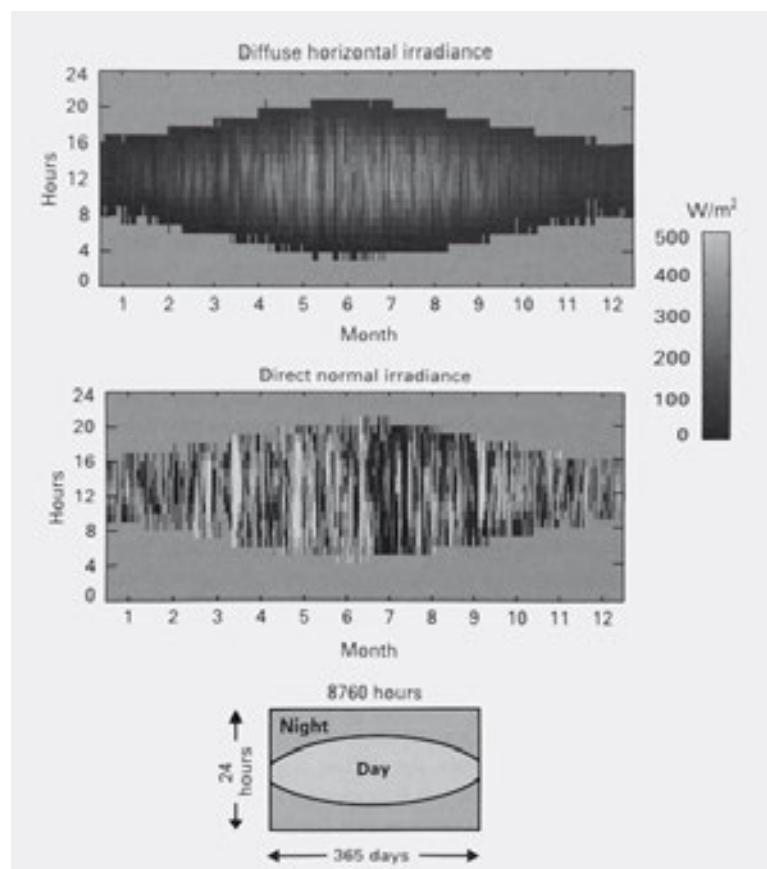


Figura 14. Gráfico donde se visualiza el comportamiento anual de la radiación difusa que incide sobre un plano horizontal (arriba) y la radiación directa (abajo) en la ciudad de San Francisco (37° norte)

Fuente: Mardaljevic (2005, p. 375).

de 11:00 a.m. a 14:00 p.m. Esta primera aproximación es esencialmente cualitativa: la irradiación del sol no juega ningún papel y la luz del cielo no es considerada. El segundo método está basado en la iluminación proporcionada por un cielo nublado sin sol (radiación difusa). Aunque cuantitativo, este segundo método no tiene en cuenta las contribuciones de radiación directa sobre las edificaciones.

Cuando se trata de accesibilidad solar, no solo los haces de radiación directos provenientes del sol son importantes. En la mayoría de ciudades también la radiación difusa juega un papel vital para iluminar los espacios y las edificaciones. Esta radiación difusa proviene del cielo, el cual es irradiado por el sol, y, en consecuencia, el cielo reemite una luz más suave, más fría (su espectro se desplaza hacia los azules) y difusa (no proyecta sombras) (Beckers, 2007). Esta radiación difusa se puede medir gracias a las fórmulas de geometría solar o calcularse a través del factor de cielo visible (*Sky View Factor*).

Por tanto, el nivel de iluminación por efecto del cielo en un punto cualquiera del espacio está manifestamente relacionado con la cantidad de cielo que se ve desde este punto, es decir, con el ángulo sólido que abarca el cielo desde este punto (el cual, normalizado como un porcentaje de la bóveda celeste completa se llama: factor de cielo visible) (Beckers, 2007, p. 2).

Una de las características fundamentales del factor del cielo visible (*Sky View Factor*) a diferencia de

la radiación solar directa, es que para su cálculo y medición no depende de la hora del día, ni de la época del año, ni de la latitud o altitud, este factor depende exclusivamente de la geometría.

Dada esta disyuntiva de los métodos para cuantificar el acceso al sol, Mardaljevic (2005) propone cuantificar el acceso solar bajo un nuevo esquema, mucho más sencillo: basado en la medida del efecto acumulativo de la iluminación que resulta de un único cielo y las condiciones del sol. Es decir, en la medida de toda la luz-energía del sol y del cielo que incide en una superficie en el periodo de un año. La luz-energía acumulada en el periodo de un año se denomina: radiación total anual, sus unidades son Watts-horas por m<sup>2</sup> (año), su equivalente visual se llama: iluminación total anual, siendo sus unidades lux-horas (año) (Figuras 14 y 15).

En resumen, este enfoque propone sumar la radiación directa generada por el sol y la radiación difusa (reemitida por el cielo) como una medida total del acceso solar para una ventana, fachada o cubierta durante todo un año, esto permitiría evaluar la arquitectura y su acceso al sol sobre una base cuantitativa, complementando el método descriptivo (de aproximación cualitativa).

Este nuevo enfoque permite:

- Realizar estimaciones de la radiación/iluminación total anual incidente en una superficie.

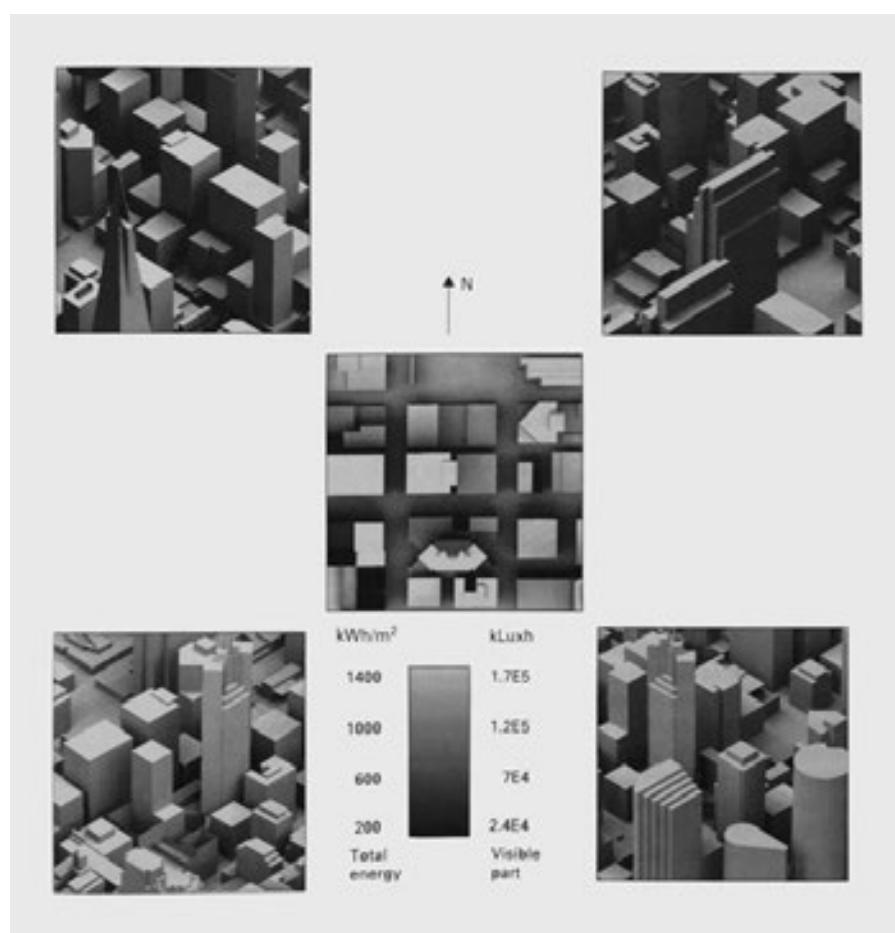


Figura 15. Estimaciones de acceso solar en un modelo 3D para algunas edificaciones en la ciudad de San Francisco

Fuente: Mardaljevic (2005, p. 381).

- Determinar la ubicación óptima para el sistema fotovoltaico (integrado o no a la edificación).
- Diseñar fachadas que respondan al acceso solar, con lo cual se optimizará la eficiencia energética de los edificios.
- Cuantificar el impacto de una nueva construcción sobre el acceso solar de antiguos edificios.
- Evaluar la relación entre forma urbana, obstrucciones y captación solar.

## Discusión

La discusión en torno al concepto del acceso solar, claramente, no es nueva. La humanidad vive y existe gracias al sol. Los desarrollos tecnológicos desarrollados de manera intensa desde la Revolución industrial hasta finales del siglo XX se concibieron con base en la idea de la mecanización e industrialización y, dado el momento histórico, sobre el consumo de energía proveniente principalmente de combustibles fósiles no renovables. Varias situaciones ocurren entonces de manera simultánea. Por un lado, el consumo de esos combustibles genera elevadísimos índices de contaminación, afectando de manera significativa la calidad del aire. Por otro lado, y como consecuencia de lo anterior, se desarrollan sistemas de calefacción, enfriamiento y purificación del aire que implican a su vez mayores consumos de energía.

La contradictoria situación se torna hoy insostenible. Los arquitectos y urbanistas buscan afanosamente soluciones a estos problemas, descubriendo lo evidente: en la historia se encuentran las soluciones a problemas que parecen haberse olvidado. Las civilizaciones han trabajado por siglos con sistemas pasivos de acondicionamiento térmico (ventilación o calefacción).

La complejidad radica en la posibilidad de aplicar estas estrategias asociadas a las enormes necesidades de densificación de las ciudades contemporáneas. Las ironías y complejidades son evidentes. El suburbio horizontal no es eficiente en temas de ocupación del territorio, tiene inconvenientes relacionados con el transporte, pero puede sacar provecho de la energía solar y la naturaleza. El rascacielo, paradigma de la densificación, es eficiente en el uso del suelo, pero arroja enormes sombras a su alrededor.

Las soluciones parecen construirse con base en complejos balances de todas las opciones aquí presentadas: sistemas de patios en altura, rascacielos escalonados, sistemas horizontales de mayor densidad; combinaciones de opciones que buscan aprovechar la energía existente y, simultáneamente, consumir la menor cantidad posible de energía, racionalizando el uso de los recursos en procura de las mismas condiciones de confort esperadas de los sistemas activos de climatización.

## Conclusiones

En relación con la morfología urbana, es innegable la importancia del acceso a la energía solar para su aprovechamiento (pasivo o activo); de hecho, la morfología y tipología urbanas son la plataforma para la aplicación del concepto de acceso solar a cualquier escala, tal y como lo demuestra la revisión histórica presentada.

La energía solar, más que ninguna otra energía renovable, tiene una relación directa con la forma, los materiales, la ordenación volumétrica de nuestros edificios, sus separaciones, alturas y retrocesos. Esta relación energética afecta directamente el espacio interior de nuestras edificaciones en aspectos tales como la habitabilidad, el confort y el consumo energético.

Un edificio con acceso solar puede aprovechar e integrar en la edificación la energía solar a través de sistemas activos o pasivos con el objetivo de reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub> y su demanda energética, procurando una dimensión sostenible. La tarea del arquitecto contemporáneo está en lograr la integración plástica y la necesidad técnica en el proyecto arquitectónico, tal como se hacía en tiempos pasados en donde no existía tal diferencia.

En la revisión sobre reglamentación y derechos solares se distinguen dos grandes enfoques para reglamentar el acceso al sol en la actuali-

dad, el primero define unos requisitos básicos que deben ser cumplidos, como por ejemplo: el número de horas mínimas de asoleación necesarias en un periodo crítico (invierno), este enfoque es denominado de *actuación*; el segundo es *descriptivo*, en este, la geometría y la proyección de sombras buscan establecer las alturas máximas de los edificios para que estos no obstruyan el acceso solar a otras edificaciones.

Por último, el desarrollo urbano está directamente relacionado con la sostenibilidad energética de las ciudades, por esta razón es imprescindible legislar y reglamentar el acceso y aprovechamiento de la radiación (luz) solar de manera estable y sin incertidumbres en ciudades con alto crecimiento y densidad poblacional, como es el caso de Colombia; el derecho al sol es tan vital como el aire.

De esta última observación se desprenden varias preguntas para futuras investigaciones: ¿Cuáles serían los criterios para estructurar una normativa de acceso solar para los países que se encuentran sobre la línea ecuatorial, como es el caso de Colombia? ¿La normativa dependerá de los pisos térmicos? ¿Variará de acuerdo con el modelo de cada ciudad? ¿La normativa debe darle prioridad al acceso a la luz o al aprovechamiento de la energía solar, o a las dos sin privilegios?

## Referencias

- Beckers, B. (2007). *Interpretación geométrica de la luz del cielo en el proyecto de arquitectura*. París: GSU Department Compiègne University of Technology. Recuperado de [http://www.heliodon.net/downloads/Beckers\\_2007\\_Helio\\_002\\_es.pdf](http://www.heliodon.net/downloads/Beckers_2007_Helio_002_es.pdf)
- Butti, K. (1980). *A Golden thread: 2500 years of solar architecture and technology*. Palo Alto: Cheshire Books; New York: Van Nostrand Reinhold.
- Capeluto, G. y Shaviv E. (1997). *Modeling the design of urban fabric with solar rights considerations*. Israel: Faculty of Architecture and Town Planning Technion - Israel Institute of Technology Haifa. Recuperado de [http://www.ibpsa.org/proceedings/BS1999\\_BS99\\_C-22.pdf](http://www.ibpsa.org/proceedings/BS1999_BS99_C-22.pdf)
- Capeluto, G., Yezioro, A., Bleiberg, T. y Shaviv, E. (2006). *Solar Rights in the Design of Urban Spaces*. Comunicación presentada en la 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Ginebra.
- Cárdenas, L. y Uribe, P. (2012). Acceso solar a las edificaciones: el eslabón pendiente en la legislación urbanística chilena sobre la actividad proyectual. *Revista de Urbanismo*, 14 (26), 21-42. Recuperado de <http://www.revistaurbanismo.uchile.cl/index.php/RU/article/view/20922 / doi:10.5354/0717-5051.2012.20922>
- Cortés, F. (2001). Breve historia de las aplicaciones del vidrio plano en la construcción. *Revista del Vidrio Plano*, 64, 10-19. Recuperado de [http://www.academia.edu/14736289/Breve\\_historia\\_de\\_las\\_aplicaciones\\_del\\_vidrio\\_plano\\_en\\_la\\_construcci%C3%83n](http://www.academia.edu/14736289/Breve_historia_de_las_aplicaciones_del_vidrio_plano_en_la_construcci%C3%83n)
- De Decker, K. (2012). The solar envelope: how to heat and cool cities without fossil fuels. *Low-tech Magazine*. Recuperado de <http://www.lowtechmagazine.com/2012/03/solar-oriented-cities-1-the-solar-envelope.html>
- Edwards, B. (2008). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Franco Medina, R. (2013-2014). Acceso solar: estudio comparativo de acceso solar por el método descriptivo entre las ciudades: Jerusalén, Israel (31,8° Norte) y Bogotá, Colombia (4,5° Norte) [Tesis para optar el título de Máster: Arquitectura, Energía y Medioambiente]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya – ETSEAB. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24081/Ricardo-Franco\\_TFM.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24081/Ricardo-Franco_TFM.pdf)
- Knowles, R. L. (1974). *Energy and Form*. Massachusetts and London: MIT Press.
- Knowles, R. L. (2003). The solar envelope: Its meaning for energy and buildings. *Energy and Buildings*, 35, 15-25. Recuperado de [http://www.fau.usp.br/aut5823/Acesso\\_ao\\_Sol/Knowles\\_2003\\_Solar\\_Envelope.pdf](http://www.fau.usp.br/aut5823/Acesso_ao_Sol/Knowles_2003_Solar_Envelope.pdf)
- Mardaljevic, J. (2005). Quantification of urban solar Access. En Jenks, M. y Dempsey, N. (eds.). *Future forms and design for sustainable cities* (pp. 371-391). Oxford: Architectural Press.
- McCann, C. (2008). *A Comprehensive Review of Solar Access Law in the United States*. Florida: Florida Solar Energy Research and Education Foundation.
- Morello, E. y Ratti, C. (2008). *Sunscapes: 'solar envelopes' and the analysis of urban DEMs*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. Recuperado de [http://senseable.mit.edu/papers/pdf/2008\\_Morello\\_Ratti\\_Journal%20of%20Computers%20and%20the%20Environment.pdf](http://senseable.mit.edu/papers/pdf/2008_Morello_Ratti_Journal%20of%20Computers%20and%20the%20Environment.pdf)
- Muller, H. (2009). *Solar Access: Recommendations for the City and County of Denver*. Recuperado de [http://www4.eere.energy.gov/solar/sunshot/resource\\_center/sites/default/files/solar\\_access\\_recommendations\\_city\\_and\\_county\\_of\\_denver.pdf](http://www4.eere.energy.gov/solar/sunshot/resource_center/sites/default/files/solar_access_recommendations_city_and_county_of_denver.pdf)
- Partonen, T. y Pandi-Perumal, S. R. (2010). *Seasonal Affective Disorder*. Oxford: Practice and Research.



PAG. 6

Estructura de indicadores de habitabilidad del espacio público en ciudades latinoamericanas

Structure of indicators of public space habitability in Latin American cities

Pablo Páramo, Andrea Burbano, Diana Fernández-Londoño

PAG. 27

Além do público/privado

Intervenções temporárias e criação de espaços coletivos no Rio de Janeiro

Más allá de lo público y lo privado. Intervenciones temporales y creación de espacios colectivos en Río de Janeiro

Beyond the public and the private. temporary interventions and the creation of collective spaces in Rio de Janeiro

Adriana Sansão-Fontes, Aline Couri-Fabião

PAG. 40

Conservar o renovar: dinámicas de construcción en el centro histórico de tres ciudades intermedias patrimoniales

Una mirada a través de las licencias urbanísticas

To preserve or to renovate: Construction dynamics in the historic center of three intermediate-sized heritage cities. A look through urban planning permits

Lida Buitrago-Campos

PAG. 50

El paisaje del hábitat horizontal:

la Unidad del Tuscolano en Roma y el Poblado de Entrevías en Madrid

The landscape of horizontal habitats: The Tuscolano Unit in Rome and the Village of Entrevías in Madrid

Federico Colella

PAG. 60

Evolución paralela del relato filmico y la arquitectura de los cines entre 1900 y 1930

Atención especial al caso español

Parallel evolution of cinematographic stories and the architecture of cinemas between 1900 and 1930, with a special attention to the Spanish case

Ana C. Lavilla-Iribarren

PAG. 71

El plan, acto mesiánico del proyectista

La situación histórica del diseño en la utopía modernizante

The plan, a messianic act of the project architect. The historical situation of design in the modernizing utopia

Valentina Mejía-Amézquita, Adolfo León Grisales-Vargas

PAG. 82

Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano

Flood resilience: A new paradigm for urban design

Resilience to flooding: new paradigm to urban design

Luis Fernando Molina-Prieto

PAG. 95

Acceso solar en la arquitectura y la ciudad

Aproximación histórica

Solar access in architecture and the city. Historical approach

Ricardo Franco-Medina, Pedro Juan Bright-Samper

PAG. 107

Campus universitario sustentable

Sustainable university campus

Lina Johanna Zapata-González, Andrés Quiceno-Hoyos,

Luisa Fernanda Tabares-Hidalgo

PAG. 120

La crítica arquitectónica como objeto de investigación  
[La critique architecturale, objet de recherche]

Architectural criticism as an object of research

Hélène Jannière

Traductores: Andrés Ávila-Gómez, Diana Carolina Ruiz



CULTURA Y ESPACIO URBANO  
CULTURE AND URBAN SPACE

PROYECTO ARQUITECTÓNICO Y  
URBANO  
ARCHITECTURAL AND URBAN  
PROJECT

TECNOLOGÍA, MEDIOAMBIENTE Y  
SOSTENIBILIDAD  
TECHNOLOGY, ENVIRONMENT  
AND SUSTAINABILITY

DESDE LA FACULTAD  
FROM THE FACULTY

TEXTOS  
TEXTS



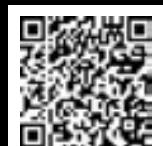
La Revista de Arquitectura es de acceso abierto, arbitrada e indexada y está presente en:



Revista de Arquitectura Universidad Católica de Colombia



@RevArqUCATOLICA



ISSN 1657030-8

01802

9 771657 030009