

## ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE UN SISTEMA DE TRASIEGO DE ENERGÍA

### A MUROS NORTE

**Carlos Monné** – cmmb@unizar.es

Universidad de Zaragoza, Centro Politécnico Superior de Ingenieros, Departamento de Ingeniería Mecánica, Área de Máquinas y Motores Térmicos.

C/ María de Luna s/n, Edificio Betancourt, 50.018 Zaragoza. Tfn.: 976 762 042. Fax: 976 762 616

**José A. Turégano** – jat@unizar.es

Universidad de Zaragoza, Centro Politécnico Superior de Ingenieros, Área de Máquinas y Motores Térmicos, Departamento de Ingeniería Mecánica.

C/ María de Luna s/n, Edificio Betancourt, 50.018 Zaragoza. Tfn.: 976 762 041. Fax: 976 762 616

**Resumen.** *El trasiego de energía a muros norte se realiza para compensar el déficit existente de aportes solares en la zona norte, mediante la aportación de las captaciones realizadas por los invernaderos adosados a la cara sur del edificio.*

*Por ventilación forzada se incorpora la energía del aire calentado en el invernadero al interior del muro norte. Un serpentín creado "in situ" con ladrillo macizo en el muro realizará la función de intercambiador de calor y la cesión de calor por radiación a la habitación aportará el confort térmico deseado a la zona norte.*

*Este modo de cesión de calor presenta una innovación con respecto a los trasiegos de energía con aporte directo del aire caliente a las habitaciones norte.*

*El presente artículo muestra los resultados del estudio del comportamiento de los muros norte incorporados en el edificio del Proyecto Hombre, analizando los datos recogidos por la monitorización del sistema.*

**Palabras clave:** *Arquitectura Bioclimática, Confort Térmico, Trasiego de Energía.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La Arquitectura Bioclimática es una filosofía arquitectónica que pretende integrar al máximo los edificios a su entorno natural, logrando confort para las personas con bajo coste energético y ecológico.

Esta aparente nueva arquitectura ha recibido a lo largo de su historia diferentes apellidos: solar, pasiva, autosuficiente, ecológica, bioconstrucción, ecodiseño... En todas estas "arquitecturas" los objetivos siempre han sido los mismos: el bienestar del usuario, el ahorro de energía y la integración con el entorno.

Con características bioclimáticas se construyó la residencia de "Proyecto Hombre" en Miralbueno (Turégano y Monné, 1996), junto a la ciudad de Zaragoza. Los elementos pasivos que caracterizan a este edificio, donde se experimentó, son: su localización, ubicación y orientación, su aislamiento riguroso, su humectación natural y sobre todo sus colectores solares: invernaderos y muros Trombe.

Los elementos activos incorporados representan soluciones clásicas como son el lecho de gravas o los muros Trombe; junto con soluciones innovadoras como es el trasiego de energía a muro norte, en el cual se impulsa aire, calentado en los invernaderos localizados en la fachada sur, al interior de un muro de las habitaciones norte, donde se cederá calor mediante un intercambiador (serpentín) construido en la pared con ladrillos macizos.

Este modo de cesión de calor presenta una innovación con respecto a los trasiegos de energía con aporte directo del aire caliente a las habitaciones norte.

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

El edificio donde se realiza el estudio se trata de una construcción aislada con características de diseño bioclimático (Turégano, Monné y Ochoa, 1994), puede verse una foto aérea del mismo en la Fig. 1, el cual maximiza sus fachadas orientadas al Sur para un aprovechamiento de las ganancias solares en invierno, y consiguiendo una disposición adecuada para minimizar la exposición a los vientos dominantes.

Los datos fundamentales del edificio son:

- Propiedad: Fundación Centro de Solidaridad de Zaragoza “Proyecto Hombre”.
- Arquitectos: Francisco Alós, María Pilar Sancho y María Dolores Sancho.
- Ingeniería: Grupo de Energía y Edificación de la Universidad de Zaragoza.
- Apoyo financiero: Proyecto Thermie (Dirección General de la Energía de la U.E.).
- Elementos bioclimáticos incorporados:
  - Localización y Orientación (Sur  $\pm 5^\circ$ )
  - 10 Muros Trombe (Monné y Turégano 2004).
  - 6 Sistemas de trasiego de energía a 12 muros norte.
  - Lecho de gravas con invernadero adosado.
  - Invernadero en puerta de acceso.
  - Sistema de refrigeración por humectación y ventilación cruzada.
  - 10 m<sup>2</sup> de colectores solares térmicos.
  - Aislamiento riguroso.



Figura 1 – Vista aérea del edificio “Proyecto Hombre”.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TRASIEGO DE ENERGÍA A MUROS NORTE

Para compensar la falta de aporte solar en la cara norte del edificio, se optó por diseñar un sistema de trasiego de energía que calefactase las habitaciones con orientación norte con energía solar procedente de la cara sur del edificio. En la Fig. 2 se puede observar un esquema del sistema.

En los dormitorios sur se plantean seis invernaderos (Mazria, 1979) con una superficie colectora de  $16,74 \text{ m}^2$  cada uno y una superficie útil de  $9,25 \text{ m}^2$ , que captan energía destinada a calentar los muros norte. En la Fig. 3 se muestra unas imágenes del proceso constructivo de los invernaderos. Cada invernadero esta destinado a calentar dos muros.

Las puertas entre estos invernaderos y las habitaciones sur son de vidrio, permitiendo la iluminación, y la pared interior se construye como el muro exterior de la residencia, bien aislado ( $U_{\text{muro}} = 0,584 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), para minimizar las ganancias a través de ellos y transferir el máximo de calor hacia la cara norte del edificio.

El proceso de transporte de energía se realiza por medio de un ventilador que impulsa el aire calentado colectado en cada invernadero y lo envía a un muro de almacenamiento de ladrillo macizo situado en la pared norte; el calor almacenado es restituido a las habitaciones norte desde el muro con un retardo, según diseño, de aproximadamente 8 horas.

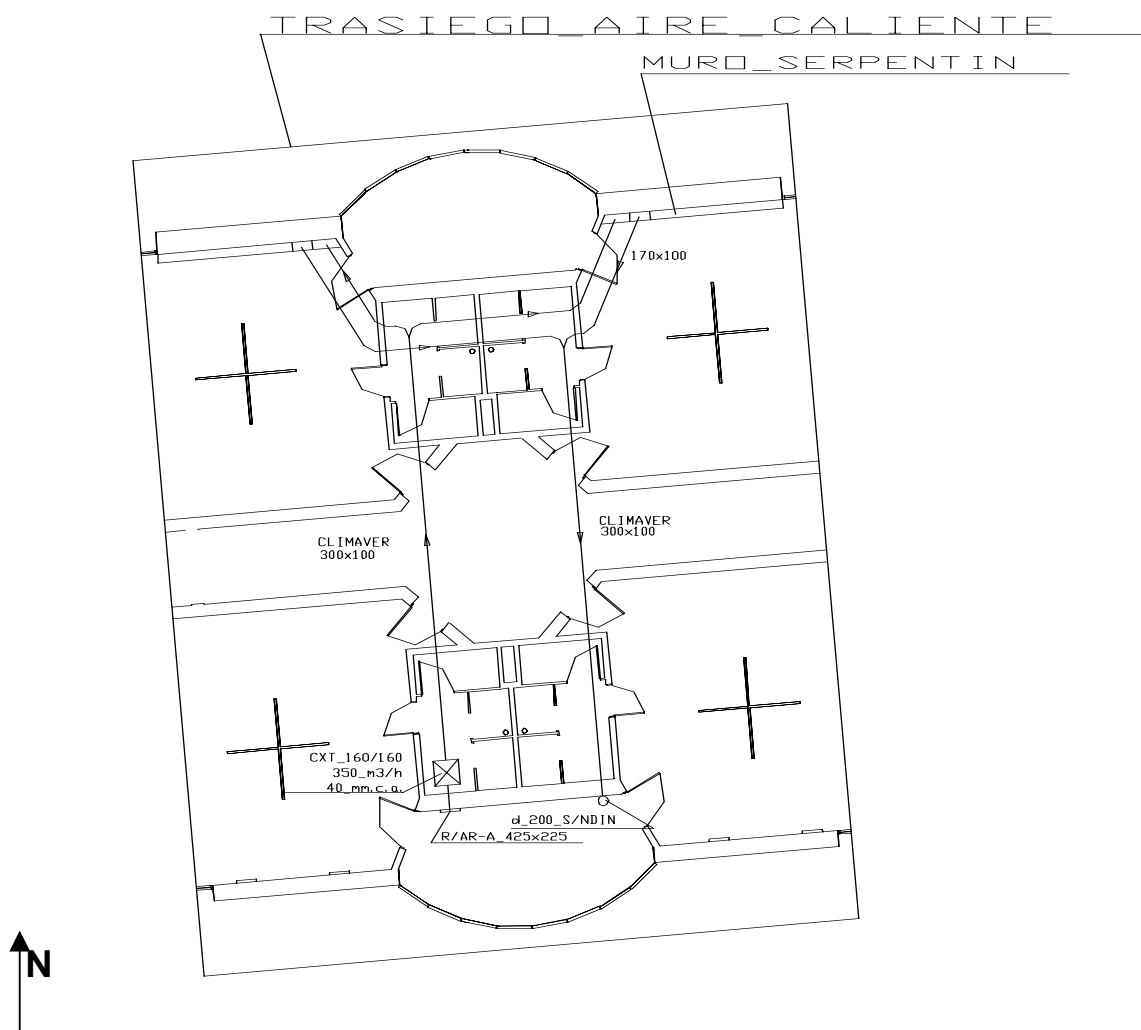


Figura 2 – Plano del sistema de trasiego de energía a muros Norte.

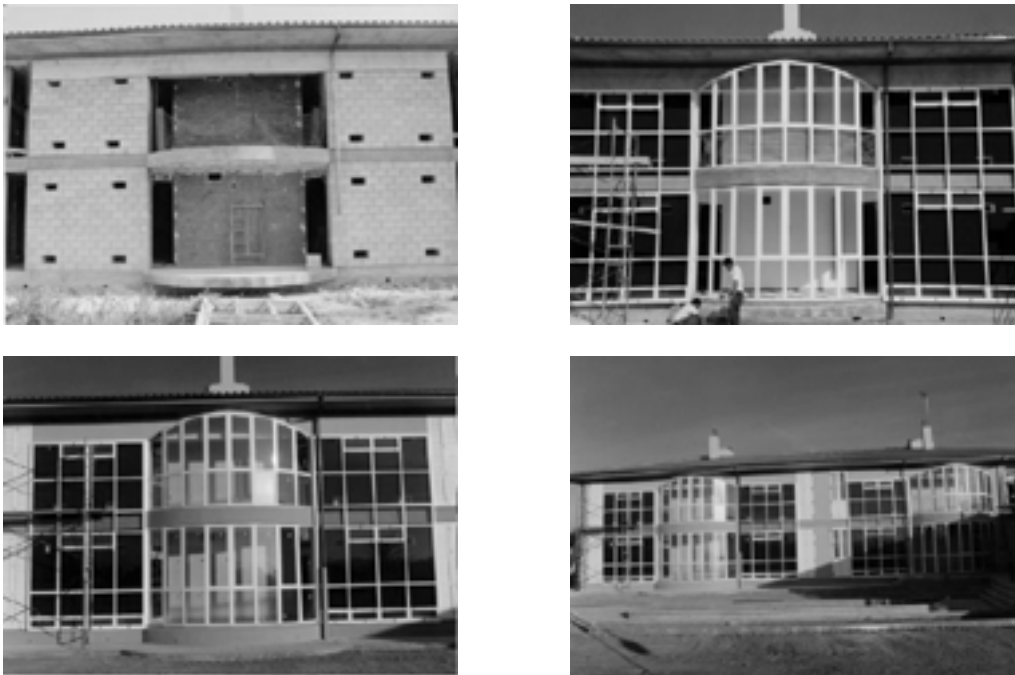


Figura 3 – Fotografías del proceso constructivo de los invernaderos.

Las características fundamentales del sistema de trasiego de energía a muro norte que posee el edificio son las siguientes:

- Superficie acristalada al sur del invernadero  $16,74 \text{ m}^2$  (6,3 m x 2,66 m).
- Vidrio tipo 6+12+6 montado sobre carpintería de PVC de color blanco.
- Coeficiente global de transferencia del muro interior del invernadero  
 $U_{\text{muro interior}} = 0,584 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ventilador de trasiego:            Marca NICOTRA
  - Modelo: CTX 160/160
  - Caudal:  $350 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Presión: 40 mm. c. a.
- Características de los conductos:   Tipo CLIMAVER
  - Ida del aire hacia el muro conducto de 300x100 mm.
  - Entrada y salida del muro serpentín conducto de 170x100 mm.
  - Retorno del aire al invernadero conducto de 300x100 mm.
  - Salida al invernadero conducto:  $\phi 200 \text{ S/NDIN}$  (metálico)
- Características de las rejillas:
  - Entada de aire del invernadero: Modelo R/AR-A 425\*225 mm.
- Características del muro serpentín
  - Realizado con ladrillo macizo colocado en posición horizontal (5 hiladas) y en posición vertical (1 hilada), para formar 4 pasos de aire en el muro, como se indica en la Fig. 4.
  - La circulación del aire se realiza desde la zona inferior a la superior.
  - El ladrillo queda “visto” en la habitación norte.

- En la parte posterior al muro serpentín hacia el exterior norte se termina la obra con: Mortero de cemento (2 cm.) aislante de poliestireno expandido (8 cm.) y bloque de hormigón (20 cm.).

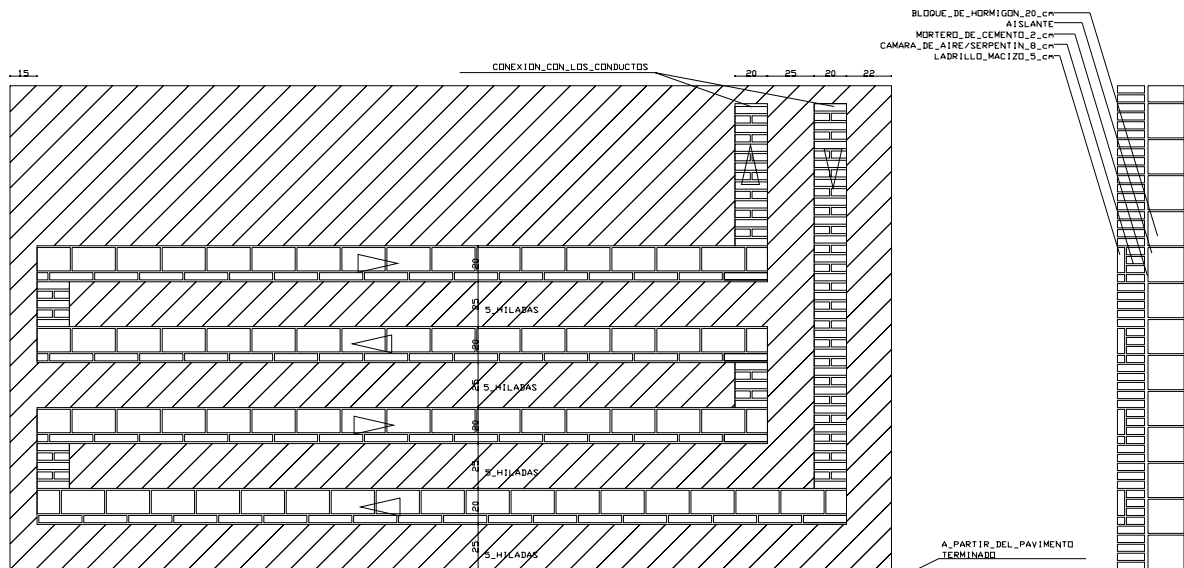


Figura 4 – Muro de almacenamiento de calor de pared Norte (Muro serpentín).

#### 4. ANÁLISIS DEL SISTEMA

El comportamiento positivo del trasiego de energía por impulsión de aire caliente desde un elemento captador solar instalado en la cara sur del edificio hacia las habitaciones norte fue analizado (Monné, 2004) mediante el programa tsbi3 (del Danish Building Research Institute) y en él se vio que suponían un porcentaje de ahorro importante, superior al 40% frente a la ausencia de colocación de elemento bioclimático.

Este ahorro estimado del sistema incorporado al edificio del Proyecto Hombre no ha sido tan eficaz, debido a la excesiva masa térmica del muro de acumulación. Ello ha supuesto que la energía cedida por el invernadero no haya sido capaz de elevar la temperatura del muro de forma que realice su función de pared radiante para la que estaba diseñado.

Su gran masa si que ha servido para dar una gran homogeneidad en las temperaturas en las habitaciones norte (Monné y Turégano, 2004) a la par que ha incrementado el nivel de aislamiento existente en el cerramiento exterior.

Una muestra del funcionamiento del sistema se ilustra en la Fig. 5. En la gráfica se puede observar el comportamiento de la temperatura del invernadero, la cual no alcanza valores tan elevados como los de los muros Trombe del edificio debido a su mayor tamaño y a la aspiración efectuada por el ventilador de impulsión hacia el muro norte.

El aporte de energía sería la diferencia de temperaturas entre ida y retorno por el caudal de impulsión ( $\dot{m} = 350 \text{ m}^3/\text{h}$ ) por la capacidad calorífica del aire a esa temperatura y se marca en la Fig. 5 con una trama a rayas.

La cantidad de energía aportada sólo es capaz de elevar unos pocos grados la temperatura del muro (con un retraso de unas 6 horas con respecto al invernadero), que influye en un leve incremento de temperatura en la habitación. Se indica en la Fig. 5 con una flecha este hecho.

Para el resto del año monitorizado el comportamiento es similar lo que concluye que el diseño se podría mejorar inyectando el aire directamente a la habitación, aunque se perdiera en retraso horario en la onda térmica deseado. Incluso se podría mantener el muro acumulador que daría estabilidad en las temperaturas, pero como se ha mostrado no la incrementaría.

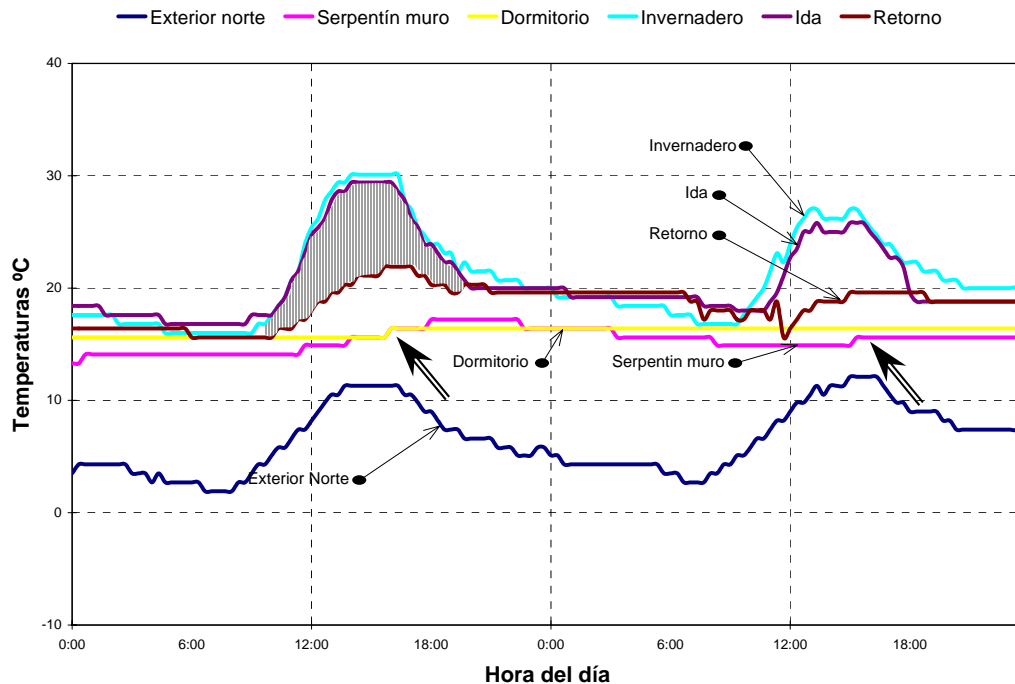


Figura 5 – Funcionamiento del trasiego de energía a muro norte en un día soleado, se indica las temperaturas correspondientes al exterior de la fachada norte, la del interior del muro serpentin, la del aire del dormitorio, la correspondiente al invernadero y las de impulsión y retorno del sistema de impulsión.

## 5. CONCLUSIONES DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRASIEGO DE ENERGÍA A MURO NORTE

Del estudio de los datos registrados por el sistema de monitorización instalado y tras el análisis de la simulación indicado en el punto anterior, se llega a las siguientes conclusiones:

1. El muro de la habitación norte ha incrementado el aislamiento térmico y sobre todo la inercia térmica que ha influido muy positivamente en el confort de la zona (Monné y Turégano, 2004).
2. El muro de acumulación ha resultado demasiado másico. El aporte de energía proveniente de los invernaderos sólo incrementa unas décimas la temperatura del muro.
3. Resulta más adecuado realizar los aportes energéticos de la zona sur al norte por incorporación directa del aire caliente proveniente del invernadero a la habitación.
4. El retraso de la onda térmica producida en el muro es de unas 6 horas, que resulta el adecuado a su utilización.
5. Sin energía auxiliar, sólo con el trasiego de los aportes solares, no es posible alcanzar el confort térmico en las habitaciones del norte.

6. El comportamiento del trasiego para la planta baja y para la planta primera es similar, debido a que el sombreado, a diferencia del caso de los muros Trombe(Monné y Turégano, 2004), es semejante en ambos invernaderos.

## REFERENCIAS

- Mazria E, 1979. The Passive Solar Energy Book, Rodale Press.
- Monné C., 2002. Monitorización, evaluación y comparación con métodos de simulación de un edificio bioclimático. Tesis doctoral. Dpto. Ingeniería Mecánica. Universidad de Zaragoza.
- Monné C., Turégano J.A., 2004. Condiciones de confort en un edificio bioclimático. Actas del XII Congreso Ibérico y VII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, 14-18 Septiembre, Vigo (España). Vol. 1, pp. 193-198
- Monné C., Turégano J.A., 2004. Análisis experimental del comportamiento de los muros Trombe. Actas del XII Congreso Ibérico y VII Congreso Iberoamericano de Energía Solar, 14-18 Septiembre, Vigo (España). Vol. 1, pp. 103-108
- Turégano J.A., C. Monné, 1996. Funcionamiento energético de la residencia de diseño bioclimático de "Proyecto Hombre" en Zaragoza (Aragón). Dpto. Ingeniería Mecánica. Máquinas y Motores Térmicos. Universidad de Zaragoza.
- Turégano J.A., C. Monné, J.R. Ochoa, 1994. Construcción Bioclimática de una residencia para la rehabilitación de drogodependientes. Actas del VII Congreso Ibérico de Energía Solar. Vigo (España). Vol. 1, pp. 665-670

## EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A HEAT TRANSFER SYSTEM TO NORTH WALLS

**Abstract.** *The heat transfer to North walls is made to compensate the existing deficit of solar contributions in the North zone by means of the giving of the sunspaces from South face of the building.*

*By forced ventilation, the air warmed up to the interior of the North wall is gotten up. A coil created "in situ" with massive block in the wall will make the function of heat exchanger and the heat cession by radiation to the room will contribute the thermal comfort wished the North zone.*

*This heat transfer presents an innovation with respect to the direct contribution of the hot air to the North rooms.*

*In the present article we show the results of the study of the behaviour of the North walls incorporated in the "Proyecto Hombre" building, analyzing the data logged, and indicating how it has been the his evolution.*

**Keywords:** *Bioclimatic Architecture, Thermal comfort, Heat transfer.*