

## **INCIDENCIA DEL USUARIO EN EL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO ESTIVAL DE UNA VIVIENDA CONVENCIONAL EN SAN JUAN**

H. Sulaiman<sup>1</sup>, I. Blasco Lucas<sup>2</sup>, C. Filippín<sup>3</sup>

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPha) – Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD)  
Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Ignacio de La Roza y Meglioli – 5400 San Juan – Argentina  
Tel.: +54 (0)264 423 2395 / 3259 Int. 349 – Fax: +54 (0)264 423 5397; E-mail: halimi.sulaiman@gmail.com

**RESUMEN:** El presente trabajo analiza la incidencia del usuario en el comportamiento higrotérmico de una vivienda convencional en condiciones reales de uso, durante 4 meses de la estación estival -periodo climático crítico-, localizada en la Provincia de San Juan, Argentina. Para ello se lleva a cabo monitoreos físicos y sociales. El primero fue realizado con HOBOS mediante lecturas cada 10 minutos en todos los locales, el entorno y también mediciones superficiales de pared y cubierta, y procesados con PROMEDI-HTL. El segundo, se efectuó a través del registro detallado en planillas MS-Excel, de aquellas actividades ejecutadas por los habitantes en su vida cotidiana, que influenciaban el desempeño higrotérmico del edificio. La contrastación de ambas fuentes de datos ha permitido identificar y cuantificar el impacto de situaciones típicas y acciones determinadas sobre los niveles de confort higrotérmico del edificio. Se detallan alcances y limitaciones de la investigación.

**Palabras clave:** análisis higrotérmico, monitoreo (auditoría), vivienda convencional, confort.

### **INTRODUCCIÓN**

El edificio es un sistema dinámico creado por el hombre en el cual desarrolla sus actividades, y por consiguiente, modifica su comportamiento de acuerdo con sus necesidades particulares. En el caso de viviendas de única tipología diseñada para una familia tipo, pero que finalmente son habitadas por grupos heterogéneos de usuarios, la variedad de costumbres de los mismos pueden causar situaciones graves de desconfort imprevistas.

Esto lleva a plantearse como interrogante si es correcto y/o posible que el usuario deba modificar sus hábitos en función de los supuestos fijados por el arquitecto. La conciencia ecológica y de ahorro energético que pueda tener el usuario es fundamental para que esto suceda, no obstante, las viviendas deberían poder absorber diferencias en sus rutinas, características, cantidad de habitantes, horarios, etc. procurando condiciones aceptables de confort el mayor tiempo posible.

El monitoreo higrotérmico y energético es una herramienta muy utilizada para el análisis, y validación de edificios diseñados con criterios ambientalmente concientes. (Filippín et al.2001a y 2001b; 2004; 2007) al igual que en la realización de auditorías energéticas de edificios convencionales (Díaz et al. 2005). Por otro lado Casado (2001) afirma que la mayoría de las auditorías energéticas no consideran al usuario como “variable interviniente” que afecta los consumos energéticos en los mismos, considerándolo sólo de manera “ideal y abstracta”. Actualmente equipos como ResNet plantean las auditorías energéticas como un proceso que implica revisiones periódicas, posiblemente seguido de una evaluación, diagnóstico, recomendaciones de tratamiento, y una garantía de calidad de evaluación.

Uno de los inconvenientes que presentan los monitoreos o auditorías, es que generalmente se realizan por periodos cortos de tiempo no mayores a un mes durante la estación crítica o cuando es posible su realización, con intervalos horarios, lo cual no suele ser apropiado para edificios de tipo residencial, tal como demuestra Tanimoto et al. (2007) quien afirma que una frecuencia de mediciones mayor que 15 minutos no permite registrar la dinámica propia de la vida diaria en los mismos. Este autor (2005) desarrolla una metodología probabilística para generar patrones de comportamiento de los habitantes de manera actualizada con el objetivo de predecir el requerimiento máximo de energía en los edificios basándose en datos estadísticos de comportamiento de los habitantes de Japón.

Reconocida la influencia que ejerce el usuario en el desempeño higrotérmico del edificio, es objetivo del presente trabajo determinar con precisión dicha incidencia, identificando situaciones típicas y cuantificando su impacto principalmente durante la estación crítica de la región (verano) para lo cual se ha llevado a cabo un monitoreo físico y social a través de mediciones cada 10 minutos y un detallado seguimiento de uso de una vivienda en todos sus locales. Cabe destacar que la selección de la vivienda estuvo condicionada a las características especiales del procedimiento aplicado, el cual demanda un activo compromiso del usuario para llevar minuciosamente a cabo los registros necesarios.

<sup>1</sup> Becaria Doctoral CONICET (Tipo II). Candidata a Doctor en Arquitectura UM. Trabajo desarrollado en el marco de los proyectos PIC 21/A813 (CICITCA-UNSJ) y PICT 06-00956 (FONCYT-ANPCYT).

<sup>2</sup> Investigadora UNSJ Categoría I. Directora de la Becaria.

<sup>3</sup> Investigadora Independiente CONICET. Co-Directora de la Becaria.

## CARACTERIZACIÓN DEL CASO ANALIZADO

### Localización y emplazamiento

La localidad de Rivadavia, Provincia de San Juan pertenece a la zona bioambiental III<sub>a</sub> (Templado cálido) según la Norma IRAM 11.602 (Figura 1). Está a 31°3' y 68°3' de latitud sur y longitud, respectivamente (altura sobre el nivel del mar: 670m). Las direcciones predominantes del viento son: S-SE que concentran más del 80% de él. Corresponde a la zona de riesgo sísmico cuatro (máximo). La Fig. 1 muestra datos climáticos del Servicio Meteorológico, ubicación y foto del terreno.

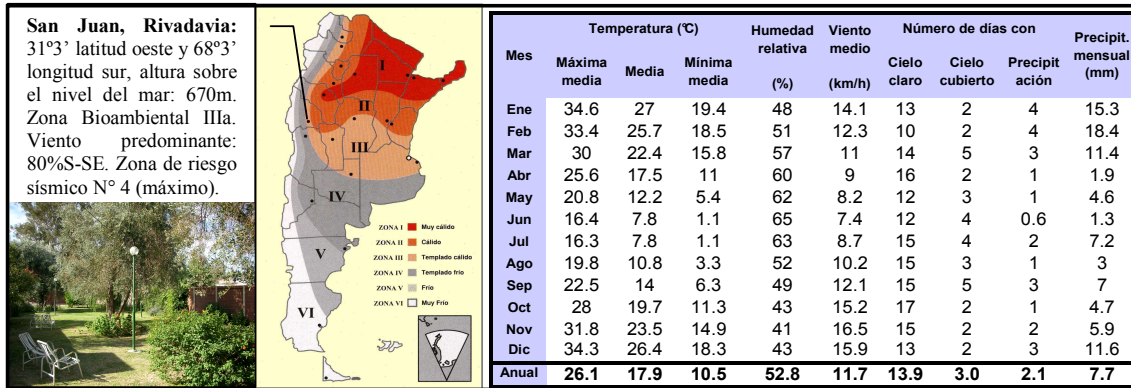


Fig. 1: Datos climáticos del lugar y ubicación de San Juan en la zona bioambiental. A la izquierda terreno y entorno

### La vivienda convencional analizada

Consta de dos dormitorios, cocina-comedor-estar, pasillo y baño. Superficie cubierta 45 m<sup>2</sup>. La Fig. 2 presenta planta (con ubicación de hobos, aberturas y ventiladores), cortes, fotos de la misma y sus características constructivas y morfológicas en Tabla 1. Si bien ha sido construida con fondos privados y a cargo de profesionales tanto en la etapa proyectual, como en su ejecución, la calidad constructiva, dimensión y cantidad de ambientes es similar a las viviendas de planes nacionales y por consiguiente es altamente representativa de la construcción convencional realizada en la región. En dichos planes se prioriza el aprovechamiento del terreno y minimización de los costos económicos iniciales, donde la orientación no es una pauta prioritaria.

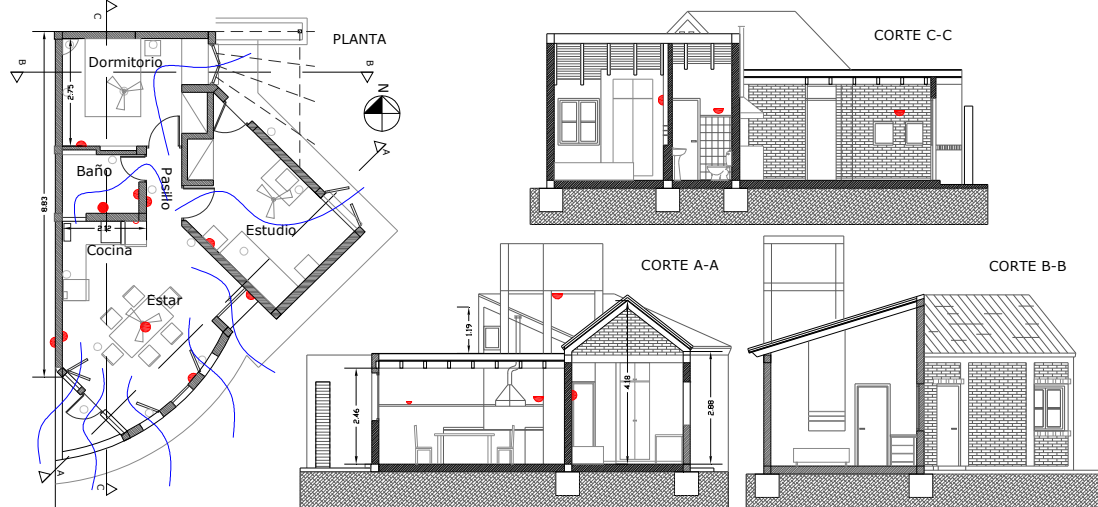


Fig. 2: Planta con ubicación de hobos, cortes, fotos de la vivienda.

Se observan algunos cuidados en el diseño, como una buena disposición de los espacios, mínima circulación, recursos para evitar la vista con los vecinos, propiciar la entrada de brisas frescas del Sur y SE y asoleamiento de NE y E, negando completamente riguroso sol del Oeste. La vivienda está apareada con una gemela simétricamente espejada al norte. Del mismo modo se encuentran dos viviendas más, enfrente y desfasadas en el terreno, las cuales no gozan las mismas ventajas que la vivienda analizada, ya que una de ellas posee el estar al NO, un dormitorio al O (la peor orientación) aunque un dormitorio disfruta algunas brisas del sur. La mayor cualidad es el entorno parquizado, el uso de pérgolas y enredaderas que favorecen el acondicionamiento higrotérmico tanto de las viviendas como del exterior.

Descripción	Espesor (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	K (W/°Cm <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	G cal (W/m <sup>2</sup> °C)	Gadm (W/m <sup>2</sup> °C)
Muro Ladrillón junta rasa	0.18	78.40	2.33	142	2.07	2.05
Columna H°A° vista	0.20	6.40	3.51			
Cubierta liviana: tirantes de madera, machihombre, lana de vidrio de 5 cm, nylon y teja francesa roja	0.25	22.75	0.67			
Cubierta liviana: tirantes de madera, machihombre, hormigón con vermiculita, membrana de aluminio	0.25	17.43	2.15			
Losa de H°A°	0.10	4	2.58			
Piso cerámico, contrapiso, terreno natural (Perímetro 29.8 m)	0.2	45	0.73			
Puertas madera maciza (álamo)	0.075	4.32	1.00			
Ventanas madera maciza (álamo) vidrio 3 mm	0.05	5.9	4.05			

Tabla1: Características constructivas y morfológicas de la vivienda analizada.

## PROCEDIMIENTO DE MONITOREO

Se llevan a cabo dos tipos de monitoreo simultáneo: uno físico y otro social. El primero consistió en mediciones de temperatura ambiente, humedad relativa y luminancia de todos los locales, temperaturas superficiales de pared oeste y cubierta de estar y porch y exterior desde el 30/10/06 al 24/02/07 con una frecuencia de 10 minutos mediante sensores tipo HOBO en condiciones reales de uso. El segundo fue realizado mediante el registro sistemático en planillas electrónicas de MS-Excel, de las actividades efectuadas en la vivienda, tanto por sus habitantes (pareja joven), como por visitas circunstanciales. Mediante códigos fueron denominados todos los elementos relevantes de la vivienda, como puertas, ventanas, ventiladores, lámparas, etc. al igual que muros pisos y cubiertas con el fin de facilitar el procesamiento posterior de los datos. Cada local contó con una hoja de registro, cuya tabla fue configurada en cuatro columnas y sus encabezados comprendían: Variable, día, de (h), hasta (h). En el caso de ventanas se incorporaron 2 columnas adicionales: % de apertura, y con o sin cortina. En las hojas correspondientes a la cocina, estar, estudio y dormitorio, fue agregada otra columna para la intensidad mínima o máxima de equipamiento respectivo (hornalla u horno, calefón, ventilador).

Dada la complejidad que implicaba el registro de variables por intervalos de pocos minutos, a partir del 20 de diciembre se acordó con los usuarios por un lado, que la apertura de ventanas -para propiciar la ventilación nocturna- sería desde las 19:00 a las 7:00 del día siguiente, y por otro, que no se relevaría el encendido de lámparas y cocina, salvo el uso del horno. Fue incluida además una hoja para el espacio exterior, donde se anotó el período de regado de paredes exteriores y jardín aledaño realizado generalmente a partir de las 19:00hs, momento en que ventanas y puertas eran abiertas, hasta las 00:00hs. en los días más críticos de los meses de enero y febrero.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Mediciones Físicas

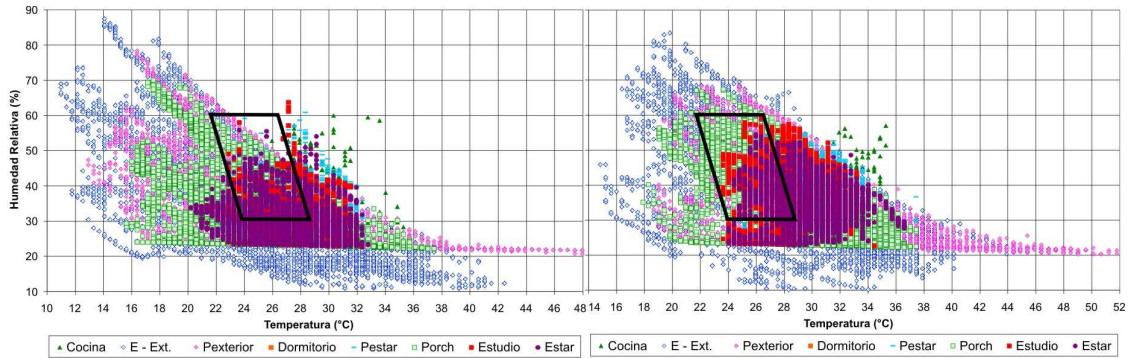
75% personas en confort	HR (%)	VERANO (°C)	
	30	23.6	28.7
	40	23.3	27.4
	50	22.0	26.7
	60	21.7	26.0

Los datos medidos fueron procesados con el modelo PROMEDI-HTL-V3 (Blasco et al., 2007) ajustando la zona de bienestar higrotérmico en base a la Carta de Confort de ASHRAE (1998), considerando que un 75% de las personas se encuentran en confort en verano (Tabla 1). La Fig. 3 presenta los meses de noviembre y diciembre en gráficas de dispersión de los datos registrados de temperatura y humedad ambiente y la Tabla 2 contiene los datos estadísticos en cada punto de medición.

Tabla 2. Datos de confort (ASHRAE,1998)

Las gráficas de dispersión de la Fig. 3 muestran claramente que la vivienda estuvo casi todo el tiempo en disconfort, tanto debido a las altas temperaturas como a la baja humedad relativa. Los Datos estadísticos de la misma figura indican que ya en el mes de noviembre hubo temperaturas de más de 42°C y una amplitud de 31.5°C. Se destaca que la amortiguación en Estar comparado con el Exterior fue inferior en 10°C y superior en 9°C en relación al máximo y al mínimo absolutos respectivamente, mientras que el retardo promedio exterior/interior es 6 hs.

No obstante, las temperaturas interiores alcanzan valores que superan los 31°C. Si bien los valores promedios de temperatura y humedad relativa son similares en todos los locales, el Dormitorio, presenta el menor valor máximo de temperatura (30.7°C). Otra pauta de disconfort se observa cuando la amplitud interior supera los ± 2°C. (Filippín, 2001). En este aspecto todos los locales exhiben un amplio rango de disconfort con valores que varían entre ± 9 y ± 13°C.



Estadística	Valor	Sensor - Ambiente											
		E - Ext.	Estar	Cocina	Dormitorio	Estudio	Baño	Pasillo	Sobre Vent	Pestar	Pexterior	Porch	
Noviembre	Temperatura °C	Máximo	42.5	32.8	35.3	30.7	32.3	31.1	30.7	34.4	32.3	49.6	37.4
		Mínimo	11.0	20.2	22.1	22.1	21.3	22.4	22.4	21.3	21.3	12.9	15.6
		Promedio	24.7	26.7	26.8	26.4	27.1	25.9	26.4	27.7	26.8	26.8	26.0
		Amplitud	31.5	12.6	13.2	8.6	11.0	8.7	8.3	13.1	11.0	36.6	21.8
Noviembre	Humedad Relativa %	Máximo	87.5	55.9	60.0	23.6	63.8	-	-	-	60.9	78.4	70.1
		Mínimo	10.9	22.7	23.1	23.0	22.7	-	-	-	23.1	20.6	22.1
		Promedio	33.9	30.2	32.4	23.3	32.4	-	-	-	33.0	33.9	31.9
		Amplitud	76.6	33.2	36.9	0.6	41.1	-	-	-	37.8	57.8	48.0
Diciembre	Temperatura °C	Máximo	43.9	36.6	35.3	32.8	34.4	34.9	34.4	36.9	37.4	51.8	37.4
		Mínimo	14.9	24.0	24.8	24.4	23.2	25.6	25.6	24.8	24.8	18.7	17.9
		Promedio	28.2	29.5	29.4	28.6	28.7	28.1	29.3	30.0	29.5	30.4	29.0
		Amplitud	29.1	12.6	10.5	8.4	11.2	9.3	8.8	12.1	12.6	33.1	19.5
Diciembre	Humedad Relativa %	Máximo	83.5	54.6	57.0	23.5	59.0	-	-	-	56.4	68.2	67.5
		Mínimo	9.8	23.1	23.0	22.8	22.7	-	-	-	23.1	20.3	22.1
		Promedio	37.8	34.0	36.8	23.1	37.4	-	-	-	37.1	36.7	35.4
		Amplitud	73.7	31.5	34.0	0.7	36.3	-	-	-	33.3	47.9	45.4

Figura 3: Gráfica de Dispersión y Datos estadísticos de temperatura y humedad relativa de Noviembre y Diciembre. Códigos: E-Ext.: Exterior, Sobre Vent: Sobre ventilador estar, Pestar: Pared estar, Pexterior: pared exterior, Porch: acceso a vivienda

De la observación de los datos medidos y el registro del comportamiento se extraen situaciones típicas, definiendo éstas como aquellas donde es posible identificar claramente las variables que provocan cambios en las condiciones higrotérmicas de los diferentes locales de la vivienda.

#### Ganancias internas por cocina y calefón

Para facilitar el análisis se encuadra la cocción de alimentos en grandes rectángulos y con los pequeños, los eventos cortos como hervido de agua, encendido de calefón para lavado de vajilla o duchas cortas. En la Cocina el día 1/11 a las 0:11 se encendió apenas 2 minutos (min) el calefón y una hornalla al máximo (hmax) durante 8 minutos hasta las 0:19 donde se observa un primer ascenso de temperatura de 0.4°C y luego 0.8°C más. El efecto provocado dura 1:10hs. cuando retorna a la temperatura inicial de 24.4°C. A su vez, en la mañana una ducha de 15 minutos (de 9:25 a 9:40) complementada con una

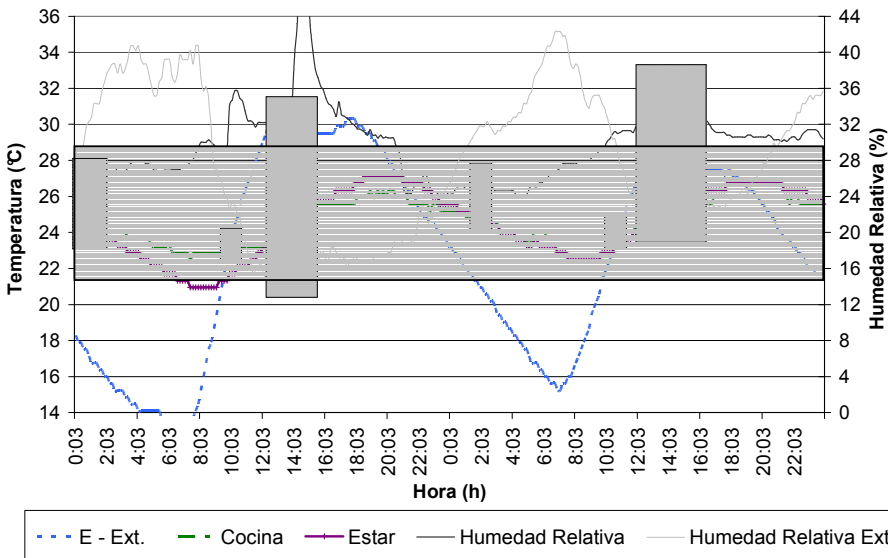


Figura 4: Caso 1 y 2 de noviembre 2006

hmax de 5 minutos (de 9:46 a 9:51) provoca un ascenso similar al descrito anteriormente. La situación crítica se produce en la cocción de alimentos en las horas de mayor temperatura exterior (mediodía-siesta) cuando (según datos proporcionados por el usuario) se realizaba la mayoría de las tareas domésticas (cocción de comidas principales y lavado de vajilla). En este caso, una sucesión de eventos -hmax 9min, calefón 25min y hmax 4min- provoca un ascenso de +2.8°C y 5% HR atribuible al

uso del calefón para el lavado de vajilla en la cocina sumado al vapor generado. Sin tiempo para el descenso de la temperatura, y sumado al ascenso típico del exterior a las 13:50 se inicia un proceso de cocción de 41min a  $h_{max}$  seguido de 21min adicionales a  $h_{min}$ . Esto provocó un incremento total de  $+3.9^{\circ}\text{C}$  ( $h_{max}$ : 2.7,  $h_{min}$ : 1.2 $^{\circ}\text{C}$ ) y 27% HR adicional. El 02/11 se observa un aumento de  $0.8^{\circ}\text{C}$  a las 10:33, cuando se encendió una  $h_{máx}$  durante apenas 3 minutos. Un mayor impacto ( $+1.6^{\circ}\text{C}$ ) se produce debido al calentado de alimentos por un periodo de 16 minutos a mediodía. Hubo además un aumento de  $2.4^{\circ}\text{C}$  a las 15:13hs. por el uso de hornallas. Se realizó ventilación nocturna desde las 20:55 del 1/11 hasta la 05:00 del 2/11. Al momento de iniciar la ventilación (20:55) el local estaba en la máxima temperatura ( $27.1^{\circ}\text{C}$ ) que permanecía constante desde las 18:33. En los primeros 10 min de ventilación, la temperatura cayó  $0.4^{\circ}\text{C}$  alcanzando  $26.7^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, el descenso se detiene a las 22:13 donde desciende  $0.4^{\circ}\text{C}$  adicionales. Media hora después comenzó un descenso sin pausas que se prolongó hasta llegar a los  $23.2^{\circ}\text{C}$ .

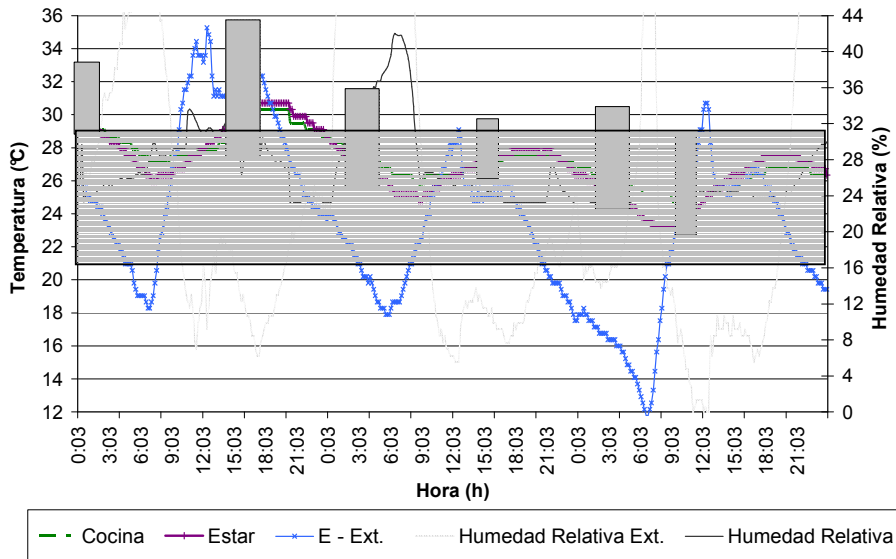


Figura 5: Caso 15 al 17 de noviembre 2006

horno la temperatura descendió  $2.1^{\circ}\text{C}$ . El sensor denominado *Estar* -ubicado en el extremo opuesto del ambiente cocina-estar- registró 10 min después del inicio del evento una suba paulatina hasta llegar a  $+2^{\circ}\text{C}$  a las 15:37. Se debe destacar que dicho Hobo registraba al momento de iniciar la cocción  $29.1^{\circ}\text{C}$ ,  $+0.8^{\circ}\text{C}$  que el de *Cocina*, debido a que estaba ubicado en la pared este exterior del local. Es destacable el retardo de 3:14hs. de la temperatura exterior cuyo pico de  $35.3^{\circ}\text{C}$  a las 12:23hs. lo cual adiciona condiciones de disconfort. A partir de ese momento los usuarios prácticamente no encendieron más el horno durante el verano, e inclusive evitaron la cocción consumiendo productos frescos. El día 17/11 a las 03:07 de la madrugada la actividad de la cocina elevó la temperatura de  $26$  a  $29.5^{\circ}\text{C}$  cuando se prendió el horno. La inusual hora permite cuantificar dicha influencia, ya que la temperatura exterior no influye positivamente en el calentamiento del local. En este caso un aumento de  $3.5^{\circ}\text{C}$  en la cocina se traduce en  $0.8^{\circ}\text{C}$  en el *Estar*. Se debe tener en cuenta que la temperatura exterior fue en claro descenso registrando  $20^{\circ}\text{C}$ .

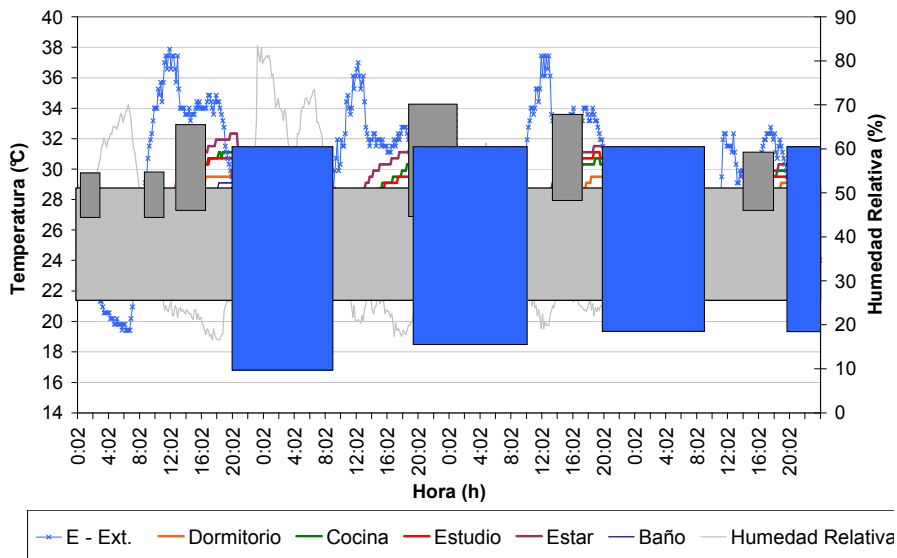


Fig. 6.: 9-12 de diciembre 2006

En la Fig. 5 se destaca la incidencia de la cocción de alimentos en la temperatura ambiente de la *Cocina*. Por ejemplo el día 15/11 se encendió el horno al máximo 45 min desde las 14:45 a las 15:30. El aumento de temperatura fue de  $7^{\circ}\text{C}$ , pasando de  $28.3$  (aún dentro de la zona de confort) a  $35.3^{\circ}\text{C}$  y aumentando la humedad en  $+9\%$ . El valor máximo se registró al final del evento, cuyo efecto duró 1:10hs. donde se estabilizó en  $30.3^{\circ}\text{C}$ . Después de apagar el

La Fig. 6 muestra la influencia de la ventilación nocturna en el comportamiento higrotérmico de los diferentes locales en interacción con eventos de ganancias internas. Los grandes rectángulos azules grafican el lapso de tiempo durante el cual se abrieron todas las ventanas. El descenso pronunciado de la temperatura provocado por esta acción se observa en todos los locales, logrando condiciones confortables al cabo de 2 o 4 horas dependiendo del ambiente. Los

registros de temperatura interior replican el comportamiento del exterior con una diferencia de temperatura entre 2 y 5 °C. El día 10/12 se suceden diferentes eventos como hmax, después calefón y luego nuevamente hmax que no permiten el descenso de la temperatura generando un aumento de +2.4°C en cocina y +0.8°C en Estar y Estudio, los cuales habían comenzado un descenso de temperatura desde las 19:00.

#### Vivienda sin habitantes

Durante todo el periodo las condiciones más críticas se registraron el día 31 de diciembre. Durante los días de navidad y año nuevo la casa se mantuvo cerrada sin uso. Se observan en la Fig. 7 las altísimas temperaturas alcanzadas en el interior de la vivienda sin la influencia de pérdidas o ganancias por actividades de sus habitantes. Todos los locales permanecieron considerablemente fuera del área de confort, alcanzando temperaturas de hasta 36.6°C en Estar. El Dormitorio, el cual tiene una mayor altura, cara Oeste negada, cara Norte colindante con la casa vecina y su única ventana protegida por la tupida enredadera al este, es el local habitable con menor temperatura que el Estar (-2.2°C). El Baño actuó como chimenea por su altura y ventilación superior, presentando las menores temperaturas (entre 32 y 34°C). Es importante destacar la diferencia exterior/interior de 7.4°C (43.9-36.6°C respectivamente) con un retardo de 6:20hs. (12:22/18:42). La cocina al permanecer sin actividad y alejada de los muros exteriores registró una subida paralela al estar con una

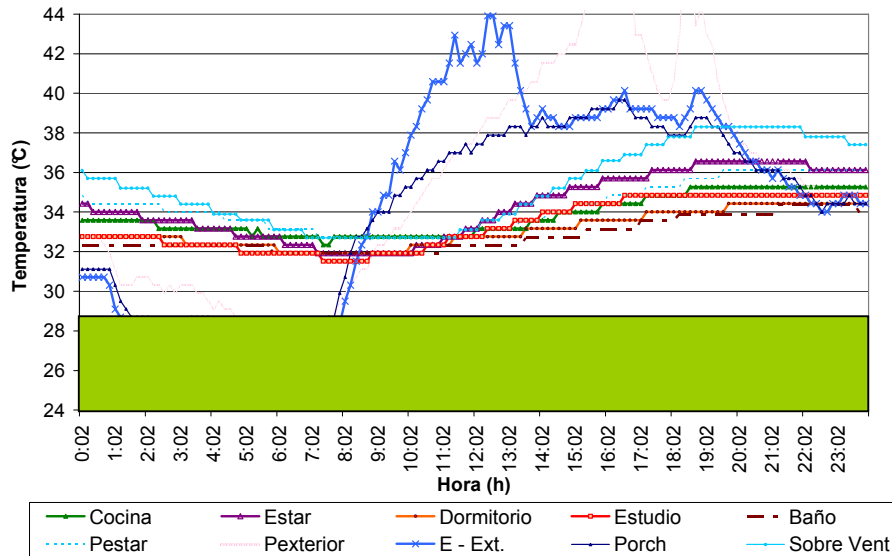


Fig. 7: 31/12/2006 Día más caluroso del periodo y sin habitantes.

diferencia de -1.1°C a lo largo del día. Los aumentos y descensos de temperatura son paulatinos en todos los locales con una variación de 4.5°C en el interior de la vivienda. La temperatura superficial de techo del estar (sensor *Sobrevent*) alcanza los 38.3°C desde las 18:42hs. (hora en la que se iniciaría normalmente la ventilación nocturna) hasta las 21:52hs. La pared Oeste registró máximos de 50.7°C en su cara exterior (16:27) y 36.1°C en cara interior desde las 19:32hs. hasta el día siguiente. El porch de acceso al Este, acompañó la curva de las condiciones exteriores, salvo en la subida extrema cuando quedó en sombra desde media mañana, creando un espacio exterior con mejores condiciones.

#### Influencia de eventos

Se ha calculado el promedio de la variación de temperatura (aumento o descenso) que genera cada variable en el ambiente y el tiempo aproximado que tarda en desaparecer dicho efecto, basado en el registro estricto comprendido entre el 31/10- 20/12 de 2006. No se debe olvidar que varias veces se presentan dos o más variables en simultáneo o se superponen en alguno de los periodos de medición de 10 minutos (por ejemplo, hornallas y calefón) o consecutivas (horno primero al máximo y luego al mínimo) lo cual dificulta el análisis desglosado por variable. Aquellos casos donde es dudosa la atribución del efecto a cada operación, se han eliminado del cálculo. Se observa también una variación en la incidencia de la variable cuando la tendencia de la temperatura ambiente es descendente (noche) sumado a la ventilación nocturna y el impacto de la variable es en promedio bajo (ej.: calefón) llegando en algunos casos a 0 en la temperatura, pero siendo notorio en la humedad relativa interior. La tabla 3 muestra los promedios de los resultados.

Teniendo en cuenta valores promedio, el encendido de una hornalla por un periodo entre 3 y 8 minutos aumenta en la cocina la temperatura 0.7°C, y su efecto se ve reflejado en los 10 minutos siguientes, descendiendo el efecto 20 minutos más tarde. Es interesante destacar el evento que combina el uso de varias hornallas en simultáneo o bien superposición con diferente intensidad hecho característico de la cocción de alimentos que presenta una duración promedio de más de 30 minutos, la cual influye considerablemente en el aumento de la temperatura ambiente. El efecto es mayor debido al uso del horno, el cual provoca un aumento de + 3.8°C en promedio, llegando en algunos casos a +7°C. Si bien la operación del calefón no es tan intensa como otros eventos, ha sido desglosada en corta y larga duración dado que el efecto se duplica. Cabe aclarar que la calidad de la construcción al igual que sus instalaciones es económica presentando una ventilación deficiente en la cocina.

Evento	N° de Eventos	Tiempo Promedio (minutos)				Δ. Temperatura (°C)			
		Duración	Retraso	Persistencia	En descenso	Cocina	Estar	Dormitorio	Estudio
calefón	10	4.8	20	0	10	0.2	0	0	0
calefón	36	16.1	20	10	20	0.4	0.1	0	0
hmax. (corta duración)	58	5.5	0	10	10	0.7	0.7	0	0.2
combinación hmax + hmin (larga duración)	37	31.5	0	30	20	2.4	1.8	0.4	1.2
horno max + horno min	5	23.4	10	10	70	3.8	2	0.4	0
Ventilación inoportuna	7	55	10	10	0	0.4	0.6	0	0.4
Ventilación nocturna (efecto inmediato)	51	30	0	-	-	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6
Ventilación nocturna	51	630	10	30	630	-6	-6	-5	-6

Tabla 3: Valores promedios de la influencia de cada operación en la temperatura de los ambientes

### Ventilación

Se llevó a cabo como estrategia de refrescamiento la ventilación nocturna. Durante el mes de noviembre se abrieron todas las puertas y ventanas al caer la tarde entre las 18 y las 20 hs. hasta pasada la medianoche. A partir del mes de diciembre se estableció un horario desde las 19:00 a las 7:20 de la mañana siguiente. Los ventiladores de techo funcionaron la mayoría del tiempo en velocidad media. Se evalúa por un lado el efecto inmediato (primeros 30 minutos) y por otro el máximo descenso alcanzado. Ésta última puede haber sido influida por la radiación nocturna, variable que no fue monitoreada.

Se detectó otro tipo de ventilación llevada a cabo por los usuarios en menor medida la cual hemos llamado *inadecuada* por ser durante horas del día donde la temperatura exterior se encuentra considerablemente por encima de valores confortables. El aumento promedio fue de +0.4°C.

En promedio el descenso de temperatura inmediato debido a la ventilación nocturna supera los - 0.6°C alcanzando los - 2°C al cabo de 2 horas y alcanzado los - 6°C en Estar y Estudio y 4°C en Baño. Sin embargo, se ha detectado que algunas veces la hora de iniciación de la ventilación no es la adecuada (19:00), debido a las altas temperaturas exteriores registradas. Es probable que el movimiento de aire baje la sensación térmica del usuario. En dichos casos un régimen de horarios de apertura estricto no es recomendable, dejando a criterio del usuario el horario de ventilación. Por ejemplo, el día 12 de noviembre se abren ventanas en estar muy temprano (de 18:10 hasta 0:00) y la temperatura asciende +0.4°C de 31.9 a 32.3°C y se mantiene durante todo el periodo de ventilación.

### CONCLUSIONES

Las situaciones analizadas han permitido definir los eventos más significativos y la interacción de los diferentes efectos producto del uso del edificio. Sus habitantes juegan un rol fundamental para lograr mejores condiciones de confort. El registro cada 10 minutos de las condiciones higrotérmicas del edificio ha sido apropiado para identificar eventos de corta duración y su influencia, sumado al detallado seguimiento del uso de la vivienda han facilitado la determinación de ciertas variables como cocción de alimentos, ventilación nocturna al igual que su magnitud tanto en la temperatura como en la humedad relativa. Se constata de este modo que la realización de evaluaciones como auditorias de edificios con valores promedios, no son representativos de las condiciones de confort alcanzadas. Por consiguiente considerar dichos valores como pauta de diseño puede llevar a graves errores en el proyecto definitivo. Los valores resultantes de los eventos de la presente investigación no son generalizables para todo tipo de viviendas en la región estudiada. Modificaciones sustanciales en la orientación, morfología espacial, ubicación de aberturas y condiciones del entorno con mayor o menor captación de brisas, con seguridad arrojarían diferentes resultados.

Si bien los promedios de temperatura y humedad relativa presentan valores que se encuentran dentro de la zona de confort, la gran amplitud y dispersión de los datos registrados indican que más del 70% del tiempo todos los locales se encuentran en disconfort, aún con un comportamiento bastante racional del usuario. Teniendo en cuenta que la vivienda es representativa del tipo de construcción económica tradicional más utilizada en la región y que elevados porcentajes de viviendas barriales están orientadas E-O (caso de viviendas apareadas) es posible generalizar que las mismas no responden satisfactoriamente a condiciones mínimas de habitabilidad, principalmente cuando el diseño no respeta pautas bioclimáticas propias de zonas árido-sísmicas con estación estival crítica.

El usuario ha tenido un comportamiento habitual para la región, a través de acciones tales como uso de ventilación forzada, protección y completo cerramiento de puertas y ventanas durante el día, combinado con la ventilación nocturna y regado de jardines y paredes. Complementa dicho uso la incorporación de pérgolas y enredaderas, mantener el parqueado alrededor del edificio para propiciar el refrescamiento evaporativo. Por otro lado, el diseño de la vivienda procura mejorar la captación de las brisas frescas provenientes del S-SE paliando los efectos de la orientación inapropiada, lo cual sumado a la negación del Oeste y la mayor altura de los techos han mejorado las condiciones térmicas respecto de las viviendas estándar que se encuentran en la misma orientación. Sin embargo, incide negativamente el hecho que la cocina se encuentre integrada al estar comedor y no posea una correcta eliminación de los vapores producidos. Del mismo modo, la baja calidad de carpinterías

produce infiltraciones excesivas y la falta de aislaciones térmicas adecuadas en muros y cubiertas también influyen en el discomfort detectado en la vivienda.

Del registro llevado a cabo, se deduce que sería aconsejable durante el periodo crítico estival, realizar la cocción de los alimentos que necesitan largas horas de preparación o bien el uso de horno, en horario nocturno. No obstante, reconociendo la dificultad que existe para que los usuarios modifiquen sus costumbres, es más pertinente introducir mejoras *bioclimáticas* constructivas de costo mínimo que admitan cierta flexibilidad en las conductas de los usuarios, como sombrear las cubiertas planas y colocar burletes en aberturas, entre otras.

Debido al interés demostrado por una profesional que posee una vivienda bioclimática diseñada por ella misma, actualmente se procura realizar un estudio similar en dicha vivienda cuya familia posee una conciencia ambiental considerable y en forma simultánea efectuar mediciones en una vivienda tipo FONAVI. Para facilitar el registro de uso de la vivienda se ha diseñado una nueva ficha en la que los eventos y su duración sólo se marquen con cruces.

## REFERENCIAS

- Filippín, C., Beascochea, A. y Gorozurreta, J. (2001). Residencias Universitarias Bioclimáticas en La Pampa. Resultados de su Comportamiento Térmico y Energético. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5, 05.01-05.06 .
- Filippín C., Bescochea, A. y Gorozurreta, J.(2001) Comportamiento Higrotérmico y Energético de la Escuela Bioclimática de Catriló en La Provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5.05.07-05.12.
- Filippín C., Marek, L. (2004). Monitoreo Higrotérmico, Energético y Socio Ambiental de una Escuela Solar en La Provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, N° 1, 05.109-05.114.
- Diaz, C.; Corredera C. y Czajkowski J. (2005). Resultados de Mediciones de Confort Higrotérmico en Viviendas de Interés Social en Tierra del Fuego. Campaña de Verano. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 05.79-05.84.
- Casado, C. (2001). Auditoría energética en edificios. El consumo energético del sector residencial de San Miguel de Tucumán. El usuario y su vinculación con el consumo. 1ª edición pp. 1-7. San Miguel de Tucumán.
- Tanimoto, J., Hagishima, A., Sagara, H. (2005). A probabilistic methodology to generate actual inhabitants' behavior schedules for accurate prediction of maximum energy requirement. Building and Environment. Article in press. <http://www.elsevier.com/locate/buildenv>
- Tanimoto, J., Hagishima, A., Sagara, H. (2008). A methodology for peak energy requirement considering actual variation of occupants' behavior schedules. Building and Environment 43 610-619.
- RESNET® (2009) Annual Report 2008 Published by: Residential Energy Services Network, Inc. P.O. Box 4561 Oceanside, CA 92052-4561 <http://resnet.us/>
- ASHRAE, (2001). Standard 55-81, in: Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy, pp. 345-367. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Atlanta.
- Normas IRAM 11603 (1996). Clasificación Bioambiental de Argentina
- Normas IRAM 11604(2001). Aislamiento térmico de edificios. 2ª edición.
- Servicio Meteorológico Nacional:  
<http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=San%20Juan&ciudad=San%20Juan>
- Blasco Lucas, I., Hoese, L., Pontoriero, D. (2007) Procedimiento "Promedi-Htl-V3" para Análisis Comparativos de Mediciones Higrotérmicas y Lumínicas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, 08.01-08.06.

## ABSTRACT

This paper analyzes the impact of the user on the hydrothermal behavior of a conventional housing in real using conditions, during 4 months of the summer season -critical climate period-, located in San Juan Province, Argentina. For this purpose physical and social monitoring are carried out. The first one was performed with HOBOS through readings every 10 minutes in all spaces, external areas and also measurements on wall and roof surfaces, which were processed with PROMEDI-HTL. The second one was carried out through the detailed record in MS-Excel spreadsheets, of those activities realized by the residents in their daily lives, which influenced the hydrothermal building's performance. The relations between both data sources allowed identifying and quantifying the impact of typical situations and specific events on hydrothermal comfort levels of the building.

**Keywords:** user, hydrothermal analyze, monitoring, conventional housing, comfort.