

Conferencia:

INFORME ACERCA DE UNA VISITA A CENTROS
DE INVESTIGACION SOBRE ARQUITECTURA
SOLAR EN ESTADOS UNIDOS

Carlos de Rosa,
I.A.D.I.Z.A

El viaje realizado es parte de un programa especial de investigación, auspiciado por la Organización de Estados Americanos, para América Latina y titulado "Vivienda popular".

El objetivo fundamental del viaje era tomar conocimiento de las posibilidades de aprovechamiento de la energía solar, para calefacción y enfriamiento de espacios habitables, y tenía como programa la visita a cuatro universidades norteamericanas donde se llevan a cabo investigaciones sobre el tema.

Las instituciones visitadas han sido las siguientes:

- Solar Energy and Energy Conversion Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Universidad de Florida.
Gainesville, Florida.
Desde el 27 al 30 de abril.
- Department of Mechanical Engineering, Universidad de New Mexico.
Albuquerque, New Mexico.
Desde el 3 al 5 de mayo.
- New Mexico Solar Society.
Santa Fe, New Mexico.
6 de mayo.
- Solar Energy Applications Laboratory, Universidad del Estado de Colorado.
Fort Collins, Colorado.
Desde el 10 al 14 de mayo.
- Institute of Energy Conversion, Universidad de Delaware.
Newark, Delaware.
Desde el 17 al 20 de mayo.

Con el fin de clarificar el informe, se enumerarán en forma sucesiva las visitas a las distintas universidades e instituciones.

- 1.- Universidad de Florida. Solar Energy and Energy Conversion Laboratory.

Día 27 de abril.

Entrevista con el Dr. Erick A. Farber, Director del Laboratorio, con quien se había establecido contacto previo desde Mendoza.

Durante la entrevista tuve oportunidad de expresar los objetivos de mi viaje y los aspectos técnicos en que estaba interesado.

El Dr. Farber analizó muchos de los aspectos comentados y posteriormente organizó una visita guiada a las instalaciones del laboratorio y de la "casa solar" llevada a cabo por la Universidad.

Además, fui invitado por él a concurrir al seminario sobre energía solar, que comenzaba el día 28 con una duración de tres días y que era de importancia nacional, contando entre sus oradores al Dr. John Yellott y al propio Farber, ambos reconocidos mundialmente como autoridades en el campo de la energía solar.

Visita al Laboratorio: Bajo la dirección del Dr. Farber, el Laboratorio de la Universidad de Florida ha incursionado prácticamente en todas las aplicaciones de la energía solar.

En el Laboratorio se encuentran gran cantidad de modelos y prototipos de elementos evaluados. Ellos son:

- a) Colectores por agua y aire.
- b) Concentradores especulares de distintos tipos (parabólicos y esféricos).
- c) Cocinas solares.
- d) Distintos tipos de células fotovoltaicas (silicio y sulfuro de cadmio).
- e) Destiladores solares.
- f) Modelos de motores solares para accionar bombas, aplicables al riego.
- g) Banco de prueba de comportamiento térmico de materiales.
- h) Cámara infrarroja para detectar pérdidas y ganancias de calor a través de muros.
- i) Automotores: La Universidad de Florida tiene cuatro automotores (2 automóviles y 2 ómnibus), de motor eléctrico, cuyas baterías son car-

gadas con energía eléctrica obtenida por conversión fotoeléctrica de la energía solar.

j) Sistema de calefacción del Laboratorio:

Los espacios del laboratorio ocupan la última planta del edificio de Ingeniería Mecánica y tienen un sistema de calefacción propia, que funciona totalmente mediante el uso de energía solar.

Sobre la cubierta se ubica una batería de colectores solares que usan como vehículo el agua. Los tanques de almacenamiento de calor se hallan en un espacio destinado a conductos sobre el edificio. Mediante intercambiadores de tipo convencional el calor se transfiere a un sistema de conductos que suministran aire caliente a los espacios.

Visita a la Vivienda Solar:

El laboratorio ha instalado un sistema completo de calefacción y enfriamiento de espacios en una vivienda de tipo convencional.

La vivienda es de un diseño standard de una planta con tres dormitorios, con muros de bloques de hormigón y cubierta de madera con tejas asfálticas. Primeramente se la evaluó durante dos años funcionando con equipos comunes de calefacción y aire acondicionado. A posteriori se instaló sobre la cubierta una batería de colectores solares de 42 m² de superficie, aproximadamente 40 % de la superficie de la vivienda. El vehículo que transporta el calor hasta el tanque de almacenamiento exterior, es el agua. El tanque está fuertemente aislado y tiene una capacidad de unos 4,5 m³. El agua caliente alcanza en el tanque una temperatura de 70°C aproximadamente, y es circulada a través de unidades de tipo "fan coil" que suministran calefacción a los espacios de la vivienda.

El agua caliente para uso doméstico tiene un sistema separado, tanto colectores como almacenamiento, pues el agua del sistema de calefacción contiene inhibidores de corrosión y anticongelantes que hacen imposible su uso directo. El sistema de aire acondicionado o más propiamente de enfriamiento de espacios, usa también el calor acumulado en el tanque principal como fuente de energía para accionar un sistema de enfriamiento por absorción de tipo intermitente. Esta unidad consta de dos

tanques en paralelo, de una capacidad aproximada de 1500 lt cada uno. Los fluidos que se usan son: vapor de amoníaco como refrigerante y agua como absorbente.

Los tanques funcionan alternativamente en dos procesos: en el de enfriamiento, como absorbedor y evaporador y en el de regeneración o recarga como generador y condensador.

El proceso de enfriamiento dura 6 horas y el de recarga 15 a 20 minutos. La capacidad de los tanques está en función de la frecuencia de recarga. La energía solar es el elemento activante del sistema suministrando calor, a través de la circulación del agua caliente almacenada, al generador durante el proceso de recarga.

La salmuera enfriada en el refrigerador es circulada por las unidades "fan coil" de la vivienda y enfría el aire que circula por el sistema de conductos.

Por cada dos calorías obtenidas por la energía solar se obtiene una caloría de enfriamiento.

Los tanques del sistema de absorción están ubicados en una especie de casilla semienterrada contigua a la vivienda.

Todas las partes de la instalación han sido dejadas a la vista con propósitos didácticos y todo el sistema está controlado por termostatos y monitores que permiten conocer en cualquier momento las temperaturas de los componentes y de los espacios.

Días 28, 29 y 30 de abril.

Seminario sobre aplicaciones de la Energía Solar:

El seminario de tres días de duración, tenía los siguientes objetivos:

- 1) Proporcionar información técnica sobre sistemas actualmente operativos.
- 2) Demostración de sistemas en operación.
- 3) Alestar a los participantes a la utilización inmediata de la energía solar.
- 4) El programa proporcionaba un curso intensivo en transformar la técnica en práctica, con suficiente tiempo para preguntas y respuestas.

El programa de conferencias y oradores fue el siguiente:

Día 28 de abril:

- 9,00 hs. Introducción: a cargo del Presidente de la Universidad de Florida. - Dr. Robert Marston.
- 9,30 a
- 11,30 hs. Presentación general del Tema: Energía Solar. - Dr. John Yellot.
- 12,00 hs. "Diseño Arquitectónico". - Prof. William G. Wagner.
- 14,00 hs. "Posibilidad de obtención y características de la energía solar". - Prof. G. A. Morrison.
- 16,00 hs. "Propiedades solares (térmicas) de los materiales". - Dr. Erich A. Farber.

Día 29 de abril:

- 8,30 hs. "Calentamiento de agua para uso doméstico". - Dr. Erich A. Farber.
- 9,30 hs. "Prototipos de prueba, un panorama de calefacción y enfriamiento". - Dr. John Yellott.
- 11,00 hs. "Sistemas de acondicionamiento de aire". - Dr. H. A. Ingley
- 12,30 hs. "Problemas Legales". - Dr. Joseph W. Little.
- 14,00 hs. "Aspectos técnicos de sistemas de calefacción y enfriamiento por energía solar". - Dr. Erich A. Farber.
- 16,00 hs. "Destilación, Conversión Mecánica y Aplicaciones de alta temperatura". - Dr. Farber.
- 19,00 hs. "Legislación de la energía". - Senador Alan Trask.

Día 30 de abril:

- 8,30 hs. "Conversión eléctrica". - Prof. Robert Bailey.
- 9,30 hs. "Sistemas de transportes". - Dr. Vernon Roan.
- 11,00 hs. "Aplicaciones Agrícolas". - Dr. Carl D. Baird.

En horas de la tarde del día 30 se realizaron visitas al laboratorio

instalaciones de la Universidad y posteriormente durante una breve reunión de cierre se entregaron diplomas a los concurrentes.

El cuadro de conocimientos expuestos durante el seminario fue muy grande y de incuestionable valor para las personas interesadas en el tema.

2.- Universidad de New Mexico. Albuquerque.

Día 3 de mayo.

Visita al Department of Mechanical Engineering de la Universidad de New Mexico.

Entrevista con el Chairman del Departamento, Dr. Frederick.

Visita a las instalaciones experimentales del Departamento. La más importante es un "trailer" calefaccionado por energía solar. Se trata de un sistema sencillo con colectores solares planos en el techo del vehículo. El agua calentada por los colectores se almacena en un tanque aislado en el interior. El sistema de distribución de calor al espacio es por dispositivos "fan-coil".

Entrevista con el Ingeniero Francis Wessling. El Ingeniero Wessling es conocido por sus trabajos experimentales sobre la transmisión de calor en distintos elementos de construcción, especialmente los muros de adobe. Además ha trabajado en los proyectos experimentales de "Ghost Ranch" cerca de Santa Fe, New Mexico, como colaborador y asesor de los arquitectos William Lumpkins, Peter Van Dresser y Kenneth Haggard.

A través de este contacto ha surgido la posibilidad de que el Instituto de Zonas Áridas, con fondos de la O.E.A., invite al Ingeniero Wessling a Mendoza, como asesor del grupo que está trabajando en el Instituto en este tema, por el lapso de un mes.

Visita a la Biblioteca de la Facultad de Arquitectura, donde existe amplio material bibliográfico sobre el uso de energía solar para calefacción de edificios.

4 de mayo.

Entrevista con el Arq. Peter Van Dresser, uno de los pioneros en el uso de la energía solar para calefacción de edificios, mediante los sistemas pasivos o de "baja tecnología", es decir, aquellos sistemas en que

no existen instalaciones específicas como colectores o acumuladores, sino que la envolvente del edificio realiza la tarea de colectar y almacenar energía sin necesitar ningún tipo de dispositivo auxiliar, como ventiladores o bombas que consuman energía eléctrica.

Concurrencia a una reunión de trabajo en la cual participan el Arq. Van Dresser, el Arq. Kenneth Haggard, el Ing. Wessling y agentes de la Federal Housing Authority, sobre la posibilidad de construir masivamente con fondos del Gobierno Federal, viviendas económicas calefaccionadas por energía solar.

Visita a una vivienda en Albuquerque, que combina un sistema activo de colector por aire y acumulador de piedra y un sistema pasivo de paredes vidriadas y aislaciones móviles.

Día 5 de mayo.

Entrevista con el Arq. Steve Baer, en su empresa "Zomeworks", cuya obra en el campo del aprovechamiento de la energía solar ha tenido una difusión muy amplia. La empresa produce y comercializa los dispositivos diseñados por Baer.

Los más importantes cuyo funcionamiento y características me fueron explicadas y demostradas por el propio autor, son:

- a) Skylight: dispositivo que se coloca en lucernarios, del lado interior y mediante un mecanismo ingenioso de recipientes llenos de gas freon que actúan como contrapesas, se abre y se cierra según sean las diferencias de temperatura interior y exterior. Esto permite ganar calor en el interior en las horas de sol y proveer un sistema efectivo de aislación de manera de evitar pérdidas en horas en que no hay radiación.
- b) Beadwall: consiste en una pared de dos capas de vidrio fino, separadas 6 cm. El espacio, mediante un mecanismo de soplado o aspiración, puede llenarse o vaciarse con capas de poliestireno expandido. Esto permite dejar pasar la radiación durante el día; proveer un muro aislante durante la noche o en verano cuando se desea evitar ganancias térmicas.
- c) Drumwall: sistema específicamente diseñado para acumular calor du-

rante el día y brindarlo a los espacios durante la noche. Se trata de un muro construido con bidones de metal de tamaño regular (45 lt. aproximadamente), llenos de agua y colocados hacia el interior de una pared vidriada, con una separación de unos 15 cm. La cara externa está pintada de negro para absorber la radiación, durante las horas de sol. De noche una pantalla giratoria exterior, de gran poder aislante, se cierra sobre el vidrio y permite que todo el calor acumulado en los bidones se emita hacia el interior de la vivienda.

En el taller tuve oportunidad de observar otros dispositivos como colectores solares por aire, distintos tipos de lucernarios con aislación móvil, etc.

Día 6 de mayo.

Viaje a la ciudad de Santa Fe, New Mexico, por invitación del Arq. Peter Van Dresser.

Reunión con los arquitectos Van Dresser y Haggard en la Solar Energy Society of New Mexico.

Estudio de los proyectos confeccionados por los mismos para realizar cuatro prototipos experimentales de viviendas calefaccionadas por el sol, que en estos momentos se construyen en la zona de "Ghost Ranch" al norte de New Mexico.

Visita a una vivienda calefaccionada por el sol, ejecutada por el Arq. Van Dresser en 1958.

Se trata de una casa mínima de 2 ambientes y 50 m² de superficie, construida en adobe. Tiene un sistema de calefacción por aire caliente, con una superficie de colectores de 23 m², dividida en dos unidades. El sistema de acumulación se hace en techo de piedra y arena ubicado bajo el piso. El 65% de la calefacción se obtiene por energía solar, el resto por una chimenea convencional a leña.

Entrevista con el Arq. William Lumpkins.

Visita a dos viviendas diseñadas por el Arq. David Wright en los suburbios de Santa Fe, construidas en los años 74 y 75 respectivamente. Aunque de tipologías muy distintas, actúan por principios similares. Los muros de adobe, de gran espesor, están aislados por fuera, de manera

que durante el día los elementos de la construcción almacenan el calor solar que entra por generosas aberturas ubicadas al sur. Durante la noche estas aberturas se cubren desde el interior con aislantes fuertemente aislantes, atrapando en el interior de la vivienda el calor almacenado en muros y pisos que es liberado durante la noche, entregándolo lentamente al espacio habitable.

Se trata de sistemas pasivos "puros" que no requieren ningún sistema auxiliar para su funcionamiento. La eficiencia es buena y proporcionan una solución económica y de una tecnología sumamente sencilla.

3.- Universidad del Estado de Colorado. Fort Collins - Colorado.

Día 10 de mayo.

Visita al Solar Energy Applications Laboratory, de la Universidad del Estado de Colorado.

Entrevista con el Dr. Daniel Ward, quien juntamente con el Dr. George Lof, dirige el Laboratorio.

Visita guiada por el Dr. Ward a las dos casas solares ejecutadas por la Universidad y que se encuentran en funcionamiento. Una tercera vivienda se halla en terminación.

Las viviendas solares de la Universidad de Colorado, diseñadas integralmente para obtener calefacción y enfriamiento por medio de energía solar, son de una gran complejidad técnica. Las tres viviendas son esencialmente iguales en cuanto a su diseño arquitectónico. Tienen una superficie de 140 m² en la planta principal, a lo cual debe sumarse un sótano y un ático.

El diseño arquitectónico incluye características especiales entre las cuales las más importantes son: pendiente de techos y orientación para optimizar la eficiencia del colector solar; accesos de puertas dobles para evitar pérdidas de calor; construcción fuertemente aislada; carpinterías de triple contacto y vidrios dobles.

La vivienda N° 1 está diseñada para usar como vehículo el agua. El colector tiene una superficie de 71,3 m² y el tanque de almacenaje, ubicado en el sótano, una capacidad de 4.275 lt.

El calor se suministra directamente por serpentines al sistema de conductos de la vivienda. Existe además un calentador auxiliar a gas para complementar las cantidades de calor en días de poca radiación.

La energía térmica conectada sirve para accionar en verano un equipo refrigerador de absorción, de tipo continuo, que usa como refrigerante agua y como absorbente bromuro de litio.

La vivienda N° 2, por el contrario, está equipada por un sistema que usa como vehículo el aire. El colector que ocupa totalmente la falda sur de la cubierta, calienta aire que se hace circular por un acumulador de piedra de unos 9 m³ (18.200 kg). El aire exterior se hace circular a través del acumulador; una vez que éste está lleno de calor, provee aire caliente a los espacios habitables a través de un sistema de conductos convencional.

El enfriamiento se obtiene usando un enfriador evaporativo convencional, pero el acumulador de piedra tiene la propiedad de poder almacenar más igualmente.

Las instalaciones en ambas viviendas están monitorizadas por sistemas automáticos, que además proveen diversos modos operativos con el fin de poder evaluar comparativamente diferentes posibilidades de funcionamiento.

La vivienda N° 3, no concluida todavía, funcionará con un sistema por agua perfeccionado. Las modificaciones más importantes serán: un colector que se arena de noche para evitar congelamiento. (En el caso de la vivienda N° 1, el colector funcionaba con glicol etilénico y mediante intercambiadores, el calor pasaba al agua del tanque acumulador). Además incluye como modificación importante un tanque de almacenaje de agua enfriada que puede usarse directamente para enfriar los espacios.

Los sistemas diferentes instalados en tres viviendas similares proveerán importantes datos comparativos.

11 y 12 de mayo.

Trabajo en la Biblioteca del Laboratorio, estudiando el abundante material sobre el tema. Consultas adicionales con el Dr. Ward sobre detalles de diseño y funcionamiento de las viviendas.

4.- Universidad de Delaware. Institute of Energy Conversion.

Días 14 al 19 de mayo.

14 de mayo.

Entrevista con la Dra. María Telkes. La Dra. Telkes es ya conocida en todo el mundo como una de las máximas autoridades en el uso de energía solar. Proyectó y supervisó la construcción de una de las primeras viviendas en el mundo calefaccionada por calor solar, en Dover, Massachusetts en 1947.

Los temas sobre los cuales la Dra. Telkes me informó, fueron los siguientes:

- Sistemas pasivos de calefacción.
- Sales eutécticas para almacenamiento de calor.
- Intercambiadores de calor.
- Uso de plásticos especiales en colectores.
- Trabajos realizados por distintos grupos de arquitectos en Europa.
- Bibliografía sobre el tema.

17 de mayo.

Visita guiada por el Dr. Kevin O'Connor a la Casa Solar de la Universidad de Delaware.

Diseñada especialmente para obtener toda su energía del sol, es tal vez el ejemplo más completo e interesante de los existentes.

Es la primera vivienda en el mundo que convierte la luz solar en calor para calefacción y electricidad para uso doméstico. Su arquitectura es de esmerado diseño y de excelente adaptación a los requerimientos específicos de esta tecnología.

Una gran cubierta de 45 ° de inclinación orientada al Sur, reúne 24 unidades de colectores solares que calientan aire; 3 de dichos paneles están cubiertos de baterías de 104 células fotovoltaicas de sulfuro de cadmio, que convierten la energía solar en energía eléctrica. Esta se almacena en un gabinete que contiene 40 baterías de automóvil conectadas en paralelo.

La electricidad así obtenida se usa para todos los elementos de la vi-

vienda que pueden funcionar con corriente continua.

El sistema de calefacción funciona de la siguiente manera:

El aire calentado en los colectores planos de la cubierta baja al almacenaje ubicado en el subsuelo.

La forma de almacenaje en sí presenta uno de los aspectos más interesantes de la vivienda, pues acumula calor latente en lugar de calor sensible como en los casos precedentes.

A tal efecto se usan sales eutécticas de bajo punto de fusión, que al calentarse por el aire caliente proveniente de los colectores, se funden absorbiendo una gran cantidad de calor, sin cambiar prácticamente la temperatura y en un volumen sumamente reducido.

Otro tipo de sales se usa para almacenar frío para el uso en verano. El frío se obtiene haciendo funcionar una bomba de calor.

El sistema de control de temperaturas y comportamiento térmico de los distintos componentes es de una gran elaboración, compatible con el objetivo experimental de la vivienda.

18 de Mayo.

Observación del proceso de fabricación y prueba de las células fotovoltaicas, que en este momento realizan en el Instituto los Dres. Storti y Dragagnolo (CITEPA).

19 de Mayo.

Estudio del material de biblioteca y publicaciones realizadas por el Instituto.

Con esta última visita se completa la parte programada del viaje. La experiencia y los conocimientos adquiridos son sin duda de gran valor para el trabajo a realizar en el futuro en I.A.S.I. en el programa O.E.A.

Una conclusión general importante es el comprender que hay sistemas de aprovechamiento de la energía solar de complejidades técnicas muy diferentes. En nuestro medio, para viviendas económicas construidas masivamente, deberán orientarse hacia los llamados sistemas pasivos, como los de las viviendas visitadas en Santa Fe y New Mexico; o sistemas activos de funcionamiento muy simple.