

## **AVANCES PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “VIVIENDA ECONÓMICA SUSTENTABLE”**

**Czajkowski Jorge Daniel <sup>(1)</sup>, Brázzola Carlos Rubén <sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. Calle 47 N° 162. (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina.  
Investigador CONICET. E-mail: czajko@ing.unlp.edu.ar

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM. Juan Manuel de Rosas 325 (3360) Oberá, Misiones, Argentina. E-mail: brazzola@fiobera.unam.edu.ar Cátedra Instalaciones

**RESUMEN:** El presente artículo muestra los avances realizados en el proyecto de investigación “Vivienda Económica Sustentable”, acreditado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, en conjunto con la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. Se exponen resultados preliminares de la campaña de invierno, sobre auditorías energético-ambientales, comportamiento higrotérmico de las viviendas. Se evaluó un grupo de viviendas de construcción masiva y gestión estatal, pertenecientes a diferentes barrios de la localidad de Oberá. El sitio se caracteriza por poseer un clima subtropical sin estación seca, clasificado como muy cálido húmedo. Se verifica una inadecuada respuesta de la vivienda en clima local, para el período considerado.

**PALABRAS CLAVE:** Sustentabilidad, Economía, Confort Térmico, Eficiencia Energética.

**INTRODUCCION:** La producción de viviendas económicas en Provincia de Misiones y de manera similar la del país, se ha realizado hasta el presente sin que se hayan incorporado en ellas técnicas adecuadas de habitabilidad higrotérmica, racionalidad energética, uso de materiales locales y conciencia en el contenido energético y emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de los edificios.

Las normativas existentes, en particular las Normas IRAM, si bien han sido actualizadas, no son de aplicación obligatoria en estos aspectos y las prácticas parecieran apuntadas a resolver -en la mayoría de los casos- sólo a la reducción del costo inicial de las viviendas de producción estatal. Queda para los usuarios resolver las deficiencias, las patologías debidas al tipo de ocupación, la reposición y mantenimiento y los altos costos operativos con sus recursos. En síntesis: costo inicial lo más bajo posible y no consideración del costo total en la vida útil del edificio. Costo total que en algunos casos triplica el costo inicial.

El cuadro antes descrito incluye tanto los edificios construidos por iniciativa particular como los construidos por la iniciativa oficial en el territorio nacional. En el caso de viviendas económicas sean de gestión pública o privada el problema adquiere toda su relevancia si se advierte que será utilizada por franjas de usuarios que están mayormente situados en lo que el INDEC denomina "bajo el límite de la pobreza". Mientras las tarifas de la energía se mantengan en valores congelados, como la actualidad, el impacto es menos significativo que cuando éstas alcancen valores de mercado en el corto y mediano plazo. Podría argumentarse que estos ahorros no son cuantitativamente significativos, dada la imposibilidad de los usuarios de acceso económico a los combustibles para mejorar las condiciones de confort térmico de sus viviendas. Sin embargo, si se extrapolaran los ahorros energéticos a los obtenibles en las viviendas de los sectores medios y de los edificios constitutivos del terciario, los ahorros de energía serían indudablemente muy significativos.

El marco antes descrito con el que partimos, ha sido confirmado y profundizado por investigaciones realizadas por laboratorios e Institutos de investigación del país, abarcando todo el territorio nacional, con antecedentes desde mediados de los setenta. Se ha producido un diagnóstico global y particularizado sustentado en bases científicas y técnicas y ha permitido proponer alternativas tecnológicas tendentes a realimentar la política y gestión de la construcción edilicia. En primer lugar la de iniciativa oficial y la autogestionada.

Se han identificado algunas de las acciones e innovaciones proyectuales, tecnológicas y comportamentales, necesarias para mejorar el hábitat, enfocando en primer lugar a las condiciones de racionalidad energética y equidad en la habitabilidad, sin sobrecostos iniciales significativos.

Numerosos estudios realizados en las últimas dos décadas muestran una persistente degradación de la calidad térmica edilicia (De Rosa et al, 1988; Rosenfeld et al, 1992, 93, 94; Evans et al, 2001; Czajkowski, 1990, 93, 94, 96, 97, 99, 2005, 06; López et al, 1992; Filippin et al, 1995; San Juan et al, 1996; Gonzalo et al, 1996, 99, 2000; de Schiller, 2000; Martínez, 2005; Brázzola, 2006, etc). Esta degradación se ha detectado tanto en viviendas unifamiliares como en grandes torres de viviendas y oficinas con muestras entre los años 1930 a 2002. Esto sucede a pesar de existir desde hace treinta años normas que buscan regular la calidad térmica edilicia pero al no estar avaladas por leyes y códigos de edificación no son de cumplimiento obligatorio. Estas normas (serie 116xx IRAM) contienen además recomendaciones de diseño para cada zona del país, pero por su generalidad ha mostrado problemas en su aplicación. Estudios posteriores mostraron que habiéndose cumplido con la reglamentación vigente los edificios, en particular las viviendas de interés social, seguían mostrando severas patologías en su envolvente (muros y techos).

Los trabajos antes mencionados mostraron que las deficiencias edilicias se debían a múltiples factores, entre los cuales podemos mencionar:

- un marcado desinterés del sector político en la problemática y un importante desconocimiento y resistencia por parte de los sectores profesionales responsables de la producción del hábitat,
- una inadecuada regionalización bioambiental, desarrollada inicialmente en base a limitados parámetros de carácter global, y que no contempla microclimas regionales,
- inadecuado uso de materiales de construcción y/o sistemas constructivos,
- deficiente conocimiento, manejo y aplicación de estrategias de acondicionamiento natural en diseño, con referencia específica a vivienda, tales como medidas de ventilación natural y protección de viento, adecuado asoleamiento, tanto captación como protección solar, e iluminación natural de locales según requerimientos regionales y locales,
- escasa comprobación pos-ocupación de la apropiación, operación y mantenimiento de la vivienda, y que no responden al modo de uso por parte de los habitantes,
- falencias en la instrumentación por parte de los Institutos Provinciales de Vivienda y en el desarrollo de criterios de sustentabilidad y eficiencia energética en la evaluación de proyectos.
- mala ventilación, iluminación y asoleamiento de locales que no responden al modo de uso por parte de los habitantes.

entre otros factores externos como falta de vigilancia y control de obra, corrupción, etc. Muchos de estos problemas podrían ser corregidos con normas actualizadas en forma continua, de cumplimiento obligatorio.

Una rápida revisión de la legislación vigente muestra un vacío legal y reglamentario respecto de contemplar la calidad térmica, la eficiencia energética, la reducción de emisiones, el confort higrotérmico, entre otros. Esto a pesar de haber suscripto el país el Protocolo de Kyoto.

En algunas provincias, la descentralización de los órganos de gestión de viviendas de interés social, caso Institutos de Vivienda Provinciales, junto a la fuerte reducción de partidas presupuestarias llevó en la mayoría de los casos a la desaparición de valiosos equipos de proyecto e investigación. Esta misma descentralización generó una gran dispersión en los modos de gestión y si hoy se desease analizar la situación ambiental de las viviendas de interés social se requeriría de un gran esfuerzo en recursos humanos y económicos.

Este proyecto no se encontrará aislado, ya que busca integrarse a una red nacional de centros de investigación bajo un proyecto PAV financiado por la ANPCyT denominado «Eficiencia Energética en el Hábitat Construido». Se busca aportar conocimiento sobre Misiones a la red y obtener el apoyo de la red. Esta red se encuentra integrada por centros de investigación de las siguientes universidades: UNLP, UBA, UNSa, UNT, UNNE, CRICYT junto a representantes de Institutos de viviendas provinciales de las provincias donde se encuentran las instituciones citadas. Este proyecto buscará integrarse a la red bajo el patrocinio de la UNLP mediante Convenio entre UNLP y UNaM.

Este proyecto se desarrolla como una continuación del proyecto acreditado FI 16/1053 (2004/6) «Evaluación del comportamiento higrotérmico de viviendas de interés social en la Provincia de Misiones» dentro del «Programa de evaluación y mejoramiento ambiental edilicio».

**METODOLOGÍA E INSTRUMENTAL:** Para la realización de las mediciones se contó con el siguiente instrumental de medición (Figura 1): dos micro adquisidores de datos “HOBO H8-4” (temperatura, humedad e iluminación), una pistola infrarroja para medición de temperatura “Instru”, seis termo-higrómetros digitales con retención de máximas, mínimas y promedio; pinza amperométrica; cámara digital. En cuanto al instrumental de procesamiento de la información se utilizó el “BoxCarPro 3.01” para los datos generados por los Hobo’s, el “Psico 1.1” para los diagramas de confort, el “EnergocAD” (Czajkowski, 1995) para los balances estacionarios.

Se está instalando en la Facultad de Ingeniería, una estación meteorológica marca “Davis Weather Monitor II” (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, lluvia y presión atmosférica), utilizando el “WeatherLink 5.7” para los datos meteorológicos.

El “AuditCAD” (Czajkowski, 1999) se utilizará para los análisis energéticos y para simulaciones dinámicas se utilizarán el «EnergyPlus», el «SIMEDIF» y el «SIMUSOL». El “EnergocAD” y el “AuditCAD” fueron desarrollados y/o actualizados para el proyecto.

Por una razón de costo del equipamiento, los adquisidores Hobos se utilizaron únicamente en el interior de las viviendas, mientras que en los exteriores se utilizaron los termohigrómetros digitales.

El relevamiento higrotérmico se efectuó durante siete días corridos en dos viviendas simultáneamente siguiendo la metodología y protocolo de mediciones de la FAU-UNLP, comenzando un día jueves con la intención de que el fin de semana quede a la mitad del relevamiento.



Figura 1: Instrumentos utilizados en la campaña de invierno.



Figura 2: Algunos de los prototipos auditados para conformar los casos de estudio

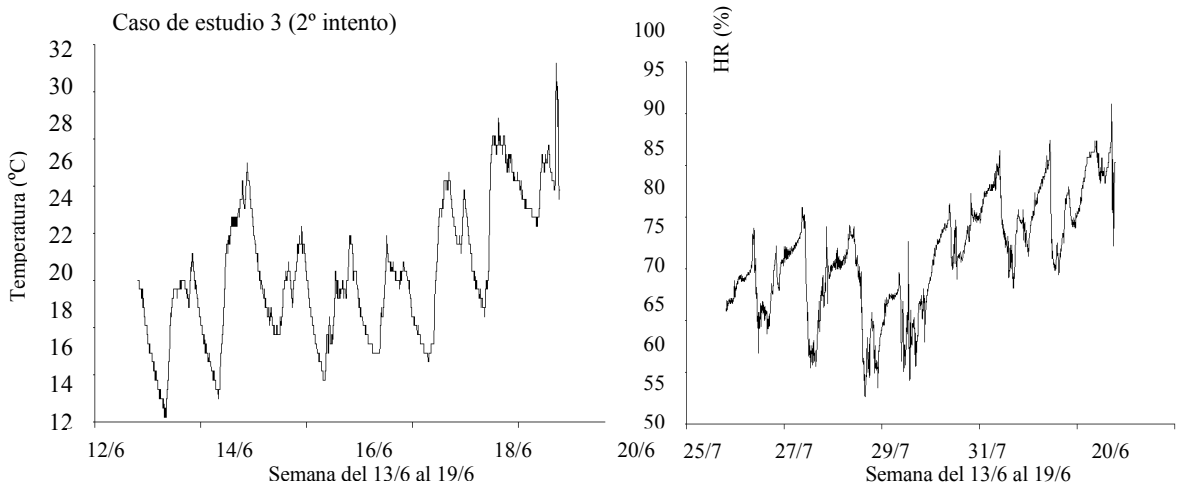
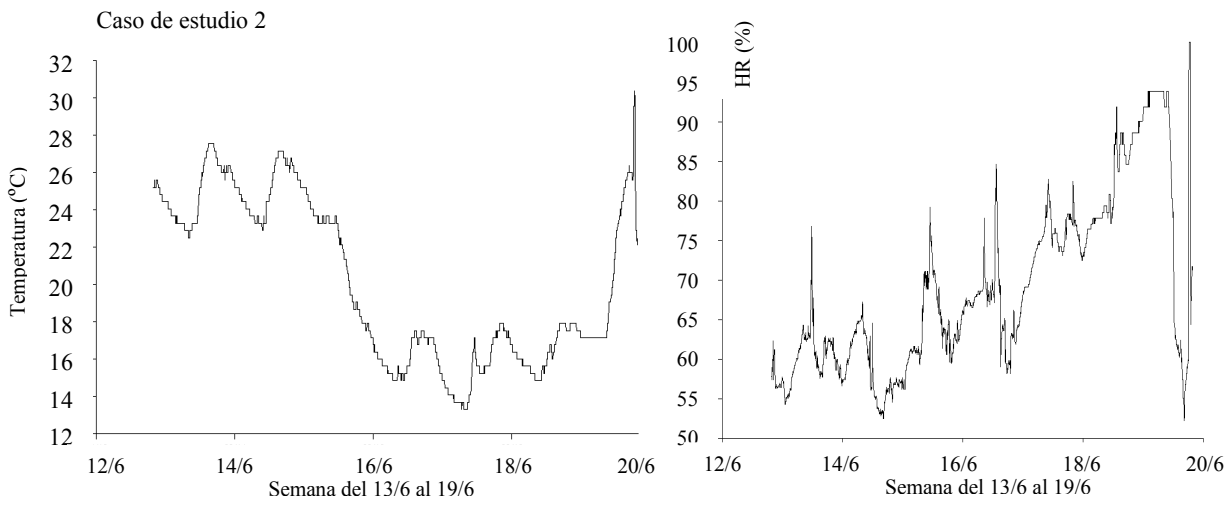
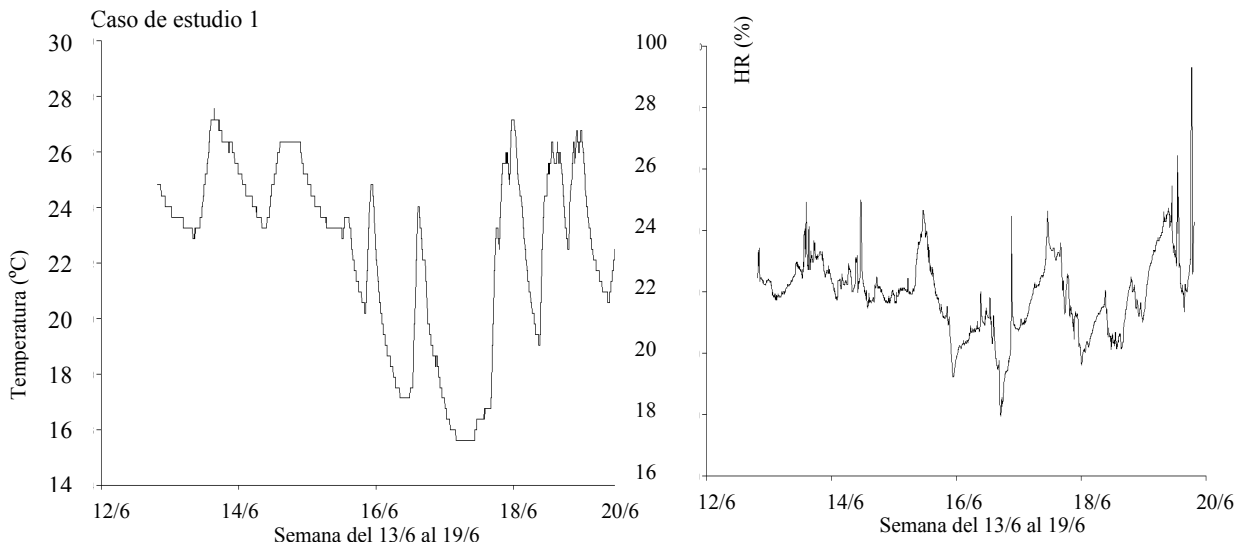
Los prototipos tienen los muros exteriores constituidos por ladrillos cerámicos huecos de 0,18 m de espesor y revocados en ambas caras. En algunos casos, cuando la fachada está orientada hacia el oeste, esa mampostería está constituida por un tabique exterior de ladrillos cerámicos comunes a la vista, más un tabique interior de ladrillos cerámicos huecos de 8 cm de espesor. Todas las viviendas son de planta baja. Poseen aberturas de chapa plegada N° 18 con y sin protecciones exteriores en las ventanas. En todos los casos no fueron realizadas ampliaciones o modificaciones internas desde su entrega (Figura 2).

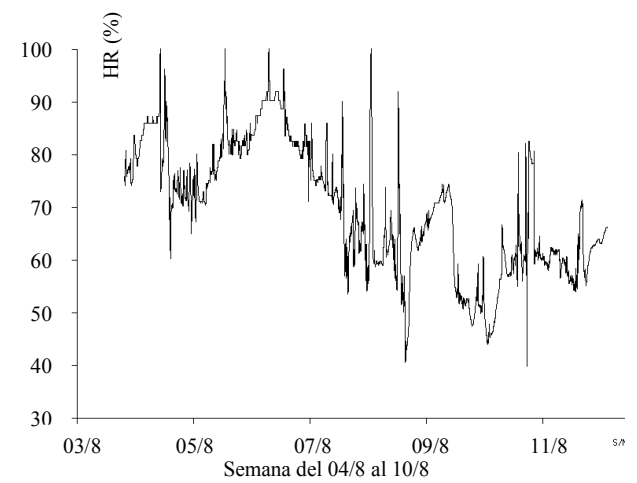
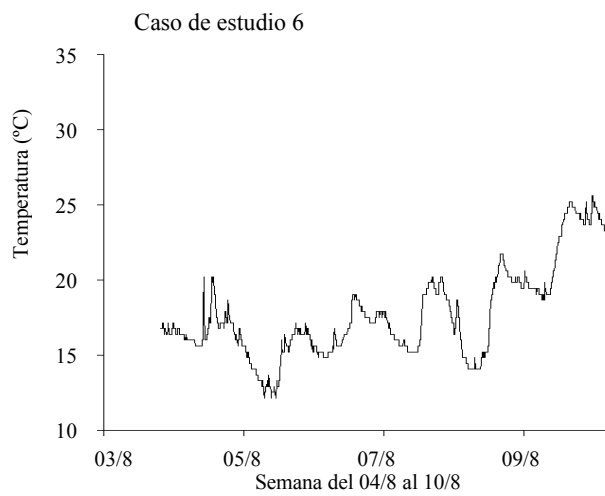
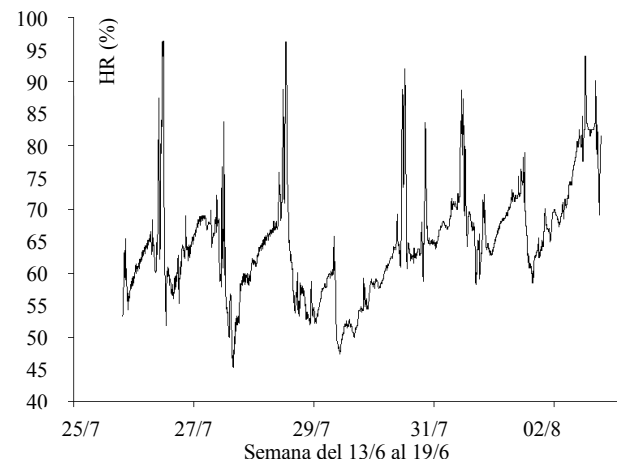
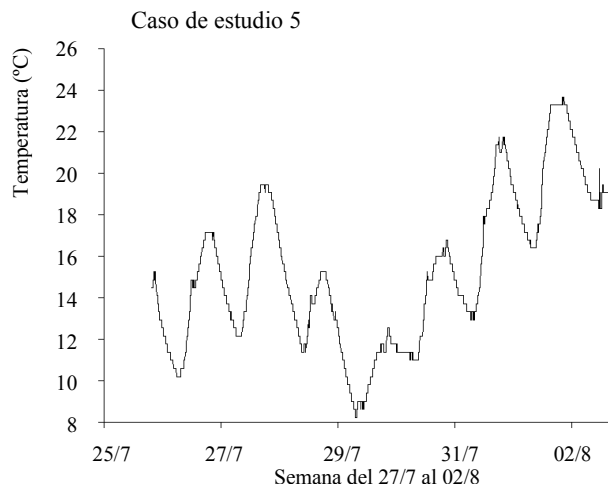
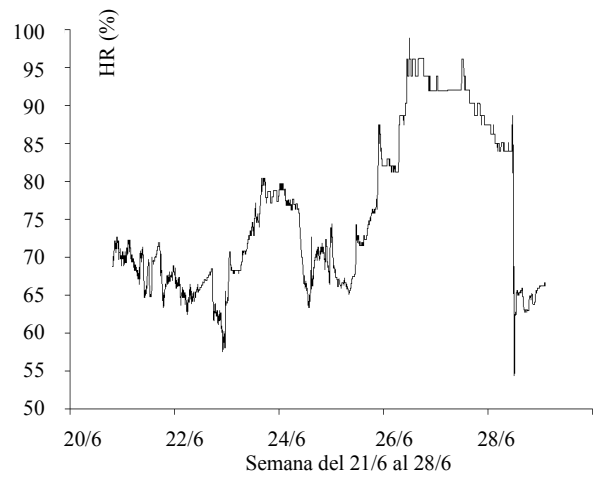
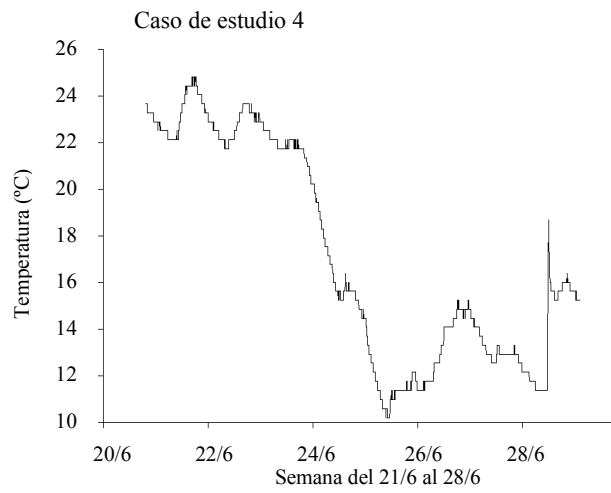
Las mediciones se realizaron en general sin inconvenientes, con excepción de un par de casos, donde la conducta de los habitantes respecto al instrumental (manipuleo del instrumental u olvidos en la toma de datos), inutilizaron los registros, debiéndose repetir la operación, implementando la visita diaria para asegurar el éxito.

En todos los casos se utilizó el exterior de una de las unidades de análisis para la toma de los datos exteriores, al abrigo de la radiación solar directa y de las lluvias, y con escasa captación de radiación de los elementos circundantes. El motivo de este procedimiento es la discrepancia observada respecto a los datos emitidos por la delegación local del Servicio Nacional Meteorológico, diferencia que llegó a los 5°C en algunos casos. Se estima que esto ocurre debido a que la estación meteorológica está situada en el centro de la ciudad, zona urbanizada, mientras que los algunos casos de estudio están en barrios suburbanos, rodeados de una espesa vegetación (monte), lo cual crea un microclima.

Es interesante aclarar que la región donde están los casos de estudio ha experimentado una temporada invernal de características no registradas desde hace una década, con un período mayor a lo habitual (casi cinco meses), y temperaturas mínimas medias y mínimas absolutas (0,8°C en Julio), menores a lo acostumbrado.

**RESULTADOS:** En la figura 3 se grafican los valores registrados a lo largo de los días de medición, en el interior de las viviendas casos de estudio. Se observan, en algunos casos, amplitudes térmicas diarias de 8°C, y en caso de estudio 4 se produce un salto térmico de 12 °C en 48 horas.





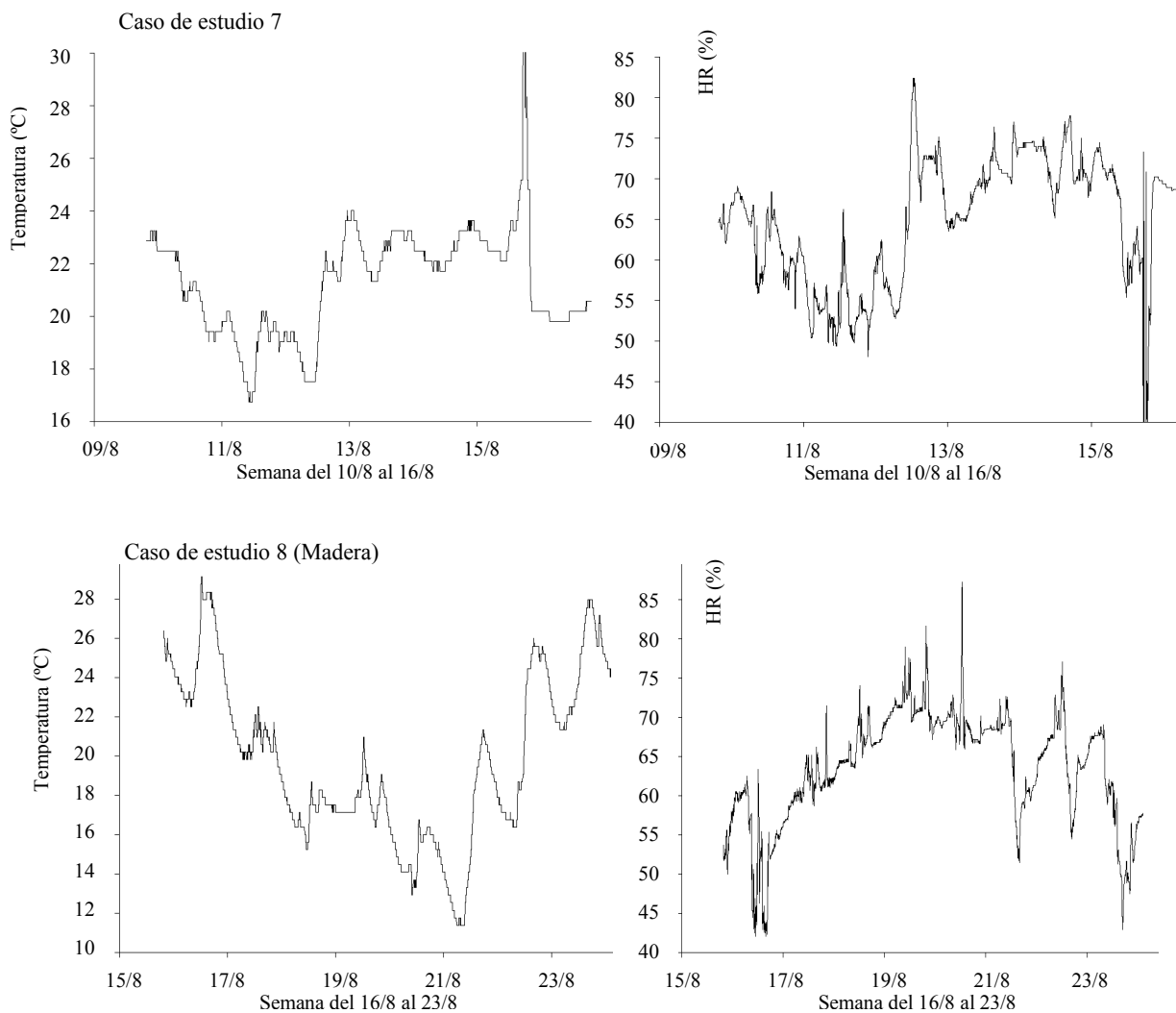


Figura 3: Datos de temperatura y humedad relativa, registrados en interior de los casos de estudio.

Instrumento: termohigrómetro OBE 3			Observador: SILVINA				Lugar: Exterior	
Temperatura [°C]	Fecha	Lun 4/6	Mar 5/6	Mié 6/6	Jue 7/6	Vie 8/6	Sáb 9/6	Dom 10/6
	Máxima	17,90	19,70	22,20	23,10	22,10	28,00	26,10
	Medias	10,00	11,25	13,20	17,60	20,10	23,65	23,50
	Mínimas	2,10	2,80	4,20	12,10	18,10	19,30	20,90
Instrumento: termohigrómetro OBE 5			Observador: EDUARDO				Lugar: Exterior	
Temperatura [°C]	Fecha	Jue 26/7	Vie 27/7	Sáb 28/7	Dom 29/7	Lun 30/7	Mar 31/7	Mié 1/8
	Máxima	17,40	18,10	16,50	11,90	17,10	20,20	23,00
	Medias	11,45	11,30	10,50	7,30	12,95	13,95	16,85
	Mínimas	5,50	4,50	4,50	2,70	8,80	7,70	10,70
Instrumento: termohigrómetro OBE 4			Observador: RUBÉN				Lugar: Exterior	
Temperatura [°C]	Fecha	Sáb 4/8	Dom 5/8	Lun 6/8	Mar 7/8	Mié 8/8	Jue 9/8	Vie 10/8
	Máxima	18,20	12,90	17,30	15,40	20,10	27,10	23,50
	Medias	13,50	10,25	14,25	11,40	12,15	21,60	10,10
	Mínimas	8,80	7,60	11,20	7,40	4,20	16,10	-3,30
Instrumento: termohigrómetro OBE 3			Observador: RUBÉN				Lugar: Exterior	
Temperatura [°C]	Fecha	Jue 16/8	Vie 17/8	Sáb 18/8	Dom 19/8	Lun 20/8	Mar 21/8	Mié 22/8
	Máxima	29,30	21,40	15,90	15,40	12,80	18,00	25,10
	Medias	23,35	17,10	13,20	12,25	10,70	11,10	18,75
	Mínimas	17,40	12,80	10,50	9,10	8,60	4,20	12,40

Instrumento: termohigrómetro OBE 5			Observador: LILIANA				Lugar: Exterior	
Temperatura [°C]	Fecha	Jue 23/8	Vie 24/8	Sáb 25/8	Dom 26/8	Lun 27/8	Mar 28/8	Mié 29/8
	Máxima	29,80	29,80	21,30	18,40	15,50	16,80	18,10
	Medias	24,35	25,30	17,85	15,25	11,45	12,15	13,00
Mínimas	18,90	20,80	14,40	12,10	7,40	7,50	7,90	

Tabla 1: Datos de temperatura exteriores, registrados "in situ".

La Tabla 1 muestra los datos de temperatura registrados en el exterior de los casos de estudio. Se observa una elevada amplitud en algunos días, grandes variaciones de valores mínimos en días consecutivos y algunas temperaturas mínimas por debajo de la de diseño. Incluso se registró -3.3 °C en la madrugada del 10/8.

**DISCUSIÓN:** La inadecuada respuesta térmica del edificio, respecto al confort, podría deberse en algunos casos, a una mala calidad de la envolvente (muros con un  $K = 1,84 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ), mala orientación, entre otros. Ahora bien, hubo momentos se registraron temperaturas exteriores por debajo de la temperatura de diseño según normas IRAM 11602 (6 °C).

La mayor superficie envolvente expuesta al exterior, puede colocar en desventaja esta tipología edilicia respecto a departamentos de pisos intermedios en la tipología "bloques bajos", los cuales fueron ya analizados (Czajkowski, et al, 2005; Brázzola y Czajkowski, 2006).

En la Figura 4 se analiza el comportamiento higrotérmico de una de las viviendas auditada (caso de estudio 5), mediante el modelo bioclimático de Givoni. El cual muestra que es posible obtener confort con radiación solar o sistemas solares pasivos.

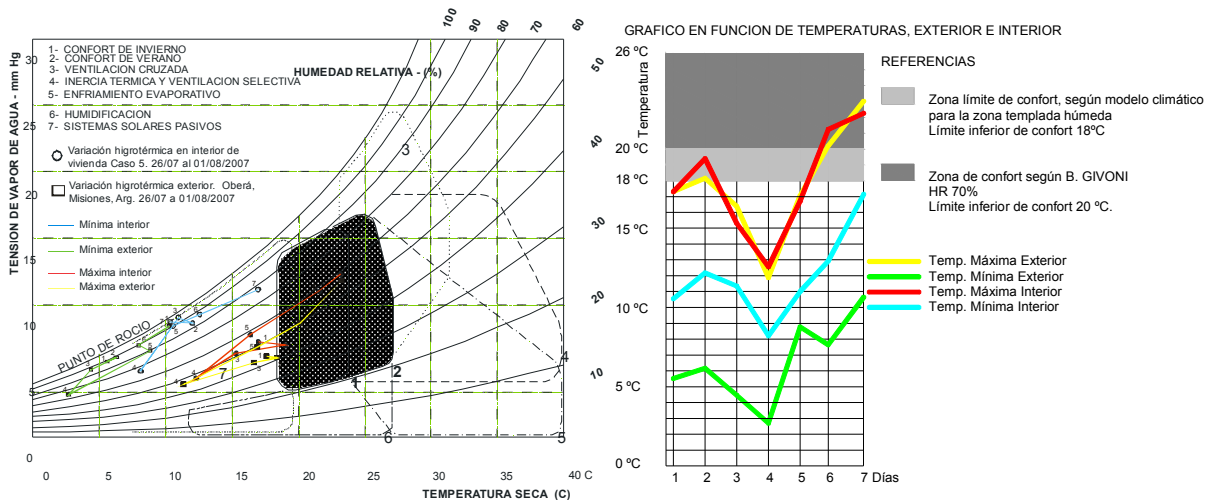


Figura 4: Gráficos para el análisis del confort higrotérmico de vivienda auditada contrastando interior – exterior. Oberá, Mnes., Arg. 26 de Julio al 01 de Agosto de 2007. (Diagrama Givoni).

Es interesante como las curvas de temperaturas máximas exterior e interior mantienen una corta separación a lo largo de las mediciones, evidenciando la falta de efectividad de aislamiento de la envolvente de la vivienda. Con las temperaturas mínimas exterior e interior la situación cambia algo teniéndose una mejor respuesta del edificio. Aún así, la temperatura interior mínima permaneció por debajo del límite de confort la mayoría del tiempo de período de medición.

**CONCLUSIONES:** De la campaña invernal podemos deducir, hasta ahora, que el comportamiento de las viviendas analizadas no responden adecuadamente al clima local, por poseer un inadecuado aislamiento térmico de la envolvente, con escasa o nulas protecciones en las aberturas.

La zona serrana central de la provincia de Misiones donde se planteó este análisis posee veranos calurosos y prolongados en el tiempo e inviernos que sin ser muy rigurosos poseen durante casi cuatro meses temperaturas medias por debajo del nivel de confort y mínimas que pueden llegar a 5 ó 6°C generando una importante pérdida del calor acumulado durante el día en viviendas con mala calidad térmica.

Con algunas mejoras en la protección de vidriados mediante cortinas pesadas es posible lograr leves mejoras en el confort, pero son estrategias que no resultan posibles en grupos familiares que se encuentran en el límite de la pobreza. Esto se evidencia al constatar de que a tres o cuatro años de haber sido adjudicadas, algunas viviendas aún no poseen protecciones solares en las ventanas.

Estas mediciones han demostrado resultados que debieran ser tenidos en cuenta por las instituciones responsables de la gestión habitacional en la provincia.

Se cuenta con suficientes mediciones y trabajo de campo para iniciar una nueva fase del proyecto que consiste en modelizar en el "SIMEDIF" los casos auditados y contrastar el comportamiento real con el simulado. Si se consiguen diferencias no

superiores al 5% en las temperaturas resultantes puede darse otro paso. Este implica simular mejoras en la envolvente y diseño de los casos buscando mejorar el comportamiento higrotérmico de los mismos al mínimo costo posible.

## REFERENCIAS

Brazzola R., Czajkowski J. (2006) Evaluación Post-Ocupación en Viviendas Económicas. Comportamiento de Invierno en Clima muy Cálido Húmedo. XI Encontro Nacional de Tecnologia No Ambiente Construído, Florianópolis, Brasil.

Czajkowski J y Gómez A. (1994) Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Libro publicado por la Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, colección Cátedra. La Plata. (168 pág.).

Czajkowski J, et al. (2003). Comportamiento energético ambiental en viviendas del gran La Plata. En Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184

Czajkowski J, et al. (2005) Auditorías Energético Ambientales en el Subtrópico. Caso Oberá, Misiones, Argentina. VIII Encontro Nacional Sobre Conforto No Ambiente Construído e IV Encontro Latino-americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, Maceió, Brasil.

Czajkowski Jorge Daniel, Brazzola Carlos Rubén (2005) Auditorías Energéticas en Viviendas de Interés Social en Oberá, Misiones. Situación de Verano. XXVIII Reunión de Trabajo de ASADES, XIV Encuentro de IASSE, San Martín de los Andes, Argentina.

Czajkowski, J. D. (2000). "Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la Republica Argentina". Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pág 01.39

Czajkowski, J. et al. (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina. Actas Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído, 7, conferência latino-americana sobre conforto e desempenho energético de edificações. Artigo técnico. Curitiba, Brasil, pr. 2003. P. 889-896.

Czajkowski, J.; et al. (1997) Estrategias bioclimáticas en viviendas de interés social. En Avances Energías Renovables y Medio Ambiente. ISSN 0329-5184. Vol 1, No 1. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Págs. 137-140.

Czajkowski, J, et al (1999) Hacia un modelo de confort integral. Auditorías ambientales en viviendas. En Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Pág. 08-13. Vol 3. Nro 2.

De Rosa, C. "Potencial de ahorro energético de las nuevas operatorias de vivienda de la provincia de Mendoza". Actas ASADES'13, Salta, 1988. Pág 305-312.

Evans, J. M., Application of comfort standards in practice: the case of Argentina, en Moving thermal comfort standards into 21 century, Windson, 2001.

Filippin, C. et Al "Evaluación tipológica, tecnológica y energética de viviendas de interés social en base a técnicas estadísticas multivariadas". Actas ASADES'18, San Luis, 1995. Pág 02.45-52.

Givoni, B. (1969). Man, Climate and Architecture. Elsevier Publishing Company Limited. England.

Gonzalo, G. "Proyecto: auditoría energética, propuestas para el uso racional de la energía y energías no convencionales y para la refuncionalización edilicia de edificios de la UNT". Actas ASADES'19, Mar del Plata, 1996. Pág 08.9-12.

Gonzalo G.E., Ledesma S.L., Nota V., Martínez C., Cisterna S. y Quiñones G. "Evaluación de las condiciones físicas, ambientales y de consumo energético de viviendas urbanas unifamiliares", Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen: 3 N°2, 07.29-07.32, 1999, Código ISBN/ISSN: 0329-5184.

Gonzalo G.E., Ledesma S.L. y V.M.Nota, "Habitabilidad en edificios", Santamarina, Tucumán, 2000. ISBN N° 987-43-2618-2.

Izard, J L; Guyot, A. (1983). Arquitectura bioclimática. Edit G. Gili. México.

López, C. et Al. "Determinación del potencial de conservación de energía del parque edilicio urbano de la provincia de Mendoza. Estrategias técnico-económicas para su recuperación". Actas ASADES'15, Catamarca, 1992. Pág 45-48.

Martínez, C. (2005). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en S. M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. En Avances Energías Renovables y Medio Ambiente. ISSN 0329-5184. Vol 9.

Rosenfeld, E. et Al. "Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad a nivel regional. El caso bonaerense". Actas ASADES'15, Catamarca, 1992. Pág 79-86.

Rosenfeld, E. et Al "Pautas para mejorar la habitabilidad higrotérmica en la provincia de Buenos Aires". Actas ASADES'16, La Plata, 1993. Pág 81-86.

Rosenfeld, E. et Al "Mejoramiento de la eficiencia energética y habitabilidad de dos edificios escolares en la región del gran La Plata". Actas ASADES'17, Rosario, 1994. Pág 265-270.

San Juan, G. et Al "Evaluación del funcionamiento energético y habitabilidad higrotérmica de la red tipológica de edificios de educación de la provincia de Buenos Aires". Actas ASADES'19, Mar del Plata, 1996. Pág 02.17-20.

**AGRADECIMIENTOS:** Se agradece la colaboración de la Arq. Marta Cámpora y la Arq. María Vázquez en la definición de los prototipos a estudiar, como a la becaria Claudia Pereira, en la realización de las auditorías.

**ABSTRACT:** The present article shows the advances realized in the research project "Economic Sustainable Housing ", credited in the Engineering Faculty of the National University of Misiones, as a whole with the Architecture and Urbanism Faculty of the National University of La Plata.

**KEYWORDS:** Sustainability, Economy, Thermal Comfort, Energetic Efficiency.