

## **MONITOREO Y SIMULACIÓN TÉRMICA ENERGÉTICA DE VERANO DE UNA VIVIENDA EN CONDICIONES REALES DE USO EN CLIMA TEMPLADO CÁLIDO**

**A. Di Bernardo<sup>1</sup>, C. Filippín<sup>2</sup>, D. Pipa<sup>3</sup>**

Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE (AVE-CONICET)

Igualdad 3585 - Villa Siburu - C.P. 5003 - Córdoba, Argentina.

Tel.: 0351-4894442 – e-mail: alvarodibernardo@hotmail.com / cfilippin@cpenet.com.ar / vicedirección@ceve.org.ar

**RESUMEN:** Se exponen los resultados de la evaluación térmico-energética estival, de una vivienda social desarrollada por el CEVE en Villa Allende (Córdoba), en clima templado cálido seco. Se proponen estrategias de mejoramiento contemplando los hábitos de uso de sus ocupantes. El proceso consistió en una aproximación por medio de la simulación, mediciones de las calidades ambientales internas y externas en reales condiciones de uso, entrevistas a los ocupantes y calibración del modelo para evaluación de estrategias de mejoramiento. Los resultados muestran que los locales no alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort, encontrándose la mayor parte del tiempo fuera de la zona de confort, con una temperatura media interior de 27,8°C (exterior 25,3°C). Los principales problemas encontrados fueron las elevadas ganancias de calor por un pobre desempeño higrotérmico y falta de protección solar en la envolvente, e inadecuada ventilación por parte del usuario. Como solución se evalúa la ventilación nocturna, logrando una reducción promedio de la temperatura interior de 1,4°C en el comedor y de 2,4°C en los dormitorios.

**Palabras Claves:** vivienda social, monitoreo higrotérmico, simulación termoenergética, condiciones reales de uso, confort.

### **INTRODUCCIÓN**

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es una Unidad Ejecutora de doble dependencia (AVE – CONICET) y realiza investigación, desarrollo tecnológico, transferencia y capacitación en el campo habitacional desde 1967, con una perspectiva integral que incluye la problemática laboral y el contexto social general en el que estos conflictos se inscriben. Tal es así, que se han llevado a cabo a lo largo de 44 años numerosos proyectos socio habitacionales en el ámbito nacional e internacional. Si bien es cierto que en esta dirección la Unidad Ejecutora tiene una vasta experiencia en el tema, no se han incorporado en forma sistemática evaluaciones higrotérmicas de las condiciones de confort de las distintas soluciones habitacionales realizadas. En este sentido, las pequeñas variantes que se han ido aplicando a las viviendas en las distintas operatorias sólo han considerado “estándares mínimos de calidad para vivienda de interés social” prescriptos por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.

En el país existen algunos antecedentes sobre la evaluación y el planteamiento de posibles soluciones de este tipo de viviendas, principalmente sobre las producidas en serie por el Estado, como las analizadas en el Noreste Argentino (Di Bernardo et al., 2008, Alías et al., 2010), en Salta, (Flores et al., 2007), en Tucumán (Martinez, 2004, 2005), en Catamarca (Molas et al., 2008) en La Pampa (Filippín & Flores Larsen, 2006) y en Tierra del Fuego (Diaz & Czajkowski, 2004). En los distintos casos los problemas encontrados fueron la adaptación al clima, presentando una deficiente habitabilidad y uso desmedido de energía, producto del mal diseño tanto de su forma como de su materialidad. El conocimiento del grado de bienestar interior y la eficiencia energética que cada solución tecnológica y urbanística proponen, permitiría corregir las posibles desviaciones. Razón por la cual, tanto el bienestar como la eficiencia energética necesitan ser considerados en las construcciones, especialmente en los emprendimientos de vivienda masivas, debido a que el gasto de funcionamiento y mantenimiento resultan significativos considerando el presupuesto familiar disponible de la mayoría de sus usuarios (Jacobo & Hreňuk, 2002; Martinez, 2005).

Por tal motivo, se plantea como objetivo general del trabajo evaluar durante el período estival el comportamiento térmico-energético de un prototipo de vivienda diseñada y construida por el CEVE en la ciudad de Villa Allende (Córdoba) y proponer, en una primera aproximación, soluciones de mejoramiento contemplando los hábitos de uso de sus ocupantes. En trabajos anteriores (Di Bernardo 2010a, 2010b) se han presentado los resultados obtenidos de su simulación térmica y del análisis de sus componentes según la normativa IRAM vigente, los cuales pretenden ser integrados, en esta ocasión, con los propios de las mediciones realizadas durante el mes de Febrero de 2011 y, en una etapa posterior, con los que se están llevando a cabo para el período invernal. Estos resultados permitirían detectar las fortalezas y debilidades en el diseño formal-tecnológico implementado como también entender los hábitos de uso de sus ocupantes, lo que serviría de referencia para proponer pautas y recomendaciones de un diseño energéticamente eficiente para futuros emprendimientos habitacionales de interés social o para la refuncionalización energética de los existentes.

---

<sup>1</sup> Becario de CONICET

<sup>2</sup> Investigadora de CONICET

<sup>3</sup> Investigador de CONICET, Vicedirector de CEVE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

El prototipo, objeto de estudio, se localiza en la localidad de Villa Allende (latitud  $-31,1^\circ$ ; longitud  $-64,2^\circ$ , altitud 510 msnm (figura 1), a 19 km de la capital cordobesa. La selección de la vivienda estuvo condicionada a las características especiales del procedimiento aplicado, el cual demandó un activo compromiso del usuario para llevar minuciosamente a cabo los registros necesarios. Acorde a la Norma IRAM 11603/93 la localidad se encontraría en la zona bioambiental IIIa (templada cálida seca), sintetizándose en la tabla 1 los datos climáticos de acuerdo con valores promedio de la última década del Servicio Meteorológico Nacional.

	Anual	Febrero	Julio
Máxima Media	26.0 °C	33.6 °C	19.7 °C
Mínima Media	11.9 °C	16.5 °C	3.5 °C
Media	18.9 °C	25.1 °C	11.6 °C
Temperatura Mínima Absoluta			-4.6 °C
Temperatura Máxima Absoluta		39.7 °C	
Amplitud Térmica	14.1 °C	17.1 °C	16.2 °C
Velocidad media de Viento	5.0 km/h	4.6 km/h	4.3 km/h
Radiación Global Horizontal	16.0 Mj/m <sup>2</sup> *	19.8 Mj/m <sup>2</sup> *	9.4 Mj/m <sup>2</sup> *
	4.5 Kw/m <sup>2</sup> *	5.5 Kw/m <sup>2</sup> *	2.6 Kw/m <sup>2</sup> *
Humedad Relativa	65 %	70 %	66 %
Grados días de calefacción (base 18°C)	1177		
Grados días de enfriamiento (base 20°C)	537		

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (Córdoba Obs., período 1981 - 1990)

\* Rosi Gallegos y Righini, 2007

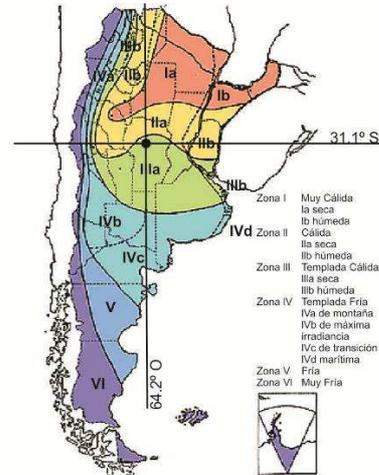


Tabla 1: datos climáticos promedio de la Ciudad de Córdoba

Figura 1: ubicación geográfica de la localidad

El prototipo tiene una superficie cubierta de 43,6 m<sup>2</sup> y un volumen interior de 132,8 m<sup>3</sup>. Se destacan su relativa compacidad ( $I_c=73\%$ ) y su elevado factor de área envolvente/piso (FAEP=3,2) (Esteves et al., 1997). En cuanto a los aspectos constructivos, el prototipo, se ordena bajo un soporte estructural básico sismo resistente compuesto por una estructura reticulada de acero de acuerdo a normas respectivas que luego de ser montada en obra se hormigona. Para la envolvente vertical perimetral se utilizan ladrillos cerámico macizos de 18 cm de espesor revocados al interior (sin aislación) con una transmitancia térmica ("K") de 2,27 W/m<sup>2</sup>°C que no cumple con el nivel C (mínimo) establecido en la Norma IRAM 11605 (1996). La cubierta de la nave principal es de chapa de zinc a dos aguas, inclinación 35%, con un aislante térmico reflectivo impermeable "AlumAir" de 0,8 cm de espesor y cielloraso de madera que sigue la pendiente. El techo del sector ampliado, en cambio, se materializa con viguetas y losetas prefabricadas, con pendiente del 2%. Estas soluciones alcanzan un K de 1,43 W/m<sup>2</sup>°C y de 1,66 W/m<sup>2</sup>°C respectivamente, no cumplimentando en ninguno de los casos con el nivel C (mínimo) sugerido por la norma mencionada anteriormente. Las ventanas son componentes de concreto prefabricado con hojas de perfilería de chapa plegada y vidrio simple de 3mm. Toda la vivienda se asienta sobre vigas perimetrales dispuestas en correspondencia con los muros, mas una plataforma interior de H<sup>o</sup>A<sup>o</sup> de 8 cm de espesor, sin aislación térmica con el suelo. El planteo urbanístico-arquitectónico no contempla el apareamiento entre viviendas, quedando los frentes expuestos al exterior. Mayores detalles constructivos se encuentran en Di Bernardo (2010a).



Figura 2: planta, corte e imágenes de la vivienda.

### Métodos

A partir de una primera aproximación al comportamiento térmico de la vivienda, realizada mediante simulación térmica computacional (Di Bernardo, 2010a, 2010b), se determinó la manera en que iba a ser monitoreada (número de sensores dataloggers a usarse, ubicación de los mismos dentro de cada recinto, forma de colocación y período de medición). Cabe aclarar que para todas estas decisiones los usuarios fueron consultados constantemente, además de haber tenido una buena predisposición durante todo el proceso. En este sentido, se utilizaron 4 sensores interiores (Hobos U12 Family) que registraban temperatura y humedad relativa cada 30 minutos y una estación meteorológica (Hobo microstation), que de manera simultánea, recogía datos exteriores de temperatura, humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento (Figura 3). Esta información se complementó con preguntas realizadas a los ocupantes de carácter orientativas, tratando de no vulnerar su intimidad, y que abarcaron diversos aspectos relacionados con: 1- condiciones de permanencia en la vivienda (número de personas, horarios de entrada y salida), 2- condiciones de confort interior, 3- condiciones de manejo de las aberturas según período del día y 4- utilización de sistemas artificiales de acondicionamiento. Una vez cruzado los datos, se buscó calibrar el modelo de simulación inicial para luego aplicar distintas estrategias de mejoramiento y así comparar su efectividad con el modelo base.

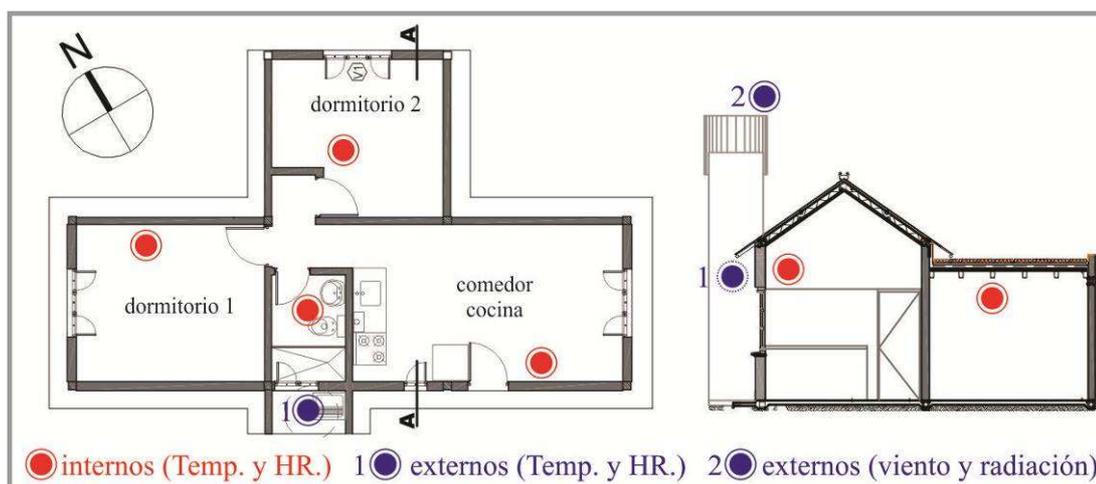


Figura 3: ubicación de sensores internos y externos en la vivienda.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se muestra la serie de todos los días medidos entre el 12 de febrero y el 3 de marzo de 2011, con sus temperaturas exteriores y radiación solar, en forma conjunta con las curvas de los locales de la vivienda, gráfico 1. Así es posible observar cómo se comporta en forma general la vivienda frente a la alternancia de días cálidos y fríos. En este sentido, al igual que descende bruscamente la temperatura exterior (máx. 25,7°C), con una sucesión de días nublados y lluviosos, luego de una serie calurosa (máx. 33,3°C), los espacios interiores de la vivienda fluctúan térmicamente a la par de estas condiciones externas. Esto denota, entre otras cuestiones, una poca capacidad de conservación de la energía por parte de sus componentes constitutivos, fundamentado en la baja calidad higrotérmica de su envolvente (Di Bernardo, 2010a).

Esta situación también es posible de apreciar en el pequeño desfase de 3 hs que tienen las curvas de los locales en relación de la exterior, aunque se consigue una reducción en la amplitud térmica interior de 8,4 °C respecto al mismo valor externo. Además, es de observar como las temperaturas internas se encuentran más próximas a las máximas que a las mínimas externas, siendo la media interior durante los días más cálidos de 27,8 °C en relación a los 25,3 °C del exterior.

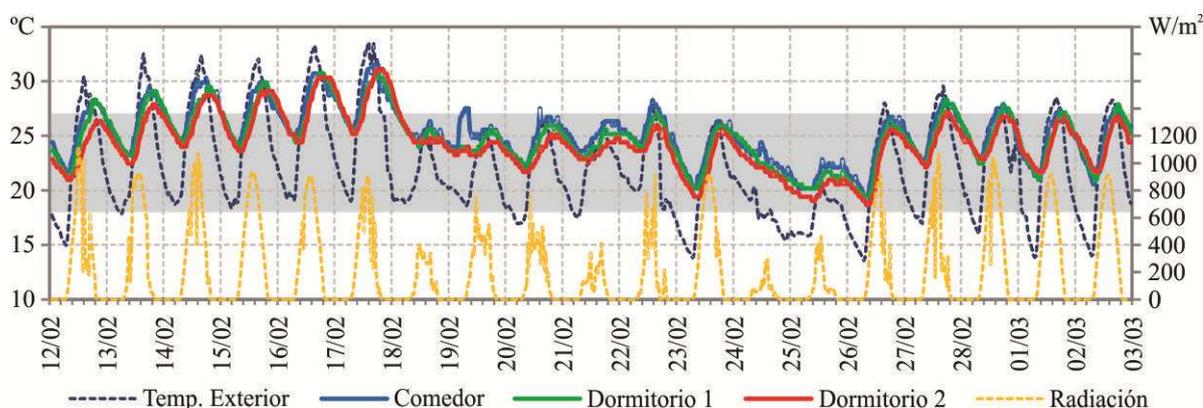
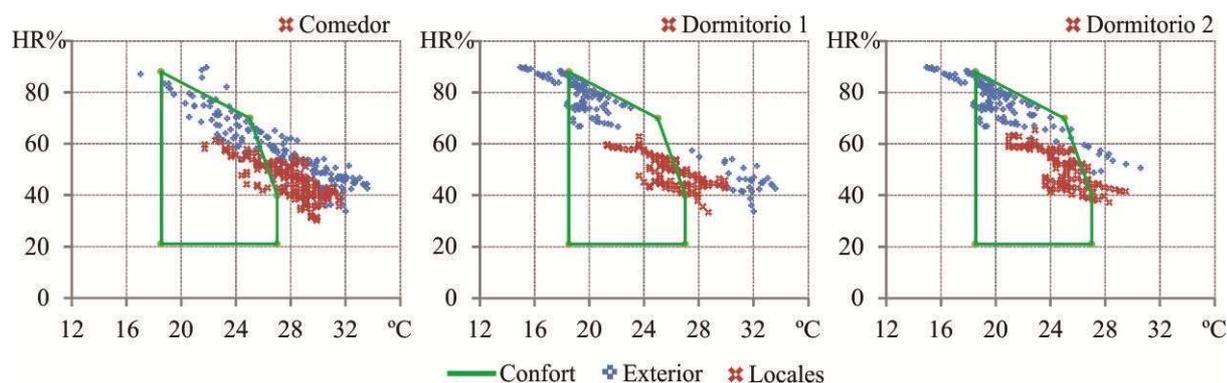


Gráfico 1: Mediciones de temperatura exterior, radiación solar global horizontal y temperaturas interiores del 12/02 al 03/03 de 2011.

Indicadores	Comedor		Dormitorio 1		Dormitorio 2	
	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
Hrs. de uso medidas	607	607	416	416	434	434
Hrs. en confort	427	411	271	364	330	410
<b>% Confort</b>	<b>70%</b>	<b>68%</b>	<b>65%</b>	<b>88%</b>	<b>76%</b>	<b>94%</b>

Tabla 2: Porcentaje de confort de temperaturas interiores y exteriores según periodo de uso, del 12/02 al 03/03 de 2011.

Si bien los porcentajes de confort<sup>4</sup> interior calculados, según el periodo de uso de cada espacio, para el periodo de tiempo monitoreado, parecieran ser positivos para los locales de la vivienda (comedor - 68%, dormitorio 1 - 88%, dormitorio 2 - 94%), los mismos no podrían ser considerados como representativos puesto que se observan una serie de días en donde la temperatura exterior ya se encuentra dentro del rango de confort preestablecido (18 – 27°C), perteneciente a los días nublados y lluviosos, tabla 2. Motivo por el cual, se seleccionan y se recorta el análisis a los días comprendidos entre el 12 y el 17 de febrero, al tratarse de los más calurosos de la serie.



Indicadores	Comedor		Dormitorio 1		Dormitorio 2	
	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
Hrs. de uso medidas	192	192	130	130	136	136
Hrs. en confort	84	50	89	87	116	120
<b>% Confort</b>	<b>44%</b>	<b>26%</b>	<b>68%</b>	<b>67%</b>	<b>85%</b>	<b>88%</b>

Gráfico 2 y tabla 3: Porcentaje de confort de temperaturas interiores y exteriores según periodo de uso, del 12/02 al 17/02 de 2011.

De los gráficos de dispersión, que relacionan las condiciones de temperatura y humedad (internas y externas) de cada local durante las horas de uso, y de acuerdo al polígono de confort establecido por Givoni, se observa que el sitio de la vivienda más comprometido es el Comedor (lugar con mayor permanencia en horas y número de personas). El porcentaje que alcanza es del 26% respecto al 44% del exterior lo que, de manera anticipada, daría la pauta de que no se estarían aprovechando adecuadamente las condiciones externas para el acondicionamiento natural de los espacios.

Luego, los dormitorios mantienen un importante nivel de confort, muy similar al exterior, por lo que se encontrarían frescos durante las horas nocturnas de descanso. Esto, como ya se observó, se debía a que las temperaturas internas descendían prácticamente a la par de las externas. Es de notar, además, que el dormitorio 2 presenta un mejor nivel de confort durante el verano respecto al resto de los locales, coincidiendo con lo que fue manifestado oportunamente por los usuarios de la vivienda. Esto en parte puede darse debido a que, ante similares superficies de exposición, la carpintería del dormitorio 2 mira al norte en relación a la del comedor y el dormitorio 1 (este y oeste, respectivamente).

## CALIBRACION DEL MODELO

Para la calibración del modelo se tomó el día más crítico de la serie puesto que el software *Ecotect*, utilizado oportunamente para la simulación de la vivienda (Di Bernardo, 2010a), evalúa el comportamiento térmico de los locales a lo largo de las 24 hs de un solo día. La calibración consistió, entonces, en: 1- actualizar los datos climáticos del programa a partir de los registros tomados en el sitio por la estación meteorológica (temperatura, humedad relativa, radiación y viento); 2- corregir el perfil de uso de cada local y las cargas internas por iluminación y artefactos, obtenido de las entrevistas con los usuarios; 3-

<sup>4</sup> La traducción al castellano de la voz inglesa *comfort* es en rigor *comodidad*. Se ha mantenido, sin embargo, en este trabajo el uso del anglicismo *confort*, por ser de uso extendido en Argentina.

recalcular las renovaciones de aire de cada espacio según método ASHRAE (Yarke & Mermet, 2005), a partir de la velocidad de viento, temperatura interior – exterior, volumen del local, tipo de obstrucciones y superficie de carpinterías.

Del gráfico resultante, donde se comparan los datos medidos con los simulados, se observa un nivel de acercamiento promedio del orden de los 0,8 °C, encontrándose dentro de la desviación media de 0,5 y 1°C conseguida por otros autores a través de diferentes programas de simulación (Hernandez et. al 1999, Flores Larsen et. al 2008), lo que le otorga cierta confiabilidad a la herramienta para evaluar distintas estrategias de mejoramiento. Además, es de apreciar como la mayor parte del tiempo las temperaturas de los locales se encuentran por fuera del área de confort con máximas de 31 °C en el comedor, a excepción de una pequeña franja horaria entre las 3 y las 11 am donde las temperaturas interiores se aproximan a los 25°C, especialmente en los dormitorios.

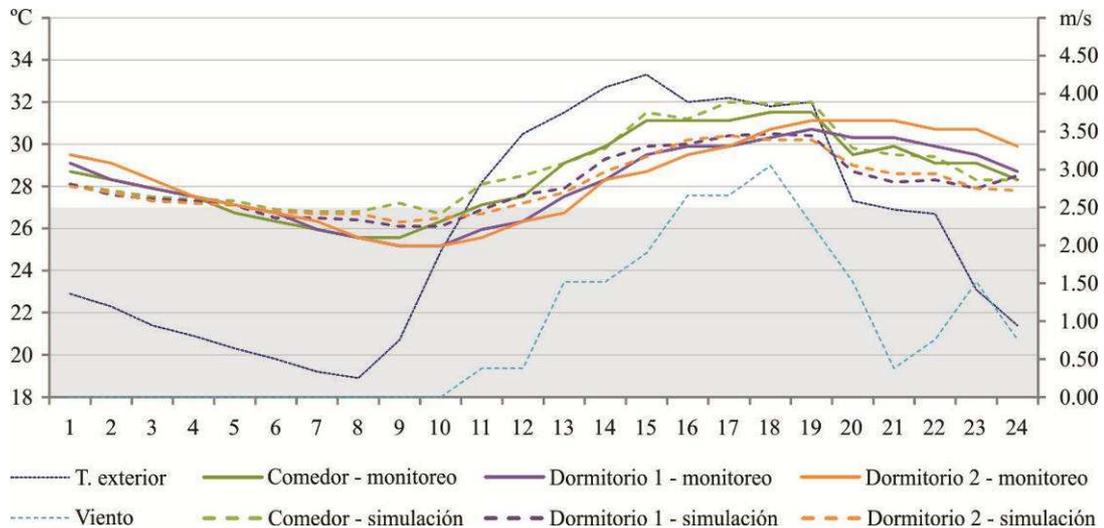


Gráfico 3: temperaturas interiores de los locales según monitoreo y simulación para el día 17/02/2011

Como se había comentado inicialmente, las curvas interiores fluctúan próximas a las máximas externas, tal es así que la diferencia que se obtiene en el comedor es de 1,8°C (33,3°C exterior, 31,5°C interior), mientras que el diferencial entre la mínima externa (18,9°C) e interna (25,2°C) en los dormitorios es de 6,3°C. Respecto a este tema, e independientemente de la insuficiente adecuación a los requisitos tecnológicos específicos de los componentes de la vivienda, se ha encontrado que los hábitos de uso de los ocupantes afectan negativamente sobre el comportamiento térmico de la vivienda, según el manejo que realizan de las aberturas y de la ventilación natural. En este sentido, el incremento que se da en el interior de los locales durante el día se relaciona directamente con el horario de apertura de las carpinterías, primero en el comedor y horas más tarde en los dormitorios. Luego, entre las 19 y 20 hs se cierran las ventanas hasta el otro día, conservando en parte el calor acumulado en el interior y reduciendo el intercambio con el medio externo más fresco. Es de observar, además, que la velocidad de viento es nula durante la noche con lo que el refrescamiento de la vivienda se reduciría aún más.

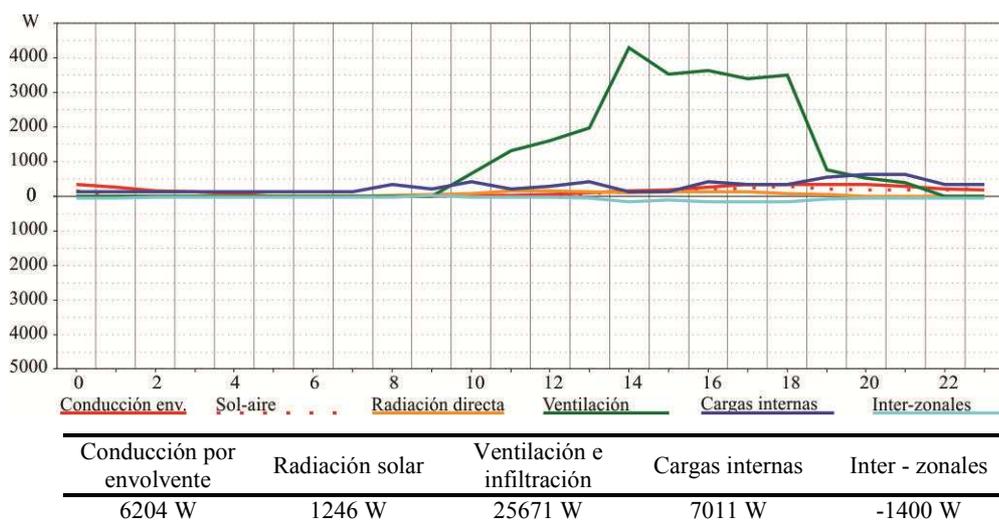


Gráfico 4 y tabla 4: ganancias y pérdidas horarias simuladas en el comedor, 17/02/2011

Siendo el comedor el espacio con mayor permanencia de la vivienda y al encontrarse fuera del área de confort durante las horas de uso en el día más cálido medido de la serie, se realiza un análisis más detallado de las ganancias y pérdidas horarias de energía por medio de la simulación computacional. Con esta herramienta se hace posible detectar, de manera aproximada, las principales fuentes que afectan su comportamiento térmico. A partir de ello se observa que de la ventilación e infiltración

de aire caliente externo se obtienen las mayores ganancias de calor, seguida por la conducción a través de su envolvente y en menor medida de la radiación incidente sobre su carpintería con orientación Este. Las cargas internas también son importantes, inclusive son mayores a las que se obtienen por la envolvente, y se debe principalmente a la integración espacial entre la cocina y el comedor, sumando energía al ambiente a través de la cocción de alimentos y del termotanque. Sobre este último punto los usuarios mencionaban que en el verano encienden el termotanque únicamente durante las horas de ducha (entre las 20 y 21 hs), mientras que en el invierno queda todo el día en piloto por el calor que disipa el mismo.

Luego del análisis de los resultados y en una primera aproximación<sup>5</sup> al mejoramiento térmico de la vivienda se evalúa, para el período estival, el uso de la ventilación selectiva en los locales. Esta estrategia consiste básicamente en mantener cerrado el edificio, con la mínima ventilación necesaria por salubridad, durante las calurosas horas del día (10-19 hs), siendo suficiente la propia infiltración de las carpinterías, y ventilar la masa estructural a la noche, cuando las temperaturas son menores. La masa enfriada actuaría al día siguiente como acumulador de calor, absorbiendo el calor que entra al edificio así como el que se genera dentro del mismo. Se aprovechan las características que poseen las carpinterías de la vivienda ya que se presentan como seguras contra ladrones para ser utilizadas en la ventilación selectiva, cuando están abiertas, debiéndose tomar precauciones en relación a la infiltración de agua de lluvia e insectos, además de protegerlas de la radiación directa durante el período diurno.

El inconveniente encontrado es que se registran valores muy bajos de velocidad de viento durante las horas nocturnas, según lo medido en el lugar por la estación meteorológica, gráfico 5. Para ello se propone ventilar por efecto “stack” mediante la incorporación de una chimenea por sobre el nivel de cumbrera, es decir, movilizándolo el aire por medio de una diferencia de presión que se generaría por una variación en la altura entre el área de entrada y de salida, y por un gradiente de temperatura entre el aire interior caliente, menos denso, que sube y el exterior que ingresa por la ventana más baja. Este fenómeno funciona con velocidades de viento menores a 3 m/s (Yarke et. al. 2005), caso contrario la ventilación cruzada hubiera sido la más conveniente.

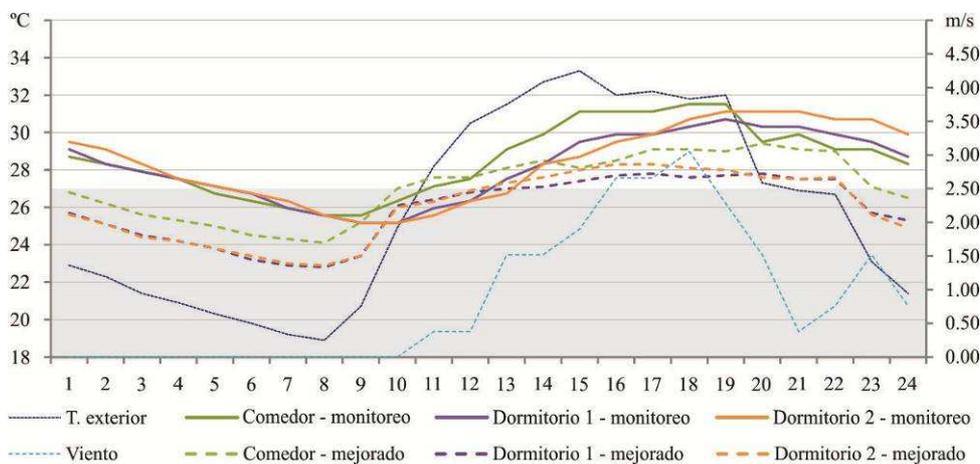


Gráfico 5: comparación de temperaturas interiores entre situación original y mejorada según simulación para el día 17/02.

	Conducción por envolvente	Radiación solar	Ventilación e infiltración	Cargas internas	Inter - zonales
Situación original	6204 W	1246 W	25671 W	7011 W	-1400 W
Situación mejorada	5671 W	383 W	3240 W	7011 W	-3105 W

Tabla 5: ganancias y pérdidas horarias simuladas de la situación original y mejorada en el comedor, 17/02/2011

Los resultados obtenidos de la simulación arrojan una reducción significativa de la temperatura en los distintos locales para el día más cálido de la serie, alcanzando un mayor confort térmico, gráfico 5. Las máximas descendieron 2,4°C en el comedor y alrededor de 3°C en los dormitorios, con un promedio en el día de 1,4°C y de 2,4°C respectivamente. Tomando nuevamente al comedor como punto de comparación, se observa que las ganancias por ventilación e infiltración disminuyeron en un 87%, mientras que las producidas por radiación solar lo hicieron en un 70%, tabla 5. Por medio del “stack” de ventilación se conseguiría una renovación de aire estimada en 11,37 ach., un 64% más al necesario, con una velocidad de aire interior de 0,3 m/s, según el cálculo efectuado con la herramienta Optimass ventilation (Camilo Diaz, Brian Ford & Associate), gráfico 6.

Cabe aclarar que la estrategia adoptada para el período estival no implica mayores costos, al no intervenir sobre el mejoramiento de la envolvente ni en la incorporación de complejos sistemas tecnológicos, más que en una chimenea de chapa de 60 x 60 cm que puede ser adaptada a la cubierta. En última instancia, el éxito de la solución dependerá en gran medida del usuario, quien tendrá que modificar algunos hábitos de su rutina y quien deberá crecientemente adquirir mayor sensibilidad a las condiciones ambientales internas y externas, para saber decidir sobre los momentos adecuados para efectuar la ventilación.

<sup>5</sup> El análisis del período invernal y de las estaciones intermedias aún se está llevando a cabo.

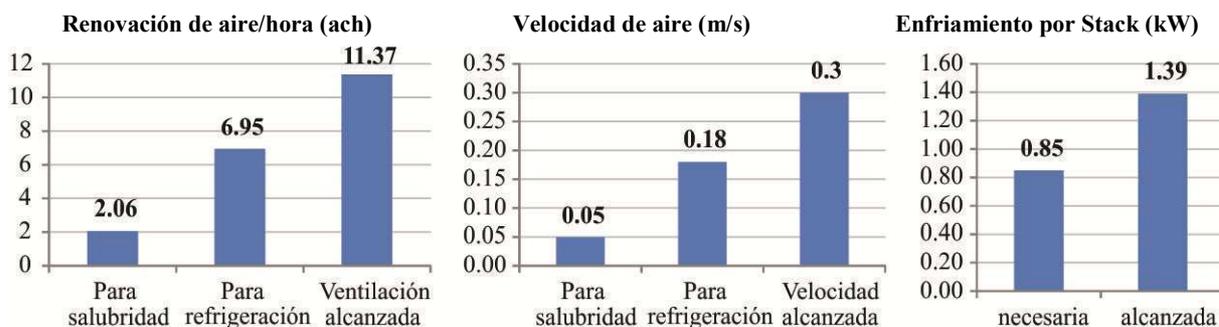


Gráfico 6: resultados obtenidos del Optimass ventilation para estimar la ventilación por efecto "stack".

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los espacios interiores de la vivienda no alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort para la situación climática estudiada. Los principales problemas encontrados en los locales fueron las elevadas ganancias de calor durante el verano, producto de la falta de protección solar en la envolvente expuesta a la alta radiación solar, a un pobre desempeño higrotérmico de los componentes de la envolvente edilicia (a- insuficiente aislamiento térmico, b- baja capacidad de acumulación), y a una inadecuada ventilación por parte del usuario durante las horas de mayor temperatura exterior. Lo que en la práctica implica altos consumos de energía eléctrica para lograr condiciones que se acerquen a las de confort, que resultan significativas considerando su presupuesto familiar disponible.

En este sentido, el prototipo propuesto por el CEVE si bien, a partir de las distintas operatorias que llevan a cabo, busca incorporar a partir de desarrollos tecnológicos aspectos económicos, socio-productivos, constructivos, espaciales y de gestión, en el marco del desarrollo local y la integración de los distintos actores involucrados, no da respuesta adecuada a diversas consideraciones climáticas particulares del sitio. Hecho, este último, que se hace frecuente en las distintas operatorias llevadas a cabo por el Estado a lo largo del país, donde se encontraron problemas relacionados con la adaptación al clima, presentando las viviendas una deficiente habitabilidad y uso desmedido de energía, producto del diseño inadecuado tanto de su forma como de su materialidad (Diaz et al., 2004, Martinez, 2004, 2005, Filippin et al., 2006, Flores et al., 2007, Molas et al., 2008, Di Bernardo et al., 2008, Alías et al., 2010a).

Así también, como fue estudiado, además de las medidas técnicas, el comportamiento de los ocupantes es uno de los temas más importantes con respecto a la eficiencia energética en los hogares. Sus hábitos de uso pueden afectar las condiciones de confort interior, tanto negativa como positivamente, según el manejo que hagan de las aberturas, de las protecciones solares, del aprovechamiento de la iluminación y de la ventilación natural, entre otras. Por medio de una simulación, a partir de haber calibrado el modelo, se pudo determinar que una pequeña mejora en la vivienda seguido de un cambio en los patrones de comportamiento de los usuarios, pueden ahorrar energía y mejorar el confort higrotérmico interior con una muy baja inversión adicional en infraestructura, razón por la cual la educación en materia energética, resulta de suma importancia.

Una vez concretada la medición del período invernal y de las estaciones intermedias, se pretende evaluar propuestas de refuncionalización energética con bajo sobre costo de inversión, las cuales estarán centradas principalmente en la optimización higrotérmica de la envolvente, en el aumento de la estanqueidad de las carpinterías y en la resolución técnica de puntos críticos de la construcción junto a un plan de capacitación del usuario, buscando una solución integral a las distintas condicionantes climáticas.

Durante el desarrollo del trabajo, además, surgen nuevas preguntas como, ¿en qué medida se correlaciona lo que asumo para la simulación respecto a los resultados obtenidos del monitoreo?, haciendo referencia a un importante número de variables que necesitan ser definidas al momento de analizar un edificio, por medio únicamente, de una herramienta computacional, de las cuales depende el grado de acercamiento que tendrá con la realidad. O, a partir del diagnóstico de una vivienda ¿es posible extrapolar los resultados y las soluciones a un barrio de "idénticas" unidades donde el perfil de uso es diferente, donde hay diversidad de hábitos y costumbres?. Estos nuevos interrogantes abren nuevos campos que serán considerados en investigaciones futuras.

## BIBLIOGRAFIA

- Alías H. M., Jacobo G. J., Gallipoliti V. A., Martina P. E., Corace J. J., Aeberhard M. R. y Di Bernardo A. (2010). Relevamiento del parque habitacional social de Resistencia y Corrientes y su desempeño térmico: monitoreo y simulaciones. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 14.
- Di Bernardo A. (2010a). Análisis de vivienda bajo parámetros energéticos y ambientales. Magister en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética. Universidad del Bio Bio, Concepción, Chile.
- Di Bernardo A. (2010b). Evaluación termo-energética de prototipos institucionales. Seminario interno AVE - CEVE - CONICET.
- Di Bernardo A., Jacobo G. J. y Alías H. M. (2008). Desempeño térmico-energético de viviendas sociales del NEA. Simulaciones con la herramienta informática ECOTECT. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12, 05.17-05.24.

- Diaz C. J. y Czajkowski J. D. (2004). Comportamiento térmico de viviendas populares en Tierra del Fuego (Argentina). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 8, 05.73-05.78.
- Diaz C., Ford B. & Associate. Optimass ventilation. Área de trabajo de Microsoft Excel. Londres.
- Esteves A., Gelardi D., Oliva A. (1997). "The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor"- Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12.
- Filippín C. y Flores Larsen S. (2006). Comportamiento energético de verano de una vivienda convencional en la región central de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 10, 05.09-05.14.
- Flores L., Flores Larsen S. y Filippín C. (2007). Comportamiento térmico de invierno y verano de viviendas de interés social en la provincia de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 11, 05.167-05.173.
- Flores Larsen S., Filippín C., Beascochea A. y Lesino G. (2008). An experience on integrating monitoring and simulation tools in the design of energy-saving buildings. *Energy and Buildings* 40, 987-997.
- Grosi Gallegos H. y Righini R. (2007). Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Versión CD-ROM.
- Hernandez, A., Flores, S., Salvo, H. y Lesino, G. (1999). Simulación no estacionaria mediante SIMEDIF del ala Oeste del edificio de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. *Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente*. Vol.3 N°2. Argentina ISSN 0329-5184 pp 08.113-0.8.116.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1993). Norma 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (1996). Norma 11605. Acondicionamiento térmico en edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas. Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (2009). Norma 11900. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. Buenos Aires, Argentina.
- Jacobo G.J. y Hreňuk N. I. (2002). Estudio sobre la calidad de vida en equipamientos habitacionales de interés social en la región NEA: Patologías constructivas y sus efectos en relación con el usuario, las condiciones de habitabilidad y su conservación [versión electrónica]. Biblioteca: Ciudades para un futuro más sostenible. En Boletín CF+S. Recuperado en Julio de 2006, de <http://hi.ee.upm.es/maqueta/tajo1/anhre.html>
- Martinez C. (2004). Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S.M. de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 8, 05.01-05.06.
- Martinez C. (2005). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en S. M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9, 05.01-05.06.
- Molas L., García V., Iriarte A. y Correa E. (2008). Auditoria térmica y variables del confort. Caso de una vivienda del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), ciudad de Catamarca. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 12, 05.121-05.128.
- Yarke E. y Mermet A. G. (2005). Ventilación natural de edificios. Fundamentos y métodos de cálculo para aplicación de ingenieros y arquitectos. 1ª ed. – Buenos Aires: Nobuko.

**ABSTRACT:** This work presents the results of the heat-energy summer assessment of social housing developed by CEVE in Villa Allende (Córdoba), in a dry temperate climate. Improvement strategies are suggested looking at the usage habits of their occupants. The process consisted in an approach by simulation, measurements of internal and external environmental qualities in real terms of use, interviews with occupants and model calibration for evaluation of improvement strategies. The results show that the premises do not meet the hygrothermal comfort conditions, finding most of the time outside the comfort zone, with average interior temperatures of 27.8 °C (exterior 25.3 °C). The main concerns were the high heat gains due to a poor hygrothermal performance and lack of sunscreen in the enclosure, and inadequate ventilation by the user. As a solution, night ventilation is evaluated, achieving an average reduction of the internal temperature of 1.4 °C in the dining room and 2.4 °C in the bedrooms.

**Keywords:** social housing, hygrothermal monitoring, thermal-energy simulation, real use conditions, comfort.