

SIMULACION TERMICA DE EDIFICIOS: APLICACION DE LOS MODELOS QUICK Y SIMEDIF

**Alfredo Esteves, Jorge C. Fernández Llano, Mirza Basso,
Jorge Mitchel y Carlos de Rosa**

**Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)
Casilla de Correo 131 - 5500 Mendoza - FAX: 061-380370
E-mail: ntricyt@arcriba.edu.ar**

RESUMEN

Como parte de las actividades de PID CONICET N 3-094000/88 se han realizado mediciones en ocho conjuntos habitacionales construidos por el Instituto Provincial de la Vivienda. Estas mediciones han tenido el objeto de ayudar a efectuar un diagnóstico de la situación ambiental y energética de los mismos.

Además se han utilizado para evaluar y poner a punto programas de simulación que se utilizan corrientemente como son el SIMEDIF y el QUICK.

Se presentan los resultados de la comparación entre las mediciones y la simulación de algunos casos a modo de ejemplo y además, las variables de ajuste de la simulación como son las renovaciones de aire/hora y la temperatura inicial para el SIMEDIF y los aportes internos en el QUICK. Para el caso del SIMEDIF se incluye una serie de artificios que mejoran los valores obtenidos y permiten simular una secuencia de días medidos.

Se ha realizado una comparación entre ambos programas, que corresponde a la simulación sin aportes internos de ningún tipo, lo que indica un muy buen grado de ajuste entre ambos programas.

INTRODUCCIÓN

Dentro de las actividades del PID trienal del CONICET N° 3-09400/88 (1), se han realizado evaluaciones del parque edilicio, en base a las viviendas financiadas por el IPV y construidas en el período 1976-86. El objeto es tomar en consideración la situación ambiental generada por las distintas tipologías y materiales utilizados en las viviendas, que han sido construidas en diferentes lugares de la provincia y que corresponden a distintas zonas climáticas.

Conocer la situación ambiental, nos ha permitido tener una idea más aproximada de cómo mejorar el parque edilicio actual, en un esfuerzo dirigido a optimizar la vivienda de construcción masiva, construida en aquél momento, a través Instituto Provincial de la Vivienda. En una etapa posterior y en base al diagnóstico realizado, se han indicado propuestas

de viviendas y conjuntos habitacionales típicos de modo de aprovechar los recursos climáticos para acondicionar térmicamente las mismas.

Las mediciones realizadas, además de indicarnos un estado de la situación ambiental que se vive, en las diferentes situaciones (tipología y clima), nos ha servido para poner a punto programas de simulación. De esta manera, se ha podido simular las viviendas propuestas con el objeto de obtener una predicción más ajustada de las condiciones interiores en las distintas épocas del año.

Los programas utilizados han sido dos: SIMEDIF(2), desarrollado en el INENCO, Universidad Nacional de Salta y el QUICK(3), realizado en la Universidad de Pretoria, Sudáfrica. Los programas utilizados han podido ser validados y corroborar las ventajas y desventajas de cada uno y compararlos de modo de conocer las discrepancias entre uno y otro.

CAMPAÑAS DE MEDICIONES

El universo de análisis está constituido por diferentes tipologías de viviendas localizadas en cuatro zonas climáticas típicas de la Provincia de Mendoza. Se han efectuado mediciones en 8 barrios de la provincia, lo que representa la muestra del universo construido por el IPV en el período 1976-1986.

Las mediciones efectuadas consistieron en la medición durante 10 o 12 días de las condiciones interiores (temperatura de los locales) y las condiciones climáticas exteriores (temperatura y radiación solar sobre plano horizontal). Las mediciones fueron efectuadas con dos equipos BAPT, con 5 sensores de temperatura cada uno, 1 sensor de humedad y 1 sensor de radiación solar. Cabe destacar que además uno de los sensores de temperatura se preparó con un globo negro para medir la temperatura radiante en algún ambiente que fuera de interés.

SIMULACION

1. SIMEDIF

El programa de simulación utilizado permite indicar la geometría y las variables termofísicas de la vivienda con un grado de detalle sumo.

Los datos a incorporar para la simulación se pueden dividir en tres grupos: variables geométricas, variables térmicas y variables climáticas.

a) Variables geométricas:

El programa utiliza la rutina DESCRIP.BAS para incorporar la geometría de la vivienda. No describiremos aquí cómo incorporar los valores ya que esto puede encontrarse en el manual de utilización del programa. Lo que sí mencionaremos son algunos artificios que se han utilizado para tener en cuenta algunos aspectos, cuyo efecto resulta interesante.

El programa permite simular las pérdidas por piso incorporando su conformación termofísica y la superficie. El efecto de la acumulación de calor queda indicada por medio de la conformación y está en relación directa con el área. Sin embargo, en la simulación, las pérdidas de calor del piso están en función del área que incorporamos al programa entonces aparece aquí un compromiso: si asignamos al piso el área total, el programa simulará pérdidas proporcionales al área que resultarán muy grandes respecto de lo que ocurre en la realidad; por otro lado si le asignamos el área de fundaciones (a través de la cual ocurren realmente las pérdidas por piso) estamos disminuyendo la capacidad de acumulación de calor. No podemos aumentar el espesor de capa de tierra dado que ésta se divide por un número de puntos determinado y el mismo está limitado por la configuración de la memoria.

Para solucionar este problema se le asigna el área total de piso para no perder capacidad de acumulación y se varía su conformación asignándole una capa de material aislante cuyo espesor está dado por la siguiente expresión:

$$e_{\text{aislacion}} = \left(\frac{A_1}{A_2 \cdot K_f} - \frac{1}{K_1} \right) \cdot r_a = (1)$$

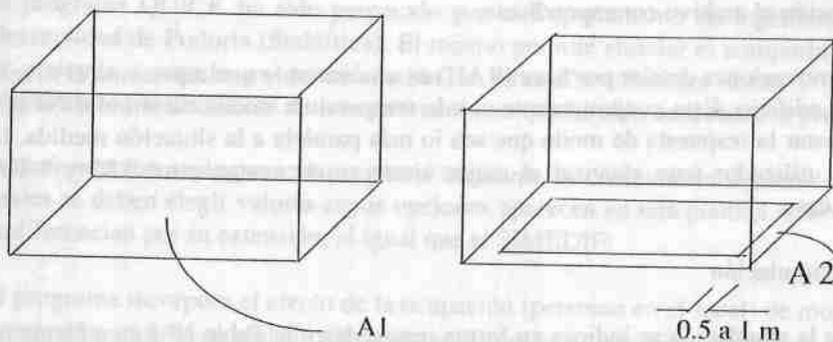
donde: K_f = conductancia de la fundación

A_1 = área total de piso

A_2 = área real de pérdidas por fundaciones

r_a = conductividad térmica de la capa aislante propuesta.

Esta expresión surge de efectuar un balance de calor para tener en cuenta el área real de



pérdidas. La ilustración I indica la simbología utilizada, pero no se incluye aquí el balance térmico que le da origen.

b) Datos climáticos

El programa SIMEDIF, nos permite incorporar directamente datos de temperatura, máxima, mínima y media diarias y la radiación solar global diaria sobre superficie horizontal. Posteriormente calcula de acuerdo a los índices de radiación asignados a cada elemento (pared, tabique, muro de agua), la radiación incidente hora a hora sobre la superficie del mismo.

Cuando queremos comparar una secuencia de días medidos o simular una serie de días típicos, por ej. días soleados seguidos de otros tantos días nublados, etc., se debe efectuar un artificio para que el programa alcance a ajustar los valores. El artificio mencionado consiste en tomar como temperatura media de un día, el valor resultante de sumar a la temperatura mínima del día siguiente la diferencia de temperatura entre la temperatura máxima del día actual y la temperatura mínima del día siguiente, multiplicada por 0,4. Este valor de 0,4 se debe a que la media diaria se sitúa siempre más cerca de la temperatura mínima que de la máxima.

El ajuste obtenido entre la temperatura simulada y medida tiene un coeficiente de correlación entre 0.86 y 0.95.

En el caso de la radiación solar, depende fundamentalmente del tipo de día de que se trate. Si el día resulta claro o nublado cubierto, el ajuste es excelente (cercano a 0,95), si existe algún día parcialmente nublado en el cual las nubes aparecen produciendo un bloqueo discontinuo y aleatorio de la radiación solar, el grado de ajuste disminuye, tal como ocurre en el caso de R. Ortega (Malargüe) y Villa 25 de Mayo (San Rafael), cuyos coeficientes de correlación son 0.75 y 0.81 respectivamente. El ajuste para el resto de las localidades esta por encima de 0.86.

c) Datos de las propiedades termofísicas

Las propiedades térmicas de los materiales involucrados se pueden indicar con mucho detalle, incluso los muros, techos o pisos compuestos por lo que esto no representa ninguna dificultad para su incorporación al archivo correspondiente.

La cantidad de renovaciones de aire por hora (RAH) es una variable que representa el nivel de infiltraciones del edificio. Esta conjuntamente con la temperatura inicial de simulación se ha utilizado para ajustar la respuesta de modo que sea lo más paralela a la situación medida. Los valores de RAH utilizados para alcanzar el mejor ajuste se encuentra entre 0.85 y 1 RAH dependiendo del caso.

Resultados de la simulación

Los resultados de la simulación se indican en forma resumida en la Tabla N° I y en forma más detallada en los gráficos adjuntos como ejemplo de alguno de los casos tratados.

En la Tabla I se indica el valor promedio de las diferencias de temperatura entre los valores medidos y los valores obtenidos por medio de la simulación (que indica el comportamiento térmico de la vivienda sin aportes). Se indica también la desviación standard del promedio para cada caso.

En los casos en que se ha provisto calefacción, se obtiene una diferencia que crece conforme aumenta el aporte de energía. En el barrio Rufino Ortega (Malargüe) es donde se ha obtenido la mayor diferencia, lo que coincide con la situación climática ya que Malargüe tiene la mayor cantidad de grados día y además, el gas natural posee tarifas promocionales.

BARRIO	DPTO.	ESTAR Dif.T.pr	ESTAR Desv.St.	DORM. 1 Dif.T.pr	DORM. 1 Desv.St.	DORM. 2 Dif.T.pr	DORM. 2 Desv.St.
V. Laredo	S.Rafael	5,5	2,2	4,0	1,1	3,7	1,1
El Nihuil	S.Rafael	5,5	1,5	4,1	0,9	--	--
25 Mayo	S.Rafael	3,5	1,2	3,5	0,8	3,2	0,8
R. Ortega	Malargüe	16,6	3,4	10,3	2,5	11,2	2,2
A. Claro	Tunuyán	12,8	2,7	7,9	1,3	8,1	1,7
L Tonadas	Guaym.	7,0	1,2	4,4	1,0	4,6	0,8
Huarpes I	G. Cruz	6,2	2,0	3,1	1,2	3,4	0,7
Alas Arg.	Las Heras	5,5	1,9	4,2	1,1	4,8	1,0

Dif.T.pr: Diferencia de Temperatura Promedio (°C).

Desv.St.: Desviación Standard del promedio.

Tabla I: Resumen de resultados obtenidos por la simulación térmica (programa SIMEDIF)

2. PROGRAMA QUICK

El programa QUICK ha sido preparado por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Pretoria (Sudáfrica). El mismo permite simular el comportamiento térmico de la vivienda tomando en consideración la situación climática local y las características geométricas y termofísicas de los materiales con que ha sido concebido el proyecto.

La información se ingresa al programa mediante la creación de distintos archivos para los cuales se deben elegir valores cuyas opciones aparecen en una planilla. Los distintos archivos se diferencian por su extensión, al igual que el SIMEDIF:

El programa incorpora el efecto de la ocupación (personas en el local) de modo de aportar a la simulación mayor realidad. El programa permite además, incorporar el uso de aire acondicionado, enfriamiento convectivo nocturno y niveles de iluminación natural, los cuales no se han utilizado para el presente análisis.

Los resultados pueden obtenerse en forma de gráficos y/o tablas y se muestra la temperatura interior del edificio como un todo, es decir, que la temperatura que se obtiene representa el promedio de cada uno de los locales, se obtiene además la carga térmica horaria requerida para la vivienda y el consumo de energía durante las 24 hrs. del día de diseño y para un año completo.

Para llevar a cabo dicha simulación, se eligieron dos días, uno correspondiente al invierno y otro al verano. Los días seleccionados para la simulación térmica tienen la característica de pertenecer a un período en que las condiciones climáticas se mantienen aproximadamente

constantes. Esta consideración es necesaria para evitar la discrepancia de los valores medidos con los simulados, por fenómenos de inercia térmica de la vivienda, ya que el programa no considera las condiciones antes y después del día seleccionado.

Se han realizado dos corridas para cada tipología: una considerando la energía necesaria para alcanzar las temperaturas del aire interior medidas (en los gráficos se identifican como CON APORTES). La otra se realiza teniendo en cuenta sólo los aportes solares y las infiltraciones, se identifican como SIN APORTES.

En el cuadro adjunto se resumen las características térmicas de las diferentes tipologías:

- renovaciones de aire por día.
- Energía requerida por calefacción para alcanzar las temperatura medidas.
- temperaturas medidas, simuladas y exterior para verano e invierno
- día considerado para la simulación
- error porcentual cometido entre la simulación y las mediciones.

Los resultados de la simulación pueden observarse en la Tabla II y en los gráficos adjuntos.

CONCLUSIONES

El programa SIMEDIF, permite obtener información con mucho detalle ya que nos facilita la temperatura de cada local del edificio como respuesta a una secuencia de días (soleados, nublados o parcialmente nublados). Además, puede rescatarse temperaturas de la superficie de los muros, radiación solar en cada plano, temperatura de los muros de agua, etc.

El ajuste de las variables climáticas simuladas hora a hora a partir de los datos de temperatura máxima, mínima y media, y de la radiación solar global diaria es excelente. Cabe destacar que esta metodología se utiliza en el LAHV para ingresar los valores hora a hora en todos los proyectos de simulación.

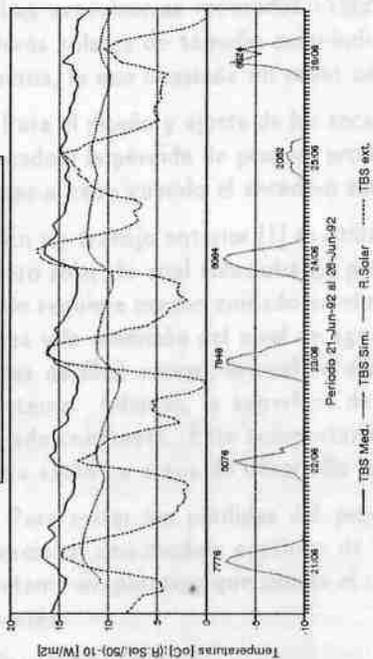
Como desventaja, se puede mencionar la imposibilidad de simular condiciones de verano y aportes internos.

El programa QUICK es de carga relativamente más rápida y de respuesta inmediata y permite una buena aproximación para un comportamiento medio del edificio. Se destaca por su versatilidad (puede utilizarse para simular condiciones tanto de invierno como de verano). Permite inferir el comportamiento con aire acondicionado, con enfriamiento estructural y con iluminación natural.

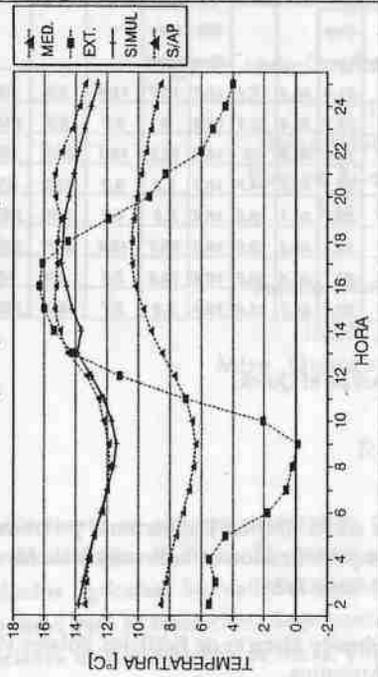
En resumen, el Quick constituye un medio para conocer rápidamente la situación ambiental global de un edificio. El SIMEDIF puede utilizarse luego, para conocer en forma más detallada el comportamiento térmico de los distintos locales, para una secuencia de días típicos.

Comparación entre medición y SIMEDIF

Conjunto 25 de Mayo-San Rafael

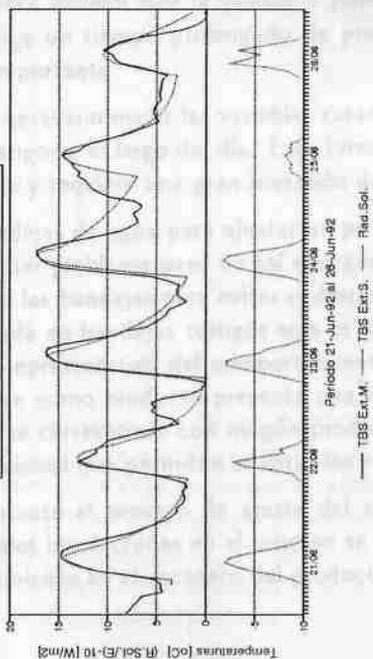


**Comparación entre mediciones y QUIJK
INVIERNO (23/06)-Villa 25 de Mayo**

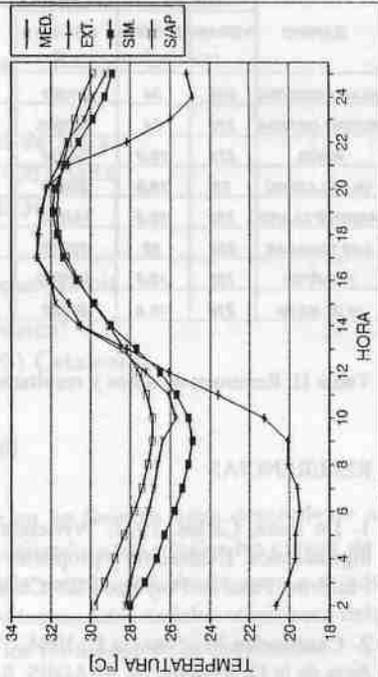


Comparación mediciones vs. SIMEDIF

Conjunto 25 de Mayo-San Rafael



**Comparación entre medición y QUIJK
VERANO (08/03) - Villa 25 de Mayo**



BARRIO	RAH/día		CALEFACCI	MEDIDA	VERANO			INVIERNO			DIA MEDIO		ERROR		
	VERAN	INVIERN			EXT.	MEDI	SIMULADA		EXT.	MEDI	SIMULAD		VER.	INV.	VER.
			CAL/día	Sin			Con	Sin			Con	Aportes			
ALAS ARGENTIN.	348	24	34000	27.2	30.1	31.4	28.4	17.1	19.7	13.7	11.6	3/2	4/8	15	15
RUFINO ORTEGA	198	24	108000	26.4	26.4	27.5	25.4	20.1	16.9	6	5.9	5/3	21/6	4	16
NIHUIL	278	16.8	30000	27.4	28.8	30.9	26.8	16	14.5	11.2	10.1	25/2	7/7	13	9
VILLA LAREDO	78	16.8	36000	29.7	29.4	29.2	26.7	14.7	16.1	7.3	6.2	17/2	6/7	2	10
ARROYO CLARO	168	16.8	144000	26.9	26.6	25.7	24.1	16.2	15.5	6.2	4.7	17/3	25/7	4	4
LAS TONADAS	238	36	75000	31.6	32.2	34.3	30.3	18.9	18.5	13.7	12.1	21/1	27/7	9	2
HUARPES	188	16.8	104500	27.8	28.3	29.7	26.4	15.2	15.5	10.5	7.5	6/2	1/8	7	2
25 DE MAYO	218	16.8	60000	29.3	28.4	29.4	25.7	13.8	13.3	8.6	7.7	8/3	23/6	0	4

Tabla II: Resumen de datos y resultados empleados en el Quick.

REFERENCIAS

- 1- De Rosa, Carlos. 1993. "Vivienda de interés social. Déficit Habitacional y Habitabilidad higrotérmica. Evaluación y propuesta para su compatibilización en la Provincia de Mendoza." - Informe Final de Proyecto PID- CONICET N° 3-094000/88.
- 2- Casermeiro M., Saravia L. 1984 - "Cálculo Térmico Horario de Edificios Solares Pasivos" Acta de la IX Reunión de ASADES. San Juan - Argentina.
- 3- Quick 1989 - "A Thermal Design Tool and Load Calculation Computer Program" Department of Mechanical Engineering, University of Pretoria.