



# Energía Solar

## EDITORES

Miguel A. Laborde & Roberto J. J. Williams

## PUBLICADO POR



**ANCEFN**

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

# Energía Solar

---

## **EDITORES**

Miguel A. Laborde & Roberto J.J. Williams

---



## **PUBLICADO POR**

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [ANCEFN]

SERIE: PUBLICACIONES CIENTIFICAS N° 10 (2016)

Laborde, Miguel Angel

Energía solar / Miguel Angel Laborde ; Roberto J. J. Williams ; editado por Miguel

Angel Laborde ; Roberto J. J. Williams. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : ANCEFN - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016.

Libro digital, PDF - (Publicaciones científicas ; 10)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4111-00-5

1. Energía Solar. I. Williams, Roberto J. J. II. Laborde, Miguel Angel, ed. III. Williams, Roberto J. J., ed. IV. Título.  
CDD 333.7923

Esta publicación es propiedad de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

ISBN 978-987-4111-00-5

Primera edición, Buenos Aires,

Copyright © by Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Toda la correspondencia referida a esta publicación debe dirigirse a:

*All enquires regarding this publication should be addressed to:*

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Av. Alvear 1711, 4º piso, (1014) Buenos Aires.

E-mail: [biblio@ancefn.org.ar](mailto:biblio@ancefn.org.ar)

Sitio web: [www.ancefn.org.ar](http://www.ancefn.org.ar)

Queda hecho el depósito previsto por la Ley 11.723

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de información, sin el previo permiso por escrito de la Academia.

## INDICE

PREFACIO .....	1
CAPITULO 1	
J. Plá, M. D. Pérez & J.C. Durán: Energía solar fotovoltaica.....	3
CAPITULO 2	
C. Placco & L. Saravia: Generación de energía eléctrica solar térmica .....	39
CAPITULO 3	
A.L. Hernández & J.E. Quiñonez: Colectores solares calentadores de aire para la calefacción de edificios.....	59
CAPITULO 4	
S. Flores Larsen: Edificios bioclimáticos.....	69
CAPITULO 5	
M.A. Condorí: Secadores solares.....	78
CAPITULO 6	
R.D. Echazú & M.A. Quiroga: Invernaderos y energía solar.....	89
CAPITULO 7	
C. Cadena & L. Saravia: Cocinas solares.....	112
CAPITULO 8	
C. Placco, L. Saravia & C. Cadena: Calefones solares para agua caliente.....	125
CAPITULO 9	
J. Franco: Destiladores solares tipo invernadero.....	143

## EDIFICIOS BIOCLIMÁTICOS

*Silvana Flores Larsen\**

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO, UNSa – CONICET),  
Av. Bolivia 5150, A4400FVY, Salta, Argentina  
Email: seflores@unsa.edu.ar

### Resumen

Los edificios bioclimáticos son construcciones cuyo diseño se ha adaptado para aprovechar los recursos naturales disponibles de acuerdo al clima del lugar (energía solar, geotermia, eólica, etc.), creando espacios confortables y disminuyendo el consumo de energía convencional utilizado para iluminar, calefaccionar y refrigerar los ambientes. Debido al menor consumo de energía fósil, se puede reducir la emisión de gases de efecto invernadero que impactan negativamente en el medio ambiente. Las estrategias bioclimáticas no solamente se aplican en construcciones destinadas a uso humano sino también en edificios para uso agronómico y en criaderos de animales, adaptándose a los requerimientos ambientales específicos de cada caso. En este artículo se resumen, muy brevemente, algunos conceptos importantes de la arquitectura bioclimática y se muestran algunos ejemplos de edificios solares en el Noroeste argentino desarrollados en los últimos años en el INENCO.

*Palabras clave:* arquitectura bioclimática, eficiencia energética, edificios

### Abstract

Bioclimatic Buildings. In bioclimatic buildings, the architectonic design is adapted to the local climate in order to take advantage of the available natural resources in an efficient way. Thus, solar energy, wind power, geothermal energy and other resources are managed to provide a comfortable indoor environment with natural lighting, heating and cooling of the interior spaces. Therefore, both, the consumption of conventional fossil energy and the emission of greenhouse gases with their negative impact on the environment, are reduced. The bioclimatic strategies are applicable not only in buildings for human beings, but also for animals and plants in breeding farms and greenhouses. In this article, the concepts and techniques of bioclimatic architecture are briefly summarized, and some examples of solar buildings in the Argentinean Northwest are shown. These buildings were developed in the last years by researchers of INENCO.

*Keywords:* bioclimatic architecture, energy efficiency, buildings

### 1. Introducción

Los edificios son grandes consumidores de energía. A nivel nacional, el sector construido consume el 34% de la energía total (Secretaría de Energía, 2015).

Los edificios bioclimáticos tienen como objetivo crear espacios interiores confortables desde el punto de vista térmico y lumínico, aprovechando las condiciones climáticas del lugar y minimizando la energía requerida para calefaccionarlos, refrigerarlos e iluminarlos. Esta reducción del consumo energético impacta positivamente en el medio ambiente, debido a que se reduce la emisión de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global. El sol, el viento, la lluvia, la tierra y la vegetación son algunos de los recursos naturales disponibles para ser utilizados en el diseño de los edificios bioclimáticos.

El diseño bioclimático no es un concepto nuevo. Desde tiempos ancestrales los seres humanos han adaptado sus viviendas a las condiciones climáticas específicas, de las cuales tenemos interesantes ejemplos en la arquitectura vernácula. Actualmente, el diseño bioclimático involucra los siguientes aspectos:

- Aislamiento térmico del edificio, para prevenir el pasaje de calor a través de paredes y techo, tanto en invierno como en verano.
- Aprovechamiento de la energía solar, para calefacción (en invierno) y para iluminación (todo el año). Para ello es necesario orientar adecuadamente el edificio.
- Protección del sol en verano, mediante sombreado, uso de colores claros y superficies reflectivas.
- Remoción del calor acumulado en el edificio en verano, mediante técnicas de enfriamiento pasivo como ventilación nocturna o enfriamiento evaporativo.

## **2. Tecnologías y métodos**

### **2.1. Sistemas solares pasivos de calefacción**

Una de las técnicas más utilizadas para calefaccionar los ambientes interiores es captar la energía solar. Esto puede realizarse de manera directa a través de las áreas vidriadas orientadas adecuadamente, o bien de manera indirecta mediante la utilización de muros colectores acumuladores.

La ganancia solar directa es la que se colecta a través de las superficies vidriadas. La cantidad de energía solar captada depende no sólo de los niveles de radiación disponible sino también de la orientación de la superficie vidriada y del tipo de vidrio utilizado. En climas con mucha radiación solar disponible, la superficie de captación debe dimensionarse correctamente para evitar el sobrecalentamiento de los espacios interiores. Las ventanas con doble vidriado hermético permiten el pasaje de la radiación solar y a la vez disminuyen las pérdidas térmicas por conducción a través del vidriado. Actualmente se desarrollan nuevos materiales alternativos, que permiten controlar el ingreso de la radiación solar y de la energía térmica (espejos de calor), o inclusive aprovecharla para cumplir una doble función de ingreso de radiación y de generación de electricidad (como por ejemplo paneles fotovoltaicos integrados al vidriado).

Los muros colectores-acumuladores consisten en un muro masivo, cuya cara exterior se pinta de un color oscuro para absorber la radiación solar, protegida por un vidriado cuyo efecto es disminuir las pérdidas térmicas del muro. La energía solar se acumula en el muro y se transfiere al ambiente interior, calentándolo. De acuerdo al diseño y uso, la cavidad entre el muro y el vidrio puede o no tener circulación de aire, lo cual se logra mediante pequeñas aberturas en la parte inferior y superior del muro, a través de las cuales se establece un flujo natural de aire. El material del muro debe ser un buen conductor de calor, por lo que usualmente se utilizan algunos tipos especiales de rocas.



Fig. 1. Ganancia solar directa. Sub Estación experimental del INTA en Abra Pampa, a 3500 m snm.  
Puna Jujeña, Argentina.



Fig. 2. Muros colectores-acumuladores. Colegio Secundario Albergue de Montaña “El Alfarcito”,  
Quebrada del Toro, Salta, Argentina.

Los invernaderos adosados consisten en espacios cuya envolvente es en su mayor parte vidriada. La ganancia solar que ingresa a través de los vidrios se absorbe en pisos y paredes y se reemite en forma de calor, el cual queda atrapado dentro del espacio debido al efecto invernadero producido por el vidriado.



Fig. 3. Invernadero adosado. Sub Estación experimental del INTA en Abra Pampa, a 3500 m snm. Puna Jujena, Argentina.

## 2.2. Sistemas y técnicas pasivas de enfriamiento

La ventilación nocturna consiste en aprovechar el potencial del viento para refrescar el interior de la vivienda durante la noche, cuando la temperatura exterior del aire es más fresca. Para ello se requiere de un buen diseño de las aberturas que permita el movimiento de aire en el interior mediante ventilación cruzada.

Los sistemas basados en conductos enterrados aprovechan la energía del suelo para precalentar (en invierno) o enfriar (en verano) el aire que circula por conductos que se entierran a una profundidad del orden de los 2 metros o más. El aire exterior es ingresado por una toma, circula por los conductos y es entregado al ambiente interior. Los conductos intercambian calor con el suelo, el cual a cierta profundidad tiene una temperatura constante a lo largo del año que es más caliente que la temperatura exterior en invierno, y más fría que el exterior en verano. Si bien el flujo de aire puede ser natural, lo más usual es utilizar ventiladores para forzar la circulación de aire.





Fig. 4. Conductos enterrados. Vista de la toma exterior y boca de salida del aire. Diseño arquitectónico: Dra. Arq. Celina Filippín.

El enfriamiento evaporativo aprovecha el potencial del agua para absorber calor. Para ello, se pone en contacto el aire caliente con una superficie de agua. Al entrar en contacto con ella, el aire se enfría y humidifica, refrescando el ambiente interior. Es aplicable en climas secos, que favorecen el efecto de evaporación. El enfriamiento evaporativo es conocido desde hace cientos de años en climas desérticos como la Península Arábiga, en donde la utilización de agua en fuentes e inclusive la utilización de telas mojadas en las ventanas favorece el refrescamiento del aire. Actualmente existen sistemas comerciales que utilizan el enfriamiento evaporativo para refrescar el aire y reducir el consumo de energía convencional de viviendas y de edificios con usos agronómicos.

### 2.3. Sistemas y técnicas de iluminación natural

Consiste en aprovechar la radiación solar para iluminar los ambientes interiores, utilizando aberturas y materiales reflectantes para conducir la luz natural. El objetivo es maximizar el confort visual y disminuir el consumo eléctrico. Existen diferentes tecnologías y sistemas de iluminación natural, como por ejemplo los estantes de luz, lumiductos, vidrios prismáticos, o sistemas con hologramas.

Las fachadas y techos verdes utilizan plantas para la protección de muros y techos. Esta técnica está creciendo en interés debido a la reducción de la temperatura interior de los ambientes en verano y a los efectos positivos sobre el medio ambiente. Algunos de los efectos de las plantas sobre los edificios son: el sombreado de los muros y techos, la disminución de la velocidad de viento en la envolvente edilicia (con lo que se disminuyen las pérdidas de calor), la mejora del aislamiento térmico y acústico, y la protección de la envolvente contra el sol y la lluvia (lo cual permite disminuir su deterioro con el paso de los años). Sobre el medio ambiente, los efectos más importantes son: la disminución del efecto de isla de calor urbana, la purificación del aire a través de la absorción de  $\text{CO}_2$  y otros contaminantes, la producción de oxígeno, la humidificación del ambiente en los climas secos, y los efectos estéticos y psicológicos asociados.



Fig. 5. Iluminación natural. Escuela de EGB III de Catriló, La Pampa. Diseño arquitectónico: Dra. Arq. Celina Filippín.



Fig. 6. Techo verde de la Escuela de Arte, Diseño y Medios, Universidad Tecnológica de Nanyang, Singapur, 2006.

## 2.4. Monitoreo y simulación computacional

El diseño bioclimático requiere de dos herramientas fundamentales: el monitoreo experimental, que permite validar las decisiones de diseño y adquirir experiencia en la eficiencia de las tecnologías, y la simulación computacional, que permite contar con una herramienta para predecir el comportamiento futuro del edificio y corregir posibles errores de diseño antes de que sea construido.

En particular, es muy importante contar con datos experimentales para construcciones realizadas en nuestro país, con los materiales y técnicas específicas de nuestras zonas. Esto permite estudiar los niveles de confort térmico y lumínico de nuestras construcciones y realizar un seguimiento del edificio a lo largo del tiempo. La metodología consiste en el registro, durante un periodo de tiempo determinado, de la evolución de las temperaturas interiores, condiciones climáticas, consumo de energía, etc. Una técnica complementaria de gran valor es la termografía infrarroja, que permite detectar diferentes patologías en construcciones (humedad, puentes térmicos, mala instalación de las aislaciones).



Fig. 7. Imagen termográfica del Nuevo Hospital de Niños, Salta. Se observan las pérdidas de calor a través de la estructura de hormigón.

Por otra parte, la simulación computacional permite predecir cómo se comportaría el edificio si se modifican su diseño, materiales o condiciones climáticas, y seleccionar, antes de la construcción, las estrategias a aplicar. Existen muchos programas a nivel internacional que permiten realizar estos cálculos (TRNSYS, EnergyPlus, SOLENE). En Argentina, el INENCO ha desarrollado software de relevancia para su uso en diseño térmico de edificios (PRELISE y SIMEDIF, ambos de libre disponibilidad en Internet), los cuales son utilizados por investigadores del país y del exterior.

## 3. Algunos desarrollos del INENCO

El INENCO trabaja desde hace más de 30 años en el tema de edificios bioclimáticos y eficiencia energética. Entre las primeras experiencias se encuentran un barrio solar de 15



viviendas en Cachi (Salta, 1981) y la estación experimental del INTA en Abra Pampa (Jujuy, 1982). Más recientemente, se el INENCO participó en el diseño del Hospital de Susques (Jujuy, 2008), el primer hospital bioclimático del país, del Colegio Secundario de Montaña de Alfarcito (Salta, 2008), y del primer edificio con fachada vidriada y fachada verde de la ciudad (Edificio Palermo, Salta, 2012), entre otros. También se trabajó en construcciones agroindustriales en Catamarca para la producción de plantas en colaboración con el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Catamarca, Argentina).



Fig. 8. Hospital Bioclimático de Susques (Jujuy). Vista de los muros colectores-acumuladores

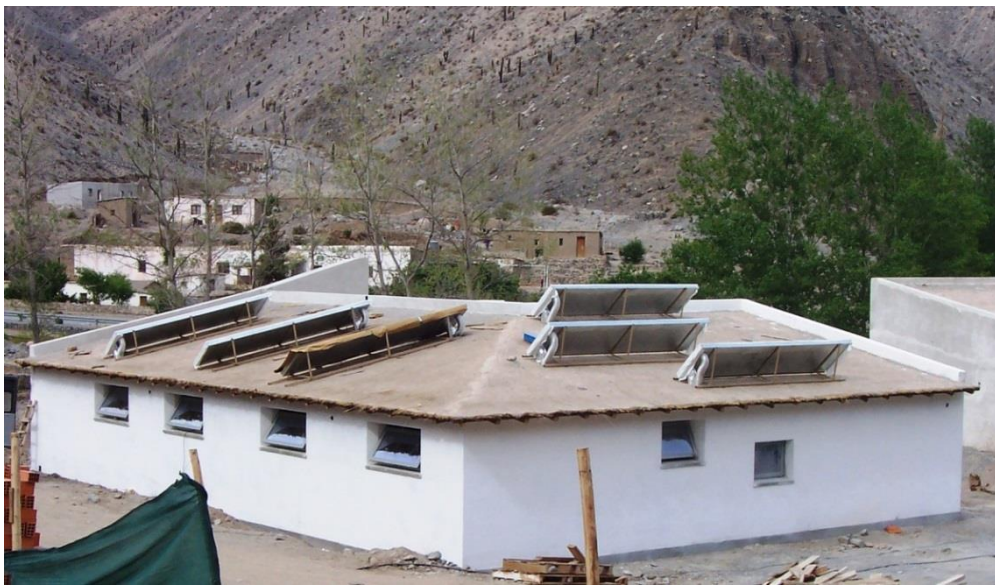


Fig. 9. Colegio Secundario de Montaña "El Alfarcito" (Salta). Vista de los colectores solares de aire para calefacción en los dormitorios de los docentes.

#### **4. Reflexiones finales**

El sector de la construcción consume aproximadamente un tercio de la energía total en nuestro país. Para reducir esta cantidad, se debe trabajar activamente en la incorporación de estrategias bioclimáticas y nuevas tecnologías, tanto para edificios nuevos como para reciclados, y en la legislación correspondiente. Es la sociedad en su conjunto la que debe concientizarse y actuar: los arquitectos, ingenieros e investigadores son los responsables de estudiar y aplicar estas estrategias, los legisladores deben promover la eficiencia energética a través de leyes específicas, y los usuarios deben concientizarse y modificar sus hábitos para disminuir el impacto de sus acciones en el medio ambiente.

#### **Referencias bibliográficas**

- [1] J.D.Balcomb, Passive solar buildings, MIT Press, 2008.
- [2] M. Santamouris & D. Asimakopoulos, Passive cooling of buildings, Ed. Earthscan, 1996.
- [3] Secretaría de Energía, 2015. Balance Energético Nacional 2014. Disponible en:  
[www.energia.gov.ar](http://www.energia.gov.ar).
- [4] Asociación Española de Cubiertas Verdes, ASESCUVE, 2015. Disponible en:  
<http://www.asescuve.org/fachadas-vegetales/>
- [5] Boletín Arquitectura Sustentable, 2014. Disponible en:  
[http://arqsustentable.net/ejemplos\\_gral.htm](http://arqsustentable.net/ejemplos_gral.htm)