

# CALEFACCION DIURNA DE UNA VIVIENDA MEDIANTE UN INVERNADERO CONTIGUO

Jorge A. FOLLARI

Laboratorio de Energía Solar-Universidad Nacional de San Luis  
Tecno Solar SRL

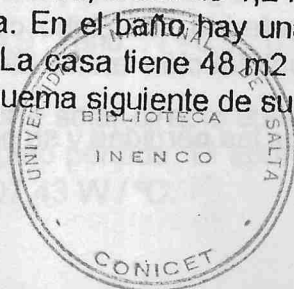
Chacabuco y Pedernera - 5700 - San Luis  
Raúl B. Díaz 2938 - 5700 - San Luis -T.E. 0652 28925

## 1.-RESUMEN

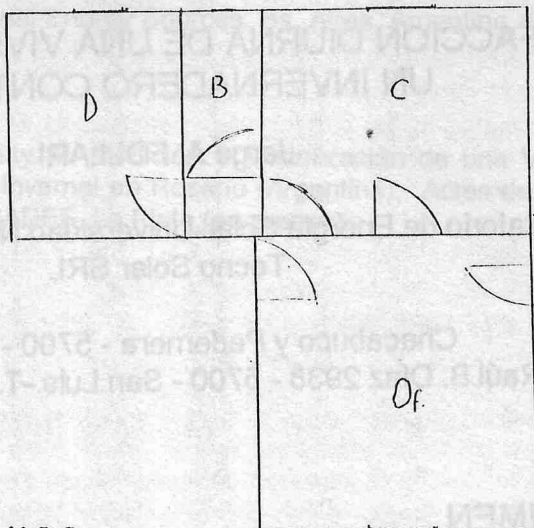
Ante la propuesta de calefaccionar una escuela en Mendoza con aire proveniente de un invernadero, se decide evaluar esta posibilidad en la casa contigua al invernadero en el que trabaja nuestro Laboratorio. Dicha casa es usada como oficina de trabajo durante el día, de modo que concentramos nuestra atención en la calefacción con aire caliente entre las 9 y las 18 horas, en la carga de humedad del mismo y la posible utilidad o no de la propuesta.

## 2.-DESCRIPCION DE LA VIVIENDA.

Se trata de una vivienda de tipo tradicional ya existente. Está construída de ladrillón de 18 cm de ancho, revocada grueso y fino por dentro en todo el perímetro, y revocada exteriormente en los frentes oeste y sur, dejando los otros dos con ladrillón visto barnizado. Los frentes exteriores revocados tienen luego tratamiento hidrófugo. El techo está construído con tirantes de madera sobre los que va colocado un cielorraso de machimbre. Sobre él van 4 cm de telgopor y sobre éste chapa acanalada clavada. El contrapiso tiene 7 cm de espesor y es de cemento y el piso es de baldosa de 2 cm de espesor. Tiene ventanas al norte en el dormitorio y la cocina y al sur en la oficina, todas de 1,2 m de ancho por 0,8 m de alto con persiana metálica. En el baño hay una banderola de 0,4 m de ancho por 0,25 m de alto. La casa tiene 48 m<sup>2</sup> de superficie y su disposición se muestra en el esquema siguiente de su Planta



N  
↑



Esc. 1:100

### 3. BALANCE TERMICO.

El balance térmico se realiza utilizando los datos de conductividad térmica y convectivos, temperaturas medias horarias y diarias y la metodología de cálculo propuesta por el Ing. Alfredo Esteves y el Arq. Carlos De Rosa durante el dictado de un curso de post grado en Arquitectura Solar que se realizara en nuestra Universidad de San Luis entre mayo y agosto del 94. En dicho curso se usó el método de Bruce Novell.

De dichos cálculos nos dá la resistencia térmica de la pared  $R_t=0,439 \text{ m}^2\text{°C/W}$  y una masa  $M=396\text{Kg/m}^2$ .

En los techos, que son a dos aguas (norte y sur),  $R_t=1,227 \text{ m}^2 \text{°C/W}$ .

Los pisos tienen  $R_t=0,461 \text{ m}^2 \text{°C/W}$ .

Evaluando las ventanas con un  $K=5,8 \text{ W / m}^2 \text{°C}$  de coeficiente conductivo-convectivo de transferencia de calor, entonces  $K_S=48,59 \text{ W /°C}$ .

Si suponemos para el cálculo de las infiltraciones un caudal de aire de  $20,2 \text{ m}^3 / \text{h m}^2$  de superficie de abertura, que es compatible con carpintería de chapa doblada y velocidad media del viento de  $16 \text{ Km / h}$  que corresponde a julio en San Luis, obtenemos  $Q_{inf.}=74,64 \text{ W /°C}$ .

Con estos datos calculamos  $G=2,83 \text{ W /°C m}^2$ .

El cálculo de los grados día para base  $18 \text{°C}$  en San Luis fue realizado en el curso referido. De dicho cálculo y los anteriores surge la carga térmica de calefacción anual  $Q=9232,95 \text{ KWh/ año}$  que requiere la vivienda.

Si analizamos las pérdidas y su porcentaje de incidencia queda:

$$\begin{array}{r}
 Q_{\text{muros}} + Q_{\text{aberturas}} + Q_{\text{techo}} + Q_{\text{piso}} + Q_{\text{infiltraciones}} = 357,52 \text{ W / } ^\circ\text{C} \\
 170,16 + 48,59 + 39,32 + 24,81 + 74,64 = \text{ " } \text{ " } \\
 47,6\% + 13,6\% + 11\% + 6,9\% + 20,9\% = 100\%
 \end{array}$$

Se ve claro cuales son las pérdidas predominantes. Una alternativa para mejorar el comportamiento térmico de la vivienda sería:

- a) Colocar aislación externa en los muros. Colocando 2 cm de telgopor, llevaríamos  $R_t$  muros a un valor de  $0,939 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$ .
- b) Reducir las infiltraciones en un 50 % con burletes adecuados. (nos quedaría un valor de un 0,7 del volumen de renovación por hora, que es un valor aceptable).
- c) Colocar aislación en los cimientos en el perímetro externo, donde esto es posible (mitad del perímetro).
- d) Colocar doble vidrio adaptándolo en las ventanas existentes.

Haciendo los cálculos con estas modificaciones, las pérdidas se reducirían al 60,3 % de las originales, con una nueva participación de cada ítem. La carga térmica quedaría reducida a  $Q = 5618 \text{ kWh} / \text{año}$ .

Como ya expusimos, el objeto de este trabajo es evaluar la posibilidad de calefaccionar la vivienda tomando aire caliente de un invernadero contiguo y no la mejora térmica de la misma. Por ello no se realiza ninguna de las propuestas conservativas detalladas y con la vivienda en su situación actual se evaluará la ganancia directa a través de las ventanas al norte más el ingreso de aire caliente del invernadero.

#### 4. PROPUESTA SOLAR

La propuesta es sintéticamente:

- a) Colocar burletes.
- b) Calcular el aporte de calor de las ventanas al norte.

Es una superficie de  $1,64 \text{ m}^2$  que recibe aproximadamente el 90 % de la radiación solar del frente norte. Esto es así porque las persianas proyectan sombra en horas extremas (30 % en la primera y última hora y 12 % en la segunda y penúltima). Hacemos el cálculo para el mes de julio, donde la radiación media por  $\text{m}^2$  en el plano vertical norte es de  $15500 \text{ KJ} / \text{día}$ .

La fracción aprovechada es de 0,9 . rend. .  $I = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 15500 = 8370 \text{ KJ} / \text{día m}^2$ .

Corrigiendo el balance con el aporte solar directo durante las horas del día , queda  $K.S = 35,82 \text{ W} / ^\circ\text{C}$  como pérdida. El aporte solar sería de  $423 \text{ W}$ , y las pérdidas serían de  $307,43 \text{ W} / ^\circ\text{C}$ .

Los grados día requeridos en julio para base 18 °C son 268. De la tabla de temperaturas medias horarias para S. Luis en julio, tenemos un requerimiento de 40 grados hora entre las 9 y las 18 horas. O sea 1,66 grados día, que en el mes son 51,66 grados día en julio.. La carga térmica requerida para el mes (concentrada en las horas diurnas) es:

$$Q = 24 \cdot G.D. \cdot G \cdot V / 1000 = 423,15 \text{ KWh / mes.}$$

El calor aportado por el sol en las ventanas es 0,423 KW (promedio en las 9 horas de interés) y representa el 28,48 % de los requerimientos. Entonces el Q faltante es de 302,63 KWh en el mes, a un promedio diario de 9,76 KWh .

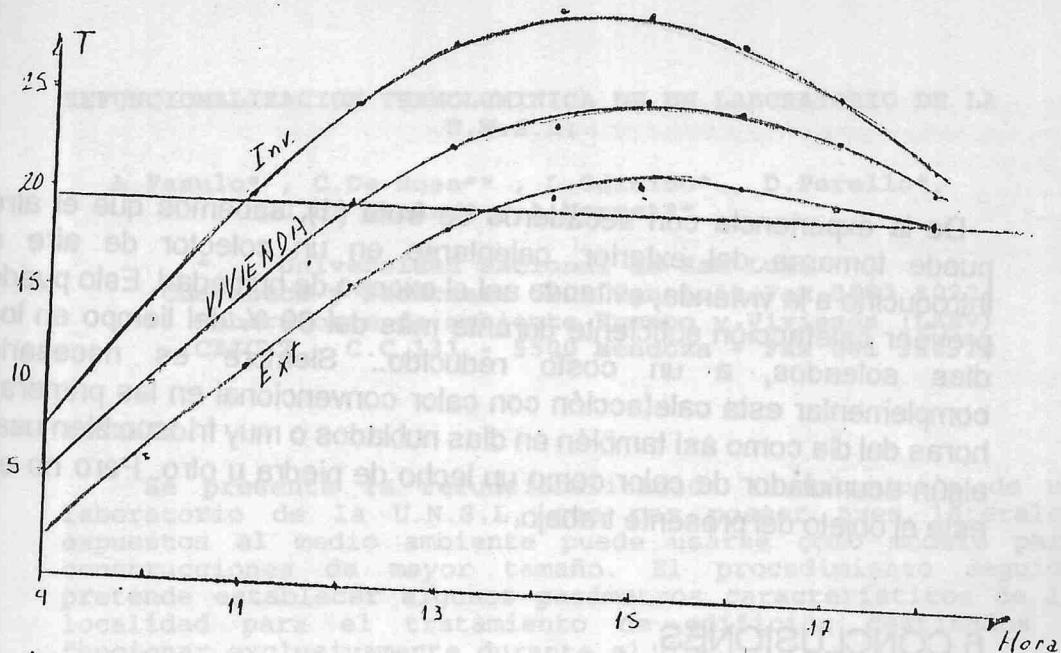
Considerando de acuerdo a la experiencia del año anterior con el invernadero una temperatura media de 22 °C en las horas de interés, calculamos el caudal de aire requerido. Este resulta ser de 0,232 m<sup>3</sup> / seg. Suponiendo un flujo forzado de velocidad media 1 m / seg, el area necesaria es de 0,23 m<sup>2</sup>. Teniendo en cuenta que se trata de valores medios, se prevee un intercambio mayor de aire. Instalamos un ventilador en la mitad superior de una puerta (0,8 m<sup>2</sup>) que nos proveyó el caudal requerido.

## 5. EXPERIENCIA

El aire introducido en la casa con el ventilador instalado, retornaba al invernadero por una abertura inferior. La turbulencia del aire provocada por el ventilador mezclaba el aire que así alcanzaba una temperatura uniforme.

Se realizaron mediciones de temperatura en el invernadero, la vivienda y el exterior, como así también de humedad relativa, en días buenos y nublados.

En los días buenos de julio, si se comienza a las 9 horas, nos encontramos que a las 10,30 hs. la temperatura interior de la casa está alcanzando los 3 - 4 °C sobre la exterior, creciendo hasta als 15 hs. y descendiendo luego..



La gráfica muestra la evolución de la temperatura exterior, de la casa y del invernadero para un día de julio (12-7-94) sin nubosidad.

Se ve claro que la temperatura alcanzada alrededor de las 11,30 horas ya provee suficiente calefacción y sigue así hasta las 18 hs.. Debe tenerse en cuenta que al no estar habitada su temperatura desciende por debajo de la de una vivienda habitada.

Es claro que debe aportarse calor convencional en las 2 primeras horas. También se aprecia que durante 6 horas el calor aportado excede los requerimientos y el ventilador puede usarse en forma intermitente en este lapso. También se requiere calor convencional en los días nublados o muy fríos. A medida que nos alejamos del epicentro del invierno, la ganancia de calor aumenta. A mediados de setiembre esta duplica la de julio..

Medimos la humedad relativa del aire. Esta es muy alta en el invernadero donde arranca con un 100 % a la mañana y no baja del 70 % a las 14 hs cuando su temp. es máxima. Como consecuencia dentro de la casa, con 4 a 6 °C menos, se produce saturación y la medición se vuelve innecesaria.. Suspendimos el riego una semana, que en nuestro suelo arenoso es poner la situación de mínima humedad posible y repetimos la experiencia. El resultado fue que se volvía a producir saturación dentro de la vivienda, mojándose las partes más frías, tales como piso, marcos, etc.. Este punto es decisivo ya que el exceso de humedad hace incómoda la vivienda y nos dice que no es posible extraer el aire caliente directamente del invernadero..

De la experiencia con secaderos de fruta (1), sabemos que el aire puede tomarse del exterior, calentarse en un colector de aire e introducirlo a la vivienda, evitando así el exceso de humedad. Esto puede proveer calefacción suficiente durante más del 60 % del tiempo en los días soleados, a un costo reducido.. Siempre es necesario complementar esta calefacción con calor convencional en las primeras horas del día como así también en días nublados o muy fríos, o bien usar algún acumulador de calor como un lecho de piedra u otro. Pero no es este el objeto del presente trabajo.

## 6. CONCLUSIONES.

a) Este tipo de calefacción requiere necesariamente energía complementaria.

b) El calentamiento directo tiene un uso limitado ya que provee el máximo calor cuando es menos necesario.

c) La extracción del aire directo del invernadero no es viable, pues la humedad ambiente resultante alcanza rápidamente la saturación dentro de la vivienda. De modo que el invernadero usado para cultivo, no puede usarse simultáneamente para calefaccionar una vivienda, oficina o ambiente contiguo.

## 7. REFERENCIAS.

1- " Secadero solar de 500 m<sup>2</sup> para Proyecto EMETA" por J. Follari- E. Garis y L. Moledda-ACTAS de ASADES 15 - Catamarca - 1993.