

# EL DESAFÍO DEL DISEÑO, LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA EN EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA

John Martin Evans, Silvia de Schiller

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Secretaría de Investigaciones.  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires  
Ciudad Universitaria, Pabellón 3, Piso 4, C1428BFA, Buenos Aires, Argentina.  
Tel. (+ 54 11) 4789-6274. E-mail: evansjmartin@gmail.com / sdeschiller@gmail.

## Resumen

El presente trabajo destaca la creciente necesidad de lograr eficiencia energética y el uso de los sistemas solares en el hábitat construido, enfatizando la adecuada integración de tecnologías para generar energía de fuentes renovables de uso doméstico. Los edificios del sector público, especialmente para salud y educación, pueden ser portadores y difusores de la aplicación de energía solar en arquitectura y programas de eficiencia energética, tomando en consideración que el sector edilicio, requiere una tercera parte de la demanda total de energía en países de la región. Resulta importante considerar la transferencia de conocimientos a profesionales y capacitación de la población, a fin de lograr la transformación del comportamiento social ante nuevos valores del uso de energía y la incorporación de las renovables en el futuro inmediato. Es imprescindible, la modificación de la matriz energética, que permita reducir la dependencia en combustibles fósiles no renovables, satisfaciendo la demanda en climas templados y fríos con energía solar y con otras estrategias de diseño bioclimático en climas cálidos, logrando sustentabilidad energética con bajo impacto ambiental. Se muestra la importancia del sector y el potencial para lograr estrategias de eficiencia energética en edificios, y así obtener beneficios económicos, ambientales y consecuentemente mejor calidad de vida.

**Palabras claves:** energías renovables, hábitat construido, eficiencia energética, matriz energética

## Abstract

The current work highlights the increasing need of achieving energy efficiency and effective integration of solar technologies into buildings, focusing on the need of achieving appropriate integration of the technologies to provide hot water and generate renewable energy for household purposes, particularly social housing. Public sector buildings, particularly those dedicated to health and education, such as schools, universities, museums, libraries, hospitals and medical care buildings, can be carriers and can broadcast both energy efficiency programs and solar energy applications on architecture. It is vital to give priority to the knowledge transfer within professionals, as well as training the population in order to involve the users in the transformation of the social behavior, due to the change in energy consumption and the incorporation of renewable energy in the short-term.

Within this framework, the need of altering the energy matrix must be emphasized, by means of decreasing the dependence on non-renewable fossil fuels. The energy demand from the construction industry has a great influence on this change, because this sector requires one-third of energy demand in the whole country. It is shown the importance of the sector and the potential for achieving a significant reduction by using energy efficiency strategies on buildings and renewable energies, particularly solar energy. This combination will allow to achieve significant economic, social and environmental benefits, for both mild and cold climates. A decrease of demand for cold climates can be obtained by

using solar energy to heat water and provide heating, whereas bioclimatic design strategies can be implemented for mild climates. As an example, we show the development of the Interdisciplinary Master's Degree in Energy, which started in 2011 at Buenos Aires University, within the framework of energy efficiency with low environmental impact, increasing social participation and better quality of life.

**Keywords:** renewable energy, built environment, energy efficiency, energy matrix

## INTRODUCCIÓN

A nivel global, se evidencia una excesiva dependencia de energías fósiles, no renovables y contaminantes, las cuales alcanzan el 81% de la demanda mundial de energía(1). Los países de Latinoamérica también siguen esta tendencia, con 89% de dependencia en Argentina, 73% en Venezuela y 77% en Ecuador. Aún en Brasil, ya contando con un importante aporte de energías renovables como hidroelectricidad, biomasa y biocombustibles, la dependencia llega al 50%. Este alto grado de dependencia no resulta sustentable a mediano y largo plazo, y representa una fuente de potencial inestabilidad económica, social y ambiental para la región.

En este sentido, se ha estimado relevante considerar también el impacto de la demanda de energía y la oferta de distintos recursos energéticos. La matriz energética de Argentina, como en otros países de la región, es resultado de este balance entre oferta y demanda, de modo que la oferta no es resultado de la demanda, sino que ambas son variables interdependientes, por lo tanto, al introducir medidas de eficiencia, se reduce la demanda y disminuye también el aporte de energía, mientras que una disponibilidad abundante de ésta a precios accesibles contribuye a aumentar la demanda. Esta consideración, es vital en el campo del uso de energía en el hábitat construido, sector que presenta una importante demanda, gran potencial para reducirla mediante el diseño edilicio y medidas de eficiencia, y con significativas oportunidades de incorporar eficazmente las energías renovables.

En la región, los edificios son responsables de una importante proporción de la demanda total de energía, aunque la mayoría de la población no obtiene adecuados niveles de confort térmico y habitabilidad, dada la combinación del costo elevado de energía para calefacción o refrigeración y el deficiente diseño de edificios, que no ofrecen la posibilidad de lograr confort a costos accesibles.

La vivienda es, en este escenario, el principal usuario de energía, seguido por los edificios de uso comercial (oficinas y comercios) y, finalmente, los edificios públicos y de otros usos. Según el censo de 2010, en Argentina el 16% de las viviendas presentan características constructivas deficientes, situación que dificulta el logro de condiciones ambientales dignas en sus interiores. A medida que crecen las expectativas, aumenta el poder adquisitivo de la población y la ampliación de redes de distribución mejora el acceso a las fuentes de energía, la demanda de energética de fuentes fósiles puede aumentar de forma muy significativa.

En ese contexto, resulta importante considerar que el hábitat construido presenta las siguientes características particulares(2):

- La demanda de edificios residenciales, comerciales y públicos representa más de una tercera parte de la demanda total de energía en la mayoría de los países, tanto desarrollados e industrializados, como en desarrollo o de economías emergentes.
- La demanda es muy variable, debido a las importantes variaciones horarias y estacionales, de modo que, tanto la capacidad de generación como las redes de distribución de energía, deben dimensionarse para satisfacer esta variación.
- Gran parte de esa demanda se destina al acondicionamiento térmico de edificios: calefacción, refrigeración y ventilación, a lo cual se agrega el acondicionamiento lumínico, luz artificial.
- La demanda de acondicionamiento ambiental depende en gran parte del diseño de los edificios, considerando que presenta una importante y directa relación con la morfología edilicia, la orientación de fachadas y aberturas, el diseño de envolventes y tamaño de su-

perfiles vidriados, la selección de materiales, tipo de vidrios y colores exteriores, así como del diseño de los espacios exteriores y el uso de la vegetación.

- Los edificios tienen una larga vida útil si se los compara con el sector industrial y de transporte. Se conserva la mayoría de los edificios durante 50 años o más, mientras la vida útil promedio de los vehículos es solamente 10 años, excediendo rara vez los 20 años. La vida útil de maquinarias industriales es similar o menor.
- Mientras la eficiencia energética es preocupación de la fabricación automotriz y de las ingenierías responsables del diseño e instalaciones de plantas industriales, la eficiencia en el uso de energía en edificios no goza de alta prioridad en su diseño.

A su vez, la planificación urbana y regional también influye en la demanda de energía para el sector transporte. La promoción de transporte público, bicicletas y viajes a pie, con menores impactos por pasajero-kilómetro, requiere densidades apropiadas y designaciones de uso de suelo que faciliten la relación trabajo-residencia-abastecimiento-esparcimiento.

Las características del sector edilicio explican la importante demanda con baja eficiencia en el uso de los recursos no renovables, y el gran potencial de reducir la demanda sin afectar la calidad de vida de los ocupantes. Esta reducción en la demanda, obtenida con medidas de eficiencia, es posible mediante tres factores principales:

- **Instalaciones eficientes** con lámparas de bajo consumo, así como calderas, calefactores y sistemas de refrigeración eficientes.
- **Manejo eficiente de las instalaciones** por parte de los usuarios, con el empleo efectivo de los electrodomésticos, equipos y luces sin uso y ajustando o regulando los termostatos para evitar desperdicios, mal uso y derroche.
- **Diseño eficiente de los edificios** con formas, diseño de envolventes y aberturas y características térmicas de muros y techos que permitan optimizar el acondicionamiento térmico natural y la iluminación natural.

Por lo anterior, el diseño apropiado de edificios es sin duda la medida que logra la mayor disminución del consumo, con mayor beneficio para los ocupantes y a menor costo, siempre que se incorporen medidas de eficiencia energética en las etapas de proyecto y construcción. La modificación y mejora de edificios existentes, ya se trate

de acciones a incorporar en la etapa de uso o de operación, resultan más complejas y costosas.

### **Energías renovables y eficiencia en edificios**

La eficiencia energética en el diseño y construcción de edificios constituye el factor fundamental para la aplicación de energías renovables distribuidas. En este trabajo se enfatiza el gran potencial que presentan los sistemas de energías renovables integradas en arquitectura, tales como sistemas solares con colectores para el calentamiento de agua, sistemas solares pasivos para calefacción en climas fríos y, eventualmente, el uso de paneles fotovoltaicos en edificios.

El uso de los distintos sistemas de energías renovables no debe ser considerado como el reemplazo de combustibles fósiles por energía solar y eólica. Primeramente, es importante reducir la demanda de energía a través de medidas de eficiencia, y solo con una demanda controlada se puede aportar una proporción significativa de la demanda remanente con energías renovables.

El Desafío 2030(3), desarrollado en Estados Unidos y Canadá, es un ejemplo de este enfoque donde se propone una reducción progresiva de la demanda de energía en edificios, combinada con un aumento en el aporte de las energías renovables a fin de lograr, para el año 2030, “edificios neutrales” en sus emisiones de carbono.

De esta forma, las emisiones anuales netas de gases efecto invernadero (GEI) resultan equivalentes a cero, es decir, que son iguales a la absorción de gases de la atmósfera. En una primera etapa, se pueden incorporar energías renovables para el calentamiento de agua.

Según las experiencias en climas templados de Argentina, los colectores planos pueden aportar más del 66% de la demanda de energía para calentar agua, con 4 a 6 meses sin necesidad de calor auxiliar. La leña, u otro combustible

renovable, puede aportar la demanda restante, especialmente con el uso de artefactos eficientes y grifería de bajo caudal. Sin embargo, el uso de energía solar para calefacción es la medida de mayor impacto debido a la gran demanda para desarrollar este “servicio energético”. En climas templados y fríos, los sistemas solares pasivos pueden aportar entre un 30% y un 50% de la demanda requerida para este rubro, siempre que sea controlada por la aplicación de medidas de eficiencia energética.

### **Estrategias bioclimáticas y diseño**

Las medidas antes mencionadas se corresponden de manera directa con las estrategias de diseño que actúan complementaria e integralmente en el desarrollo de proyectos y en la puesta en obra de los procesos constructivos, tales como:

- **Forma edilicia y compacidad de la envolvente**, particularmente importante en climas fríos, a fin de minimizar la superficie de la envolvente en contacto con el exterior. Sin embargo, en climas cálidos y húmedos, es necesario compatibilizar este requisito con las estrategias de diseño, principalmente en verano, a fin de lograr ventilación natural con formas edilicias abiertas y el uso directo de los espacios exteriores.
- **Integración de adecuadas capas de aislantes térmicos** en la envolvente edilicia a fin de minimizar las pérdidas de calor y lograr confort con menor demanda de energía. Este requisito puede implicar un cambio importante en la tecnología de la construcción, dado que muchos de los elementos constructivos convencionales no ofrecen buenos niveles de aislación térmica. Los materiales aislantes livianos en capas de 50 mm a 100 mm de espesor, permiten lograr muy baja transmitancia térmica, reduciendo las pérdidas de calor a solo 20% respecto a las construcciones convencionales.

- **Incorporación de materiales con elevada capacidad térmica** en el interior del edificio, como piedra, ladrillos macizos, hormigón denso, revoques y terminaciones cerámicas; ya que ello permite absorber y almacenar calor de la energía solar y otras fuentes durante el día, evitando excesivos aumentos de la temperatura interior y restituir calor al interior durante la noche, manteniendo así temperaturas nocturnas confortables.
- **Captación y control de energía solar** mediante superficies captadoras, principalmente ventanas orientadas para captar la radiación solar favorable, y aleros fijos o protecciones ajustables para reducir el ingreso de sol en periodos de calor o confort. Las superficies de captación, seleccionadas por las características climáticas, la geometría solar según latitud y las posibilidades de integración arquitectónica pueden incluir galerías vidriadas, patios techados con vidrio, invernaderos y muros acumuladores, también conocidos como “muro Trombe-Michel”.

### **Latitud y Diseño**

**En latitudes mayores a 23° n y S**, la orientación más favorable es exactamente hacia el Ecuador, es decir, al norte en el hemisferio sur y al sur en el hemisferio norte. La variación de orientación puede llegar a 30° sin disminuciones significativas, aunque la orientación en planta inclinada hacia el oeste puede captar excesiva radiación estival en regiones con veranos calurosos. A medida que la latitud aumenta, la altura del sol disminuye y se necesita mayor distancia entre edificios y limitaciones en las alturas de éstos, para asegurar un mínimo de 6 horas de sol sobre las superficies receptoras. Estos requisitos de carácter geométrico condicionan las densidades de zonas urbanas donde se planifique el aprovechamiento de la energía solar en el hábitat construido.

**En bajas latitudes**, comprendidas entre los trópicos (de ~23 N a ~23 S), con elevado ángulo de altura del sol al mediodía, las superficies de captación más efectivas son las fachadas este y oeste, y las cubiertas planas o de escasa pendiente; aunque los lucernarios o claraboyas en el techo pueden sufrir excesiva radiación durante el día y pérdidas de calor por convección ascendente a la noche. Sin embargo, en climas fríos y de altura, la captación solar en patios techados con vidrio puede ofrecer adecuadas condiciones de confort en los locales adyacentes, si actúa combinadamente con sistemas de ventilación y uso de materiales densos de gran capacidad térmica para evitar sobrecalentamiento. Alternativamente, algunos sistemas activos, con un mínimo de energía auxiliar, pueden trans-

ferir el calor de los colectores en el techo hacia zonas de almacenamiento en el piso con aire caliente mediante ventiladores o agua caliente con bombas.

### Clima y diseño

En **climas cálidos**, donde la demanda de calefacción es muy reducida o inexistente, otros recursos de diseño son necesarios para lograr confort sin demanda de energías convencionales o con muy bajas demandas<sup>4</sup>. En estos climas, donde las condiciones son relativamente confortables o cálidas, se requiere adoptar los siguientes recursos de diseño:

- **Protección solar**, especialmente en las fachadas este y oeste.
- **Control de ganancias internas**, especialmente las producidas por artefactos eléctricos, lámparas y electrodomésticos energéticamente eficientes.
- **Aprovechamiento y control de espacios exteriores** en periodos del año y horas del día cuando estos espacios presentan condiciones de confort y características variables de sol y sombra, que pueden extender el uso de los espacios habitables en el exterior y en espacios intermedios.
- **Adecuada iluminación natural** para reducir el uso de iluminación artificial.
- **Adecuada ventilación natural** para reducir el uso de ventilación artificial.

En este panorama, es relevante atender los recursos de diseño según las condiciones climáticas.

En **climas cálidos y húmedos**, típicos de zonas ecuatoriales de baja altura sobre el nivel del mar, el movimiento de aire permite mejorar significativamente la sensación de confort y bienestar:

- La ventilación cruzada, lograda con ventanas en fachadas opuestas y plantas poco profundas, permite promover corrientes de aire sensibles a nivel de las personas.
- Los ventiladores de techo también son aconsejables para lograr confort con mínimo uso de energía, complementando la ventilación cruzada en momentos de calma y requiriendo adecuadas alturas piso-techo.
- Vegetación y sombra en espacios exteriores, con galerías, pórticos y patios, ofrecen espacios abiertos o intermedios con condiciones ambientales favorables, brindando sombra y protección de las lluvias frecuentes.
- Espacios entre edificios, con dimensiones y proporciones adecuadas, para permitir el movimiento de aire

y la proyección de sombra en sectores urbanos.

- Techos de color claro y con adecuados espesores de capas aislantes para reducir la transmisión de calor de las superficies exteriores expuestas al sol, hacia el ambiente interior.

En **climas cálidos y secos**, normalmente a latitudes más alejadas del Ecuador, los recursos de diseño difieren de los anteriores, adecuados para esos climas, por ejemplo:

- **Muros que incorporan gran capacidad térmica**, para reducir y demorar la transmisión del paso de calor en estos climas de gran amplitud térmica.
- **Ventanas de tamaño controlado** para reducir el ingreso excesivo de luz, facilitar la protección solar y evitar el ingreso de aire caliente durante el día.
- **Techos de color claro** con buena aislación térmica.
- **Patios con espacios controlados** y espacios exteriores que ofrecen lugares con condiciones ambientales favorables, protegidos de los vientos cálidos con polvo, con sombra parcial y posibilidades de humidificación con vegetación.

Aún en **climas extremos**, donde es muy difícil lograr confort con acondicionamiento natural, sin instalaciones termo-mecánicas, los recursos de diseño bioclimático pueden reducir efectivamente el período de uso de refrigeración y refrescamiento artificial, y minimizar consecuentemente la demanda de energía.

En la gran mayoría de los casos, el buen diseño (o diseño adecuado y responsable con el ambiente) puede eliminar la necesidad de estas instalaciones, obteniendo significativos beneficios económicos, sociales y ambientales, particularmente relevantes en el marco del desarrollo sustentable.

La adopción de estas medidas permitiría reducir en forma significativa la demanda de energía requerida para diversas funciones de acondicionamiento eficiente de los edificios, con el consiguiente ahorro de energía, minimización de la dependencia energética y el impacto del sector al ambiente, contribuyendo así a modificar la matriz energética.

### **Desafío**

La integración de sistemas de energías renovables en arquitectura, en combinación con medidas de eficiencia energética, representa un gran desafío y una gran oportunidad. Con diseños adecuados y las tecnologías disponibles actualmente, es posible reducir hasta un 50% de la energía convencional utilizada en edificios residenciales para su acondicionamiento térmico y nivel de habitabilidad y bienestar. En esta estimación no se ha contemplado todavía el uso de instalaciones de paneles fotovoltaicos, tecnología importada de alto costo.

Sin embargo, se considera necesario preparar la producción del sector edilicio, basada particular y específicamente en el fundamento y la implementación de estos requisitos en el diseño de edificios a construir en los próximos años, favoreciendo la integración de tecnología fotovoltaica en el futuro cercano, cuando los costos resulten más accesibles para la mayoría de la población y para las distintas aplicaciones, según se desarrollen innovadoras políticas de gobierno en los países de la región latinoamericana.

El desafío principal en este contexto radica fundamentalmente en modificar la práctica convencional de proyectar y construir edificios, con el propósito de producir inmuebles de muy baja demanda de energía y alta calidad ambiental. Todas las decisiones de diseño deben y pueden considerar el impacto energético, y asegurar la factibilidad de aprovechar todas las oportunidades que contribuyan

a captar, proteger y manejar las energías naturales en el proyecto en sus diversas escalas. A diferencia del pasado, cuando la evolución y el mejoramiento de la construcción eran resultado de un lento proceso de prueba y error, ahora es posible acelerar el proceso de innovación sin los riesgos del pasado.

### **CONCLUSIONES**

El sector edilicio ofrece una valiosa oportunidad de reducir la demanda de energía, especialmente la proveniente de fuentes fósiles, y minimizar así los impactos ambientales. Hoy se cuenta con importantes herramientas para guiar las decisiones de los proyectos. Los programas de computación y simulación numérica permiten predecir el comportamiento y el desempeño del sol, la luz y el viento en proyectos de arquitectura y urbanismo, pudiendo diagnosticar la demanda de energía requerida para acondicionamiento térmico y estimar las temperaturas interiores en edificios sin acondicionamiento artificial. En este desafío, es importante tener en cuenta los condicionantes que presentan la geometría solar y las condiciones ambientales, sociales y económicas en la producción edilicia, junto a los requisitos climáticos específicos de la gran variedad de zonas que presenta la región. Las normativas constructivas y los códigos de desarrollo urbano; la formulación de programas de vivienda, y la demostración ejemplificadora de adoptar medidas de ahorro y eficiencia en edificios públicos, particularmente los destinados a educación y salud, e incorporar al sector privado en esta innovación, plantean la necesidad de integrar distintas líneas de acción en la transformación del hábitat construido en el marco del desarrollo sustentable.

### **AGRADECIMIENTOS**

El presente artículo responde a los trabajos llevados a cabo en el marco del Proyecto de Investigación UBACyT código 20020100100598: "Sustentabilidad en el hábitat construido: la contribución de la eficiencia energética y el uso de energías renovables en la transformación de la matriz energética", programación 2011-2014, con la dirección de los autores y la participación del equipo de docentes e investigadores del CIHE, Mgr. Arq. Claudio Delbene, Espec. Arq. Gabriela Casabianca, Dr. Arq. Daniel Kozak, Doctorandos Arqts. Javier Sartorio y Susana Muhlmann, y Arqts. Ana María Compagnoni, Jorge Marusic, María Verónica Snoj, Julian Evans, Juan Carlos Patrone, Mariano Cabezón y Juan Ignacio Lolago.

**R** eferencias

1. EIA. 2011. World Energy Outlook. U. S. Washington DC: Energy Information Administration.
2. Evans JM & De Schiller S. 1996. Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar. Buenos Aires: EUDEBA.
3. Architecture 2030. 2010. 2030 Implementation Guidelines, A Resource for Firms and Organizations adopting the 2030 Challenge. Disponible en <http://architecture2030.org/files/2030ImplementationGuidelines.pdf>
4. Evans J. 2010. Sustentabilidad en Arquitectura. Buenos Aires: Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo (CPAU).