

## HACIA UN MODELO DE CONFORT INTEGRAL. AUDITORÍAS AMBIENTALES EN VIVIENDAS.

J Czajkowski <sup>Φ</sup>, C Discoli <sup>Φ</sup>, E Rosenfeld <sup>Φ</sup>, C Gentile \* y J Moreno \*\*

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.  
Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 Nro 162 (1900) La Plata, Argentina.  
URL: [http://members.tripod.com/IDEHAB\\_FAU\\_UNLP/](http://members.tripod.com/IDEHAB_FAU_UNLP/) Email: [czajko@ing.unlp.edu.ar](mailto:czajko@ing.unlp.edu.ar)

### RESUMEN

El conocimiento de las características y el comportamiento energético ambiental del parque edilicio urbano demanda la realización de auditorías. En los últimos años el concepto de confort higrotérmico está evolucionando hacia un concepto más amplio denominado confort integral. Paralelamente ha evolucionado el instrumental de medición y evaluación, que bajó significativamente sus costos, además de mejorar la calidad de la información, por el desarrollo de sistemas electrónicos. Esto ha generado un cambio en lo que podía determinarse antes y que puede determinarse hoy. Se discuten casos auditados junto a los instrumentos y técnicas utilizadas.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años el concepto de confort ha evolucionado entendiéndose la calidad del producto edilicio como la conjunción de las propiedades y características del mismo que deben satisfacer las exigencias de sus ocupantes, pero donde la mayor importancia la posee la calidad ambiental que comprende el confort higrotérmico, acústico, olfativo y visual del ocupante del edificio (Filippi, 1996). Por otra parte se han analizado comparativamente con un sentido bastante crítico los modelos de confort en cuanto al desarrollo del concepto bioclimático en el diseño edilicio (Sayingh, 1998). En cuanto al comportamiento edilicio en períodos cálidos se han incorporado nuevos conocimientos que muestran la influencia de la masa en la envolvente respecto del enfriamiento pasivo (Givoni, 1994). En un sentido abarcativo y con la incorporación de conceptos como edificios inteligentes, edificios enfermos, calidad del aire interior, gestión energética y/o ambiental edilicia, entre otras se evolucionó metodológica e instrumentalmente en el campo del audit-diagnóstico. En nuestro país se realizaron audit-diagnósticos en climas templados y fríos urbanos (Rosenfeld, 1984-92) (Discoli, 1987) (Czajkowski, 1989/90/92), climas fríos de montaña rurales (Yarke, 1988), climas fríos urbanos (Evans, 1988), entre otros; habiéndose desarrollado un equipo para la medición directa del confort higrotérmico (Volantino, 1988).

El estudio actual se localiza en la región del gran La Plata (lat:  $-35,55^\circ$  long:  $57,56^\circ$ ) a orillas del Río de La Plata sobre la margen occidental. El clima está clasificado según normas argentinas como templado cálido húmedo - subzona IIIb. El comportamiento respecto del confort higrotérmico puede verse en la figura 1 y los datos climáticos medios en la tabla 1. Del análisis de estos datos surge que posee veranos suaves ( $t_{\text{máxmed}} = 28,5^\circ\text{C}$ ) e inviernos poco rigurosos ( $t_{\text{mínmed}} = 6,7^\circ\text{C}$ ) con alta humedad ambiente (HR= 71 y 86%) y vientos predominantes desde el NE a SE.

En esta región de más de 10 millones de habitantes se realizó durante los años '80 un plan masivo de auditorías energéticas en más de 2000

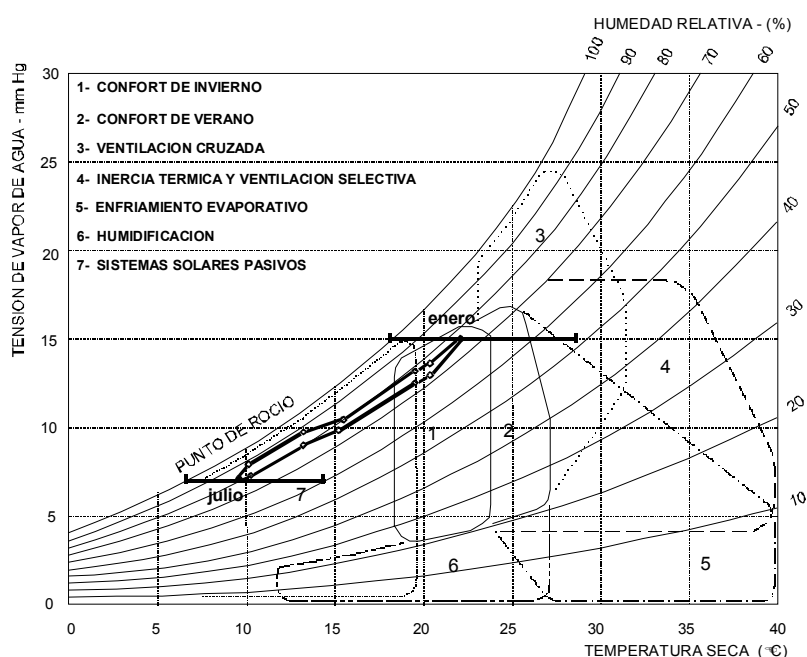


Figura 1: Situación de confort higrotérmico en la ciudad de La Plata

<sup>Φ</sup> Investigador CONICET \* Docente-Investigador UNLP \*\* Colaborador

viviendas con el fin de conocer las características energéticas del parque habitacional, la situación de confort higrotérmico, los hábitos de consumo de la energía y la cuantificación de un yacimiento potencial de ahorro de energía. En la presente década el país sufrió profundos cambios socioeconómicos que pudieron haber generado cambios en el parque habitacional. Con este fin se consiguió financiamiento para detectar si esos cambios e innovaciones tecnológicas significaban diferencias con la década anterior. Se presentan resultados de la última campaña de medición que comprende un período de 18 meses. Se discuten los aspectos técnicos y metodológicos respecto de que resultados eran esperables.

Estación	tmed °C	tmáxmed °C	tminmed °C	HR %	VV km/h	Heliofania relativa %
Verano	22,4	28,5	17,6	71	12	68
Invierno	9,7	14,6	6,7	86	11	42
Anual	16,2	21,5	12,0	79	11	55

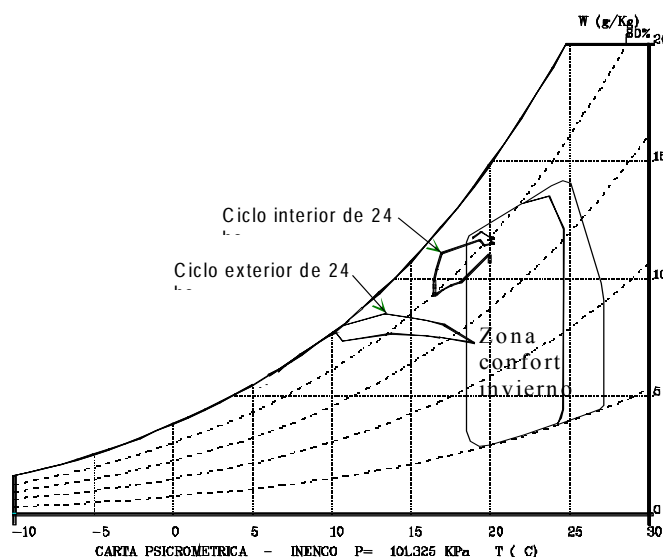
**Tabla 1:** Síntesis de datos bioclimáticos medios en la ciudad de La Plata, Argentina.

## INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

Los proyectos de investigación que lleva adelante el grupo, conocidos como UREAM y REDES permitieron la realización de 132 auditorías globales de las cuales 36 han sido auditorías detalladas. Entendiendo por auditoría global al grupo familiar al que se realizó una encuesta detallada, se relevaron las características dimensionales y constructivas de la vivienda, se consignaron los consumos de energía y las opiniones sobre su uso. Mientras que se entiende por auditoría detallada a las que además se les midió durante una semana con instrumental.

Se midieron simultáneamente cinco viviendas por semana y el equipo de campo estuvo integrado por tres personas. Se contó con el siguiente instrumental de medición: veinte micro adquirentes de datos “HOBO H8-2 y H8-4” (temperatura, humedad e iluminación), una estación meteorológica marca “Davis Weather Link II” (temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, lluvia y presión atmosférica), dos adquirentes de datos portátiles “Davis Perception II” (temperatura, humedad y presión atmosférica), un termómetro infrarrojo con puntero laser “Lutron”, un anemómetro / termómetro de hilo caliente “Lutron”, un anemómetro axial de mano, cinco termohigrógrafos mecánicos marca SIAP, diez termómetros de máxima y mínima, un higrómetro de precisión marca SIAP, dos luxímetros digitales “TES 1330” y dos decibelímetros “Lutron 4011”. En cuanto al instrumental de procesamiento de la información se utilizó el “PCLink3” para los datos meteorológicos, el “BoxCarPro 3.01” para los datos generados por los Hobo’s, el “Psico 1.1” para los diagramas de confort, el “EnergCAD” (Czajkowski, 1995) para los balances estacionarios, el “AuditCAD” (Czajkowski, 1999) para los análisis energéticos, el “Disergas” (Czajkowski, 1999) para discriminar el consumo debido a agua caliente y cocción. Los últimos tres programas fueron desarrollados y/o actualizados para el proyecto.

**Situación de invierno:** Durante el período frío se siguió la siguiente metódica de medición: a. Se utilizaron dos Hobo para registrar las condiciones higrotérmicas en un dormitorio y un ambiente de uso diurno; b. Un Hobo se ubicó sobre la cocina para registrar la duración y frecuencia de encendido de hornallas con el fin de poder discriminar el consumo debido a cocción, con la información residual se determinó el estado ambiental de la cocina; c. un Hobo se instaló en el conducto de salida de gases del calentador de agua (termotanque o calefón) con el que se registró la duración y frecuencia de uso de agua caliente, con esta información más la intensidad (temperatura y humedad) se construyó un modelo para estimar el consumo de energía debido al uso de agua caliente; d. si la vivienda poseía más de tres ambientes se instalaron además termómetros de máxima y mínima o termohigrógrafos con el fin de obtener información complementaria sobre el estado de confort en toda la vivienda; e. Se verificaron los datos consignados en la encuesta; f. Se registraron los valores iniciales y finales de electricidad y gas natural; g. Se registraron las condiciones de iluminación natural en los locales de mayor uso (interior y exterior); y h. Según la zona (urbana o suburbana) se instaló un Hobo en el exterior. El período de medición fue de 7 días. El intervalo de tiempo de toma de datos se fijó en 2.5 minutos en los Hobo’s.



**Figura 2:** Situación de confort en invierno de una vivienda.

### Situación de verano:

Durante el período estival se siguió una metodología similar al invierno pero incorporando el registro puntual de temperaturas superficiales interiores en los muros, pisos y techos con el fin de contrastar la diferencia con la del local. Se tomó la precaución de realizar estas mediciones cerca del mediodía en los días más calurosos de la semana de medición. Para la campaña 1999-2000 se incorporará el registro de la temperatura radiante. Durante este período la vivienda se encuentra abierta a efectos de ventilarla con lo cual se decidió medir el confort acústico. Se ubicó un decibelímetro en el interior de la vivienda y otro en el exterior midiéndose de forma continua durante una semana, registrándose los datos en un Hobo mediante una interface construida al efecto.

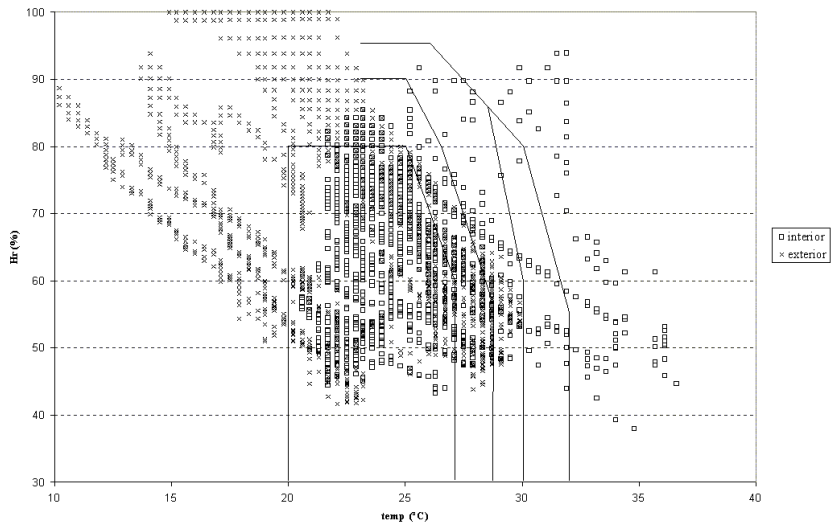


Figura 3: Situación de confort estival en una vivienda donde se comparan las condiciones exteriores e interiores durante 7 días.

### DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Respecto del confort higrotérmico se seleccionaron los días críticos en cada época del año, registrándose los datos horarios en un diagrama psicrométrico, comparándose este ciclo con las zonas de confort de B. Givoni (ver figura 2). Puede observarse que durante el 70 % del día en invierno la vivienda se encuentra fuera de la zona de confort, aunque dentro del área donde se alcanza el confort con radiación solar. Se presentan resultados de medición de dos viviendas (invierno y verano), a efectos de mostrar el comportamiento del registro y su diagnóstico.

Otro análisis de confort continuo se realizó para la situación de verano. Registrándose los datos de la semana de medición con un intervalo de 30 minutos sobre un diagrama de confort, con el fin de determinar la frecuencia y respuesta de la estructura edilicia en el amortiguamiento de los picos de temperatura exterior (ver fig 3).

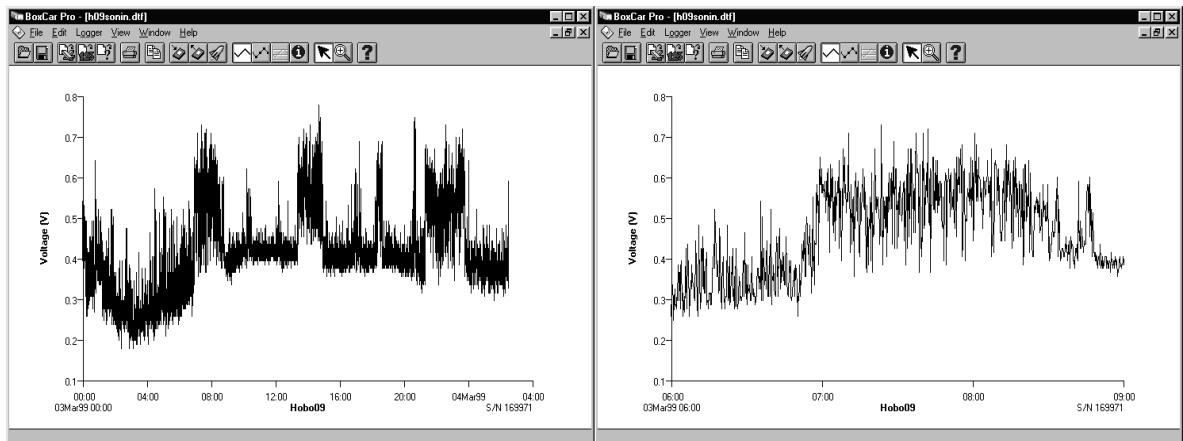


Figura 4: Registro continuo del nivel de ruido en el interior de una vivienda urbana durante un período de 7 días en verano y detalle durante una mañana de día laboral.

Puede observarse que mientras las condiciones higrotérmicas exteriores se mantenían en la zona de confort (cuadrados blancos y negros), la evolución higrotérmica del interior de la vivienda (rombos negros) queda fuera de las posibilidades de refrescamiento pasivo mediante los recursos de ventilación cruzada y mecánica + inercia térmica.

La situación de confort acústico en una vivienda urbana, en este caso un departamento sobre la calle no es mejor ya que el nivel de ruidos diurno oscila entre los 40 y los 75 dB durante los días de semana. Durante el fin de semana el nivel de ruido urbano es aceptable dentro de la vivienda. En el detalle puede verse que a partir de las siete de la mañana el nivel de ruido alcanza picos de hasta 78 dB pero donde el ruido permanente varía entre 48 y 65 dB.

La calidad lumínica registrada en el interior de los locales de uso diurno intensivo alcanzó un alto grado de dispersión entre casos. Se trabaja en una técnica que sintetice los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES

Durante las auditorías prácticamente no se presentaron dificultades, respecto al decenio anterior ya que se usó mayoritariamente instrumental automático. En el período anterior solo se contaba con termohigrógrafos y termómetros con los cuales podía lograrse una baja calidad de datos. Esto debido a que el usuario era el encargado de la lectura y registro del mismo cada día. Esta lectura no siempre era precisa y al error de un grado del instrumento se le incorporaba el error del observador. Esto hacía que en la propagación de errores el resultado no era el esperado. A los sumo se obtenían uno o dos valores promedios de temperatura por vivienda con los cuales se analizaba el confort durante la semana. Hoy los instrumentos son automáticos, de bajo costo, de gran resolución y muy bajo error con los cuales pueden realizarse análisis muy precisos del uso de las viviendas de forma indirecta. Esto puede compararse con lo declarado por los usuarios en las encuestas y plantear un modelo socio cultural de uso de la energía respecto al confort.

Si durante los '80 debía trabajarse con muy pocos datos para obtener los resultados esperados, en la actualidad la cantidad de datos es tal que se dificulta la interpretación de los mismos.

Se ha podido discriminar cuantitativamente buena parte de los parámetros intervinientes en el funcionamiento ambiental de una vivienda, quedando unos pocos, por ahora de difícil resolución. En especial la modelización de la permeabilidad del edificio al aire que en el período frío que se lleva entre el 25 y el 35 % de las pérdidas energéticas. Se ha recolectado suficiente información con la cual es posible desarrollar un modelo de confort integral.

## REFERENCIAS

- Filippi, M y Piccablotto (1996): Methods and tools for comfort design. Proceedings of the International Conference on Energy and Environment Towards de year 2000, pp 1107-1118.
- Sayingh A y Hamid Marafia A. (1998): Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design, en *Architecture: Comfort and Energy*. Pergamon, ISBN 0-08-043004-X, pp. 3-24.
- Givoni, B. (1994): Passive and low energy cooling of buildings. Van Nostrand Reinhold An International Thomson Publishing Company, USA, ISBN 0-442-01076-1.
- Rosenfeld, E. (1984): Evaluación y auditoría energética. Revista Energía y Hábitat N° 25, pp. 3-6.
- Rosenfeld, E. Et al (1986): Plan piloto de evaluaciones energéticas en viviendas del área metropolitana de Buenos Aires, Actas de la 11ª Reunión de ASADES, San Luis, pp. 9-12.
- Rosenfeld, E. Et al (1988): Consumo y conservación de energía en el sector residencial de la villa minera de Río Turbio. Actas de la 13ª Reunión de ASADES, Salta, pp. 273-280.
- Rosenfeld, E. Et al (1988): El consumo de energía en el sector residencial del área metropolitana de Buenos Aires. Potencial de URE. Actas de la 13ª Reunión de ASADES, Salta, pp. 281-288.
- Rosenfeld, E. Et al (1997): UREAM. Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental, PIP, CONICET 4717.
- Discoli, C y Rosenfeld, E. (1987): Auditoría energética de dos centros sanitarios de baja complejidad. Actas de la 12ª Reunión de ASADES, Buenos Aires, pp. 365-372.
- Czajkowski, J y Rosenfeld, E (1989): Caracterización tipológica energética del sector residencial del área metropolitana de Buenos Aires, Actas 1er Seminario de Investigación Región Metropolitana de Buenos Aires, Mar del Plata, 19 pág.
- Czajkowski, J y Rosenfeld, E (1990): Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del área metropolitana de Buenos Aires, Actas de la 14ª Reunión de ASADES, Mendoza, pp. 131-136.
- Rosenfeld, E y Czajkowski J. (1992): *Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático*, IDEHAB, FAU, UNLP. La Plata. 105 pág.
- Yarre, E. Et al (1988): Diagnóstico del comportamiento energético de viviendas urbanas y rurales localizadas en los parques nacionales Lanín y Nahuel Huapi. Actas de la 13ª Reunión de ASADES, Salta, pp. 263-272.
- Evans, M y Schiller S (1988): Energía y forma urbana: relevamiento y análisis del uso de la energía en el sector vivienda y terciario en asentamientos urbanos del sur del país. Actas de la 13ª Reunión de ASADES, Salta, pp. 219-223.
- Volantino, V et al (1988): Equipo indicador de confort térmico. Actas de la 13ª Reunión de ASADES, Salta, pp. 379-384.
- Czajkowski J. (1995) Sistema Informatizado en ambiente CAD *EnergocAD* para el diseño bioclimático y diagnóstico energético de edificios en múltiples escenarios, Anais III Encontro Nacional ANTAC. Conforto no ambiente Construído. Gramado, Págs. 366-370. (Nota: el trabajo fue mal compilado en las actas y no se lo consigno en el índice)