

## ANÁLISIS SOCIO-TÉCNICO DEL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO-LUMÍNICO EN DOS CASOS DE ESTUDIO DE VIVIENDAS

S. Mesquida<sup>1</sup>, I. Blasco Lucas<sup>2</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. 318 – Fax: +54 (0)264 423 5397  
E-mail: mesquidasabrina@hotmail.com, iblasco@faud.unsj.edu.ar

*Recibido: 24-04-10; Aceptado: 10-05-10.*

**RESUMEN.-** Está comprobado que los hábitos de los moradores tienen una fuerte incidencia en el comportamiento físico de los edificios. En el caso de viviendas, donde transcurre la vida de familias formadas por seres de diversas características que desarrollan una gran variedad de actividades, esto es particularmente notorio. Por ello se aplica en la presente investigación un procedimiento socio-técnico, con el fin de analizar las condiciones higrotérmicas y lumínicas de una vivienda tipo estatal (FONAVI) y una construida por inversores privados en la ciudad de San Juan, Argentina. A tal efecto, se llevan a cabo monitoreos mediante lecturas cada 30 min registradas con HOBOS durante períodos cortos de invierno y de verano, que se procesan con PROMEDI-HTL. Paralelamente se realiza una encuesta semi-abierta a cada habitante, especialmente diseñada para este estudio. La convergencia de ambos análisis -cualitativos y cuantitativos- permite relativizar los resultados técnicos determinando las causas de sus incongruencias aparentes.

**Palabras claves:** Socio-técnico, higrotérmico-lumínico, análisis, comportamiento, viviendas

## SOCIO-TECHNICAL ANALYSIS OF LIGHTING-HYDROTHERMAL PERFORMANCE IN TWO CASE STUDIES OF HOUSING

**ABSTRACT.-** It is proven that the habits of the residents have a strong impact on the physical behavior of buildings. This is particularly noticeable in the case of housing, where the life of families formed by people with different characteristics developing a variety of activities. Therefore, it is applied in this research, a socio-technical procedure, in order to analyze the hydrothermal conditions and luminosity of a state-housing (FONAVI) and another built by private investors in the city of San Juan, Argentina. For this purpose, monitoring is carried out through readings recorded every 30 min with HOBOS during short periods of winter and summer, which are processed with PROMEDI-HTL. In parallel is made a semi-open survey to every inhabitant, specially designed for this study. Convergences of both -qualitative and quantitative analysis- can relativize the technical results determining the causes of the apparent inconsistencies.

**Keywords:** Socio-technical, lighting-hydrothermal, analysis, behavior, housing.

### 1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento higrotérmico y lumínico de edificios es objeto de numerosas investigaciones que buscan evaluar alternativas tecnológicas o constructivas tendientes a optimizar tanto la eficiencia energética de los mismos como las condiciones de bienestar de sus moradores. Tales indagaciones han conducido en la última década a reconocer que los hábitos de los usuarios pueden influir negativa o positivamente en el desempeño físico de los edificios, dando lugar a la búsqueda de procedimientos interdisciplinarios que integren el análisis técnico con el social, de lo cual ha derivado su denominación como “socio-técnicos”.

Así, Krüger y Givoni (2008) cuando publican resultados térmicos de una vivienda ubicada en Israel, a la cual le realizan modificaciones para mejorar el confort, concluyen que para determinar la conveniencia de la propuesta se debe conocer la percepción de cada habitante. Por otro lado, Isaksson y Karlsson (2006) afirman que al estudiar el edificio como sistema energético, debe considerarse también el contexto social, pues lo incluye, aseverando además que para la investigación integral del confort de una vivienda es importante considerar cada usuario tanto en sus aspectos físicos como psíquicos. Estos autores logran integrar metodologías cualitativas y cuantitativas para estudiar 20 casas de bajo consumo. Aplicaron 2 encuestas cerradas a los ocupantes para determinar niveles de confort y salubridad edilicia, las cuales diseñaron en base al *MM questionnaire* (Cuestionario de Medicina Ambiental), y el *EcoEffect*, utilizando el método de Fanger (1970).

1. Becaria Doctoral CONICET (Tipo I).

2. Investigadora UNSJ Categoría I. Proyectos PIC 21/A813 (UNSJ) y PICT 06-00956 (FONCYT).

También cabe mencionar a Paul y Taylor (2008), quienes comparan un edificio convencional con uno ecológico (*green*) en función del confort y la satisfacción que experimentan los habitantes. Con este fin utilizan entrevistas de tipo casual y diarios donde los habitantes describen su rutina. Para la evaluación usan una escala numérica que les permite incorporar un modelo causal (*causal Model*: derivaciones algebraicas, derivaciones de cálculos para procesar los resultados y graficar el confort de cada edificio). De esta manera comprueban que existen datos cualitativos que las mediciones cuantitativas no logran detectar, los cuales contribuyen a precisar la validez de cada tecnología, según su grado de adecuación a las necesidades de los ocupantes. La validez de estos procedimientos se han puesto a prueba en proyectos de cooperación internacional para evaluar edificios públicos, tales como el EULEB (Müller y Schlenger, 2008).

Los autores citados son sólo algunos de la creciente cantidad de investigadores extranjeros que se suman a este nuevo enfoque, el cual tiene varios antecedentes a nivel nacional, con diferentes particularidades para distintos tipos de edificios, abarcando muestras numerosas o casos representativos. Entre ellos se encuentran Díscoli et al. (2007), Filippín y Lesino (2001), Martínez y Gonzalo (2002), Blasco Lucas et al. (2000, 2004, 2005, 2007), Sulaiman y Blasco Lucas (2009), Kuchen et al. (2009).

Estas investigaciones han comprobado que los hábitos de los moradores tienen una fuerte incidencia en el comportamiento físico de los edificios. Además verifican que en el caso de viviendas, donde transcurre la vida de familias formadas por seres de diversas características que desarrollan una gran variedad de actividades, esto es particularmente notorio.

Las argumentaciones previas fundamentan en el presente trabajo la aplicación de un procedimiento socio-técnico, con el fin de analizar las condiciones higrotérmicas y lumínicas de una vivienda tipo estatal (FONAVI) y una construida por inversores privados en la ciudad de San Juan, Argentina.

## 2. METODOLOGÍA

El desarrollo del análisis se basó principalmente en la *observación e interpretación de significados* obtenidos mediante el método socio-técnico. En una primera instancia, se estudió la parte técnica de las viviendas, luego la parte social para finalmente relacionar ambos aspectos y comparar resultados.

El análisis de los datos climáticos para la caracterización del lugar de implantación (Papparelli et al., 2007) se realizó con el programa "Clima" (Evans-Schiller, 2002). Dado que en la ciudad de San Juan han proliferado en el último medio siglo micro-urbanizaciones suburbanas de tipologías barriales de vivienda construidas por organismos estatales (IPV) o inversores privados, ocupando importantes extensiones de la misma, se seleccionó un caso de cada una de ellas para analizar el respectivo comportamiento higrotérmico y lumínico. Las mismas son muestras de carácter *no probabilística e intencional*, ya que representan el tipo de construcción más frecuente en cada caso.

En una primera etapa del análisis cuantitativo, se aplicó el modelo KG-MOD (Blasco Lucas, 2007), para obtener las Transmisiones Térmicas (K) de los distintos elementos de las

envolventes. Dicho programa se basa en las Normas IRAM 11601 (2002), 11603 (1996), 11604 (2001) y 11605 (1996), permitiendo cuantificar en valores relativos y absolutos la desviación respecto los admisibles de verano e invierno correspondientes a una calidad media de construcción (B). En la segunda etapa del análisis cuantitativo se monitoreó temperatura (°C), humedad (%) e iluminancia (lux) en cada Caso mediante lecturas cada 30 min registradas con HOBOS durante períodos cortos de invierno y de verano, que fueron procesadas con PROMEDI-HTL (Blasco Lucas, 2007). En este programa se introdujeron también las mediciones de parámetros climáticos externos efectuadas simultáneamente por una estación meteorológica DAVIS, ubicada en el micro centro de la ciudad (Pontoriero y Hoesé, 2008 y 2009).

Se colocaron los sensores en los ambientes más utilizados en las viviendas, sin dar indicación alguna a los usuarios con respecto a la ocupación de la misma para no modificar sus comportamientos habituales. En cada período de medición los HOBOS fueron situados en su respectivo lugar inicial para que las mediciones fuesen comparables.

Paralelamente se realizó a fines de cada temporada (invierno y verano) una encuesta semi-abierta a cada morador, especialmente diseñada para este estudio utilizando como referencia las realizadas por: Blasco Lucas, et. al. (2000), Isaksson y Karlsson (2006), Paul y Taylor (2008), la cual aportó los datos del análisis cualitativo. El propósito del mismo fue determinar de manera más precisa el confort requerido por cada usuario en su vivienda, y detectar los hábitos que influenciaron en el comportamiento higrotérmico-lumínico de cada vivienda.

Finalmente se relacionaron las respuestas de los moradores con los datos cuantitativos, contraponiendo directamente usos con resultados empíricos. De este modo, la convergencia de ambos análisis -cualitativos y cuantitativos- permitió relativizar los resultados técnicos determinando las causas de sus incongruencias aparentes.

## 3. CASOS DE ESTUDIO

Las viviendas están ubicadas en el área intra-anillo de la ciudad de San Juan, en el departamento capital, y se muestran designadas como C1 y C2 en la Figura 1.

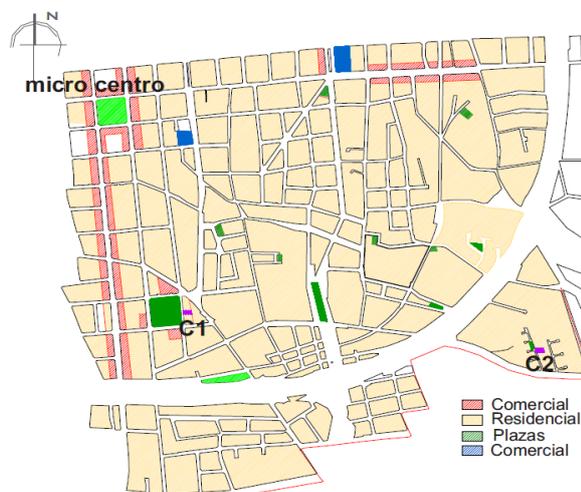


Fig. 1. Ubicación de los casos de estudio C1 y C2.

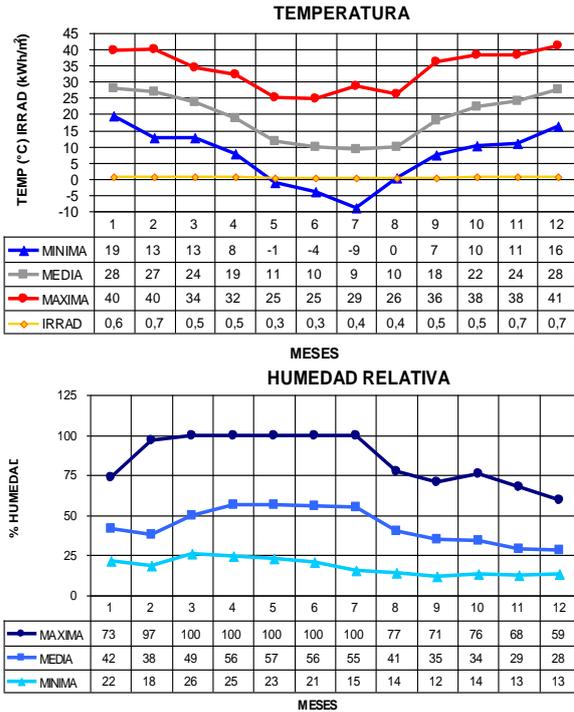


Fig. 2. Temperatura, humedad relativa e irradiancia solar (2007) en la ciudad de San Juan (Clima, Evans y Schiller, 2002).

Tabla 1. Datos generales de ambos Casos

Superficie Cubierta (m <sup>2</sup> )	C1		C2	
PB	144,07		119,75	
PA	68,9			
Total	212,97		119,75	
Moradores	Canti- dad	Edad (años)	Canti- dad	Edad (años)
Adultos	2	30 y 33	2	50 y 72
Niños	1	2		
Orientación Fachada	Oeste		Noroeste	
Arbolado público	Plátano y brachichito		Mora	
Abundante en sector:	Oeste		Suroeste	

### 3.1. Caso C1: Vivienda de Inversor Privado

Las Figs. 3 a 5 representan las plantas, corte y fachada del caso C1 con la ubicación de sensores y la Fig. 6 una foto de la vivienda. Las Tablas 2 y 3 contienen respectivamente la Trasmittancia Térmica por componente comparadas con los Kadm para la zona bioambiental IIIa y los espesores y características térmicas de sus materiales.

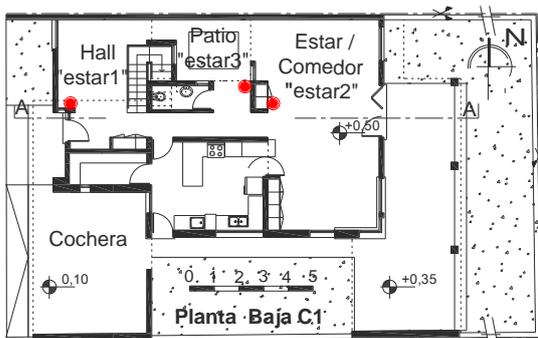


Fig. 3. Planta Baja del Caso C1 con los sensores.

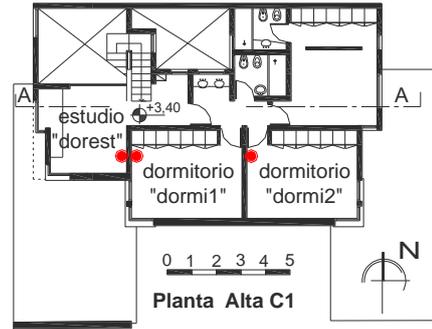


Fig. 4. Planta Alta del Caso C1 con los sensores.

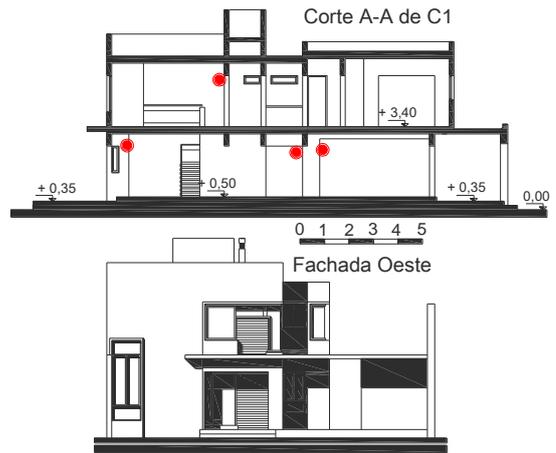


Fig. 5. Corte con los sensores y fachada del Caso C1.



Fig. 6. Foto del Caso C1.

Tabla 2. Trasmittancia Térmica K por componente de C1 comparados con los valores admisibles

COMPONENTE y MATERIAL	Trasmit. Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno	
	[W/m <sup>2</sup> °C]	[W/m <sup>2</sup> °C]	[%]	[W/m <sup>2</sup> °C]	[%]
Muro Ladrillón	2,39	-1,14	-91	-1,39	-139
Muro Lindero	2,52	-1,27	-102	-1,52	-152
Techo 1	0,55	-0,05	-11	0,28	34
Techo 2	1,31	-0,72	-151	-0,48	-58
Total Piso	1,97	-2,23	-465	-1,14	-137
Madera Pino	2,29	-1,04	-83	-1,29	-129
Vidrio	5,75	-4,50	-360	-4,75	-475
Aluminio	5,88	-4,63	-371	-4,88	-488

Tabla 3. Materiales y características térmicas de C1.

Componente	MATERIAL	Espe-sor	Resis-tencia	Retar-do	Amorti-guación
		[m]	[m <sup>2</sup> C/W]	[h]	[-]
MURO LE	Yeso	0,010	0,023	0,355	0,911
	Revoque	0,015	0,017	0,427	0,894
	Ladrillón	0,170	0,187	2,698	0,493
	Revoque	0,020	0,022	0,570	0,861
	<b>Muro Ladrillón</b>	<b>0,215</b>	<b>0,249</b>	<b>4,049</b>	<b>3,160</b>
MURO LI	Yeso	0,010	0,023	0,355	0,911
	Revoque	0,015	0,017	0,427	0,894
	Ladrillón	0,170	0,187	2,698	0,493
	<b>Muro Lindero</b>	<b>0,195</b>	<b>0,226</b>	<b>3,480</b>	<b>2,299</b>
TECHO 1	Membrana	0,003	0,019	0,162	0,958
	Pintura Asfáltica	0,001	0,0008	0,040	0,990
	Granulado Volcánico	0,080	1,231	2,144	0,570
	Hormigón	0,070	0,050	1,757	0,631
	Ladrillo Cerámico	0,080	0,350	2,025	0,589
	Yeso	0,010	0,023	0,355	0,911
	<b>Techo 1</b>	<b>0,244</b>	<b>1,673</b>	<b>6,483</b>	<b>4,650</b>
TECHO 2	Baldosa Cerámica	0,005	0,006	0,167	0,957
	Carpeta Cemento	0,100	0,192	3,726	0,377
	Hormigón	0,070	0,050	1,757	0,631
	Ladrillo Cerámico	0,080	0,350	2,025	0,589
	Yeso	0,010	0,023	0,355	0,911
	<b>Techo 2</b>	<b>0,265</b>	<b>0,621</b>	<b>8,030</b>	<b>3,465</b>
PISO	Baldosa Cerámica	0,005	0,006	0,167	0,957
	Carpeta Cemento	0,020	0,022	0,570	0,861
	Contrapiso Hormigón	0,080	0,140	2,888	0,470
	<b>Total Piso</b>	<b>0,105</b>	<b>0,169</b>	<b>3,624</b>	<b>2,288</b>
Puerta	Madera Pino	0,040	0,267	2,174	0,566
Ventana	Vidrio	0,003	0,004	0,103	0,973
	Aluminio	0,0018	0,00009	0,003	0,999



Fig. 8. Foto del caso C2.

Tabla 4. Trasmittancia Térmica K por componente de C2 comparados con los valores admisibles.

COMPONENTE y MATERIAL	Trasmit. Térmica K	Diferencia K Verano		Diferencia K Invierno	
	[W/m <sup>2</sup> C]	[W/m <sup>2</sup> C]	[%]	[W/m <sup>2</sup> C]	[%]
Muro Ladrillo	2,27	-1,02	-82	-1,27	-127
Muro Lindero	2,22	-0,97	-77	-1,22	-122
Total Techo	1,19	-0,62	-130	-0,36	-44
Total Piso	1,97	-2,23	-465	-1,14	-137
Madera Pino	2,29	-1,04	-83	-1,29	-129
Vidrio	5,75	-4,50	-360	-4,75	-475
Chapa	5,88	-4,63	-371	-4,75	-475

Tabla 5. Materiales y características térmicas de C2.

Componente	MATERIAL	Espe-sor	Resis-tencia	Retar-do	Amorti-guación
		[m]	[m <sup>2</sup> C/W]	[h]	[-]
MURO LE	Ladrillo	0,180	0,248	6,178	0,198
	Revoque	0,020	0,022	0,570	0,861
	<b>Muro Ladrillo</b>	<b>0,200</b>	<b>0,270</b>	<b>6,748</b>	<b>1,060</b>
MURO LI	Revoque	0,015	0,017	0,427	0,894
	Ladrillo	0,180	0,248	6,178	0,198
	Revoque	0,015	0,017	0,427	0,894
	<b>Muro Lindero</b>	<b>0,210</b>	<b>0,281</b>	<b>7,033</b>	<b>1,987</b>
TECHO	Teja	0,015	0,018	0,501	0,877
	Lana de Vidrio	0,025	0,625	0,455	0,888
	Pintura Asfáltica	0,001	0,0008	0,040	0,990
	Machimbre	0,015	0,054	0,598	0,855
	<b>Total Techo</b>	<b>0,056</b>	<b>0,697</b>	<b>1,595</b>	<b>3,609</b>
PISO	Baldosa Cerámica	0,005	0,006	0,167	0,957
	Carpeta Cemento	0,020	0,022	0,570	0,861
	Cont. Hormigón	0,080	0,140	2,888	0,470
	<b>Total Piso</b>	<b>0,105</b>	<b>0,169</b>	<b>3,624</b>	<b>2,288</b>
Puerta	Madera Pino	0,040	0,267	2,174	0,566
Ventana	Vidrio	0,003	0,004	0,103	0,973
	Chapa	0,0018	0,000031	0,011	0,997

### 3.2. Caso C2: Vivienda FONAVI

La Figura 7 muestra la planta, corte y fachada del caso C2 con la ubicación de sensores y la Figura 8 una foto de la casa. Las Tablas 4 y 5 contienen respectivamente la Trasmittancia Térmica por componente comparadas con los Kadm y los espesores y características térmicas de sus materiales.

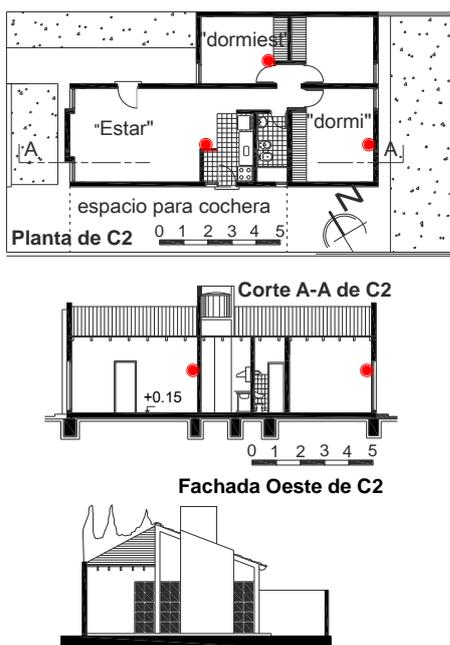


Fig. 6. Planta, corte y fachada del caso C2 con los sensores.

## 4. ANÁLISIS CUANTITATIVO

Los resultados obtenidos en la primera etapa, referidos a las características térmicas de los materiales según el espesor empleado en cada Caso (Tablas 3 y 5), y de las respectivas Trasmittancias Térmicas de componentes y su verificación con las admisibles (Tablas 2 y 4), mediante la aplicación de K-G-MOD (Blasco Lucas, 2008), permitieron constatar que ninguno de los componentes de C2 cumplía el Kadm estipulado por la Norma IRAM 11604 (1996) al igual que C1 en verano, mientras que en invierno, sólo su Techo 1 es 34% inferior.

En la segunda etapa se realizaron simultáneamente en ambos Casos, monitoreos físicos de parámetros térmico-lumínicos durante períodos de 12 días (288hs.) en 3 campañas de invierno (junio, julio y agosto) y 3 de verano (diciembre, enero, febrero) (Tabla 6).

Tabla 6. Campañas y fechas del monitoreo físico

Campaña	Invierno	Campaña	Verano
1	16/06/08-28/06/08	4	03/12/08-15/12/08
2	14/07/08-26/07/08	5	01/01/09-13/01/09
3	14/08/08-26/08/08	6	01/02/09-13/02/09

Los resultados más representativos de los numerosos análisis efectuados con PROMEDI-HTL (Blasco Lucas, 2007) en el procesamiento de las mediciones, se muestran en las Figs. 7 a 9. Los polígonos demarcan la zona de confort estricto y ampliado, según Givoni (1984) para sensación higrotérmica y AADL (Evans, 2001) para lumínica.

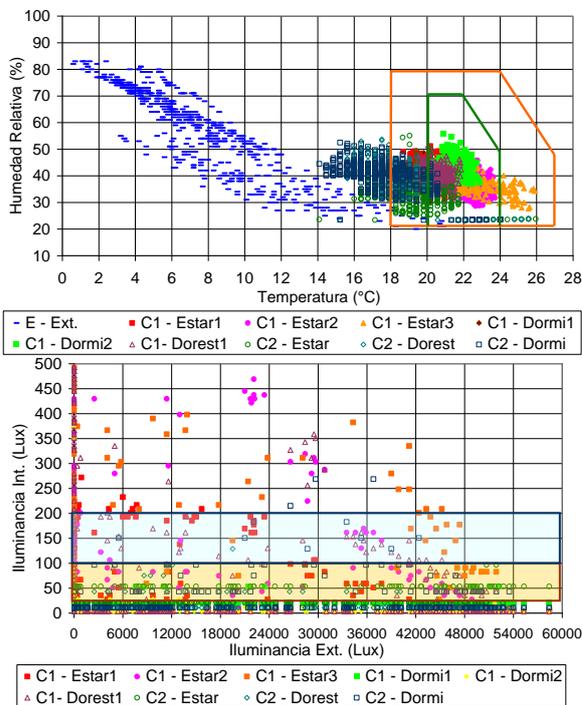


Fig. 7. Dispersión higrotérmica (Sup.) y lumínica (Inf.) correspondiente al mes de junio de 2008 (Campaña 1).

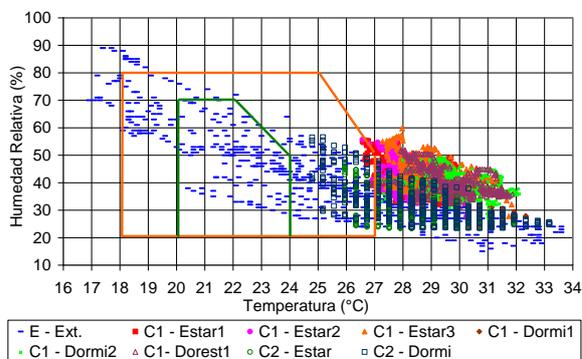


Fig. 8. Dispersión higrotérmica correspondiente al mes de diciembre de 2008 (Campaña 4).

En el mes de junio (Figura 7) el uso de sistemas de calefacción permitió que las condiciones higrotérmicas interiores se acercasen o se circunscribiesen a las zonas de

confort. Todos los locales de C1 alcanzaron bienestar, no así C2 cuyos dormitorios tuvieron entre 14°C y 17°C durante la noche. Esta situación se invierte cuando se analiza la iluminación, observándose en C1 una gran dispersión de la nube de puntos con valores que superan ampliamente las zonas de confort.

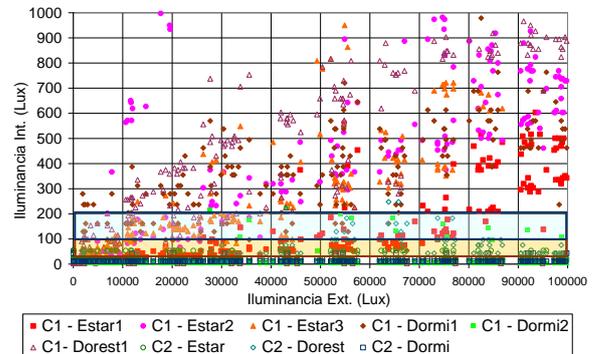


Fig. 9. Dispersión lumínica correspondiente al mes de diciembre de 2008.

Las condiciones higrotérmicas de C1 y C2 fueron inconfortables durante los 3 meses estivales. La amplitud térmica exterior alcanzó 17°C en el período monitoreado del mes de diciembre (Fig. 8), y las interiores oscilaron entre 6°C y 8°C en C2 y entre 3°C y 6°C en C1, Caso que se mantuvo más próximo a las zonas de confort. C2 tuvo una protección apropiada que evitó el ingreso de radiación solar directa y alcanzó buenos niveles de iluminación natural, en cambio C1 permaneció con excesiva iluminancia diurna (Fig. 9). En ambos Casos la iluminación artificial nocturna fue inferior a los valores recomendados, sobre todo en C1.

## 5. ANÁLISIS CUALITATIVO

La encuesta elaborada para el análisis cualitativo está compuesta de 4 campos bien diferenciados:

### A. Demográfica:

- ✓ Localización (uso del suelo, orientación del lote).
- ✓ Población (Género, edad, grupo familiar, ocupación).

### B. De Opinión

- ✓ Locales de mayor permanencia diurna.
- ✓ Percepción de bienestar psicofísico en esos locales (higrotérmico, y lumínico).

### C. Focalizada

- ✓ Equipamiento de calefacción y de refrescamiento (por local, cantidad y tipo).
- ✓ Uso del equipamiento anterior (frecuencia y horario habitual).
- ✓ Apertura o cierre de ventanas y protecciones solares (frecuencia y horario habitual).
- ✓ Aprovechamiento de la luz natural (frecuencia y horario habitual).
- ✓ Vestimenta, alimentación y actividades rutinarias de días tipo de invierno y de verano (Días laborales y no laborales).

### D. Descriptiva

- ✓ Mejora del bienestar en invierno y en verano (Formas de lograrlo en cada local).
- ✓ Otros comentarios.

Para que los encuestados pudiesen definir la percepción de bienestar (Tabla 7) en el campo B, se adoptó el modelo de ASHRAE (2001 y 2004) utilizando un cuadro con una escala de 7 niveles, en el cual se describen los extremos de malestar de cada aspecto psicofísico abordado y el punto 4 marca el “óptimo” de bienestar.

La Tabla 8 sintetiza los principales resultados de las encuestas, obtenidos en cada Caso, donde se aprecian las diferencias en el equipamiento de climatización de las viviendas, y en los hábitos y percepciones de cada morador.

Tabla 7. Cuadro con la escala de percepción de bienestar.

percepción psicofísica		malestar		bienestar			malestar		percepción psicofísica
higro-térmico	muy caliente	1	2	3	4	5	6	7	muy frío
	muy seco	1	2	3	4	5	6	7	muy húmedo
lumínico	muy claro	1	2	3	4	5	6	7	muy opaco
	deslumbrante	1	2	3	4	5	6	7	poco iluminado
	muy soleado	1	2	3	4	5	6	7	poco soleado

Tabla 8. Síntesis de resultados de las encuestas a cada morador.

Cam-po	Concepto	Detalle	Caso C1				Caso C2			
			Período invernal		Período estival		período invernal		Período estival	
A	Edad		30 años	33 años	30 años	33 años	50 años	72 años	50 años	72 años
	Género		femenino	masculino	femenino	masculino	femenino	femenino	femenino	femenino
	Ocupación		ama de casa	empresario	ama de casa	empresario	empleada de comercio	ama de casa	empleada de comercio	ama de casa
B	Locales de mayor permanencia	estar 2								
		estar								
		cocina								
		dormi1								
	Percepción de bienestar psicofísico en esos locales	higrotérmico		4	4	4	4	5	6	1(*)
lumínico			3	4	3	4	5	5	2(*)	1(*)
C	Equipamiento de climatización	Locales	todos		estar2	dormi1	estar	pasillo	estar	dormi
		Cantidad	uno por local		uno por local		uno por local		uno por local	
		Tipo	radiador (por agua)		aire acondicionado		Estufa eléctrica	Estufa a gas	ventilador	
	Uso del equipamiento de climatización	Frecuencia	todo el día		una vez al día		una vez al día	todo el día	todo el día	
		Horario habitual:	1 a 24 hs.							
		estar 2			13 a 23hs					
		estar					15 a 23hs		1 a 24 hs.	
		dormi1			23 a 8hs					
	Apertura o cierre de ventanas y protecciones	Frecuencia	ventanas cerradas todo el día, no posee protección solar o térmica		ventana abierta una vez al día		Ventanas cerradas todo el día, con cortinas abiertas		Ventanas abiertas todo el día, con cortina pesada cerrada como protección	
		Horario habitual	1 a 24hs.		9 a 13hs.		1 a 24hs.		1 a 24hs.	
	Aprovechamiento de la luz natural	Frecuencia	todos los días		todos los días		todos los días		a las mañanas	
		Horario habitual	9 a 18hs.		7 a 21hs.		9 a 18hs.		7 a 11hs.	
	Indumentaria y alimentación	Vestimenta	semipesada: camisa manga larga y pantalón largo		liviana: camisa manga corta y pantalón corto		pesada: camisa manga larga, pantalón largo y pulóver		liviana: camisa manga corta y pantalón corto	
		Alimentación a base de:	carnes		carnes		vegetales		vegetales	
	Días laborales tipo	Actividades rutinarias:								
		Tareas domésticas	9 a 14hs.		9 a 14hs.			7:30 a 14hs.		7:30 a 14hs.
		Trabajo fuera de casa		8:30 a 12:30 y 16:30 a 20:30hs.		8 a 12 y 17 a 21hs.	8:30 a 12:30 y 16:30 a 20:30hs.		8 a 12 y 17 a 21hs.	
			Actividades rutinarias:							
	Días no laborales tipo	Levantarse	Sábados a 9hs., Domingos a 9:30hs.		Sábados a 8:30hs., Domingos a 9hs.		Sábados a 8hs., uno sale y otro realiza tareas domésticas, Domingos a 8hs., ambos en casa		Sábados a 7:30hs., uno sale y otro realiza tareas domésticas, Domingos a 8hs., ambos en casa	
			Sábados de 13 a 15:30hs. con 5 invitados en casa, Domingos de 12:30 a 15:30hs. fuera de casa		Sábados de 12:30 a 15hs. con 5 invitados en casa, Domingos de 12:30 a 15hs. fuera de casa		Sábados a 14hs. en casa, Domingos a 12:30 a 15:30hs. fuera de casa		Sábados a 14:30hs. en casa, Domingos a 12:30 a 15:30hs. fuera de casa	
Dormir		Sábados de 15:30 a 17hs. y de 24 a 9hs, Domingos de 23 a 6:30hs.		Sábados de 1 a 8:30hs, Domingos de 23 a 7hs.		Siempre a las 23hs.		Sábados de 23 a 8hs., Domingos de 15 a 17hs. y de 23 a 6:30hs.		
		Salir de paseo		Domingos de 15 a 20hs.		Sábados de 17 a 20hs.		Sábados de 19 a 20:30hs.		
Cenar		Sábados de 22 a 24hs. fuera de casa, Domingos de 21 a 23hs. en casa		Sábados de 22:30 a 1hs. fuera de casa, Domingos de 21:30 a 23hs. en casa		Sábados a 22hs. Domingos a 21hs., los dos días en casa		Sábados a 22:30hs. Domingos a 21hs., los dos días en casa		
D	Mejora del bienestar	Forma de lograrlo	No saben		No saben		No saben		aire acondicionado	
		Local	--	--	--	--	--	--	estar	
	Otros	Molestias por entorno		ingreso de muchas hojas en otoño		enfriamiento de la vivienda al abrir el portón				

(\*) El discomfort térmico es diurno. Los moradores detectan enfriamiento durante la noche en los locales descriptos.

## 6. ANÁLISIS CUALI-CUANTITATIVO

En las Tablas 9 y 10 se sintetiza el análisis cuali-cuantitativo de C1 y de C2 respectivamente. Los signos negativos o positivos de la columna “zona de confort” indican si se produce una situación por defecto o por exceso respecto de los valores de referencia.

La temperatura en invierno de los locales de mayor uso en C1 permaneció constante oscilando diariamente entre 19°C y 21°C en Dormi1 y entre 22°C y 23°C en “estar2”, coincidiendo con las zonas de confort de Givoni y siendo valorada óptima en cuanto al bienestar higrotérmico experimentado por ambos moradores, quienes vistieron usualmente indumentaria semi-pesada. Contribuyó a esto la disminución de infiltraciones por la carpintería de aluminio, y que los usuarios activaron durante las 24hs. del día el sistema de calefacción en todos los locales, consistente en radiadores por agua, que no deshidratan los ambientes. También fue importante la ganancia solar por las aberturas orientadas al Este que posee “estar2”, cuya superficie cubre un 70% del área de muros.

En verano, la temperatura varió en el período entre 27°C y 29°C en “estar2” y entre 29°C y 31°C en “dormi1”, situándose fuera de los rangos de referencia, sin embargo los habitantes -que usaron ropa muy liviana- también le otorgaron una valoración dentro de la escala de bienestar. Los equipos de refrigeración mantuvieron la amplitud térmica diaria menor a 2°C, favoreciendo su

acostumbramiento a las elevadas temperaturas. Cabe notar que los locales en planta alta superaron en 3°C a los de planta baja, en parte debido a que sus techos de losa, de elevada inercia, no alcanzaron a enfriarse durante la noche.

El local “estar3” de C1 es un patio de luz, y gracias a él y a la orientación Este-Oeste de sus aberturas sin protecciones solares adecuadas, el 70 % de los locales monitoreados tuvieron iluminación natural, alcanzando una iluminancia excesiva en “estar2” en ambos períodos, que fue apreciada en invierno como satisfactoria por ambos moradores. En verano la persona que más tiempo permaneció en la vivienda experimentó deslumbramiento en “estar2”.

Por otro lado, en C2 las variaciones diurnas invernales se produjeron entre 17°C y 21°C en “estar” y entre 15°C y 20°C en “dormi”, permaneciendo durante el mayor tiempo fuera de las zonas de confort de referencia. La percepción de las usuarias, que usaron vestimenta pesada, fue diferente, la de menor edad experimentó ambos aceptables y la de mayor edad sólo la cocina (sensor “estar”). Aún cuando mantuvieron siempre la estufa a gas encendida las 24hs. del día en pasillo y la eléctrica en “estar” a la tarde (las cuales secaron notablemente el aire), no alcanzaron condiciones de confort. Además, la ganancia solar fue menor que en C1, debido a que las aberturas orientadas al Noroeste abarcan menos del 30% de la superficie del muro.

Tabla 9. Síntesis de análisis cuali-cuantitativo del Caso C1.

Período	Caso C1								
	Aspecto	Local	Análisis Cuantitativo				Análisis Cualitativo		
			Parámetro	Oscilación diaria promedio	Amplitud diaria promedio	Oscilación absoluta período	Zona de confort	30 años	33 años
Invierno	higrotérmico	estar 2	Temp (°C)	22,17 a 23,35	1,19	21 a 23,7	confort	4	4
			HR (%)	31,71 a 38,36	6,66	28,6 a 45,8			
	dormi1	Temp (°C)	19,28 a 21,1	3,51	17,5 a 21,3	confort parcial (-)	3	4	
		HR (%)	32,41 a 39,56	7,15	29,7 a 48,7				
lumínico	estar 2	Ilum (lux)	3,90 a 569,15	565,25	3,90 a 776,6	disconfort (+)	3	4	
		dormi1	Ilum (lux)	21,51 a 43,84	22,33	21,5 a 53,8	confort parcial (-)	4	4
Verano	higrotérmico	estar 2	Temp (°C)	27,35 a 28,88	1,53	26,6 a 30,2	disconfort (+)	4	4
			HR (%)	36,94 a 46,29	9,35	27,7 a 55,6			
	dormi1	Temp (°C)	28,95 a 30,84	1,88	26,7 a 32,3	disconfort (+)	3	4	
		HR (%)	27,51 a 33,63	6,12	23,6 a 42,3				
	lumínico	estar 2	Ilum (lux)	3,9 a 1104,64	1100,74	3,9 a 1651,6	disconfort (+)	2	3
			dormi1	Ilum (lux)	21,51 a 1256,41	1234,9	21,5 a 1645,2	disconfort (+)	5

Tabla 10. Síntesis de análisis cuali-cuantitativo del Caso C2.

Período	Caso C2								
	Aspecto	Local	Análisis Cuantitativo				Análisis Cualitativo		
			Parámetro	Oscilación diaria promedio	Amplitud diaria promedio	Oscilación absoluta período	Zona de confort	50 años	72 años
Invierno	higrotérmico	estar 2	Temp (°C)	17,37 a 20,84	3,46	14 a 26	disconfort parcial (-)	5	6
			HR (%)	30,03 a 45,38	15,35	23,4 a 55,1			
	dormi1	Temp (°C)	15,85 a 19,75	3,51	14,1 a 24	disconfort (-)	5	5	
		HR (%)	36,55 a 46,61	10,05	23,4 a 52,5				
lumínico	estar 2	Ilum (lux)	21,51 a 60,38	38,88	21,5 a 96,8	confort parcial (-)	6	6	
		dormi1	Ilum (lux)	10,75 a 104,22	93,47	10,8 a 268,8	disconfort parcial (+)	6	6
Verano	higrotérmico	estar 2	Temp (°C)	27,03 a 29,97	2,94	26 a 31,9	disconfort (+)	1	1
			HR (%)	25,43 a 34,38	8,95	23,5 a 47			
	dormi1	Temp (°C)	26,19 a 30,78	4,59	24,8 a 33,2	disconfort (+)	2	1	
		HR (%)	27,01 a 39,08	12,07	23,6 a 56,6				
	lumínico	estar 2	Ilum (lux)	21,51 a 51,28	29,78	21,5 a 53,8	confort parcial (-)	5	6
			dormi1	Ilum (lux)	10,75 a 33,09	22,33	10,08 a 43	confort parcial (-)	3

En verano, la temperatura varió diariamente en C2 entre 25°C y 34°C en “dormir” y entre 26°C y 31°C en “estar”, observándose un mayor enfriamiento por las noches que en C1, atribuible a que las habitantes de C2 mantuvieron abiertas las ventanas permitiendo el ingreso de las brisas frescas provenientes del Sur, y en funcionamiento los ventiladores durante las 24hs. del día. También aportó a esto el techo de madera, de baja inercia térmica, que posibilitó una reacción más rápida para aprovechar el descenso de temperatura nocturna. Sin embargo, las usuarias sintieron muy calientes ambos locales, aún cuando vestían ropa liviana. En cuanto a la iluminación natural C2 conservó la iluminancia de los locales de mayor uso próxima o dentro de los rangos confortables de referencia, sobre todo en invierno cuando se mantuvieron las cortinas abiertas, sin embargo ambas moradoras la apreciaron insuficiente. En verano acostumbraron a cerrar las cortinas para evitar la ganancia solar (ocasionando menores niveles de iluminancia), y la persona de mayor permanencia y edad consideró escasa la iluminación natural, mientras quien estuvo menos tiempo en la vivienda la encontró aceptable.

## 7. CONCLUSIONES

Desde el análisis cuantitativo se deduce que las características térmicas de los componentes constructivos de ambos Casos son similares, donde C2 posee muros de menor Transmancia Térmica que C1, pero el techo de éste tiene a su vez un K menor que el de C2 y es el único que cumple el K<sub>max</sub> adm. Sin embargo, a través del monitoreo el Caso C1 mostró un mejor comportamiento higrotérmico y lumínico principalmente en invierno, gracias a que posee buenos sistemas de climatización en todos sus locales y fueron operados en forma continua.

El análisis cualitativo permitió detectar que las diferencias en las condiciones higrotérmicas y lumínicas interiores entre ambos Casos se debieron fundamentalmente al diseño, orientación, terminaciones, equipamiento y hábitos de los moradores de cada vivienda. Estos últimos determinaron discrepancias entre la percepción psicofísica de los habitantes en los locales de mayor uso durante cada período analizado, y las zonas de confort utilizadas de referencia, con una mayor o menor intensidad en función de la edad, la vestimenta, la permanencia, las actividades y la dieta de cada habitante.

La aplicación del método socio-técnico, aún cuando se lo simplificó en la presente investigación, permitió combinar el análisis de datos técnicos (cálculos y mediciones físicas) con el análisis de información proporcionada por los usuarios, referida a sus gustos y costumbres (encuestas), relativizando los resultados técnicos y determinando las causas de sus incongruencias aparentes.

## REFERENCIAS

ASHRAE (2001 y 2004). Standards 55-81 and 55-92. En *Thermal comfort conditions for human occupancy*. American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers. Atlanta, USA.

Blasco I., Rosés R., Hidalgo E., Gomez W., Hoesé L. (2000). Comportamientos. En *Vivienda clima y energía: Diagnóstico y propuesta en casos de estudio*. IRPHa. FAUD. UNSJ. San Juan, Argentina.

Blasco Lucas I., Rosés R., Hidalgo E., Gómez W. (2004). Niveles de satisfacción y consumo energético en

viviendas FONAVI. En *Actas Digitales del II Simposio de la vivienda en la sociedad de hoy*. Tr. 74, 20 Págs. FRM-UTN, CRICYT, FAU-UM, IPV-Mendoza.

Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D. (2005). Mediciones lumínicas en viviendas barriales del Gran San Juan. *Luminotecnia* **79**, 106-115.

Blasco Lucas I., Hoesé L., Pontoriero D. (2007). Procedimiento “Promedi-HTL-V3” para análisis comparativos de mediciones higrotérmicas y lumínicas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **11**, 08.01-08.06.

Blasco I. (2007). Modelo KG-MOD. IRPHa. FAUD. UNSJ.

Discoli C., Martini L., Dicroce L., Ramírez J., Esparza J., Brea B., San Juan G., Rosenfeld E. (2007). Desarrollo metodológico para la dimensión de la opinión en el marco de un modelo de calidad de vida urbana. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **11**, 01.97-01.104.

Evans J. (2001). Alumbrado natural. En *Iluminación: luz, visión y comunicación*, pp. 111-133. AADL, Bs. As.

Evans J., de Schiller S. (2002). Programa Clima. Cátedra Introducción al diseño Bioambiental. FADU-UBA.

Fanger P. (1970). *Thermal comfort*. Technical University of Denmark, Laboratory of Heating and Air Conditioning. Danish Technical Press, Copenhagen.

Filippín C., Lesino G. (2001). Respuesta socio-ambiental de las residencias solares de la Universidad Nacional de La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente* **9**, 35-42.

Givoni B. (1984). *Man, climate and architecture*. Applied Science Publishers. London.

IRAM (1996, 2001, 2002). Serie 11600 de Normas para acondicionamiento térmico de edificios. Instituto Argentino de Normalización.

Isaksson C., Karlsson F. (2006). Indoor climate in low-energy houses. An interdisciplinary investigation. *Building and Environment* **41**, 1678-1690.

Krüger E. y Givoni B. (2008). Thermal monitoring and indoor temperature predictions In a passive solar building in an arid environment. *Building and Environment* **43**, 1792-1804.

Kuchen E., Fisch N., Gonzalo G., Nozica G. (2009). Predicción del índice de disconformidad térmica en espacios de oficina considerando el diagnóstico de usuarios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **13**, 01.15-01.22.

Martínez C., Gonzalo G. (2001). Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **5**, 05.19-05.24.

Müller H., Schlenger J. (2008) *EULEB: European high quality low energy building*. CD-Rom. Intelligent Energy Europe. European Union.

Papparelli A., Kurban A. (2007). *Estadística climática. Ciudad de San Juan*, pp.12-20. INEAA-FAUD-UNSJ.

Paul W. y Taylor P. (2008). A comparison of occupant comfort and satisfaction between a green building and a conventional building. *Building and Environment* **43**, 1858-1870.

Pontoriero D., Hoesé L. (2008 y 2009). *Estadística climática de la ciudad de San Juan*. IEE-FI-UNSJ, Argentina.

Sulaiman H., Blasco Lucas I., Filippín C. (2009). Incidencia del usuario en el comportamiento higrotérmico estival de una vivienda convencional en San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **13**, 05.53-05.6.