

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS PARA EL PERÍODO CALUROSO APLICADOS A UN PROTOTIPO LIVIANO A TRAVÉS DE PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

A. Picción; M. Camacho; M. López Salgado; S. Milicua

Departamento de Clima y Confort en Arquitectura (DECCA)- Facultad de Arquitectura- Uruguay
Bvar Artigas 1031 Tel: +598 2 4001106 int 145
e-mail directora del proyecto: apiccion@farq.edu.uy

RESUMEN

En Uruguay es cada vez más frecuente el uso de sistemas constructivos ‘livianos’ o de baja inercia térmica. El objetivo del trabajo fue determinar la influencia que tienen ciertas estrategias de diseño pasivas sobre la oscilación de la temperatura interior, en el período caluroso, de un prototipo liviano ubicado en Montevideo. Tres estrategias fueron analizadas a través del uso de programas computacionales para verificar su desempeño térmico: protección solar, masa térmica y protección solar más masa térmica. Primeramente se determinó cuáles de los programas de simulación disponibles en el Departamento modelizaban más fielmente el comportamiento térmico del prototipo, seleccionando el Simedif. La evaluación mediante predicción de comportamiento mostró que la estrategia más eficiente fue la que combinó colocación de masa térmica y protección solar.

ABSTRACT

In Uruguay, it is getting more often the use of lightweight construction or with low thermal inertia. The aim of the task was to identify the influence of some passive design strategies in the interior temperature fluctuation, in the warmer season, of a lightweight prototype located in Montevideo. Three strategies were analyzed to assess its thermal performance by running the simulation programs: solar protection, thermal mass and solar protection plus thermal mass. First of all it was determined which of the programs represented faithfully the thermal performance of the prototype, choosing the Simedif program. The evaluation by predicted performance proved that the more efficient strategy is the one which associated solar protection and thermal mass.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de investigación I+D (Innovación y desarrollo): “Evaluación del desempeño térmico de un sistema constructivo liviano para la situación climática de Uruguay” financiada por la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República. El objetivo es contribuir al mejoramiento de la calidad de la construcción con criterios adecuados a las condiciones climáticas y a las posibilidades nacionales, profundizando en el conocimiento del desempeño térmico de edificaciones en base a sistemas constructivos livianos.

El conocimiento del comportamiento térmico de los distintos sistemas constructivos y materiales cobra vital importancia especialmente en países en vías de desarrollo como Uruguay, donde la mayoría de la población no puede disponer de recursos económicos para obtener condiciones de confort por

medios artificiales. En los últimos años se puede constatar la aplicación cada vez más frecuente de sistemas constructivos no convencionales en la construcción en el Uruguay, tales como sistemas constructivos en madera, hormigón celular o metálicos, que tienen como característica similar el hecho de ser 'livianos' o de baja inercia térmica. Un porcentaje importante de las construcciones livianas que se realizan en Uruguay se destinan para vivienda de interés social, lo que fundamenta que se profundice en su estudio.

Este artículo presenta los resultados de la utilización de programas de simulación térmica para la evaluación desempeño térmico de tres estrategias pasivas aplicadas en un prototipo liviano para el período caluroso en Montevideo.

Descripción

El prototipo, que fue simulado y monitoreado, está enteramente conformado por paneles multicapa compuestos por un núcleo de poliestireno expandido y terminación en ambas caras de chapa de acero zincado, pre pintado epoxi y acabado de poliéster blanco. El núcleo de poliestireno expandido tiene una densidad entre 16-20kg/m³, de 0.09 m de espesor. El peso aproximado del prototipo es de 680 kg, es decir 17 kg/m². Sus dimensiones exteriores son las siguientes de 3.68m x 2.33m x 2.59m de altura. Consta de una única habitación cuyas paredes son de 0.1m de espesor; la pared orientada hacia el norte tiene una ventana de aluminio de 1.20m x 1.20m, sin protección solar y una puerta de 0.90m x 2.10m, conformada con el mismo tipo de panel pero de 0.05m de espesor. Se ubicó en la azotea de la Facultad de Arquitectura, Montevideo, (34° 58' latitud Sur y longitud 56° 12' longitud Oeste). Montevideo se ubica en el sur de país y cuenta con un clima templado de influencia marítima, donde el período caluroso se extiende del 23 de noviembre al 30 de marzo (127 días) siendo más corto que el frío. La temperatura media en el período en estudio es de 23°C, valor que está dentro de los límites de la zona de confort ampliada para verano [20 a 27°C], no así las máximas medias de 29 °C aprox, que superan el límite.

2. OBJETIVO

La evaluación del desempeño, en el período caluroso, de estrategias de diseño bioclimáticas aplicadas para mejorar el comportamiento térmico y energético de un prototipo liviano ubicado en la localidad de Montevideo, a través de los programas de simulación detallada EnergyPlus y Simedif.

3. METODOLOGÍA

3.1 Selección de los programas de simulación

Los programas de simulación son herramientas importantes tanto en la etapa de anteproyecto como para la investigación. Ayudan a visualizar el comportamiento térmico y energético de un edificio, permiten también evaluar distintas estrategias aplicables a la misma situación climática exactamente, a la vez que cambiante. Además, el operador tiene la libertad de introducir cambios a nivel global o focalizar el análisis en locales determinados e implementar soluciones diversas y ver cómo las mismas afectarían el comportamiento del sistema (Sogari et all, 2006).

Así mismo la correspondencia entre los datos obtenidos por simulación y por experimentación es muy importante, dando la fiabilidad necesaria al programa para la modelización de la respuesta térmica del edificio al aplicarle distintas estrategias de diseño.

Se comenzó por monitorear el comportamiento libre del prototipo a los efectos de tener valores medidos de temperatura interior del prototipo y su andamiaje, que sirvieran como referencia para la posterior correlación con los datos obtenidos mediante simulación con los distintos programas. Se tomaron como datos experimentales de referencia aquellos correspondientes a tres días consecutivos de monitoreo con características climáticas similares y buen aporte de radiación solar (cielo medio)

representativas del período caluroso y libre fluctuación de la temperatura interior [prototipo sin modificaciones].

En principio se trabajó con cinco programas de simulación distintos. Se ingresaron los datos correspondientes y se compararon los resultados de cada programa con los datos monitoreados en el prototipo a estudiar [datos experimentales de referencia]. Los programas testeados fueron:

a) **Archisun** (Serra et al, 1999). Desarrollado en el marco del Programa Thermie-B de la Comisión Europea. Realiza la simulación dinámica de las temperaturas y de los consumos de energía a lo largo de un período, considerando la ubicación, clima, entorno, usos del inmueble, forma y materiales de construcción.

b) **Arquitrop** (Roriz y Basso, 1996). Desarrollado en la Universidad Federal de San Carlos, Brasil. Es un programa de simulación basado en el método de la admitancia, que realiza la simulación de las temperaturas y de las ganancias y pérdidas térmicas de un sólo local a lo largo de 24 horas (Chauvie, 2003).

c) **Seti** (Rivero y Echevarría, 1990). Desarrollado en el SCAA (Servicio de Climatología Aplicada a la Arquitectura, actual DECCA –Departamento de Clima y Confort en Arquitectura). Similar al anterior, se trata de un programa basado en el método de la admitancia, que realiza la simulación de las temperaturas y de las ganancias y pérdidas térmicas de un sólo local a lo largo de 24 horas.

Estos tres primeros programas son de simulación simple, mientras que los de simulación detallada son:

d) **EnergyPlus** –[EP]-(Departamento de Energía, USA, 2000). Tiene sus raíces en otros dos programas de simulación, Blast y DOE 2. Es un programa de simulación energética para modelar el calentamiento, enfriamiento, iluminación, ventilación y otros flujos de energía. Incluye también intervalos de tiempo para análisis menores de una hora, simulación de aire acondicionado basado en múltiples zonas de flujos de aire y sistemas fotovoltaicos entre otros (Bueno Buoro et al, 2006)

e) **Simedif** (Flores Larsen et al, 2001). Desarrollado en el Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta. Es un programa de simulación que predice el comportamiento térmico de edificios multizona durante uno o varios días, por el método de las diferencias finitas teniendo en cuenta sistemas naturales y pasivos de acondicionamiento y ganancias internas (Chauvie, 2003).

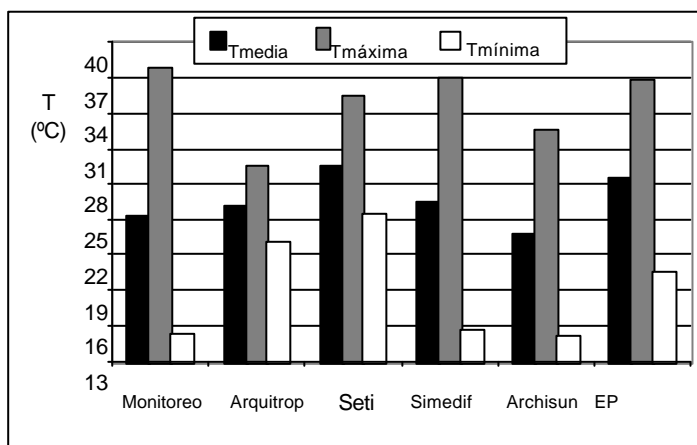


Gráfico 1 – Comparación de temperaturas entre programas de simulación y monitoreo

Entre todos los programas testeados los que muestran mayor correlación entre los resultados simulados y los monitoreados son los programas de simulación detallada. Los programas de simulación simple no se ajustan al comportamiento de un prototipo liviano en un clima como el de Montevideo (ver gráfico

1). En primera instancia se decide realizar las evaluaciones de las estrategias planteadas con el Simedif, dado que se detectan problemas de ajustes con el Energy Plus.

3.2 Simulación del comportamiento térmico según estrategias

Una vez seleccionado el programa de simulación, se le ingresan los datos correspondientes a cada estrategia para obtener la predicción del comportamiento térmico del prototipo en cada caso y evaluar el desempeño de cada una de ellas.

Como el programa permite definir la cantidad de días a simular, en este caso se optó por estudiar siete días consecutivos. Para ello se ingresan los datos de temperatura exterior horaria y de radiación solar correspondientes a la semana del 27-12-05 al 02-01-06. Los datos de temperatura exterior fueron obtenidos en la estación meteorológica que está ubicada en el predio de la Facultad de Arquitectura, mientras que los datos de radiación solar necesarios fueron calculados en función de la nubosidad para cada día. Al programa Simedif se le ingresa el total diario de radiación solar sobre plano horizontal para que calcule los valores horarios.

Las estrategias simuladas son las siguientes:

- **Estrategia 1 - Masa: aplicación de masa térmica al prototipo.** Se sustituye el piso del prototipo que estaba compuesto por paneles livianos por el equivalente a 102 piezas cerámicas huecas de 0.25 x 0.25 x 0.12 m, con una densidad de 1900 Kg/m³, resistencia media $R_m=0.26$ m²K/W y capacidad térmica media $CT_m=111$ kJ/m²K (ver gráfico 2).

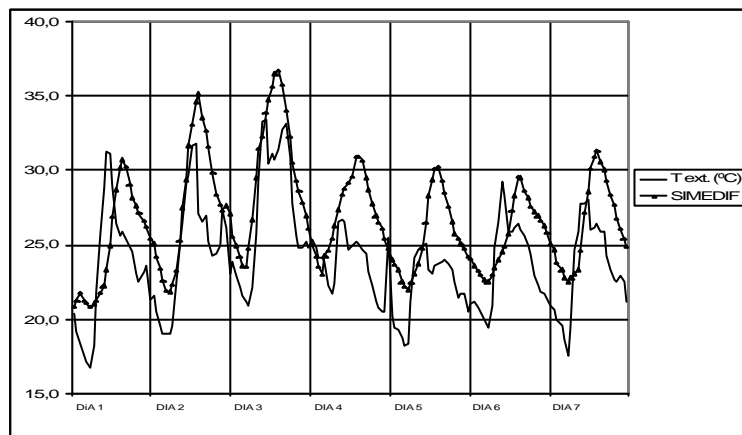


Gráfico 2 - Predicción de temperatura interior para estrategia de masa térmica

- **Estrategia 2 - Protección: colocación de protección solar en la ventana del prototipo.** Se simula el comportamiento térmico del prototipo suponiendo una protección solar en la ventana, cuyo factor de sombra corresponde a un tejido de nylon (malla de sombra) color negro (ver gráfico 3).

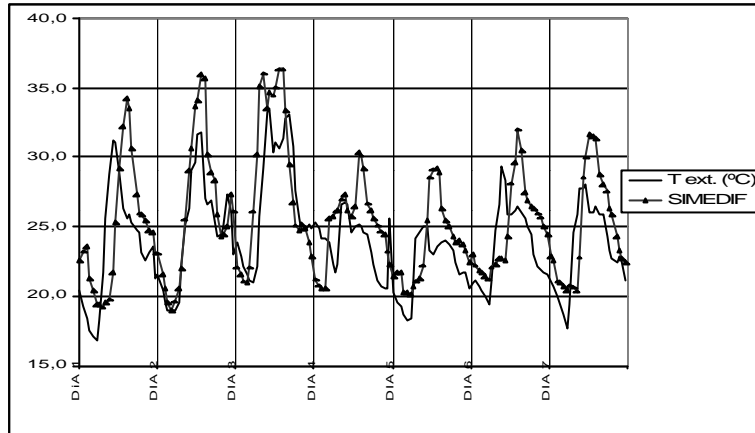


Gráfico 3 - Predicción de temperatura interior para estrategia de protección solar

- **Estrategia 3 - Masa térmica y protección solar:** se aplican simultáneamente las dos estrategias explicadas en los puntos anteriores (ver gráfico 4).

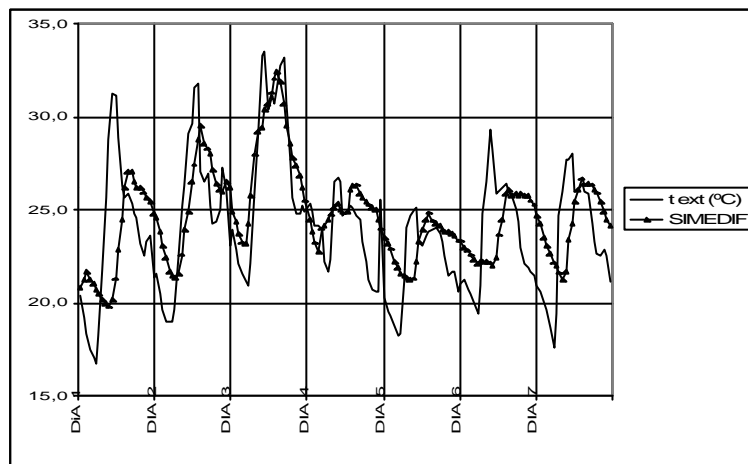
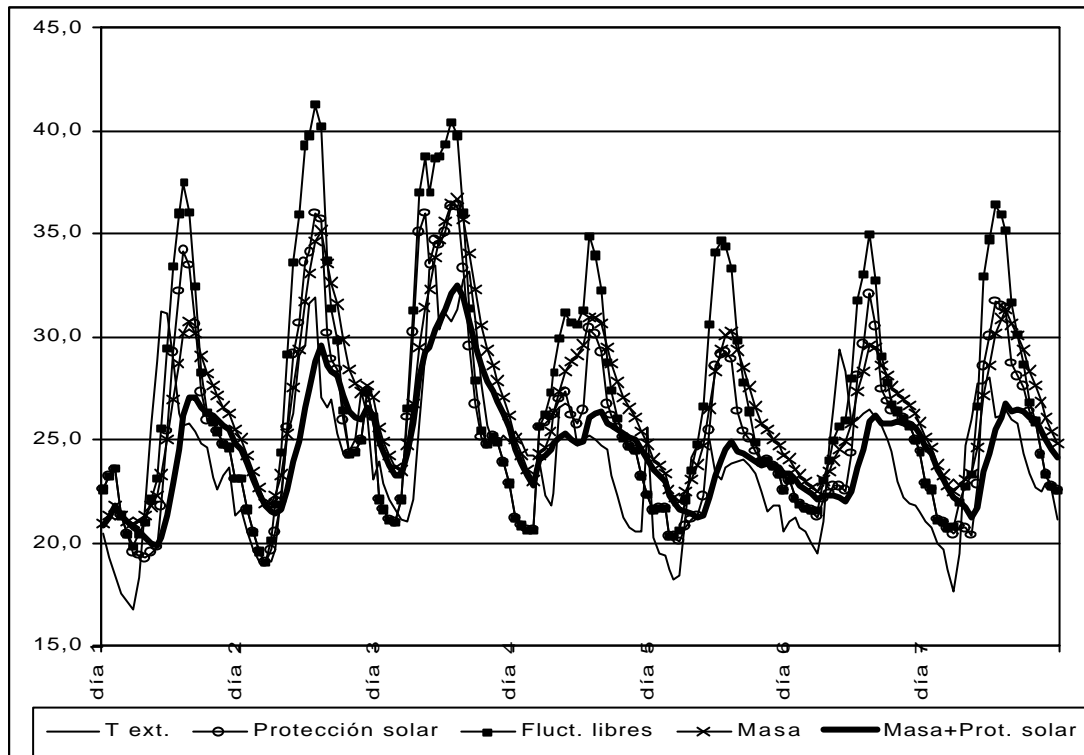


Gráfico 4 - Predicción de temperatura interior para estrategia de protección solar más masa

4. RESULTADOS

De acuerdo a los resultados de las simulaciones se observa que las fluctuaciones libres del prototipo o prototipo sin modificaciones, tienen una amplitud media mayor que cualquiera de las estrategias simuladas. Esto sucede porque el prototipo tiene muy poca capacidad de acumular energía debida a su poca masa térmica (ver gráfica 5).



Gráfica 5 – Comparación del andamiento de las temperaturas interiores para cada estrategia y para el prototipo sin modificaciones.

Las mayores temperaturas interiores coinciden con las horas de mayor captación de radiación solar, debido a la facilidad del prototipo de elevar su temperatura rápidamente. El estudio detallado del comportamiento libre del prototipo se presenta en otro artículo.

La estrategia que muestra los menores valores de temperatura máxima interior fue la correspondiente a masa térmica y protección simultáneas. Por otro lado no se observa diferencia significativa entre las estrategias de masa térmica y la de protección solar por separado.

En cuanto a las temperaturas máximas interiores, a partir de los 30°C se empiezan a despegar más las curvas de las distintas estrategias, llegando a haber una diferencia de 3,5°C entre la ausencia de estrategias y la estrategia compuesta (masa térmica más protección).

Para las temperaturas mínimas interiores prácticamente no hay diferencias entre las distintas estrategias, obteniendo las temperaturas más bajas el comportamiento para las fluctuaciones libres.

Se realizó conjuntamente con las simulaciones un tratamiento estadístico de los datos monitoreados durante la aplicación de las distintas estrategias al prototipo real, obteniendo resultados similares a los alcanzados en las simulaciones correspondientes. Se muestra que la aplicación de simulación computacional resultó fiable y robusta para este estudio de caso [comparación de desempeño de distintas estrategias bioclimáticas aplicadas a un prototipo liviano].

4. CONCLUSIONES

Se observa que el comportamiento de las fluctuaciones libres del prototipo presenta temperaturas interiores que no se consideran dentro del rango de confort. Esto hace necesario la aplicación de algún tipo de estrategia para mejorar su comportamiento, a pesar de no estar contemplada la presencia del usuario que con sus acciones modificaría el comportamiento térmico del prototipo.

Las estrategias simples, masa y protección por separado, se comportan de manera similar entre ellas, demostrando un desempeño apenas mejor que las fluctuaciones libres con un leve descenso en las temperaturas máximas no sobrepasando el 1,5°C de diferencia.

La estrategia que tuvo un desempeño térmico mejor fue la que combinó masa térmica y protección solar. El hecho de que se trate de un prototipo “liviano” sometido a las condiciones climáticas del período caluroso en un clima templado, hace que la colocación de masa mejore su inercia térmica amortiguando las temperaturas interiores. También es necesaria la protección solar de la ventana, evitando el ingreso de radiación solar que provoca la elevación de la temperatura del aire interior. Esta conclusión confirma la idea de que el tratamiento a aplicar sobre un edificio de estas características para el período de verano es complejo y seguramente integral (Yarke et all, 2006)

Se demuestra la complejidad para lograr que las temperaturas interiores en un prototipo de baja inercia térmica se mantengan dentro de la zona de confort para el período caluroso, en un clima templado, utilizando únicamente las estrategias pasivas de diseño aquí presentadas. Los próximos pasos, en este proyecto, incluyen avanzar en el estudio y simulación de la ventilación natural.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUENO et all (2006) “Análise comparativa na simulação de modelo habitacional nos softwares energy Plus e Tas” en XI Entac 2006, Florianópolis, Brasil.
- CHAUVIE, V.(2003). Selección de programas para la predicción del comportamiento térmico de edificios. Informe final. Montevideo.
- SOGARI et all (2006) “Análisis del comportamiento térmico de un prototipo de vivienda familiar de madera”, en Revista de Asades 2006, vol. 10, Bueno Aires, Argentina.
- YARKE, E. et all (2006) “Evaluación energética de las primeras mejoras constructivas realizadas sobre un laboratorio de la Universidad Nacional de Lujan”, Revista de Asades 2006, vol. 10, Argentina.