

UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA ENERGY-PLUS PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR PASIVO EN UNA VIVIENDA SOCIAL DEL PLAN FONAVI.

M. Victoria Mercado^{1,4}; Silvana Flores Larsen^{2,5}; Alfredo Esteves^{3,4} y Celina Filippín^{3,6}

⁴Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)
Centro de Ciencia y Técnica (CCT) (CONICET)

Avda. Ruiz Leal s/n Parque General San Martín (5500), Mendoza, Argentina.

⁵Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales
INENCO-Universidad Nacional de Salta-CONICET

Avda. Bolivia 5150 (4400) Salta

⁶CONICET – CC302, Santa Rosa, 6300 (La Pampa) Argentina, Tel./Fax: 54-952-434222

E-mail : mvmmercado@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN.

Se ha desarrollado el sistema de calefacción radiante solar pasivo (SIRASOL). Se trata de una opción válida para alcanzar niveles térmicos de confort, preponderando la autonomía de la orientación norte sobre las fachadas y disminuyendo la dependencia de un recurso energético abonable y agotable. En el presente trabajo se muestran las simulaciones térmicas dinámicas y ajustes de los modelos del sistema de calefacción radiante solar pasivo y de una vivienda social del plan FONAVI en el programa Energy-Plus. A partir de los modelos ajustados es posible preveer el comportamiento térmico del sistema en un local de la vivienda. Además se puede analizar el ahorro energético que este mismo induce en el consumo total de la vivienda siendo del 14.6%. El sistema en funcionamiento eleva la temperatura operativa 5°C sobre la situación del mismo espacio sin el sistema.

Palabras Claves: Simulación térmica dinámica, Sistemas pasivos, Calefacción radiante, Confort térmico.

INTRODUCCIÓN

Las construcciones destinadas a la vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina poseen una mala calidad térmica (Mitchell, 2005). Debido a esto se requiere un alto consumo energético para alcanzar niveles mínimos de confort en una zona de inviernos severos. Se ha estudiado y experimentado un sistema de panel radiante utilizado para calefaccionar pasivamente locales sin disposición hacia el Ecuador, el mismo ha sido motivo de una tesis doctoral defendida en 2011 (Mercado, 2011). El intercambio de calor se produce principalmente por radiación. En trabajos anteriores se ha demostrado que el sistema responde satisfactoriamente a las expectativas y propicia que el espacio alcance más fácilmente condiciones de confort durante las horas de sol (Mercado et al, 2005, 2006, 2007). Figura 1.

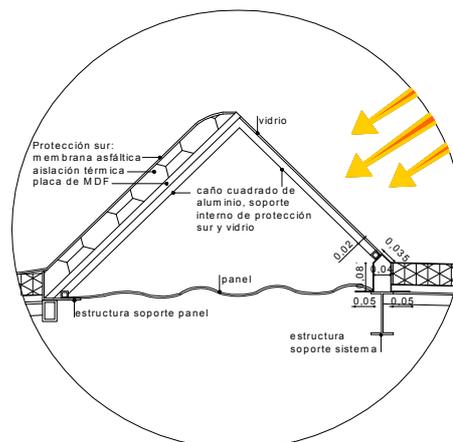


Figura 1: Esquema del sistema de calefacción radiante solar pasivo.

¹ Becaria Posdoctoral Tipo II-CONICET

² Investigador Asistente- CONICET

³ Investigador Independiente- CONICET

ENERGY-PLUS: PROGRAMA PARA LA SIMULACIÓN TÉRMICA DINÁMICA DE EDIFICIOS

El programa de simulación utilizado para ajustar el modelo del sistema de calefacción radiante solar pasivo fue Energy-Plus (versión 4.0.0.024) (Departament of Energy, USA, 2009). Este ha sido desarrollado por el departamento de Energía de Estados Unidos a partir de códigos de BLAST y DOE2 e incorpora algoritmos como WINDOW 5.0, COMIS, TRNSYS Y SPARK (DOE, 2004) (Scarduelli et al, 2009).

Energy Plus ofrece al usuario la posibilidad de seleccionar numerosas variables de salida, entre otras: temperatura interna de cada zona del edificio, temperatura radiante media, temperatura operativa y temperaturas superficiales. Los datos requeridos de entrada al programa son: la caracterización geométrica, las características de sus componentes constructivos, las condiciones meteorológicas y las cargas internas, permitiendo además representar con gran nivel de detalle el uso intermitente de cualquier edificio.

Se simuló el sistema en un espacio de una vivienda social para el análisis de su desempeño térmico. Se optó por este programa debido a que, por un lado, contempla independientemente el intercambio de calor por radiación, marcando la diferencia con el programa de simulación SIMEDIF para WINDOWS (Flores Larsen y Lesino, 2000) que combina bajo un solo coeficiente el intercambio radiante y el convectivo, lo cual no permite una evaluación detallada de las transferencias que componen el local a acondicionar. A diferencia de SIMEDIF, EnergyPlus permite la incorporación del sistema SIRASOL en la vivienda, el cálculo del intercambio radiante de acuerdo a su ubicación en el espacio y la obtención de datos de temperatura radiante media y temperatura operativa.

SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR RADIANTE SOLAR PASIVO, AJUSTE DEL MODELO EN ENERGY-PLUS

En el predio del INCIHUSA, se cuenta con un taller de experimentación al cual se le incorporó el sistema SIRASOL. Este taller es de forma prismática de 3m de lado en su ancho, 6m de lado en su largo y 2.4m de altura. Los cerramientos verticales se encuentran divididos en dos tipos: a) los que se orientan al Norte y la mitad de los orientados al Este y Oeste son tabiques livianos compuestos por dos placas de MDF, en su interior poseen poliuretano expandido de 0.05m de espesor como aislación térmica y b) los que se orientan al Sur, y la mitad restante de los muros Este y Oeste siendo muros de ladrillo común de 12cm de espesor. La cubierta es liviana siendo, compuesta estructuralmente por correas metálicas, MDF, aislación térmica de poliestireno expandido y membrana asfáltica como aislación hidrófuga.

El sistema incorporado en el local experimental (taller de experimentación) se simuló para un período de 12 días comprendidos entre el 1 al 12 de Julio del año 2007, de la siguiente manera: el local y el sistema se modelizaron como dos zonas térmicas diferentes, denominados ESPACIO y SISTEMA respectivamente. Los cerramientos se consideraron en relación a su materialidad real, correspondiendo a muros con masa (piso, muro sur, muro este1, muro oeste1; todos pertenecientes a la zona ESPACIO) y cerramientos sin masa (tabique norte, tabique este1, tabique oeste1 y cubierta pertenecientes a la zona ESPACIO; panel, tabique norte, este, oeste y cubierta sur correspondiente a la zona: SISTEMA). Los coeficientes de conducción utilizados son los correspondientes a ladrillo $k=0.73\text{W/m}$ y hormigón $k=1.63\text{W/m}$ para el piso (base de datos materiales programa de simulación SIMEDIF para WINDOWS). Para los tabiques sin masa se deben ingresar sus resistencias térmicas, cuyos valores fueron $R=0.77\text{ m}^2\text{C/W}$ para los tabiques verticales, $R=1.78\text{ m}^2\text{C/W}$ para la cubierta del ESPACIO y $R=0.31\text{ m}^2\text{C/W}$ para los tabiques que encierran el sistema. Los coeficientes convectivos utilizados fueron $10.38\text{W}/(\text{m}^2\text{C})$ para las superficies exteriores y $1\text{W}/(\text{m}^2\text{C})$ para los muros interiores. El número de renovaciones de aire por hora se fijó en 1 para el local y 0.1 para el sistema considerando a este espacio como estanco (Tabla 1). En la Figura 2 se presenta el modelo de simulación (ESPACIO+SISTEMA) dibujado en SketchUp y OpenStudio.

Zonas	LOCAL DE ENSAYO		SISTEMA	
Muros	descripción	Muros interiores y exteriores= ladrillo con revoques por los dos lados Pisos= contrapiso de hormigón más consideración de suelo (1m de tierra)		
	k [W/m°C]	ladrillo= 0.73 revoque= 0.93 hormigón= 1.63 tierra= 0.14		
Muros sin mas	descripción	Cubierta liviana= machimbre, correas, aislación (lana de vidrio), membrana hidrófuga	Tabiques que encierran el sistema	Chapa de panel radiante
	R [m²C/W]	0.9	0.31	0.0086
Coeficientes convectivos		calculados por el programa: algoritmo matemático		
N° de renovaciones		1	0.1	

Tabla 1: Valores de coeficientes y renovaciones ingresados en el programa para el ajuste del modelo del prototipo de experimentación, como entradas al programa de simulación Energy Plus.

En la Figura 3 se observa la temperatura del panel obtenida experimentalmente y la temperatura del panel simulado para el período mencionado al principio de éste párrafo. La simulación ajusta satisfactoriamente los datos medidos por lo que se considera que el modelo físico es adecuado.

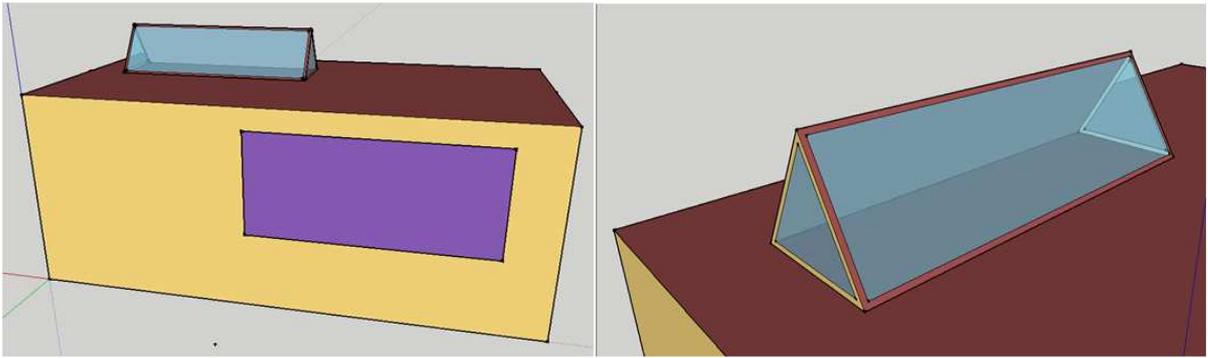


Figura 2: Esquema de modelo de simulación en SketchUp, se puede observar la zona ESPACIO y la zona SISTEMA

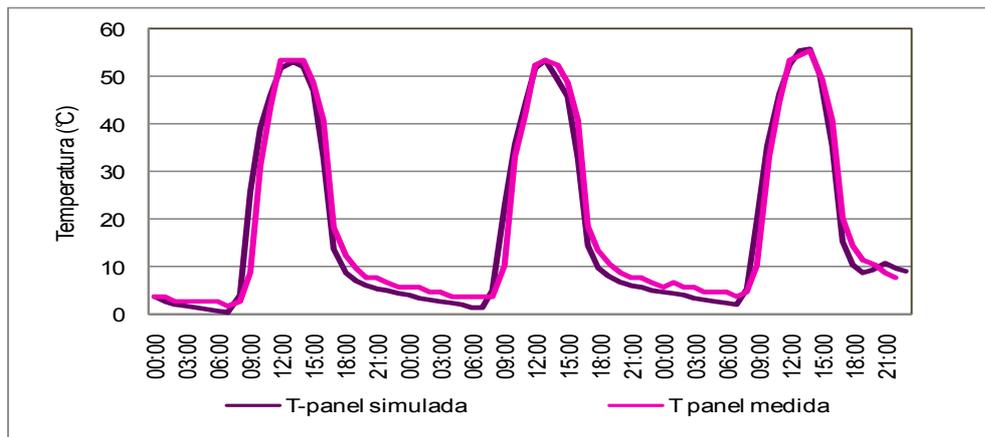


Figura 3: Temperaturas medidas y simuladas del panel radiante.

Este modelo ajustado se utiliza para evaluar el aporte del sistema a la temperatura del aire interior. Para ello, se compara la temperatura del aire simulada para el local con el sistema y sin el sistema, mediante una nueva simulación realizada para el mismo período, en la cual se reemplaza el sistema por el techo convencional. En la Figura 4 se presentan dos curvas de temperaturas del aire interior (Tai), la temperatura del aire del local simulada con el aporte del sistema, y la temperatura del aire del local sin el funcionamiento del sistema, lo que indica que la Tai del local con el sistema se eleva 4°C sobre la Tai en el local sin el sistema. Con estos datos, es posible establecer el aporte térmico del sistema. A modo comparativo si se considera una temperatura de aire interior del local $T_{ai} = 1^{\circ}\text{C}$, para la situación sin el sistema, y se puede decir en base a datos experimentales (Mercado et al, 2009) que la temperatura de globo negro (T_{gn}) supera a la temperatura del aire cerca de 2-3°C, resultará que la temperatura operativa (T_o) en ese mismo local con el sistema en funcionamiento se mantendrá cerca de 4°C sobre la temperatura operativa que tendrá el local sin el sistema (Tabla 2).

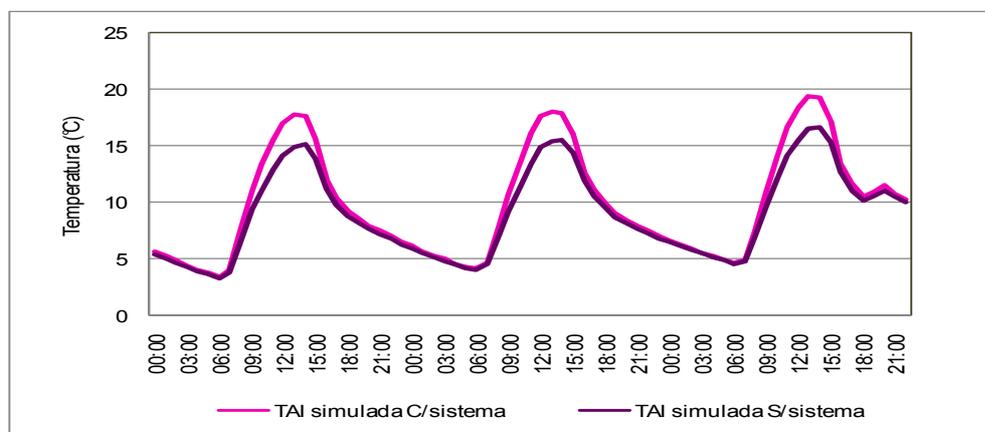


Figura 4: Resultados de modelo del prototipo simulado con y sin el sistema de calefacción radiante solar pasivo incorporado

	Tai	Tgn	To
Local S/sistema	1	3.0 - 4.0	2.0 - 2.5
Local C/sistema	5	7.0 - 8.0	6.0 - 6.5

Tabla 2: Relación entre temperaturas y estimación de la temperatura operativa

VIVIENDA SOCIAL PLAN FONAVI, AJUSTE DEL MODELO EN ENERGY-PLUS

Para analizar el efecto de la inclusión del sistema en una vivienda Fonavi, en primer lugar se simuló la vivienda para un período de verano, ajustando la simulación con datos monitoreados. La vivienda se dividió en 5 zonas térmicas (Estar, Baño, Hall, Dormitorio1 y Dormitorio2), con las propiedades que se muestran en la Tabla 3.

Zonas		ESTAR	BAÑO	HALL	DORM1	DORM2
Muros	descripción	Muros interiores y exteriores= ladrillo con revoques por los dos lados Pisos= contrapiso de hormigón más consideración de suelo (1m de tierra)				
	k [W/m²C]	ladrillo= 0.73 revoque= 0.93 hormigón= 1.63 tierra= 0.14				
Muros sin masa	descripción	Cubierta liviana= machimbre, correas, aislación (lana de vidrio), membrana hidrófuga				
	R [m²C/W]	0.9				
Coeficientes convectivos		calculados por el programa: algoritmo matemático				
Nº de renovaciones		5	0	0	1	1

Tabla 3: Valores de coeficientes y renovaciones ingresados en el programa para el ajuste del modelo de la vivienda tipo FONAVI, como entradas al programa de simulación Energy Plus.

La vivienda de estudio fue seleccionada por tratarse de un ejemplo del programa FONAVI (Fondo Nacional para la Vivienda), que mantiene un esquema funcional y sistema constructivo actual y repetitivo en la mayor parte del país.

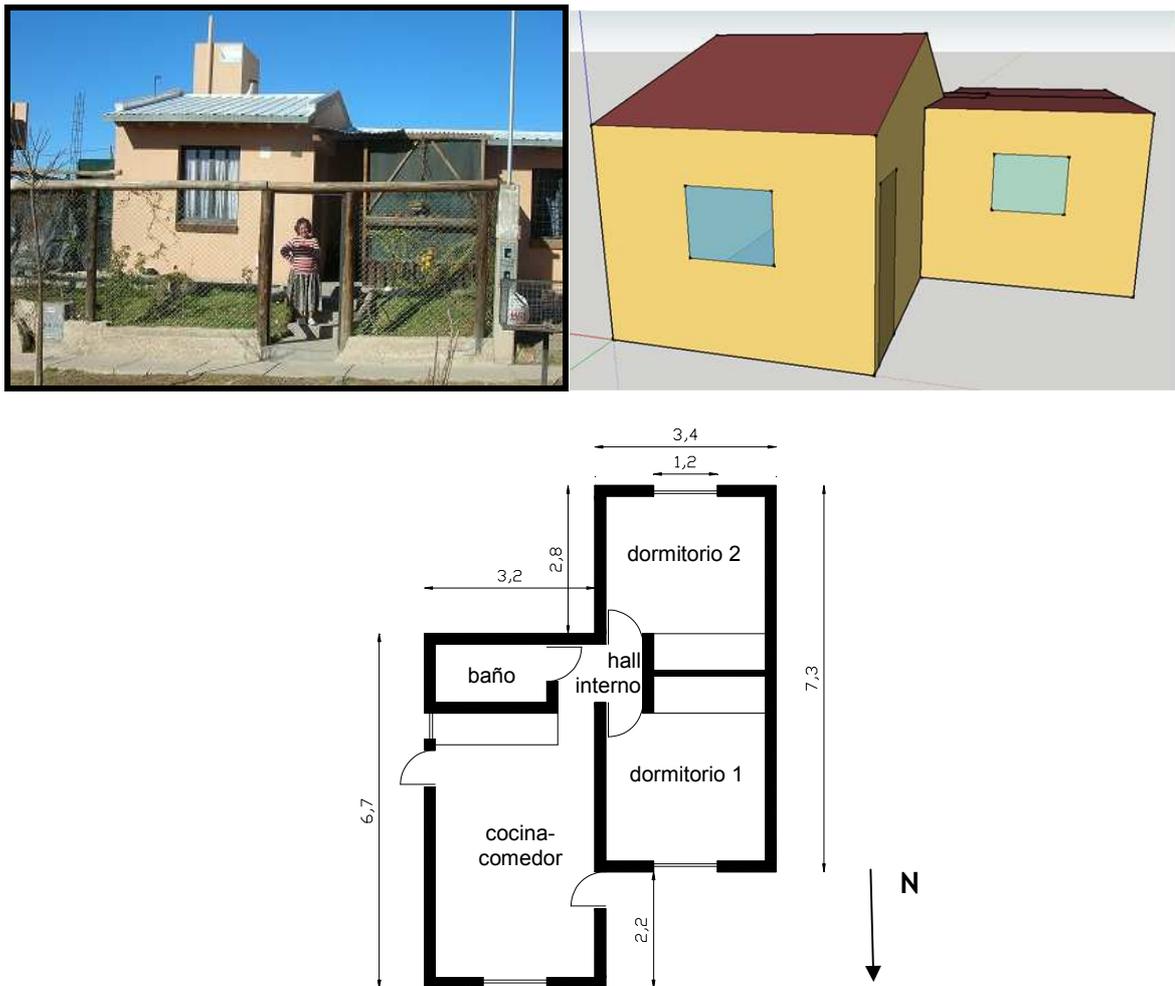


Figura 5: Fotografía de la vivienda de estudio, esquema de simulación en SketchUp, y planta de la vivienda.

El sistema constructivo es el tradicional para la región, ladrillón macizo común (7 x 16 x 28 cm) revocado en ambas caras, quedando un espesor de muro de 0.2m ($U= 2.41 \text{ W/m}^2\text{°C}$) y cubierta liviana inclinada, compuesta por machimbre de pino del lado interior, lana de vidrio como aislación de una pulgada de espesor y chapa como protección exterior ($U= 1.1 \text{ W/m}^2\text{°C}$). Cuenta con una superficie cubierta de 63 m^2 en donde se resuelve un espacio diurno único (cocina-comedor), un baño y dos dormitorios, con la posibilidad de ampliar la vivienda hacia el fondo de la misma con un dormitorio más. En la figura 5 se puede observar: fotografía de la vivienda medida, esquema de simulación y planta.

La forma se resuelve en dos cuerpos prismáticos yuxtapuestos. La envolvente resulta de 146.46m^2 , donde el 57.2% corresponde a muros y el 42.8% a techos. El FAEP (factor de área envolvente-piso) es de 2.3, es decir la vivienda tiene 2.3 m^2 de envolvente por m^2 de superficie cubierta (Esteves y Gelardi, 1997). El valor óptimo de este indicador es 2, esto indica que la resolución formal de la vivienda podría ser más eficiente y provocar menos pérdidas de calor por envolvente, es posible hacer más eficiente esta relación, modificando en el diseño original de la vivienda la altura de la cubierta del espacio diurno. El techo de la vivienda está inclinado para permitir la evacuación del agua de lluvia. Su altura resulta algo excesiva si se tiene en cuenta que la cumbre se ubica a 3.5m. La vivienda monitoreada posee su fachada principal orientada hacia el norte. En la Figura 4, se presenta una fotografía de la vivienda, la planta de la misma y las imágenes del modelo de simulación de la vivienda sin el prototipo graficados en SketchUp y OpenStudio.

La ciudad de Mendoza se ubica en el centro del oasis norte ($32^\circ 40'$ latitud sur y $68^\circ 51'$ longitud oeste; a una altura sobre nivel del mar de 750m promedio). La situación climática presenta una temperatura media anual de 16.5°C , con una amplitud térmica cercana a los 15°C . La radiación solar es típica de zonas semidesérticas, en la ciudad se registra un valor anual de $18.4 \text{ MJ/m}^2\text{.día}$.

A continuación se presenta el ajuste del modelo de la vivienda en condiciones de verano por tratarse del período en que la vivienda no utiliza sistemas de acondicionamiento que alteren el comportamiento térmico de la misma.

En las figuras 6, 7 y 8 se presentan los ajustes obtenidos para el Estar, Dormitorio 1 (norte) y Dormitorio 2 (sur), para cuatro días del período de verano comprendidos entre el 21 al 24 de diciembre del 2007. De la simulación resultó que la mayor diferencia entre datos medidos y simulados se produce al medio día, horario en el cual la vivienda recibe un incremento en las ganancias internas como consecuencia de la cocción de alimentos. Para el resto del día el error entre datos medidos y simulados no supera 1°C .

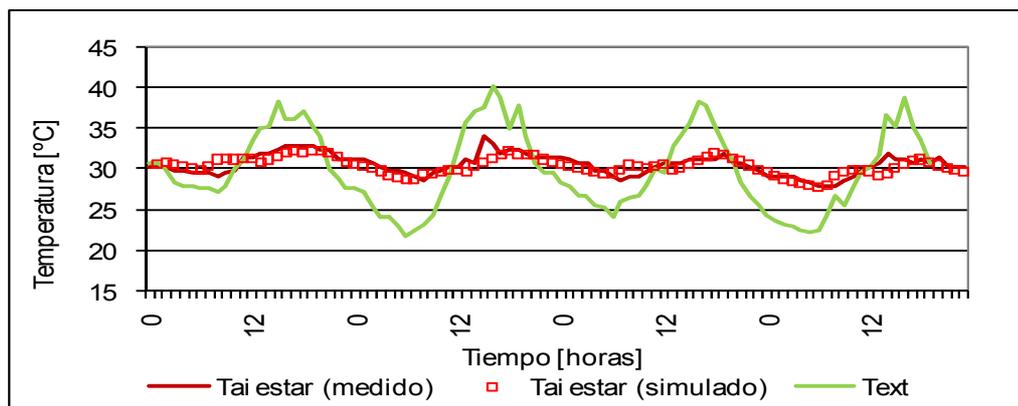


Figura 6: Datos medidos y simulados de Temperatura interior del aire para estar.

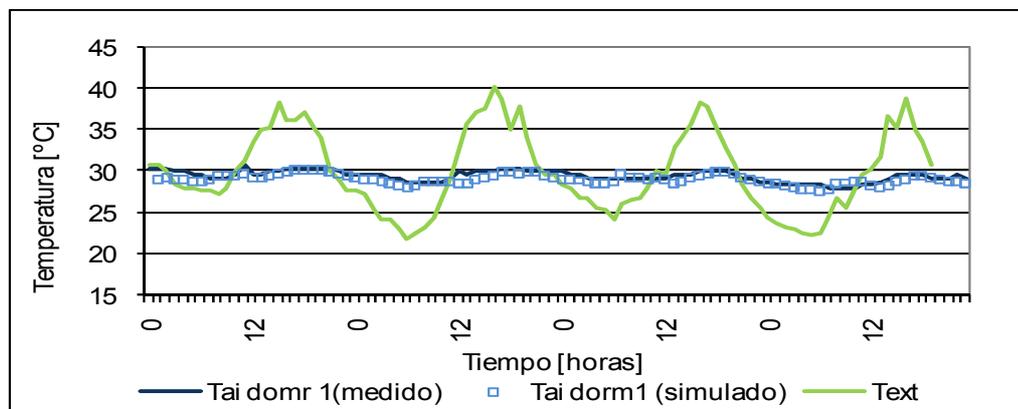


Figura 7: Datos medidos y simulados de Temperatura interior del aire para dormitorio1.

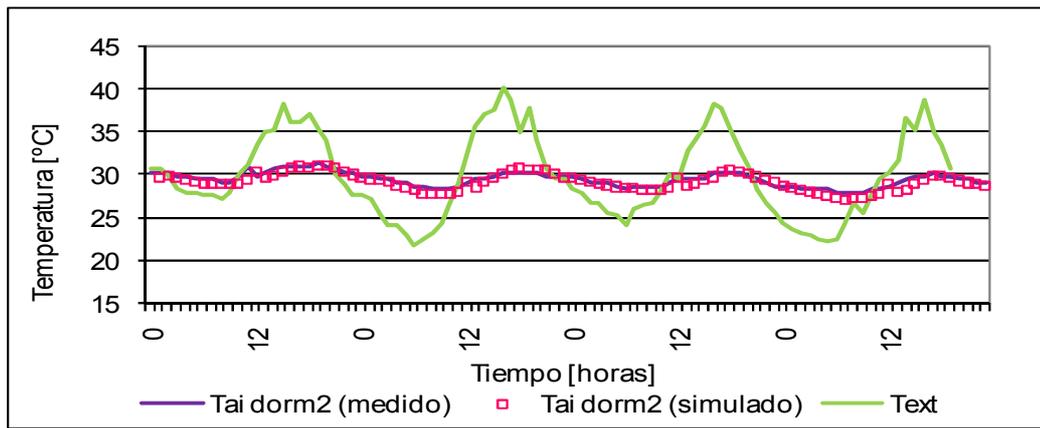


Figura 8: Datos medidos y simulados de Temperatura interior del aire para dormitorio 2

Simulación para invierno.

A partir del modelo ajustado se simula la vivienda en las condiciones de invierno sin el aporte de calefacción auxiliar. En la figura 9, se observa que la temperatura de aire de la vivienda sin la participación de acondicionamiento auxiliar no alcanza las condiciones mínimas de confort. Se presenta además una situación benéfica de poca amplitud térmica interior mientras que el aire exterior presenta una amplitud variable oscilando entre 7°C y 16°C. Esta situación permite prever que es necesario aumentar la temperatura de la vivienda y mejorar la conservación de energía en la misma. El aumento de temperatura puede lograrse mediante un incremento en la ganancia solar para la climatización térmica pasiva del espacio. De acuerdo a la gráfica bioclimática de Víctor Olgyay (1998) se puede deducir que para temperaturas por debajo de los 15°C, una estrategia bioclimática es aumentar la radiación solar que recibe la persona. (Gonzalo, 1998).

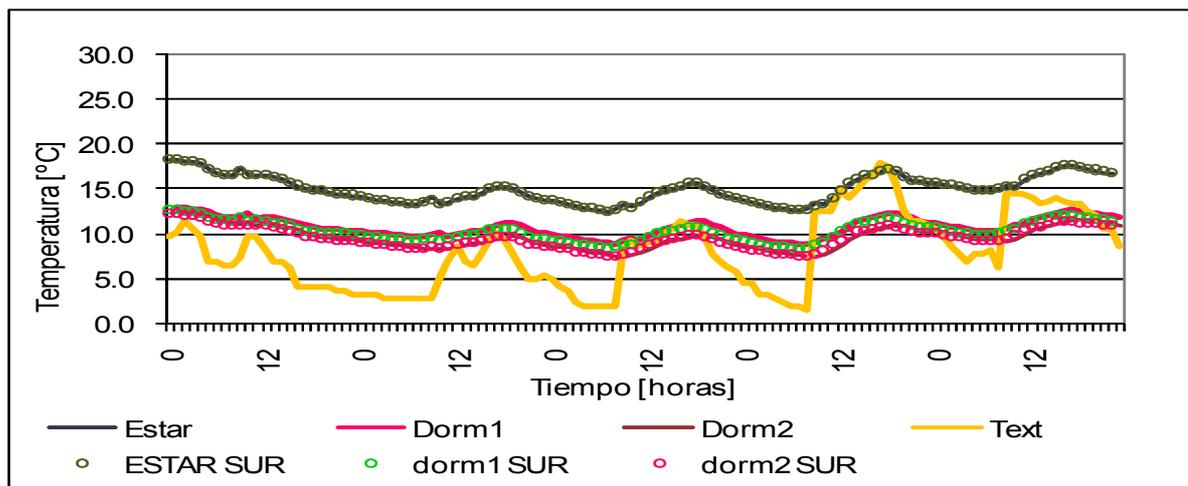


Figura 9: Comportamiento de la temperatura de aire interior para una vivienda con orientación sur para cuatro días de invierno.

En el caso de una vivienda con la orientación sur, el incremento de la superficie de ganancia solar no es una alternativa. Sin embargo la utilización del sistema desarrollado en el presente trabajo ofrece la posibilidad de acondicionar térmicamente el espacio con la utilización de la energía solar. A continuación se presentan los resultados de la vivienda simulada con el sistema incorporado. Esto se realizó anexando al modelo de la vivienda orientada hacia el sur, el sistema de calefacción radiante solar pasivo utilizando los coeficientes de sus materiales ya validados en el modelo simulado presentado anteriormente. A partir de esta simulación se obtienen los parámetros de ahorro energético y temperatura interior indicativos del efecto de incorporar el sistema de estudio en el presente trabajo. En la Figura 10 se presenta el modelo de simulación graficado en SketchUp y OpenStudio.

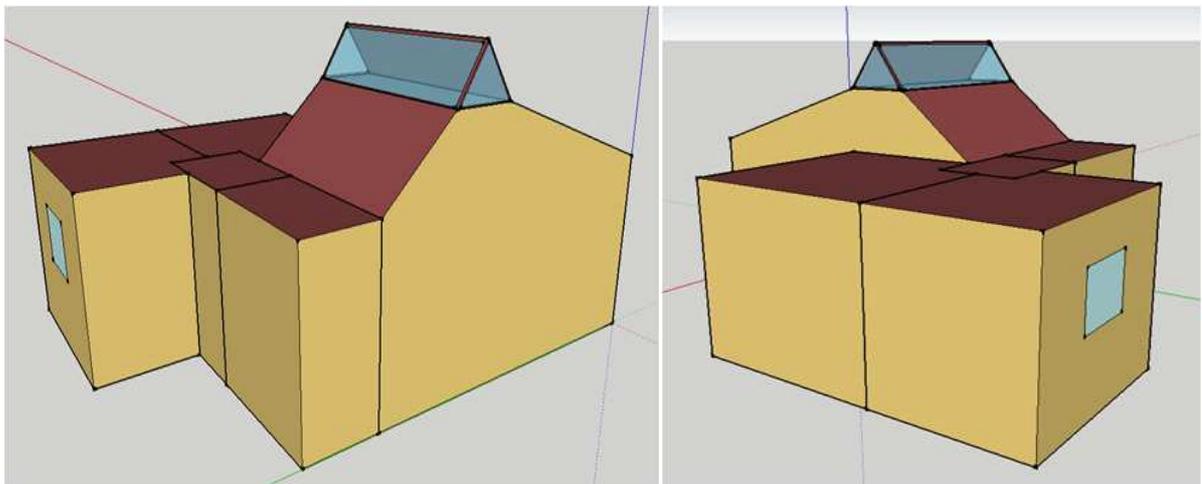


Figura 10: Esquema de modelo de simulación de la vivienda con el sistema SIRASOL incorporado.

Las dimensiones del panel utilizadas fueron: 1.00m x 3m para el panel ubicado en horizontal, manteniendo la geometría del sistema y principalmente el ángulo de captación.

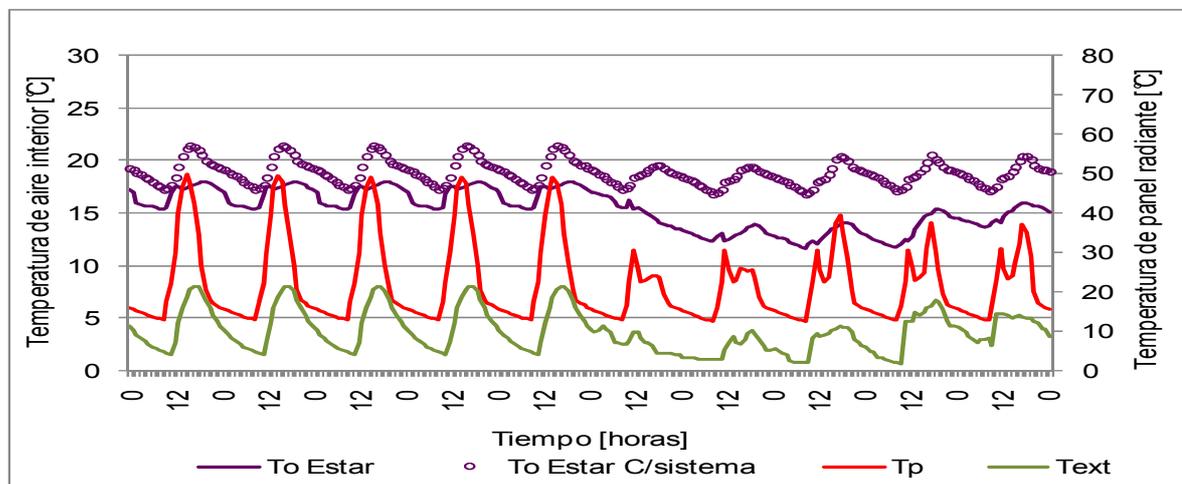


Figura 11. Comportamiento de la temperatura operativa para el espacio de estar para diez días de invierno CON y SIN sistema incorporado.

En la figura 11 se presenta el resultado de la simulación bajo las condiciones de invierno estudiadas anteriormente, además se anexaron cinco días con datos estadísticos debido a que el período medido presentaba cielo parcialmente nublado lo que incidía en los niveles de radiación solar y consecuentemente en la temperatura del panel radiante. Por lo tanto, en la figura mencionada, se diferencian dos períodos simulados, el primero que abarca del 19 al 23 de agosto con datos estadísticos del servicio meteorológico nacional, el segundo período que se observa en la figura, está comprendido entre los días 24 al 28 de agosto, siendo estos los días de los cuales se poseen datos de temperatura de aire exterior y radiación solar medidos.

En cuanto a la temperatura operativa (considerando a la persona ubicada debajo del centro geométrico del panel), se puede observar que el espacio que se encuentra climatizado con el SIRASOL se eleva hasta 5°C coincidente con el medio día solar, frente al espacio sin ningún tipo de calefacción. Esto toma importancia si se tiene en cuenta que la temperatura que sentirá el usuario tendrá una preponderancia de intercambio radiante por lo que generará mayor sensación de confort que lo que pueda lograr con un sistema de calefacción por convección.

Ahorro energético

Se ha simulado la vivienda analizada previamente con el sistema y sin él para evaluar el consumo energético en los dos casos. Para la simulación se consideró el período invernal, desde el 1 de Junio hasta el 31 de agosto. El programa de simulación utilizado (Energy-Plus), permite la utilización de un termostato para la temperatura del aire, el cual en una primera instancia se fija en 20.5°C, se determina que con la utilización y puesta en marcha del sistema es posible disminuir cerca del 8.8% del consumo de energía de base fósil en un espacio climatizado por el sistema. Tabla 4.

	Energía horaria necesaria para mantener una temperatura de aire = 20.5°C [Wh]
Vivienda SIN sistema en espacio diurno	784.4
Vivienda CON sistema en espacio diurno	715.3
Porcentaje de ahorro [%]	8.8

Tabla 4. Energía horaria necesaria del espacio diurno para mantener una temperatura de aire de 20.5°C SIN y CON el sistema en funcionamiento y, porcentaje de ahorro alcanzado.

Sin embargo si se considera que el sistema incide en el fenómeno radiante interviniendo directamente en la temperatura operativa y alejándola de la temperatura del aire hasta 3°C (según experimentaciones con panel metálico de chapa lisa **M-L**), se puede fijar un termostato para la temperatura del aire en $17.5^{\circ}\text{C} = T_O (20.5^{\circ}\text{C}) - 3^{\circ}\text{C}$, considerando que la temperatura que sentirá el usuario del espacio será de 20.5°C permaneciendo en confort térmico. En este caso los resultados evidencian un ahorro energético superior del orden de 14.6%. Tabla 5.

	Energía horaria necesaria para mantener una temperatura de aire = 17.5°C [Wh]
Vivienda SIN sistema en espacio diurno	438.0
Vivienda CON sistema en espacio diurno	373.8
Porcentaje de ahorro [%]	14.6

Tabla 5. Energía horaria necesaria del espacio diurno para mantener una temperatura de aire de 17.5°C y una temperatura operativa de 20.5°C, SIN y CON el sistema en funcionamiento y, porcentaje de ahorro alcanzado.

Es importante advertir que este ahorro recae directamente sobre el consumo de energía utilizada para calefacción, siendo el destino de mayor incidencia dentro del consumo energético anual de una vivienda. La vivienda social es financiada mayormente por el Estado y, considerando que la tarifa de gas contiene un subsidio estatal cercano al 100% de lo que el usuario costea, se sostiene que el sistema proporciona un ahorro energético y consecuentemente económico beneficioso tanto para el individuo (que además goza de la performance térmica), como para las finanzas nacionales.

Este subsidio económico que ejerce el Estado sobre el gas natural, no permite que la población de clase media alta y los mismos organismos del estado perciban claramente la compleja situación de disponibilidad y uso desmedido del recurso (De Dicco, 2006). En el país, se accede al gas natural con un costo hasta veinticinco veces menor en relación a otros lugares de Latinoamérica como Santiago de Chile, Río de Janeiro o Montevideo de Uruguay (Mercado et al, 2010). Una condición de ahorro del consumo energético de base fósil ligado al uso del recurso solar para la climatización de espacios implicaría que mayor cantidad de personas sentirían confort en sus viviendas, disminuyendo el consumo regional de energía fósil y las deudas contraídas por usuarios que hacen uso del recurso.

CONCLUSIONES

El programa de simulación Energy-Plus permite un análisis exhaustivo del comportamiento térmico-energético de un edificio.

Se destaca el alcance del mismo sobre los fenómenos térmicos de transferencia de calor en forma independiente (conducción, convección, radiación). Por lo tanto el programa permitió el ajuste del modelo de simulación del prototipo del sistema de calefacción radiante solar pasivo e incorporarlo en el modelo de simulación de una vivienda social tipo FONAVI.

De acuerdo a las simulaciones térmicas realizadas es posible afirmar que la utilización del SIRASOL en la vivienda social eleva la temperatura operativa 5°C en relación a una vivienda sin la incorporación del sistema. Esto genera una mayor facilidad en el alcance de las condiciones de confort térmico en el medio ambiente interior durante las horas de sol, propiciando además un ahorro energético de hasta el 14.6%.

REFERENCIAS

- De Dicco, R. A. (2006) Argentina: aumenta la demanda de hidrocarburos y caen las reservas. Buenos Aires: IDICSO. (Serie Artículos de opinión y Breves Informes).
- Department of Energy. (2009) Building Energy software Tools Directory. Disponible em: http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/
- Esteves y Gelardi (1997) The shape in Bioclimatic Building: the FAEP Factor. Proc. II TIA Conference, Florencia, Italia.
- Flores S.; Lesino G. Simedif (2000). Simedif 2000: Nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. Argentina. AVERMA 4. pp.8.53-8.58. www.inenco.net/~seflores/
- Gonzalo, G. E. (1998) Manual de Arquitectura Bioclimática. Ed. ArteColor, Tucumán. Argentina.
- Mercado V., Esteves A. (2005) .Sistema de calentamiento solar para viviendas de bajo costo sin fachadas hacia el ecuador AVERMA, Vol. 9; pp. 3.49 – 3.54.
- Mercado V., Esteves A. (2006). Sistema de calefacción solar radiante - variables de diseño y mediciones experimentales. ENTAC.

- M. V. Mercado, A. Esteves y C. Filippín (2007). Sistema de calefacción solar radiante. Mediciones experimentales de invierno y evaluación con software de simulación térmica SIMEDIF. ENCAC.
- Mercado V, Esteves A, Filippín C, Flores Larsen S. (2009). Sistema de calefacción radiante solar pasivo. Diseño, construcción de un prototipo y obtención de resultados. Publicado en ERMA, Vol. 12; pp. 53-61 Publicación Papel (con referato ISSN 0328-932X)
- Mercado M.V., Esteves A., Filippín C. (2010) Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza. Argentina. Revista Ambiente Construido 10. pp.87-101
- Mercado María Victoria, (30/03/2011). Tesis Doctoral: *Sistema de calefacción radiante solar pasivo para el hábitat construido sin fachada disponible hacia el ecuador en Mendoza, Argentina*. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta.
- Mitchell, J.A (2005) Consumo de energía para calefacción en el hábitat social de Mendoza un caso de estudio. AVERMA 9, pp. 7.07-7.12.
- Scarduelli F.A., Westphal F.S., Lamberts R. (2009) Aplicação do Método BESTEST no Energyplus para treinamento em simulacao do desempenho térmico de edificacoes. ENCAC-ENLACAC, pp. 1796-1805.
- Olgay V. (1998) Arquitectura y Clima. Ed. Pili. (Reimpresión)

ABSTRACT: It has developed a passive solar radiant heating system (SIRASOL). This is a valid option to achieve thermal comfort levels, tainted empower on the facades facing north and decreasing dependence on a finite energy resource and payable. This study shows the dynamic thermal simulations and adjustments to the models of passive solar radiant heating system and a social housing in Energy-Plus. From the fitted models can predict the thermal behavior of the system at a local shelter. Also it can be analyze the savings energy, that it is the 14.6%. The operating system raises the operating temperature of 5°C on the situation in the same space without the system.

Key Word: Dynamic thermal simulation, Passive system, Radiant heating, Thermal comfort