

EVALUACIÓN HIGROTÉRMICA EN VIVIENDAS ECONÓMICAS. COMPORTAMIENTO DE INVIERNO DE LA “CASA CAJÓN”. ESTUDIO DE CASO.

Brázzola Carlos Rubén ⁽¹⁾ Czajkowski Jorge Daniel ⁽²⁾

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

RESUMEN: La tendencia, hoy, del parque habitacional de fomento estatal, en la Provincia de Misiones, Argentina, es la construcción de viviendas económicas de la tipología “casa cajón”. Esto debido a varias causas, entre las que podemos mencionar los problemas generados por la tipología “bloques bajos”. Se realizaron mediciones de confort higrotérmico en una decena de casos de viviendas de interés social a fin de conocer su comportamiento. Se utilizó la metodología y protocolo de mediciones de la FAU-UNLP con instrumental y personal de la FI-UNaM. Se exponen los resultados de la campaña de mediciones en el período frío, se discuten actitudes comportamentales de los usuarios y se proponen alternativas de mejoramiento en el diseño de bajo costo.

1. INTRODUCCION

Este trabajo amplía estudios previos realizados en viviendas de la tipología “bloques bajos” (Brazzola C., Czajkowski J.; 2006), con el fin de sumar casos a la base de conocimientos.

Las citadas tipologías edilicias fueron estudiadas y descritas a fines de los 80 y publicadas por la FAU-UNLP. (Rosenfeld y Czajkowski, Catálogo de Viviendas Urbanas en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático, 1992):

Bloque bajo: “Conforma un bloque de perímetro libre en el cual el largo es mayor que la altura y el ancho. Las circulaciones verticales se resuelven por escaleras que alimentan 3 ó 4 niveles altos. El nivel cero se configura con espacios de uso común y en algunos casos espacios privativos de las unidades de planta baja.”

Casa Cajón: “Organización compacta de formas geométricas simples, generadas a partir de una planta aproximadamente cuadrada, que no define lugares exteriores, salvo frente y fondo, conectados con poca continuidad. Diseñada por el sector privado.”

Las auditorías fueron realizadas en la ciudad de Oberá de 40.333 habitantes, situada en el epicentro de la Provincia de Misiones, Argentina (Lat.: -27,48; long.: -55,13), y con una altitud de 300 m respecto al nivel del mar (aproximadamente la altitud promedio de la provincia).

El clima de referencia, subtropical con estación húmeda, está catalogado como tipo Ib por la Norma IRAM 11603 (muy cálido húmedo). Posee temperaturas mínimas medias de 14,7°C para el período invernal, una humedad relativa superior al 70% y predominio de vientos de baja velocidad (2 m/s). En la Figura 1 se representan las características climáticas según el modelo Givoni.

Se debe mencionar el que el invierno 2007 en la localidad de referencia, se presentó con temperaturas mínimas y permanencia, como no se registrara desde hace una década (mín. absoluta: 0.8 °C para el mes de Julio).

2. MÉTODOS, INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS

En esta campaña, para el relevamiento de datos se trabajó con dos micro adquirentes de datos “HOBO H8-4” (temperatura, humedad e iluminación), tres Termohigrómetro marca Luft (Alemania), digital, interno – externo, de máx. y mín., alerta de heladas, más dos Termohigrómetro marca TFA (Alemania), digital, de máx. y mín., con doble display grande.

Los Hobos registraron únicamente, por una razón de costo del equipamiento, las variables higrotérmicas interiores de las viviendas.

Debido a discrepancias registradas en las mediciones exteriores, entre barrios periféricos y la estación meteorológica oficial del SMN, los termohigrómetros registraron los parámetros en los ambientes exteriores de aquellos, al mismo tiempo. La diferencia se debe (estimamos), a que la estación meteorológica esta situada en el centro de la ciudad, mientras que los barrios están rodeados de espesa vegetación natural (monte). El contexto con vegetación subtropical es un tema que se ha detectado y será profundizado en monitoreos posteriores.

(1) Profesor Instalaciones - FIOberá (2) Profesor Titular Instalaciones - Investigador CONICET

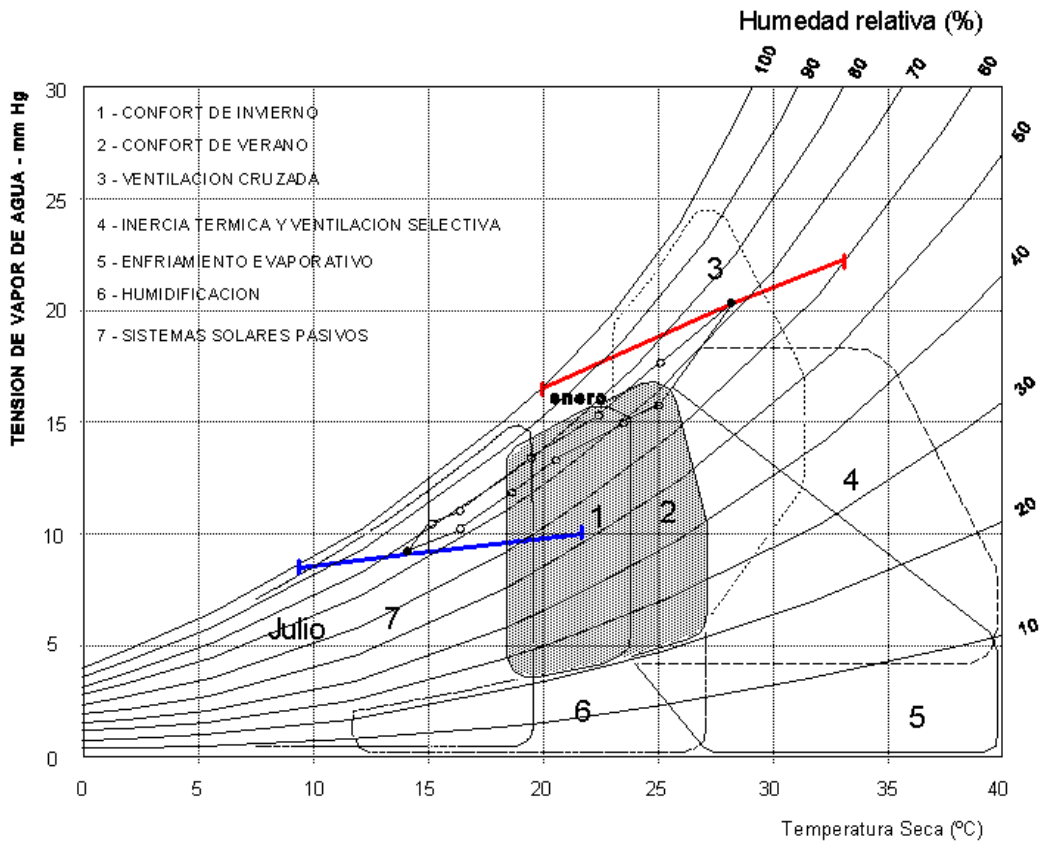


Figura 1: Características climáticas según modelo Givoni, de Oberá, Misiones, Argentina.

Como criterio se adoptó la decisión de instalar los adquisidores en el espacio Estar-Comedor-Cocina, por constatarse en las encuestas, como como el de mayor tiempo de uso. De la misma surge que los ocupantes ante temperaturas bajas no calefaccionan sino que utilizan la estrategia del arropamiento, con disconfort ambiental interior.

El monitoreo higrotérmico se efectuó durante siete días corridos, en viviendas, 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 procedimiento.

Para la toma de datos exteriores se instruyó a un integrante del grupo familiar y se realizaron visitas periódicas de control.

Se auditaron viviendas con más de un año de habitadas y menos de cinco años, con grupos familiares compuestos por lo menos por dos personas adultas y un niño.

Se buscó además aquellas que no hubieran sufrido ampliaciones o refacciones.



Figura 2: Equipos e Instrumentos utilizados en la campaña de invierno.

3. DISCUSIÓN

Las Figuras 5 y 6, más la Tabla 1 exponen los datos de las mediciones relevadas en el caso de estudio 5, el cual que forma parte de un conjunto habitacional conformado por viviendas unifamiliares de planta baja. Las mismas tienen dos dormitorios, un baño, un lavadero, un estar – comedor y un porche. Poseen retiro de frente y patio posterior. Los terrenos tienen dimensiones variables según la urbanización, rondando los 10 metros de frente por 23 de fondo.



Figura 3: Vivienda auditada para este trabajo (foto izquierda) y espacios circundantes de la misma. Barrio Schuster, Oberá, Misiones, Argentina (26/07/07). Obsérvese la cercanía del monte

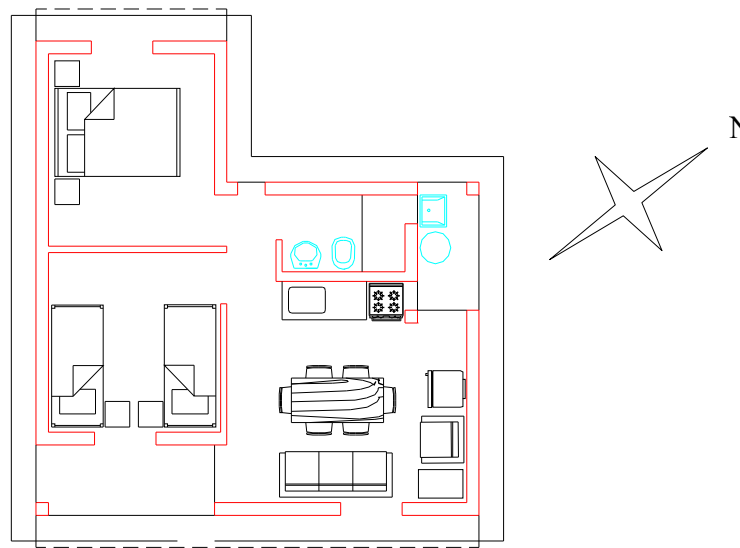


Figura 4: Planta arquitectónica prototipo caso de estudio.

Los muros exteriores están constituidos por ladrillos cerámicos huecos de 0,18 m de espesor y revocados en ambas caras. Aberturas de chapa plegada N° 18 sin protecciones exteriores en las ventanas. El techo está compuesto por chapas galvanizadas sobre estructura de madera. Entre ambas se desarrolla un manto de lana de vidrio de 1" con papel kraft Cielorraso suspendido de madera machihembrada de ½". El caso en estudio no experimentó a la fecha modificación alguna.

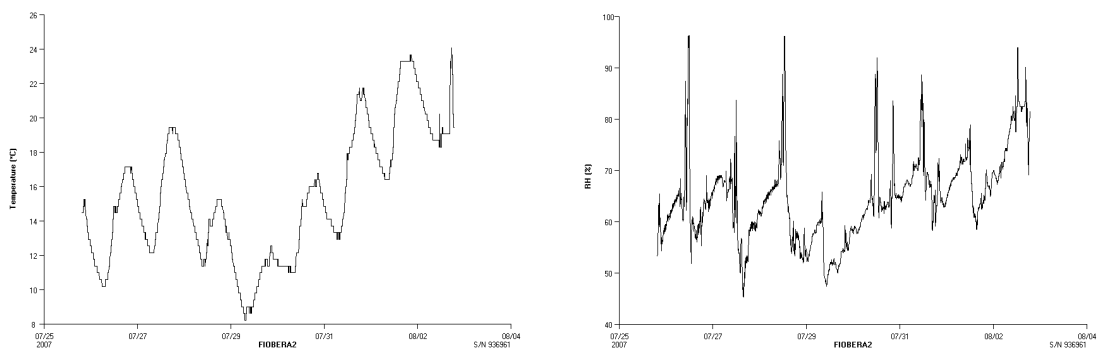


Figura 5: Datos de temperatura y humedades relativas, registradas por Hobo 14 en caso de estudio.

Las mediciones se realizaron sin inconvenientes, utilizando el lavadero 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 infrarroja de los elementos circundantes.

Instrumento: termohigrómetro OBE 3								
Vivienda: Caso 5 – B° Schuster				Observadores: Brazzola/Eduardo			Lugar: Exterior	
Propiedades	Fecha	Jueves 26/7	Viernes 27/7	Sábado 28/7	Domingo 29/7	Lunes 30/7	Martes 31/7	Miércoles 01/8
Temperatura [°C]	Máxima	17.4	18.1	16.5	11.9	17.1	20.2	23
	Medias	11.45	12.1	10.5	7.3	12.95	13.95	16.85
	Mínimas	5.5	6.1	4.5	2.7	8.8	7.7	10.7
Humedad [%]	Máxima	89	89	87	65	80	90	93
	Medias	66	65	65	56	65	70	75
	Mínimas	43	41	43	47	50	50	57

Tabla 1: Resumen de datos higrotérmicos exteriores en caso de estudio.

En la figura 6 se grafican los valores máximos y mínimos registrados a lo largo de los días de medición. Del análisis de se puede observar que en el día donde la amplitud térmica exterior fue de 12.5 °C, en el interior de la vivienda se experimentó una amplitud térmica de 8.78°C, lo cual pone en evidencia un escaso efecto amortiguador de la masa del edificio.

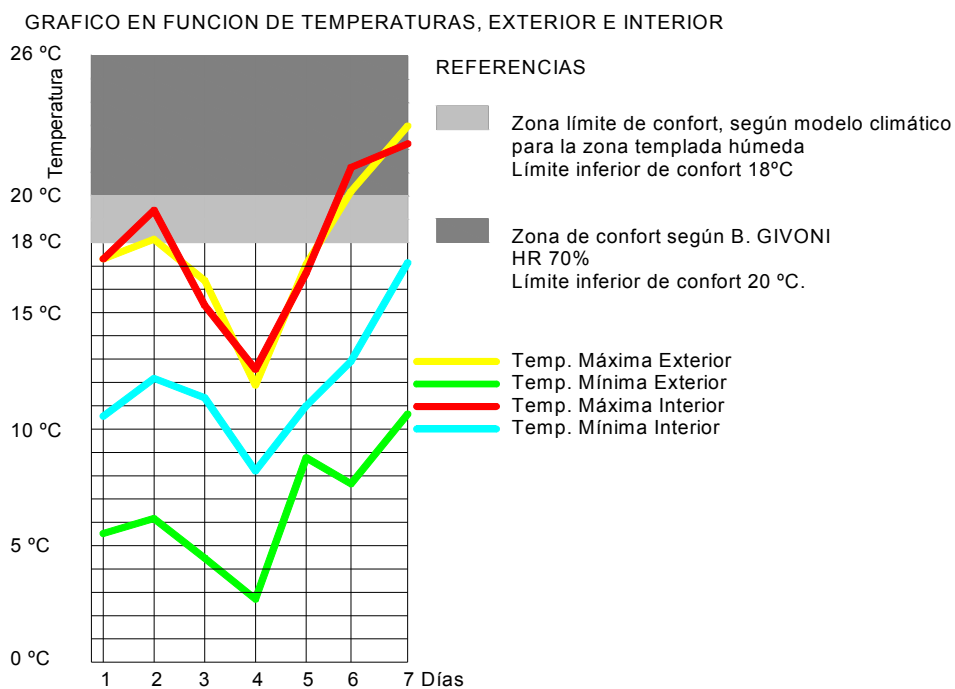


Figura 6: Gráfico elaborado a partir de los datos obtenidos del Hobo 14 y el termohigrómetro OBE3.

Las curvas de temperaturas máximas exterior e interior mantienen una gran proximidad a lo largo de la medición, saliendo de la zona de confort en los días intermedios. 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 en la totalidad del periodo de medición con una media semanal interior de 12,2°C respecto de la exterior 5,9°C. La inadecuada respuesta térmica del edificio, respecto al confort, podría deberse a una mala calidad de la envolvente.

La tabla 2 muestra los valores de los coeficientes de transmisión térmica medio ponderado de la envolvente, teniendo en cuenta la heterogeneidad de los mismos. Si bien el muro de ladrillo cerámico hueco cumple con el valor mínimo establecido por la Norma (IRAM, 11605), la composición heterogénea del muro exterior no lo hace. La cubierta de techo tampoco con los valores máximos de transmitancia térmica para invierno.

Los valores de transmitancia térmica K medio ponderado fueron calculados con el soft CEEMAKMP.XLS.

Puede notarse que mientras la Norma IRAM 11603 propone una temperatura mínima de diseño exterior de 6,8 °C, esta es sensiblemente alta respecto a las mínimas diarias que se registraron en este monitoreo. La mínima media en la semana de medición en un año extremo fue de 6,6 °C que se acerca bastante al valor de diseño de la Norma para Oberá.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Coeficiente de Transmitancia Térmica K [W/m ² °C]	KMP	Valores de KMP contra Norma		
				K _{MAX ADM} Invierno		
				Nivel C 1,85	Nivel B 1,00	Nivel A 0,38
MURO EXTERIOR	Mampostería de bloques cerámicos huecos, espesor 18cm, 16 agujeros. Azotado hidrófugo exterior. Revoque exterior grueso fratazado. Revoque interior grueso fratazado pañeado con arena fina.	1.40	2.10	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
	Encadenado superior: peine cerámico.	2.51				
ABERTURAS	Puertas de chapa doblada N° 20. Ventanas de chapa doblada N° 20 y vidrios simples incoloros.	5.88 8.52				
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	Coeficiente de Transmitancia Térmica K [W/m ² °C]	KMP	Valores de KMP contra Norma		
				K _{MAX ADM} Invierno		
				Nivel C 1,00	Nivel B 0,83	Nivel A 0,32
CUBIERTA	Chapa de hierro galvanizada ondulada. Lana de vidrio, espesor 1". Cielorraso suspendido de pino machihembrado, espesor ½".	1.02	-----	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Tabla 2: Descripción de los elementos de la envolvente con sus respectivos coeficientes de transmitancia térmica "K". Comparación con valores de Norma.

En la Figura 7 se analiza el comportamiento higrotérmico de la vivienda caso de estudio, mediante el modelo bioclimático de Givoni, utilizando la planilla PSICONF, versión 1.0. La variación higrotérmica del clima interior y exterior se indican con polilíneas de diferentes colores, donde el modelo muestra que es posible obtener confort con radiación solar o sistemas solares pasivos. La respuesta de la vivienda de interés social ocupada donde no hay climatización nocturna es altamente inadecuada ya que las temperaturas mínimas en toda la semana de medición se encuentran por debajo de la zona de confort.

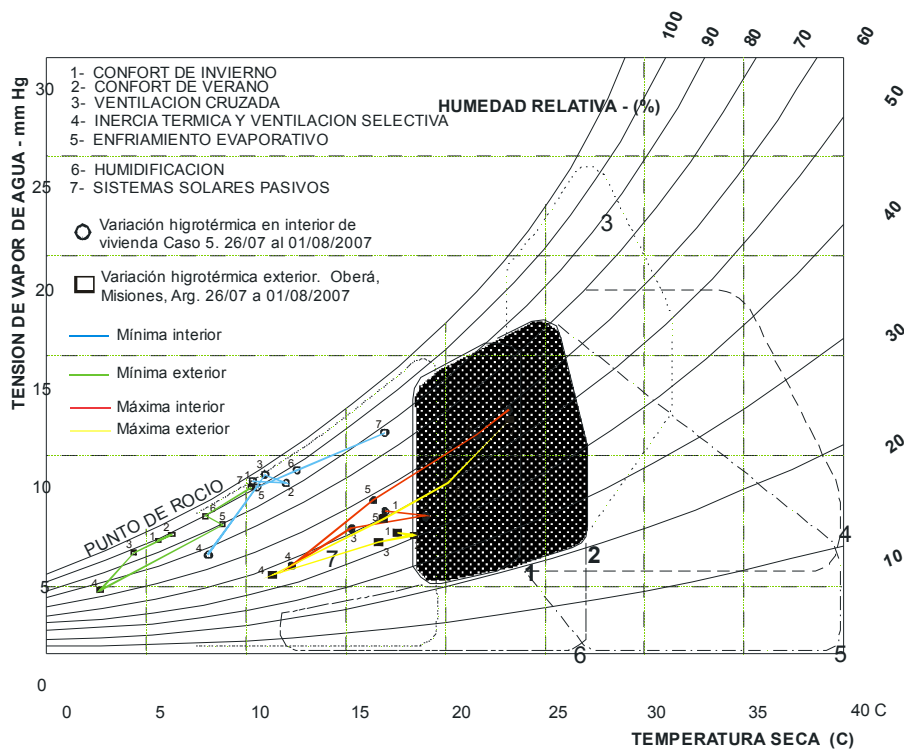


Figura 7: Confort higrotérmico de vivienda auditada contrastando interior – exterior. Oberá, Mnes., Arg. 26 de Julio al 01 de Agosto de 2007. (Diagrama Givoni).

Cabe destacar que de las planillas de la auditoría energética realizada, se desprenden los siguientes datos y actitudes comportamentales de los usuarios:

- No poseen equipamiento alguno de calefacción.

- No poseen equipamiento de producción de agua caliente (termotanque, calefón, etc.)
- Cuentan con una cocina a gas, cuyas hornallas son empleadas únicamente para cocción de alimentos, a razón de 2 horas y 20 minutos diarios. No utilizan el horno.
- Poseen una luminaria por ambiente, con una lámpara incandescente, de potencias variables entre 60W y 70W. Declaran utilizar 5 hs. diarias en invierno la correspondiente al estar.
- Tres personas aportan calor sensible y latente durante el día (de las 7:00 a las 23:00 hs)
- Declaran que el comportamiento de la vivienda en invierno es “muy fría”.
- Ventilan la vivienda diariamente durante dos horas aproximadamente.
- Opinan que los servicios de energía eléctrica domiciliaria, agua corriente, gas envasado y otros es “buena”.

De lo detallado anteriormente se desprende el hecho de que un sector de la población, al no contar con equipamiento de calefacción, y no poseer conocimientos acerca de un adecuado manejo bioclimático de la vivienda, depende casi exclusivamente de la calidad de la envolvente de la misma, supliendo esa falencia con el arropamiento.

Se estima además que la orientación no es la más adecuada para este caso, pues el asoleamiento no incide en todo su potencial sobre las áreas de la envolvente que aportan energía en los ambientes de mayor utilización por parte de los usuarios.

4. CONCLUSIONES

Del trabajo podemos deducir que la vivienda analizada no responde adecuadamente a las condiciones invernales de este período, por poseer un insuficiente aislamiento térmico de la envolvente, escasa masa térmica que acumule el calor ganado por ventanas y amortigüe las variaciones de temperatura.

La zona serrana central de la provincia de Misiones, donde se planteó este análisis tuvo un invierno particularmente riguroso con casi cinco meses de duración, temperaturas medias por debajo del nivel de confort y mínimas que llegaron a 0.8 °C, generando una importante pérdida del calor acumulado durante el día en viviendas con mala calidad térmica.

Adquiere una importancia relevante en casos como el presentado, cuando los usuarios de las viviendas están imposibilitados económicamente para mejorar la habitabilidad de la misma, a través de la incorporación de artefactos para calefaccionar los ambientes, o bien cambios constructivos en la envolvente.

Es reconocido por varios autores y especialmente aplicable a este caso, el hecho de que una envolvente más eficiente térmicamente proveerá de un ambiente más sano, reduciendo las probabilidades de adquirir enfermedades estacionales.

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.

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

ABSTRACT

The trend, today, of the habitat park of state foment, in the Province of Missions, Argentina, is the construction of economic housings of the "marries booth" typology. This due to several causes, between that we can mention the problems generated by the "low blocks" typology. Measurements of hygrothermic comfort were realized in a dozen of cases of housings of social interest in order to know the behavior. The FAU-UNLP measuring methodology was use, with FI-UNaM instrumental and human recourses. Results presented are those from the could period research campaign, users behavior attitude was discuss and design improvement alternate was proposed.

5. BIBLIOGRAFIA

Czajkowski J, Gómez A, Corredera C, Santa Cruz M, Bianciotto M (2007). *Arquitectura Sustentable*. **Arq Clarín**. Buenos Aires.

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. (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. 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 (1999) Hacia un modelo de confort integral. Auditorias ambientales en viviendas. En **Avances en energías renovables y medio ambiente**. ISSN 0329-5184. Pág. 08-13. Vol 3. Nro 2.

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 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. D. (2006) Soft PSICONF, versión 1.0. La Plata.
- Givoni, B. (1969). Man, Climate and Architecture. **Elsevier Publishing Company Limited**. England.
- Gonzalo G, Ledesma S, Nota V, Martínez C, Soft CEEMAKMP.XLS, desarrollado en el Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente, Instituto de Acondicionamiento Ambiental, FAU, UNT.
- Gonzalo G, Ledesma S, Nota V, Martínez C, Quiñónez G, Márquez G, Tortonese A, Garay A. (2000). Determinación y análisis de los requerimientos energéticos para el acondicionamiento térmico de un prototipo de vivienda ubicada en San Miguel de Tucumán. En **Avances Energías Renovables y Medio Ambiente**. ISSN 0329-5184. Vol 4.
- Izard, J L; Guyot, A. (1983). Arquitectura bioclimática. **Edit G. Gili**. México.
- IRAM. Serie de Normas sobre Acondicionamiento Térmico de Edificios 11549; 11601; 11603; 11605. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- Kwok, Alison & Grondzik, Walter (2007). The Greenstudio Handbook. Environmental strategies for schematic design. **Edit Architectural Press**. ISBN 0-7506-8022-9.
- Lattuca, Ana Paula (2006). Arquitectura Sustentable. Una Forma de Diseño y Construcción Éticamente Responsable. XXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente.
- 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 y Czajkowski (1992), Catálogo de Viviendas Urbanas en el Área Metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático. **Edit FAU - UNLP**.
- Yáñez, Guillermo (1982), Energía Solar, Edificación y Clima. **Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo**, España.