

INCORPORACIÓN DE MÓDULOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO Y DE INTERCAMBIADORES TIERRA-AIRE AL PROGRAMA SIMEDIF¹

Silvana Flores Larsen² y Graciela Lesino³
INENCO - Universidad Nacional de Salta - CONICET
Buenos Aires 177, (4400) - Salta - Argentina
Tel.: 54 387 4255578, Fax: 54 387 4255489
E-mail: seflores@unsa.edu.ar

RESUMEN

El programa SIMEDIF para Windows desarrollado en el INENCO permite simular edificios con acondicionamiento pasivo tales como muros colectores-acumuladores y/o ganancia solar directa. Sin embargo, existen otros sistemas de acondicionamiento que están siendo cada vez más utilizados en las construcciones, debido al bajo efecto contaminante y al apreciable ahorro energético que ofrecen. En el presente trabajo se describen dos nuevos módulos incorporados al SIMEDIF, uno de enfriamiento evaporativo y otro de intercambio tierra-aire, que permitirán incluir dichos sistemas en el prediseño y simulación de edificios.

PALABRAS CLAVE

SIMEDIF, enfriamiento evaporativo, ductos enterrados, modelos térmicos, acondicionamiento de edificios.

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía para acondicionar térmicamente edificios y construcciones se ha visto notablemente incrementado durante las últimas décadas, por lo que el estudio y desarrollo de sistemas pasivos e híbridos de acondicionamiento ha ido ganando cada vez más peso. Dos de estos sistemas de acondicionamiento, el enfriamiento evaporativo y el uso del suelo en intercambiadores tierra-aire, presentan características que los hacen especialmente útiles para su uso en acondicionamiento de edificios.

El enfriamiento evaporativo es un proceso en el cual el calor sensible de una corriente de aire es intercambiado por el calor latente de gotas de agua o superficies mojadas. Los equipos de enfriamiento evaporativo de aire se clasifican en *directos*, en los cuales la corriente de aire entra en contacto con agua líquida, incrementándose el contenido de humedad del aire; *indirectos*, en los cuales el aire es enfriado sin adición de humedad pasando a través de un intercambiador de calor, el cual usa una corriente secundaria de aire o agua que ha sido enfriada evaporativamente; o *mixtos*, que surgen de una combinación de las dos caracterizaciones anteriores. La mayor parte de los equipos de refrescamiento se clasifican propiamente como *híbridos*, debido a que se produce un refrescamiento considerable con el gasto de una cantidad relativamente pequeña de electricidad, que es utilizada para hacer funcionar pequeñas bombas y ventiladores. Si bien el enfriamiento evaporativo es uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para refrescar su entorno, es en la época actual en que este método ha resurgido con mayor fuerza (Cook, 1992). Actualmente, el número de enfriadores evaporativos que se instalan es cada vez mayor y los diseños son cada vez más eficientes (Mathews et al., 1994).

Los intercambiadores tierra-aire utilizan la tierra para enfriamiento y calentamiento de una corriente de aire que circula a través de tubos que se entierran para tal propósito. Su uso en acondicionamiento térmico de edificios se ha extendido en los últimos años, haciéndose particularmente útil en invernaderos, en los que es posible lograr un ahorro de más del 45% en los requerimientos energéticos anuales de los mismos (Santamouris et al., 1995) y en construcciones de hoteles y edificios educativos. El uso de intercambiadores tierra-aire en la arquitectura de las últimas décadas ha sido reportada ya por varios autores (Mihalakakou et al., 1994).

El objetivo de este trabajo es describir el funcionamiento de los módulos de enfriamiento evaporativo y de intercambiadores tierra-aire que han sido introducidos en el programa SIMEDIF de simulación de edificios. Con este aporte será posible evaluar el uso de equipos evaporativos y ductos enterrados en la etapa de prediseño de un edificio y simular edificios ya construidos que posean este tipo de sistemas.

¹ Trabajo financiado por CIUNSa.

² Becaria de CONICET.

³ Investigadora de CONICET.

BALANCE ENERGÉTICO DE SIMEDIF

En SIMEDIF, un *local* es una zona del edificio que puede considerarse isoterma. La evolución temporal de la temperatura de cada uno de los *locales* es determinada por el programa, a partir de los datos del edificio, materiales, ubicación, orientación, temperatura ambiente y radiación solar del período que se desea simular. Estos *locales* están conectados unos con otros y con el exterior mediante elementos que tienen las características térmicas de algunos de los siguientes grupos:

- Acumulación y transferencia de calor por conducción, como en el caso de paredes de ladrillo, adobe, etc. Estos elementos se denominan PAREDES.
- Acumulación en una masa con temperatura uniforme, como en el caso de los MUROS DE AGUA, en los que debido al proceso de mezcla (por convección natural) el agua se considera a temperatura uniforme.
- Transferencia de calor sin acumulación, como en el caso de placas de madera, poliestireno expandido, etc. En el SIMEDIF estos elementos se denominan TABIQUES y VENTANAS (las VENTANAS no están relacionadas con la ganancia solar, sino con las pérdidas con coeficientes día - noche diferentes).
- Transferencia de calor por convección, como en el caso de aberturas en paredes que permiten intercambio convectivo de aire entre dos *locales*. Estos elementos se denominan PUERTAS (intercambio de aire bidireccional) y VENTANILLAS (intercambio de aire unidireccional).

Por otro lado, un *local* puede tener una adición de calor debido a la presencia de ganancias auxiliares internas $\dot{Q}_{aux, i}$ (calor metabólico, estufas no radiativas, etc.), las cuales pueden ser ingresadas hora por hora para tener en cuenta los períodos de funcionamiento de los equipos o las horas de ocupación.

Ahora analicemos cómo modifican esta situación los enfriadores evaporativos y los intercambiadores tierra-aire.

Un enfriador evaporativo realiza la siguiente función: toma una porción del aire del interior de un local (a temperatura T_i) y la reemplaza por una porción similar a una temperatura más baja T_{evap} . Es decir, que el enfriador evaporativo ha quitado al aire una cierta cantidad de calor \dot{Q}_{eva} .

Un ducto enterrado puede ser analizado de la misma manera: una porción del aire interior de un local a temperatura T_i es reemplazada por aire a otra temperatura (T_{salida}), que puede ser más alta o más baja que T_i de acuerdo al sentido de la transferencia de calor entre el suelo y el aire que circula por el ducto enterrado. La potencia adicionada por el ducto al aire del interior del local es \dot{Q}_{suelo} .

Para introducir la contribución de los enfriadores evaporativos y de los intercambiadores tierra-aire en el balance energético, a la ganancia auxiliar interna $\dot{Q}_{aux, i}$ debemos adicionarle \dot{Q}_{eva} y \dot{Q}_{suelo} . Si bien el cálculo de \dot{Q}_{eva} y \dot{Q}_{suelo} se explica en los apartados siguientes, cabe destacar que estos cálculos deben hacerse teniendo en cuenta que es el aire interior del local a temperatura T_i el que debe considerarse y no el aire ambiente exterior.

Entonces el balance energético de un volumen de control referido al aire de un *local* i tiene en cuenta las renovaciones de aire N_{R_i} , las ganancias auxiliares internas, la potencia adicionada por los intercambiadores tierra-aire y enfriadores evaporativos y el calor cedido o ganado debido a la presencia de cada uno de los elementos con los que el local está en contacto. Este balance queda expresado de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \frac{(\rho c_p)_{aire} V_i N_{R_i}}{3600s} (T_{local\ i}^t - T_{amb}^t) = & \dot{Q}_{aux_i} + \dot{Q}_{suelo_i} + \dot{Q}_{eva_i} + \sum_j^{N_{tab}} I_{tab\ j,1}^t \alpha_{tab\ j,1} A_{rad\ tab\ j,1} frac_{tab\ j,1} + \\ & + \sum_j^{N_{tab}} I_{tab\ j,2}^t \alpha_{tab\ j,2} A_{rad\ tab\ j,2} (1 - frac_{tab\ j,2}) - \sum_j^{N_{par}} h_{pared\ j,1} A_{pared\ j} (T_{local\ i}^t - T_{pared\ j,1}^t) + \\ & - \sum_j^{N_{tab}} U_{tab\ j} A_{tab\ j} (T_{local\ i}^t - T_{local(tab\ j, lado2)}^t) - \sum_j^{N_{muros}} h_{muro\ j,1} A_{muro\ j} (T_{local\ i}^t - T_{muro\ j}^t) + \\ & - \sum_j^{N_{ven}} C_{ven\ j} A_{ven\ j} (T_{local\ i}^t - T_{local(ven\ j, lado2)}^t) + \sum_{j=1}^{N_{vent}} C_{vent\ j} (T_{local\ i}^t - T_{local(vent\ j, lado2)}^t)^{3/2} + \\ & + \sum_j^{N_{puertas}} C_{puerta\ j} (T_{local\ i}^t - T_{local(puerta\ j, lado2)}^t)^{3/2} \end{aligned} \quad (1)$$

en donde

$$U_{tab\ j} = \frac{h_{tab\ j,1} h_{tab\ j,2} C_{tab\ j}}{h_{tab\ j,1} C_{tab\ j} + h_{tab\ j,2} C_{tab\ j} + h_{tab\ j,1} h_{tab\ j,2}} \quad (2)$$

$$frac_{tab\ j,1} = \frac{h_{tab\ j,1} C_{tab\ j} + h_{tab\ j,1} h_{tab\ j,2}}{h_{tab\ j,1} C_{tab\ j} + h_{tab\ j,2} C_{tab\ j} + h_{tab\ j,1} h_{tab\ j,2}} \quad (3)$$

$$frac_{tabj,2} = \frac{h_{tabj,2}C_{tabj} + h_{tabj,1}h_{tabj,2}}{h_{tabj,1}C_{tabj} + h_{tabj,2}C_{tabj} + h_{tabj,1}h_{tabj,2}} \quad (4)$$

$$C_{vent,j} = A_{vent,j} (c_p \rho)_{aire} C_{Dvent,j} \sqrt{\frac{gH_{vent,j}}{\theta_{vent,j}}} \quad (5)$$

$$C_{puertaj} = 62,66 W_{puertaj} \frac{C_{Dpuertaj}}{\sqrt{\theta_{puertaj}}} (H_{puertaj})^{3/2} \quad (6)$$

y en donde $C_{vent,j}$ son los coeficientes de transferencia de calor de ventanas, cuyos valores se encuentran tabulados en la literatura. El superíndice t indica que el valor del coeficiente puede variar del día a la noche.

Para simplificar la notación, en la Eq.(1) se ha supuesto que el *lado 1* de los elementos corresponde al lado que da hacia el *local i*, sobre el cual se realiza el balance energético. El local indicado por el *lado 2* puede diferir de un elemento a otro. Una descripción más detallada de esta ecuación y el significado de cada uno de sus términos se encuentra en Flores Larsen y Lesino (2000b, 2001b, 2001c).

MODELIZACIÓN DEL ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Hemos dicho que el enfriamiento evaporativo del aire puede ser dividido en tres grupos: enfriamiento *directo*, en el cual se aumenta el contenido de humedad del aire; enfriamiento *indirecto*, en el cual se enfría el aire sin modificar su contenido de humedad; y enfriamiento *mixto*, que es una combinación de los dos anteriores. Se ha trabajado en la simulación de enfriadores evaporativos directos, en los cuales una corriente de aire es enfriada por evaporación del agua, como se puede ver en la Fig. 1: la adición de vapor de agua incrementa el calor latente de la mezcla agua-vapor, el calor sensible del aire se reduce y la temperatura de bulbo seco del aire disminuye (proceso adiabático). Durante el proceso de enfriamiento, la temperatura de bulbo húmedo del aire permanece constante. El máximo enfriamiento se logra cuando el aire sale saturado, con lo que la temperatura de bulbo seco más baja que puede obtenerse a la salida de un enfriador evaporativo directo es igual a la temperatura de bulbo húmedo del aire de entrada.

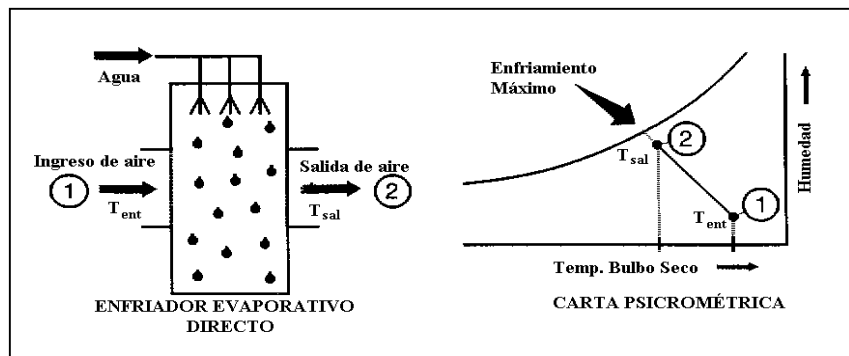


Fig. 1: proceso de enfriamiento evaporativo directo.

Existe una amplia variedad de enfriadores evaporativos directos. Algunos de ellos poseen rellenos que aumentan la superficie mojada de forma de mejorar la transferencia, como en el caso de paneles rellenos de paja (Gea y Lesino, 2000).

El código original del SIMEDIF no permite la simulación de locales que posean enfriadores evaporativos. Para poder simularlos se creó un módulo de enfriamiento evaporativo que calcula la temperatura (T_{evap}) y humedad (H_{evap}) de salida del aire al pasar por el enfriador y la potencia adicionada al aire, a partir del conocimiento de las condiciones de ingreso del aire al mismo (temperatura, humedad y velocidad) y de las características geométricas del enfriador y del flujo de agua. La potencia \dot{Q}_{eva} (W) adicionada al aire de un local i por el enfriador evaporativo en el tiempo t , está dada por la expresión:

$$\dot{Q}_{eva}^t = \dot{m} c_{p,aire} (T_{evap}^t - T_i^t) = \rho_{aire} c_{p,aire} A v (T_{evap}^t - T_i^t) \quad (7)$$

en donde A es el área (m^2) de flujo de aire del evaporador, v es la velocidad del aire (m/s) y T_i la temperatura del local i . Es importante notar que la Eq. (7) es una aproximación, pues a medida que atraviesa el enfriador el aire va humidificándose y tendremos diferentes valores de la densidad ρ_{aire} y del calor específico $c_{p,aire}$ de la mezcla de aire-vapor.

Esta expresión es introducida dentro del balance térmico de cada uno de los locales de la manera indicada en el apartado anterior.

Los datos horarios del calor transferido, la temperatura y la humedad del aire luego de atravesar el equipo de enfriamiento son calculados mediante este método y almacenados hora por hora en un archivo de extensión *.eva.

Se ha diseñado una pantalla de entrada de datos del equipo de enfriamiento y de las condiciones de ingreso del aire y del agua (Tabla 1). Para la temperatura y humedad de ingreso del aire, se cuenta con la opción de poder ingresarlas desde un archivo, hora por hora. Si no se desea una descripción tan detallada, es posible ingresar un valor promedio de temperatura y/o humedad del aire que ingresa al equipo, lo que permite analizar el comportamiento aproximado del enfriador en el periodo estudiado.

Datos del equipo	- altura (m) - ancho (m) - área unitaria (1/m) - diámetro equivalente (m)
Condiciones de ingreso del aire	- presión (Pa) - velocidad (m/s) - temperatura (°C) - humedad (kg/kg)
Condiciones del flujo de agua	- temperatura de entrada (°C) - velocidad (m/s) - caudal (kg/s)

Tabla 1: ingreso de datos del módulo de enfriamiento evaporativo.

MODELIZACIÓN DE INTERCAMBIADORES TIERRA-AIRE

Un sistema de acondicionamiento de aire con intercambiadores tierra-aire consiste de uno o varios ductos enterrados a través de los cuales circula aire a temperatura ambiente que se calienta o enfría a lo largo del ducto, que luego es introducido a un local del edificio en donde se mezcla con el aire interior del mismo. Existen varios modelos, simplificados y detallados, que se han utilizado para simular el comportamiento de los intercambiadores tierra-aire (Gauthier et al., 1997; Levit et al., 1989; Santamouris et al., 1994, Seroa y Young, 1985; Mihalakakou et al., 1994).

En el SIMEDIF se utiliza un modelo unidimensional transitorio para resolver el flujo de aire dentro del ducto, planteando las ecuaciones de conservación de la masa, de la cantidad de movimiento, de la energía y la ecuación de estado para gases ideales. Dichas ecuaciones son discretizadas por medio del método de volúmenes de control y del esquema *upwind* y luego se resuelven para cada volumen de control del dominio espacial y temporal. Este modelo ha sido estudiado en detalle y validado en trabajos anteriores (Flores Larsen y Lesino, 2000a; Flores Larsen y Lesino, 2001a) y se utiliza siempre bajo la hipótesis de que la presencia de los ductos no modifica significativamente la distribución de temperatura del suelo. Por ello el modelo no es aplicable cuando se consideran períodos largos de tiempo, como es el caso del uso del suelo como acumulador estacional.

El módulo descrito calcula hora por hora la temperatura del aire a la salida del ducto y se genera un archivo de extensión *.int que contiene dichos datos de temperatura, que luego será utilizado por el módulo principal de cálculo de SIMEDIF.

La potencia \dot{Q}_{suelo} entregada al aire interior de un local *i* (en W) se calcula mediante la expresión:

$$\dot{Q}_{suelo_i} = \dot{m} c_p (T_{salida}^t - T_i^t) = \rho_{aire} c_p A_{ducto} v_{ducto} (T_{salida}^t - T_i^t) \quad (8)$$

en donde T_{salida} es la temperatura del aire a la salida del ducto (que es el ingreso al local), T_i es la temperatura del aire del local *i*, A_{ducto} es el área transversal del ducto y v_{ducto} la velocidad del aire dentro del ducto. Recordemos que \dot{Q}_{suelo} puede ser positivo o negativo, de acuerdo al sentido de la transferencia de calor entre el flujo de aire y el suelo.

El ingreso de datos en SIMEDIF del sistema de ductos enterrados se realiza mediante una pantalla en la que se encuentran los datos geométricos de los ductos, las propiedades del aire a la entrada de los mismos (con la posibilidad de ingresar temperaturas y velocidades horarias a través de archivo), las características térmicas del suelo y los datos de la grilla espacial y el paso temporal que se utilizarán para realizar la discretización (ver Tabla 2).

Datos geométricos del sistema	- número de tubos - largo, ancho, altura y profundidad (m)
Condiciones de entrada del aire	- temperatura (°C) y velocidad (m/s) - número de Prandtl
Características del suelo y radiación	- conductividad, densidad y calor específico - temperatura media anual (°C) - coeficiente convectivo y radiación solar
Grilla de discretización y paso temporal	- dimensiones del dominio (m) - tamaño de la grilla en el suelo (m) - tamaño de la grilla dentro del ducto (m) - tamaño del paso temporal (s)

Tabla 2: ingreso de datos para intercambiadores tierra-aire.

CONCLUSIONES

El uso de sistemas pasivos y/o híbridos para acondicionar el aire que ingresa a los edificios ha ganado creciente aceptación en los últimos años debido al ahorro económico que se logra en los requerimientos energéticos necesarios para acondicionarlos térmicamente. La incorporación a la nueva versión de SIMEDIF para Windows de dos nuevos módulos de enfriamiento evaporativo e intercambiadores tierra-aire permite contar con nuevas herramientas para diseñar edificios energéticamente eficientes. Con estas nuevas incorporaciones será posible simular no sólo el comportamiento individual de equipos de enfriamiento y ductos enterrados, sino incorporarlos a edificios para estudiar las mejoras que se obtienen en la temperatura interna de los locales y tomar decisiones de diseño que conlleven a mejorar el confort térmico en el interior de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cook, J. (1992). *Passive Cooling*. MIT Press, London.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2000a). Intercambiadores tierra-aire: uso del suelo para enfriamiento pasivo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **4**, 1, pp. 03.59-03.64.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2000b). SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **4**, 2, pp. 8.53-8.58.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001a). Modelización de intercambiadores tierra-aire para acondicionamiento térmico de edificios. En *Actas del 8º Congreso Latinoamericano de Transferencia de Calor y Materia* (LATCYM 2001), México.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001b). A new code for the hour-by-hour thermal behavior simulation of buildings. En *Actas del VII International Building Simulation Congress*, Rio de Janeiro, Brazil. En prensa.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001c). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. En prensa.
- Gauthier C., Lacroix M. y Bernier H. (1997). Numerical simulation of soil heat exchanger-storage systems for greenhouses. *Solar Energy* **60**, 6, pp. 333-346.
- Gea M. y Lesino G. (2000). Caracterización de paneles rellenos de paja para enfriamiento evaporativo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **4**, 1, pp. 3.33-3.37.
- Levit, H., Gaspar, R. y Piacentini, R. (1989). Simulation of greenhouse microclimate by earth-tube heat exchangers. *Agricultural and Forest Meteorology* **47**, pp.31-47.
- Mathews E., Kleingeld M. y Grobler L. (1994). Integrated Simulation of Buildings and Evaporative Cooling Systems. *Building and Environment* **29**, 2, pp.197-206.
- Mihalakakou, G., Santamouris, M. y Asimakopoulos, A. (1994). Modelling the thermal performance of earth-to-air heat exchangers. *Solar Energy* **53**, 3, pp. 301-305.
- Santamouris, M., Argiriou, A. y Vallindras, M. (1994). Design and operation of a low energy consumption passive solar agricultural greenhouse. *Solar Energy* **52**, 5.
- Santamouris M., Mihalakakou G., Balaras C., Argiriou A., Asimakopoulos D. y Vallindras M. (1995). Use of buried pipes for energy conservation in cooling of agricultural greenhouses. *Solar Energy* **55**, 2, pp. 111-124.
- Seroa da Motta, A. y Young, A. (1985). Their predicted performance of buried pipe cooling system for hot humid climates. En *Proceedings INTERSOL '85*, pp. 759-770.

NOMENCLATURA

$A_{muro j}$	Área del MURO DE AGUA j , m ² .
$A_{pared j}$	Área de la PARED j , m ² .
$A_{tab j}, A_{vent j}$	Área del TABIQUE j o de la VENTANILLA j , m ² .
$A_{rad_{muro j, i}}$	Área de radiación sobre el lado i del MURO DE AGUA j , m ² .
$A_{rad_{pared j, i}}$	Área de radiación sobre el lado i de la PARED j , m ² .
$A_{rad_{tab j, i}}$	Área de radiación sobre el lado i del TABIQUE j , m ² .
$C_{Dpuerta j}$	Coefficiente de descarga de la PUERTA j .

$(c_p)_{pared\ j,i}$	Calor específico a presión constante del material del nodo i de la PARED j , J/(Kg°C).
e_i	Espesor de la capa i de una PARED, m.
$e_{muro\ j}, e_{tab\ j}$	Espesor del MURO DE AJUA j o del TABIQUE j , m.
g	aceleración de la gravedad.
$h_{muro\ j,i}$	Coefficiente convectivo-radiativo del lado i del MURO DE AGUA j , W/m ² °C.
$h_{pared\ j,i}$	Coefficiente convectivo-radiativo del lado i de la PARED j , W/m ² °C
$h_{tab\ j,i}$	Coefficiente convectivo-radiativo del lado i del TABIQUE j , W/m ² °C
$H_{puerta\ j}$	Altura de la PUERTA j , m.
$H_{vent\ j}$	Altura entre los centros de las VENTANILLAS j , m
$I_{muro\ j,i}$	Radiación solar incidente sobre el lado i del MURO DE AGUA j , W/m ² °C.
$I_{pared\ j,i}$	Radiación solar incidente sobre el lado i de la PARED j , W/m ² °C.
$I_{tab\ j,i}$	Radiación solar incidente sobre el lado i del TABIQUE j , W/m ² °C.
$k_{pared\ j,i}$	Conductividad del nodo i de la PARED j , W/m °C.
$k_{tab\ j}$	Conductividad del TABIQUE j , W/m °C.
N_{loc}	Número total de <i>locales</i> del edificio.
$N_{par}; N_{puertas}$	Número total de PAREDES o PUERTAS del edificio.
$N_{tab}; N_{ven}; N_{vent}$	Número total de TABIQUES, VENTANAS y VENTANILLAS del edificio.
$Q_{aux\ i}$	Ganancia interna del local i , W.
T_{amb}^t	Temperatura ambiente en el tiempo t , °C.
$T_{local\ j}$	Temperatura del <i>local</i> j , °C.
$T_{muro\ j}$	Temperatura del MURO DE AGUA j , °C.
$T_{pared\ j,i}$	Temperatura del nodo i de la PARED j , °C.
$T_{tab\ j,i}$	Temperatura del <i>lado</i> i del TABIQUE j , °C.
$T_{local(tab\ j, lado\ 2)}$	Temperatura del <i>local</i> que está en contacto con el <i>lado</i> 2 del TABIQUE j , °C.
V_i	Volumen del local i , m ³ .
$W_{puerta\ j}$	Ancho de la PUERTA j , m.
$\alpha_{muro\ j,i}$	Coefficiente de absorción del lado i del MURO DE AGUA j .
$\alpha_{pared\ j,i}$	Coefficiente de absorción del lado i de la PARED j .
$\alpha_{tab\ j,i}$	Coefficiente de absorción del lado i del TABIQUE j .
$\theta_{puerta\ j}; \theta_{vent\ j}$	Temperatura media absoluta del aire de los locales conectados por la PUERTA o VENTANILLA j , °K.
$\rho_{pared\ j,i}$	Densidad del nodo i de la PARED j , kg/m ³ .

ABSTRACT

The program SIMEDIF for Windows developed at INENCO simulates the thermal behavior of buildings with passive systems such as Trombe walls and/or direct solar gain. Presently there is an increase in the use of hybrid air conditioning systems in buildings, due to their low environmental impact and the interesting savings of conventional energy. At this stage of SIMEDIF modernization, we incorporate two new modules for evaporative cooling one and earth-to air heat exchangers, both described in this paper. These modules allow the simulation of these passive (hybrid) systems in the predesign stage of buildings.