

**SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN SOLAR PASIVO.
SU INTEGRACION EN VIVIENDAS DE BAJO COSTO.**

M. Victoria Mercado; Alfredo Esteves, Celina Filippín.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) (CONICET)
C.C. 131. C.P.5500, Mendoza, Argentina
Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370
E-mail : mvmercado@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: El presente trabajo busca analizar la importancia de la incorporación térmico, técnico y estética del sistema de climatización solar pasivo radiante térmico, en viviendas con sistema de techo liviano con chapa exterior y sistema constructivo pre-fabricado. El requerimiento térmico básico de este sistema se puede sintetizar en la búsqueda de una buena orientación e inclinación del plano captador con respecto al ecuador y el dimensionamiento del mismo de acuerdo al sistema constructivo donde se vaya a implementar. Una vez logradas estas condiciones que garantizan un buen desempeño del sistema, el proyectista se encuentra frente a la necesidad de dar respuesta al aspecto de integración arquitectónica de estos sistemas en un parque edilicio ya construido. Este problema se aborda desde dos aspectos, uno técnico o constructivo y otro estético y tipológico. En el primero se evalúan las posibilidades técnicas con que cuenta el parque residencial de tipo social para la incorporación de un sistema de calefacción solar radiante (estructura, materiales, calidad térmica de la construcción destinada al carácter social, encuentros de materiales). En el último grupo se evalúa la respuesta de diseño a incorporar en las diversas tipologías que se encuentran en el mismo parque habitacional, en cuanto a su espacio exterior (volumetría, situación y forma de las viviendas) evaluando por último los tres aspectos desde la óptica de impacto visual y apropiación social del resultado arquitectónico.

Palabras Claves: Arquitectura Sustentable- Sistemas solares pasivos - calefacción radiante

INTRODUCCIÓN

Se ha estudiado y experimentado un sistema de panel radiante utilizado para calefaccionar pasivamente locales sin ninguna fachada visible hacia el ecuador (Figura 1). En trabajos anteriores se dedujo que una cuarta parte de la superficie total de cubierta del espacio a acondicionar era suficiente para la climatización del mismo, tomando como referencia el sistema de construcción tradicional en muros, es decir ladrillo y revoques de ambos lados. (Mercado et al, 2005) Figura 1(a).

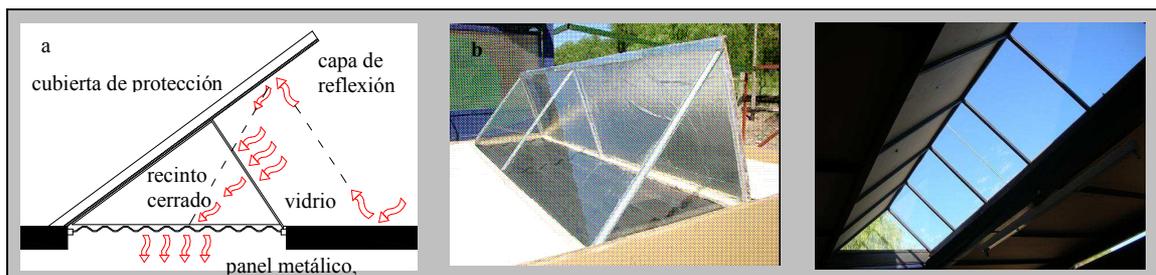


Figura 1: (a) Esquema del corte, (b) fotos del prototipo de estudio del sistema de calefacción solar radiante y (c) foto del sistema instalado en el gabinete de estudios experimentales del LAHV-INCIHUSA

En un trabajo posterior se analizó el comportamiento del sistema en un prototipo a escala (Figura 1-b) (válido por evaluar la transferencia radiante), en la estación de invierno. Se concluyó que el sistema era eficiente para proveer de radiación instantánea a los espacios donde se incorporara. El presente trabajo continúa el estudio de la incorporación del sistema desde los aspectos térmicos, técnico y estético para una vivienda de sistema constructivo tradicional.

Y para una construcción de sistema “prefabricado”, el que se materializa en dos formas diferentes. Una, un paquete tipo sándwich de placa cementicia hacia el exterior, aislante térmico (poliestireno expandido o lana de vidrio) y por último hacia el interior una barrera de vapor y una placa de yeso. La otra, machimbre de pino en ambas caras, exterior e interior al espacio y entre medio de estas el material aislante.

INCORPORACIÓN DEL SISTEMA AL PARQUE HABITACIONAL DE VIVIENDA SOCIAL

La provincia de Mendoza cuenta con un déficit habitacional de 30.000 viviendas nuevas (datos IPV Mendoza) para las cuales es importante y urgente una nueva conciencia energética de las edificaciones de índole social. Sin embargo ya existe un parque habitacional de viviendas social que conforman el 30% del total de viviendas de la ciudad de Mendoza, con una marcada condición de desconfort térmico y poca salubridad.

Envolvente: Se toma a la envolvente como parte del “límite físico” entre el espacio que habitamos y el medio que lo rodea, es el elemento que materializa “un filtro selectivo” para crear microclimas internos que le propicien confort al usuario. Este filtro, límite, cierre, o envolvente (como se lo llama desde los ‘70) es la receptora de los análisis de este trabajo, de su calidad térmica, de su aspecto técnico y tal vez el más analizado popularmente, el estético. Esta piel edilicia debe ser lo suficientemente estudiada como para:

- proteger al usuario de las condiciones ambientales exteriores (frío-calor excesivos, lluvia, vientos)
- brindar resguardo socio-cultural, seguridad, privacidad
- ofrecer posibilidades de apropiación, es decir poder ser destinatario de la transformación individual de cada usuario.

Aspecto Térmico

Los índices de déficit de viviendas se enmarcan en la situación de hacinamiento y estado material de las viviendas. Se observa que, en ninguno de estos índices considerados para la elaboración de los censos, se cuenta o evalúa la calidad térmica de la vivienda ni en forma global, ni de su envolvente. Esto es preocupante debido a una realidad, una envolvente de mala calidad térmica da como resultado condiciones de desconfort aseguradas, común en las viviendas nuevas y de las 2 últimas décadas. En numerosos trabajos ya se advierte este fenómeno (Czajkowski 2000, Mitchell et al 2004, Martínez 2004, Mitchell 2005) que da como resultado usuarios dependientes de las energías fósiles para alcanzar condiciones de confort dentro de sus hogares o en otros casos, no menores en cantidad, a vivir en condiciones reflejo de condiciones ambientales exteriores por no poder hacerle frente al costo de estas energías. Las características climáticas que presenta la ciudad de Mendoza son extremas en las estaciones de Invierno y Verano (Temperatura Máxima Media: 14.6°C; Temperatura Media: 7.9°C; Temperatura Mínima Media: 3.8°C; Radiación Global: 9.1MJ/m²).

De Rosa, 1988 indica: “la situación de desconfort desde el punto de vista del consumo energético constituye una constante” donde se evaluaron 20 viviendas de cada tipología a través de encuestas donde se pondera desde 0 a 1 un indicador cualitativo de la sensación térmica otorgada por la misma. La Tabla 1 muestra estos valores por tipología.

Tipología	Agradable	Frío y muy frío
Compactas	0.47	0.53
Quebradas	0.21	0.79
Duplex	0.38	0.62

Tabla 1. (fuente: PID N° 3-094000/88-dir: Carlos de Rosa [1989])

Esto indicaría que son más los casos en que la vivienda no es confortable. Se puede deducir que es debido a la baja calidad térmica de la envolvente.

Se estudia su aplicación en viviendas, evaluando en esta instancia su envolvente ya que se ha comprobado que la eficiencia del mismo depende de la calidad térmica de la envolvente y la repercusión de esta sobre las condiciones térmicas con la incorporación del sistema solar radiante pasivo. Para esto se estudio en el programa SIMEDIF para WINDOWS sobre una base ya ajustada (Mercado et al 2007) los diferentes tipos de envolvente posible de encontrar en el parque habitacional de vivienda social. En la Tabla 2 se puede observar los coeficientes de resistencia térmica y el coeficiente global de transferencia según el material de la envolvente opaca.

Elemento Vertical	R [m ² C/W]	U [w/M ² °C]
1 Liviano (machimbre de pino + aislante (0.025m) + machimbre de pino)	0.67	1.49
2 Liviano (machimbre de pino + aislante (0.05m) + machimbre de pino)	1.3	0.76
3 Liviano (placa cementicia + aislante (0.025m)+ placa de yeso)	0.87	1.14
4 Liviano (placa cementicia + aislante (0.05m)+ placa de yeso)	1.5	0.66
Sistema tradicional (revoque + ladrillón común + revoque)	0.85	1.17

Tabla 2: Cálculo del coeficiente global de transferencia [U] y resistencia [R] de un elemento vertical de los distintos tipos de sistemas constructivos analizados.

Se presentan los resultados de las simulaciones realizadas para evaluar este efecto. La Figura 1 muestra el comportamiento de la temperatura interior (Ti esp) de un espacio construido bajo el sistema tradicional, con la incorporación del sistema. Las temperaturas corresponden a dos días de invierno (Ti sis y Tpanel) conjuntamente a la situación térmica del exterior (Text) (espacio1). En la Figura 2 se observa la misma situación para una construcción de envolvente liviana (espacio 2).

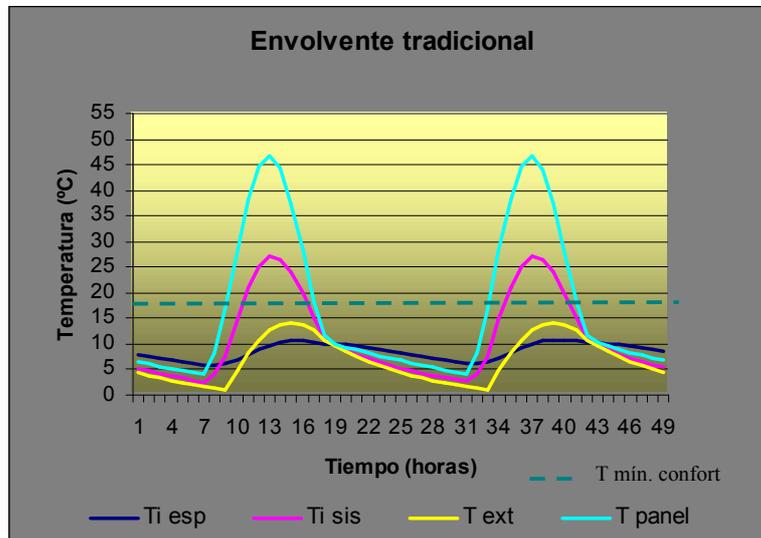


Figura 2: Temperaturas en un espacio construido con sistema tradicional. Sup=25%

Según un trabajo anterior (Mercado et al 2005) se considera como óptima que la superficie del panel radiante debería ser el 50% de la superficie cubierta del espacio. No obstante en el mismo trabajo se observó que utilizando el 25 % de la superficie de piso los resultados justificaban su uso. Posteriormente al análisis del sistema incorporado a una construcción con masa se considera necesario aumentar la superficie al óptimo (el 50%) para poder elevar mas la T aprovechando la disminución de la amplitud térmica. Esto daría como resultado obtener alrededor de dos horas más cercanas a las condiciones de confort sin embargo, los costos aumentarían al doble.

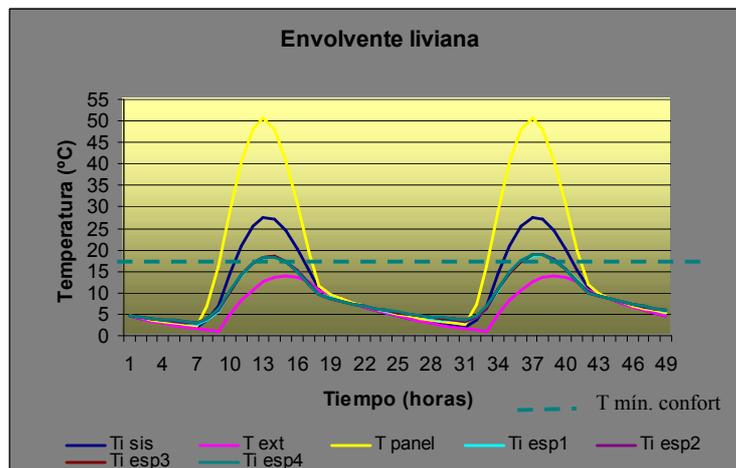


Figura 3: Temperaturas en un espacio construido con sistema prefabricado liviano. Sup 25%

En la Figura 3 se puede observar que el comportamiento térmico para una construcción liviana reacciona de la misma forma para los cuatro casos, 1 (machimbre + aisl 2.5cm + machimbre), 2 (machimbre + aisl 5cm + machimbre), 3 (placa cementicia + aisl.2.5cm + placa yeso) y 4 (placa cementicia + aisl.5cm + placa yeso). Este fenómeno se explica por tratarse de superficies que no admiten la absorción de calor y no intervienen directamente en la transmitancia radiativa que provoca el sistema. Se puede apreciar también como incide la condición radiante instantánea a los espacios donde se incorporara.

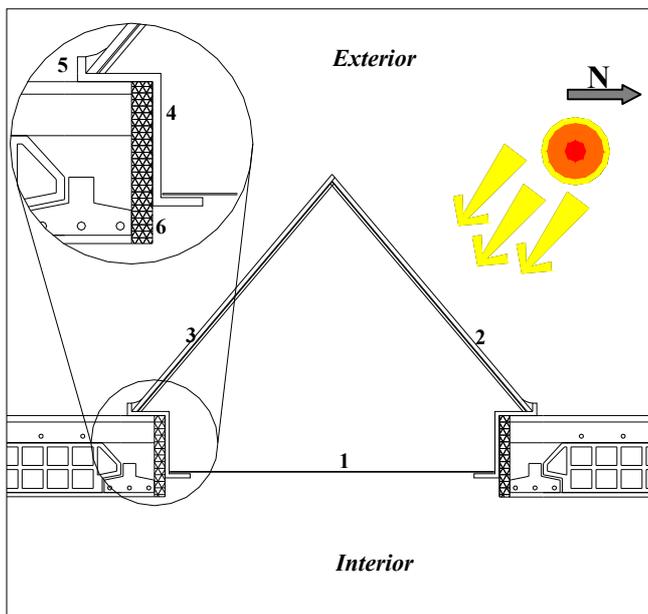
Si se hace un análisis de los dos comportamientos se advierte que en una construcción de tipo tradicional la temperatura interior alcanza un valor máximo menor que con la construcción liviana: Ti esp =18°C (figura 3); Ti esp

= 11°C (figura 2). Se entiende que este fenómeno se produce debido a la acumulación de calor que hace la masa ubicada en el espacio 1. Esto permite que se produzca la disminución del 30 % de la amplitud térmica interior con respecto al espacio 2.

Aspecto Técnico

La adaptación técnica que se debe realizar del sistema solar pasivo radiante depende también del tipo de construcción que se trate. Se analizan dos tipos, sistema convencional o tradicional y el sistema tipo “prefabricado”. La primera sobre una cubierta de losa y cubierta de chapa y el segundo con el único tipo de cubierta que se encuentra en estas, tratándose de cubiertas metálicas. En el caso de cubierta metálica sea para el sistema tradicional o prefabricado sería la misma. Se debe tener en cuenta para ambos casos la necesidad de evitar puentes térmicos, para que no se “pierda” calor por conducción hacia las cubiertas colindantes.

En el caso de losa la incorporación técnica es más compleja, debido a la composición monolítica de esta. Sería preciso agujerar la losa y colocar el sistema sobre una estructura de soporte. Como se propone en la Figura 3.

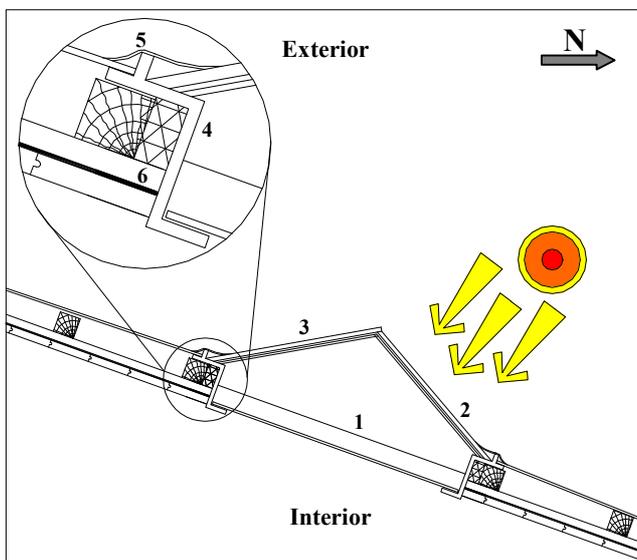


Referencias

- 1--- Panel Radiante
- 2--- Sup. colectora (vidrio)
- 3--- Cubierta opaca (sur)
- 4--- Chapa plegada, para adaptar el corte de la losa a la incorporación del sistema
- 5--- Sellado de juntas, peligrosas para infiltraciones pluviales
- 6--- Material aislante para impedir puente térmico

Figura 4: Detalle constructivo del sistema, propuesta sobre una cubierta de losa.

Por otro lado en una cubierta liviana se presenta la dificultad de la dirección de la pendiente, debido a que es imprescindible orientar el sistema hacia el norte. Se supone que la pendiente este direccionada o esté en forma contraria. En la Figura 4 se presenta una posible solución a estas opciones.



Referencias

- 1--- Panel Radiante
- 2--- Sup. colectora (vidrio)
- 3--- Cubierta opaca (sur)
- 4--- Chapa plegada, para adaptar el corte de la losa a la incorporación del sistema
- 5--- Sellado de juntas, peligrosas para infiltraciones pluviales
- 6--- Material aislante para impedir puente térmico

Figura 5: Detalle constructivo del sistema, propuesta sobre una cubierta liviana c/chapa.

Aspecto Estético

Uno de los aspectos de mayor relevancia al pensar en la incorporación de este elemento en las viviendas de interés social es la asociación de ciertos modelos arquitectónicos a los diferentes niveles socio-económicos. La forma prismática y plana se relaciono por las dos últimas décadas a los modelos habitacionales sociales, mientras que, aumentaba el requerimiento de cubiertas inclinadas aspirando a una imagen de un grupo social más aventajado económicamente.

Sin embargo considerando al sistema desde el punto de vista estético comprende un campo amplio y complejo debido a que se trata de una forma concebida desde la eficiencia térmica del mismo. En términos de forma arquitectónica se trata de un contenido funcional que le da sustento a la misma. Es decir como la incidencia solar debe asegurarse según los requerimientos de asoleamiento necesarios para el buen desempeño de este, no presenta oportunidad de variar su forma, geometría y consecuentemente su estética.

Rudolf Armehim, 2001 advierte que la forma tiene un determinado efecto psicológico, derivado de sus cualidades expresivas. Bajo esta teoría se puede decir que la forma prismática triangular evoca ascendencia, flexibilidad, movimiento, lo cuál aporta una ventaja en su aplicación.

El color es otro elemento importante desde el punto de vista integración-estética del aparato. Las características térmicas sobre las cuales trabaja el sistema dependen de la absorción del elemento horizontal o panel radiativo. Como se sabe el color en esto juega un papel preponderante, es por eso que la superficie que “mira” al sol se pinta negro para de esta manera elevar la absorptividad del mismo ($\alpha= 0.9$). Sin embargo del lado que el panel “mira” hacia el interior del espacio no es estrictamente necesario que sea de este mismo color, debido a que la emisividad de este no se relaciona directamente con el color del mismo sino con las características térmicas intrínsecas del material utilizado como panel radiante. Este cambio de color de la superficie interna colindante al espacio permitirá al usuario realizar la apropiación del sistema de calefacción, adaptándolo a las características de los espacios interiores.



Figura 6: Viviendas de índole social de la ciudad de Mendoza, con sobre dibujo de la posible ubicación del sistema.

En la Figura 6 se puede apreciar la incorporación en forma esquemática del sistema a diferentes tipologías de vivienda social. Se observa que a pesar que, se trata de un elemento de transformación “aditivo”, no impacta negativamente sobre la geometría de las viviendas.

Se puede decir que el uso de un sistema nuevo, no convencional y con una forma asociada comúnmente a lucernarios ubicados en espacios de buen aspecto estético (asociado directamente con un acomodado nivel socio-económico), se considera una ventaja para la aceptación del sistema solar pasivo en barrios de índole social.

CONCLUSIONES

La edificación energéticamente eficiente o bioclimática pretende sentar las bases para construir edificios de manera que, con un consumo mínimo de energía renovable y/o convencional, mantengan constantemente las condiciones de confort requeridas, utilizando sistemas y técnicas conocidas, adaptándolas a la manera de construir actual y las se presenten en un futuro.

En cuanto a la calidad de la envolvente se justifica la necesidad de estudiar las características térmicas de cada tipología de construcción antes de implementar el sistema. En lo cuál se concluye que para un sistema de construcción tradicional pesado (con masa) el sistema debe ser el 50% de la superficie del espacio a calefaccionar. Mientras que para una construcción liviana (tipo sándwich, como los presentados) el predimensionamiento de la cuarta parte de la superficie a calefaccionar es suficiente.

Es sistema aporta una solución viable y prácticamente eficaz de ser incorporada en las viviendas sociales, otorgando la posibilidad de alcanzar condiciones térmicas de confort. En épocas de inseguridad, instalada en la ciudad de Mendoza, el sistema al tratarse de un recinto sellado, no invade el resguardo del edificio ni la privacidad de los propietarios del mismo. Por otro lado desde el aspecto estético se evidencia que el mismo otorga la posibilidad de la apropiación del usuario.

Por último se concluye que es necesario el desarrollo de una planificación de integración de los sistemas de climatización natural -que abarque desde la difusión del sistema y su funcionamiento, la autoconstrucción y la última etapa, quizás la más importante, el uso del mismo- para poder volcarlos a la sociedad y que esta los apropie y no los rechace.

Abstract :

Technical aesthetic and thermic aspect of radiant passive solar system of heating are studied in their paper. These systems are, incorporated in houses with light roof of metal. Technical aspects are indicated. The thermal requirements are: to propiate orientation of collector surface and the size of it. Architectural integrations of system in the envelope it is very important in order to obtain good aesthetic aspect. From this manner, volumetric aspect, shape of houses are evaluated order to do good appropriate and excellent visual import of social incorporation to these houses.

Keywords: solar radiant heating, passive solar system, solar architecture

BIBLIOGRAFIA

- BÁNHIDI, L. J. 1991. "Radiant Heating Systems" Design and applications. PERGAMON PRESS. Gran Britain.
- LESINO G., FLORES LARSEN S. (2000). Simedif para Windows. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA Vol. 3.
- DE ROSAS C., Proyecto de Investigación y Desarrollo N° 09400/88, "Vivienda Social. Déficit Habitacional y Habitabilidad Higrotérmica. Evaluación y Propuestas para su comportamiento en la provincia de Mendoza" 1989. Argentina. Documento Inédito.
- LÓPEZ DE ASIAIN, J., "Arquitectura, Ciudad, Medioambiente". Universidad de Sevilla-Consejería de Obras Públicas y Transportes, 2001. ISBN: 84-472-0658-0
- MERCADO V., ESTEVES A. (2005) Sistema de Calentamiento Solar para Viviendas de Bajo Costo sin Fachadas hacia el Ecuador. AVERMA, Vol. 9; 3.49 – 3.54 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES. (2006) Sistema De Calefacción Solar Radiante-Variables De Diseño Y Mediciones Experimentales" ENTAC (Encuentro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido) 334 – 344 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES, FILIPPIN C. (2007) Sistema de calefacción solar radiante. "Mediciones experimentales de invierno y evaluación con software de simulación térmica SIMEDIF" ENTAC (Encuentro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido) 334 – 344 p.
- MITCHELL, JORGE A. "Consumo de energía para calefacción en el hábitat social de Mendoza un caso de estudio" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 2005. ISSN 0329-5184.
- MITCHELL JORGE A. ESTEVES, ALFREDO "Diagnóstico de consumos energéticos de un asentamiento rural del oasis norte de Mendoza" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, 2004. ISSN 0329-5184.
- MARTINEZ, C. "Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S. M. de Tucumán" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, 2004. ISSN 0329-5184
- SERRA FLORENSA, R.; COCH ROURA, H., "Arquitectura y Energía Natural. Edicions UPC, de Mascaró, L.; "Luminotecnia, Luz Natural" Ediciones Summa, ISBN 84-8301-497-1 1977.
- SODEANSA; SAMA "Integración Arquitectónica de Instalaciones de Energía Solar Térmica". Sevilla 2000