



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

RESULTADOS DE MEDICIONES DE CONFORT HIGROTÉRMICO EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN TIERRA DEL FUEGO, ARGENTINA. CAMPAÑA DE INVIERNO.

Díaz Cristian J. (1); Czajkowski Jorge D. (2)

(1)Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int 250
Becario Doctoral CONICET. E-mail: diazcristian007@yahoo.com.ar

(2)Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata
Calle 47 N° 162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int 250
Investigador Adjunto CONICET. E-mail: czajko@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo es el análisis del confort higrotérmico de invierno en viviendas de interés social en un clima muy frío sur-patagónico. Tratando de abarcar distintas tipologías edilicias y diversos sistemas constructivos, se tomó una muestra de 26 casos en la provincia de Tierra del Fuego, Argentina. El análisis se basa en 20 auditorías completas realizadas en viviendas ubicadas en la ciudad de Río Grande, al NE de la provincia a -53° 80', -67° 75' y 13 m, de latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar. Los resultados muestran la variación de comportamiento térmico según la tecnología implementada y su correlación con el gas natural consumido. A partir de estos resultados se evaluó la calidad térmica edilicia, se corroboró que existe un exceso en el consumo de gas para calefacción y un sobrecalentamiento debido a la conducta de los usuarios.

Palabras clave: eficiencia energética; viviendas de interés social; confort; tecnología.

ABSTRACT

The main objective of this research consists in the analysis of higrothermal comfort during winter in low-income housing in a very cold climate. With the purpose of including the highest possible diversity of prototypes and constructive systems, a sample was made of 26 cases in the province of Tierra del Fuego, Argentina. The examination was realized using 20 complete audits from the city of Río Grande, in the NE of the province at -53° 80' latitude, -67° 75' longitude and 13m altitude above sea level, respectively.. The results show the variation of thermal behavior according to the implemented technology and their correlation with the consumed natural gas. On the basis of these results the municipal thermic quality is evaluated. It is observed that the users achieve what they consider to be their conditions of well being by means of a surplus in the consumption of gas for heating.

Key words: energy efficiency, low-income housing, comfort, Technology.

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo es parte de una beca doctoral otorgada por el CONICET en el año 2004, la cual tiene como objetivo principal determinar el comportamiento de las viviendas de interés social desarrolladas por el IPV (Instituto Provincial de la Vivienda) en el extremo sur-patagónico argentino. Dado el rol importante del estado en la construcción del hábitat fueguino y el alto porcentaje de participación del sector residencial en el total de la energía consumida. Desarrollaremos, en primer lugar, un análisis de la respuesta de las viviendas con respecto al clima y al sitio en donde se encuentran implantadas. En segundo lugar se contrastación entre las pérdidas globales calculadas respecto de los indicadores propuestos por el Instituto Argentino

de Normalización (IRAM), para este sitio. Por último se estudiara el consumo anual de energía para calefacción. Dado que hemos detectado que existe escasa variación en los consumos de energía independientemente de la forma edilicia y sistema constructivo utilizado. (Díaz, C.; Czajkowski, J.; 2004,05).

Para esto se desarrollaron trabajos de campo en los cuales se realizaron auditorías energéticas detalladas para el periodo de verano e invierno en la ciudad de Río Grande y Tolhuin con un total de 20 y 6 respectivamente (Ver figura 1 y Tabla 1).



Figura 1: Ubicación de la Prov. de Tierra del Fuego en la Rep. Argentina. Localización de Río Grande.

Tabla 1: Datos climáticos de la ciudad de Río Grande.

Estación	T med °C	T máx °C	T mín °C	HR %	VV Km/h
Verano	18,3	21,5	-3,6	70	17
Invierno	-0,3	7,1	-11,6	78	10
Anual	7,0	15,7	-2,5	73,2	14

2 MATERIALES Y METODOS

Se realizó una evaluación de los consumos de energía de 20 casos correspondiente a diferentes planes de vivienda (Chacra II, IV, XI e INTEVU). Se contemplo las características del sistema constructivo y se planteo un análisis comparativo de las viviendas agrupándolas de acuerdo a las similitudes constructivas, formales y dimensionales.

Se evalúan en primer lugar las unidades habitacionales, en edificio tipo monobloque, correspondientes al sistema constructivo pesado (1 y 2) materializadas con placas pretensadas de hormigón armado (H°A°) con aislamiento térmico en los paramentos verticales ($K_{(1)} = 0,84 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $K_{(2)} = 0,91 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) y de H°A° insitu para los entrepisos ($K_{(1y2)} = 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). En segundo lugar se encuentran las unidades habitacionales unifamiliares, de sistema constructivo tradicional (3 y 4) cuyos cerramientos verticales son materializados con bloques de hormigón revocados en ambas caras ($K_{(3)} = 1,05 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $K_{(4)} = 2,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$); con cubiertas de chapa galvanizada con aislamiento higrotérmico y machimbre de pino a la vista ($K_{(3y4)} = 2,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$). En último lugar, unidades habitacionales unifamiliares de sistema constructivo liviano (5 y 6); materializado con estructura de madera, recubrimiento exterior tipo “siding” en madera, aislamiento térmico interior con lana de vidrio y terminación interior con placas de yeso roca: ($K_{(5)} = 0,83 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $K_{(6)} = 0,81 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) y cubierta de chapa galvanizada con aislamiento higrotérmico y cielo raso suspendido de yeso ($K_{(5)} = 0,89 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ y $K_{(6)} = 0,86 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).

Se realizó una campaña de mediciones en el período 10-07 al 30-07-2005 sobre casos auditados en el verano previo (Díaz, C.; Corredera C.; Czajkowski J. 2005) por dos auditores. Se utilizó el siguiente instrumental: 11 micro-adquisidores de datos HOBO, una estación meteorológica de

dos canales HOBO, dos luxómetros digitales TES 1332 y 1330 con rangos 200-200000 lux y 20-20000 lux respectivamente y cinco termohigrómetros digitales.

Las mediciones del comportamiento higrotérmico de las viviendas fueron realizadas en un lapso de cinco días corridos que incluyen un fin de semana completo. Esto buscando generar información lo más completa posible sobre modos y comportamientos de uso de las viviendas y la energía, permitiendo de ésta manera comparar días laborables y de descanso, todo esto con los recursos escasos que se contaron para llevar adelante la investigación.

Preferentemente se busco registrar el comportamiento higrotérmico del estar y dormitorio principal. Para optimizar el instrumental en el período de mediciones se ubicó en el dormitorio un micro-adquisidor de datos HOBO y en el estar (a la vista) el termohigrómetro digital cuando en el grupo familiar alguien comprendía y se responsabilizaba de la lectura y registro; en el resto de los casos se usaron HOBO's. Los datos obtenidos fueron exportados en formato compatible con el programa Psiconf 1.0 (Czajkowski, J. 2006). Este permite graficar datos obtenidos por HOBO's, termohigrómetros digitales o termómetros de máxima y mínima en un diagrama bioclimático (Givoni, B.; 1969)

Se dio participación a los usuarios incluyéndolos en la lectura y registro de los termohigrómetros digitales bajo periódica supervisión de los auditores. Se registraron los consumos iniciales y finales de electricidad y gas natural.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis de las características formales y térmicas de la muestra.

En la tabla 2 se muestran los indicadores morfológicos y térmicos de los prototipos analizados y se calculan los valores promedios del consumo de gas natural facturado.

Tabla 2 - Indicadores dimensionales, morfológicos y térmicos. SC: Sistema Constructivo, A: Área, V: Volumen, Fc: Factor de compacidad, Ff: Factor de forma, Fe: Factor de exposición, G: Coef. volumétrico G de pérdidas de calor (IRAM 11604), CGN: Consumo anual de gas natural.

Nº	Barrio	SC	A	V	Fc ^(a)	Ff ^(b)	Fe ^(c)	G(W/m ³ .K)	CGN(m ³)
1	Chacra II	Pesado	92,6	240,8	69,2	0,38	0,19	2,00	2776,4
2	Chacra II	Pesado	95,0	247,0	72,2	0,38	0,19	2,26	6133,4
3	Chacra IX	Tradicional	79,8	220,0	85,7	0,36	0,90	1,72	6836,4
4	Chacra XI	Tradicional	80,0	224,0	69,4	0,35	0,62	1,83	8231,9
5	INTEVU	Liviano	130,0	363,0	96,5	0,36	0,71	1.16	7526,0
6	Chacra II	Liviano	89,0	231,4	65,4	0,38	1,00	1.47	7651,0

De la tabla 2 surgen que excepto la operatoria del sistema constructivo pesado (2776,43 m³) pareciera que la mayoría de los usuarios a misma situación climática responden con similar consumo de gas natural. El caso que marcamos como excepción tiene la particularidad de tener un bajo factor de exposición (Ff =0,19) debido a que se localiza en un monobloque entre dos departamentos *altamente calefaccionados*; como veremos más adelante.

Al poseer los cerramientos horizontales un K₍₁₎= 2 W/m².K cada uno, se produce una situación que genera en el departamento medio una menor demanda de energía en calefacción, debido al aparente aporte indirecto de los departamentos vecinos.

Respecto al grado de exposición de la muestra reducida de casos de la tabla 2 observamos que los casos 1 y 2 tienen un bajo nivel de exposición al medio exterior; casos 4 y 5 un nivel medio alto y los casos 3 y 6 prácticamente sin protección al medio.

3.2 Análisis del comportamiento higrotérmico.

Las viviendas 1 y 2 de la figura 2 muestran un comportamiento higrotérmico similar, podemos observar que la temperatura exterior se encuentra entre -3 y 5 °C con una humedad relativa (HR) superior al 90%, mientras que ambas viviendas conservan una temperatura interior de 19 a $26,5$ °C y una HR que varía entre 25 y 38%, lo que demuestra una baja amplitud térmica y ambientes secos, producto del sistema de calefacción, tipo tiro balanceado, que es el de ambas viviendas. En la vivienda 2 puede notarse un período de medición que sale del área de confort de invierno debido a que la usuaria de la misma la ventila durante dos horas diariamente. Esto surge de la encuesta.

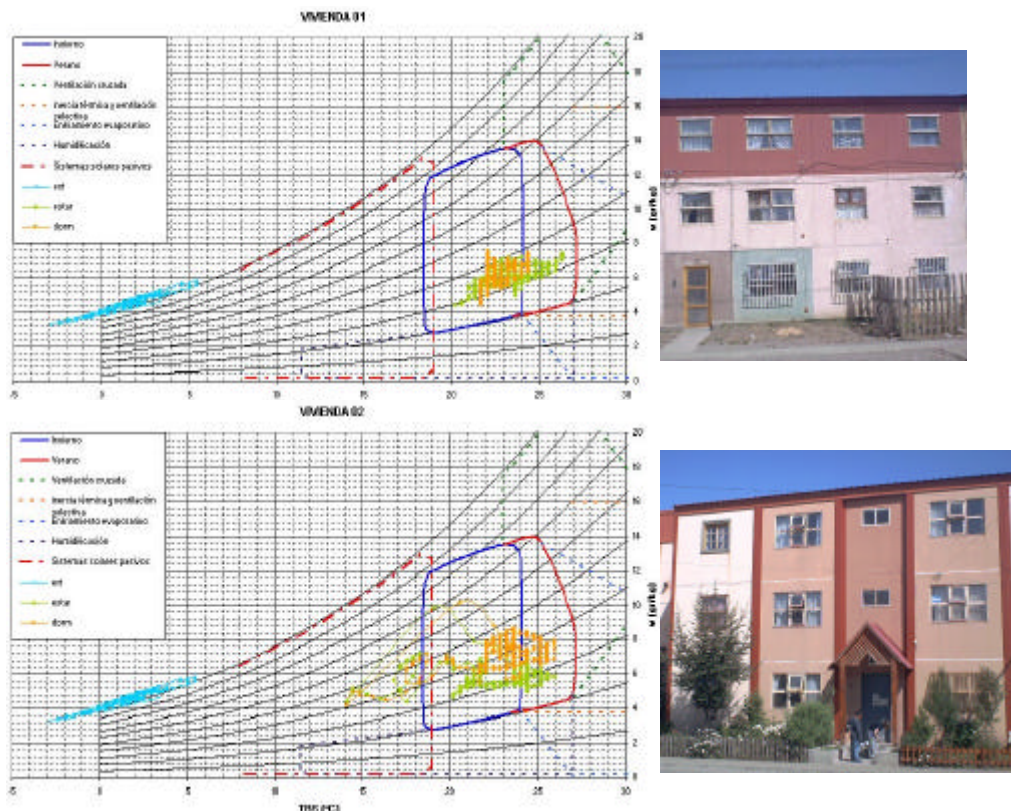


Figura 2: Características higrotérmicas para las viviendas 1 y 2 del sistema

El análisis de la figura 3, de construcción tradicional, muestra mayores diferencias teniendo en cuenta que las condiciones climáticas del exterior son diferentes. La vivienda 3 se encuentra entre los -1 y 8 °C de temperatura exterior y la vivienda 4 entre -5 y 8 °C. En ambos casos la HR es superior al 70%. La amplitud térmica de la vivienda 3 se encuentra entre 20 y 28 °C con 20 y 30% de HR, mientras que la 4 presenta una condición de 18 a $25,5$ °C con 28 a 52%. Del análisis de la vivienda 3 podemos notar que hay poca variación en la HR siendo el ambiente interior preferentemente seco, pero hay una gran variación en la temperatura ($\Delta t = 10$ °C). La primera situación se debe a que la vivienda tiene un sistema de calefacción centralizada de caldera por radiadores que tiende a “secar” el ambiente interior y la variación de temperatura se debe a dos situaciones concurrentes, bajo nivel de aislamiento térmico de la envolvente y problemas de la regulación automática del sistema de calefacción.

La vivienda 4 muestra una mayor variación en el contenido de humedad interior, y del análisis de la encuesta, surge que se debe a los hábitos de cocción e higiene. Además por esta misma situación también podemos ver un comportamiento similar a la vivienda 2, ya analizada, de ventilar diariamente a pesar de la rigurosidad del clima. Esto no sería necesario si hubiera un adecuado diseño de las ventilaciones sanitarias, más cuando, este prototipo posee baño central.

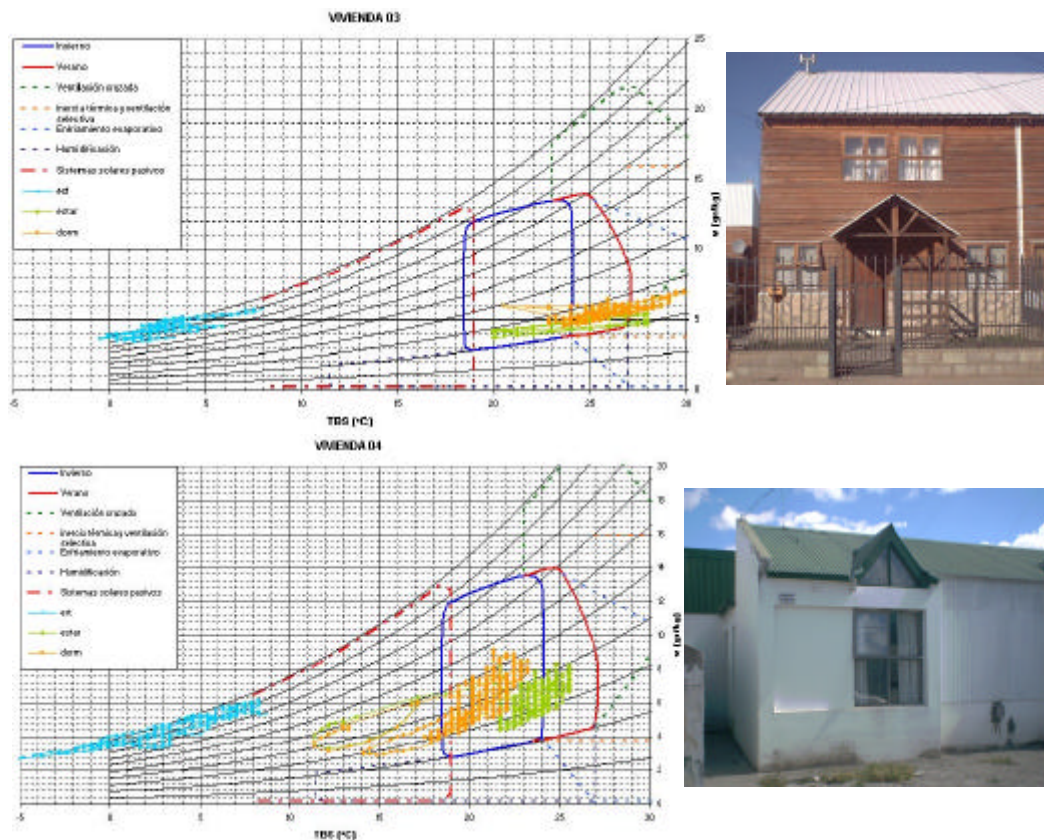


Figura 3: Características higrotérmicas para las viviendas 3 y 4 del sistema constructivo tradicional

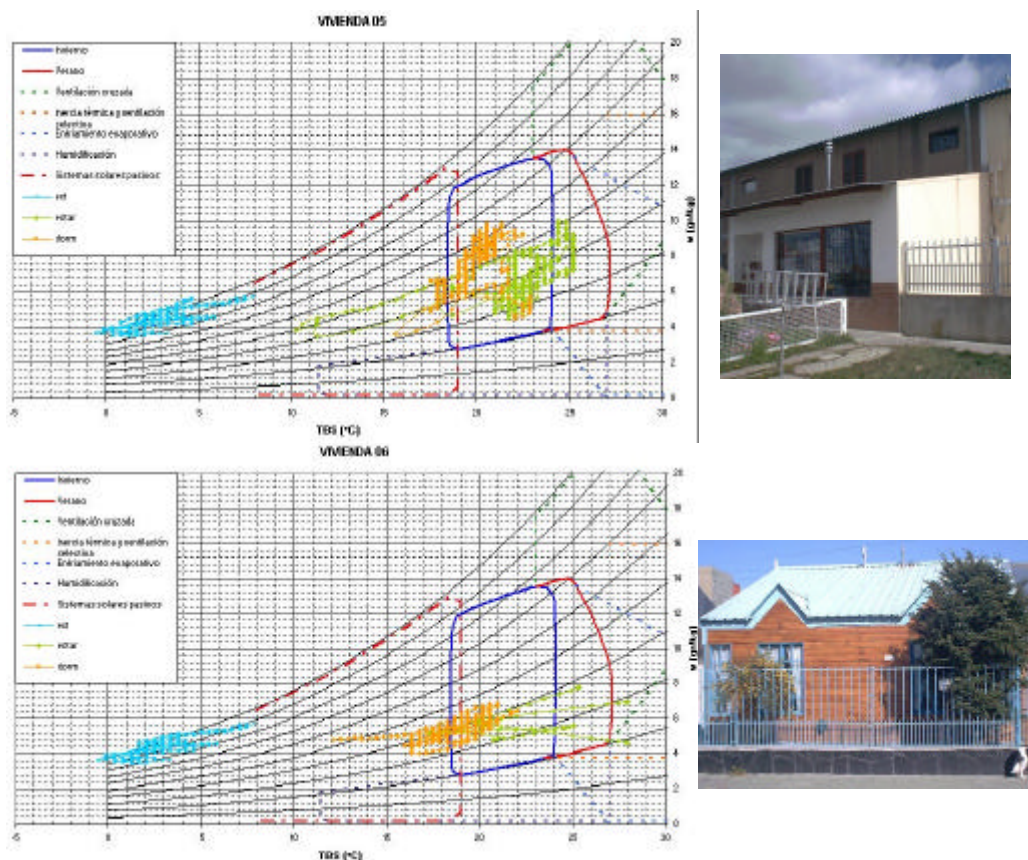


Figura 4: Características higrotérmicas para las viviendas 5 y 6 del sistema constructivo liviano

En la figura 4 vemos que la temperatura exterior se encuentra entre -1 y 8 °C con una HR superior al 70%. En el interior de la vivienda 5 la temperatura se encuentra bastante homogénea, arrojando valores entre los 19 y 25 °C con HR que ronda los 28 a 62%. Para el último caso medido la temperatura interior es mas dispersa 15 a 25 °C, en cambio la HR es la que tiene valores homogéneos que rondan entre los 30 y 45%. En estos casos el sistema de calefacción es por medio de equipos de tiro balanceado, con lo cual el aumento de HR en el interior, se podría explicar por un procedimiento de humectación que utilizan los usuarios de esta vivienda, que consiste en apoyar un recipiente con agua sobre los artefactos de calefacción, produciendo una mayor cantidad de vapor de agua. Aunque es un sistema precario no podemos negar que tiene resultados positivos.

3.3 Comparación de la calidad térmica de las viviendas.

El cálculo del coeficiente volumétrico G_c de pérdida de calor fue desarrollado de dos maneras, una de acuerdo a Norma (IRAM 11604) sobre ahorro de energía en calefacción, la cual no siendo de cumplimiento obligatorio establece un nivel de calidad energética edilicia. Se obtuvo otro valor de G basado en información proveniente de la auditoria, en particular en lo referido a grado y tipo de exposición de la envolvente. La curva correspondiente al G_{adm} corresponde a 5500 grados día de calefacción base 20°C para la ciudad de Río Grande (Tabla 4 y Figura 5).

En la figura 5 se compara el G según norma de cada caso, el G según auditoria respecto del G_{adm} .

Tabla 3: Valores de pérdidas globales vivienda en función del volumen calefaccionado.

G W/m3.K según IRAM	G W/m3.K según auditorias
2,00	0,82
2,26	0,83
1,72	1,67
1,83	1,73
1,16	1,05
1,47	1,47

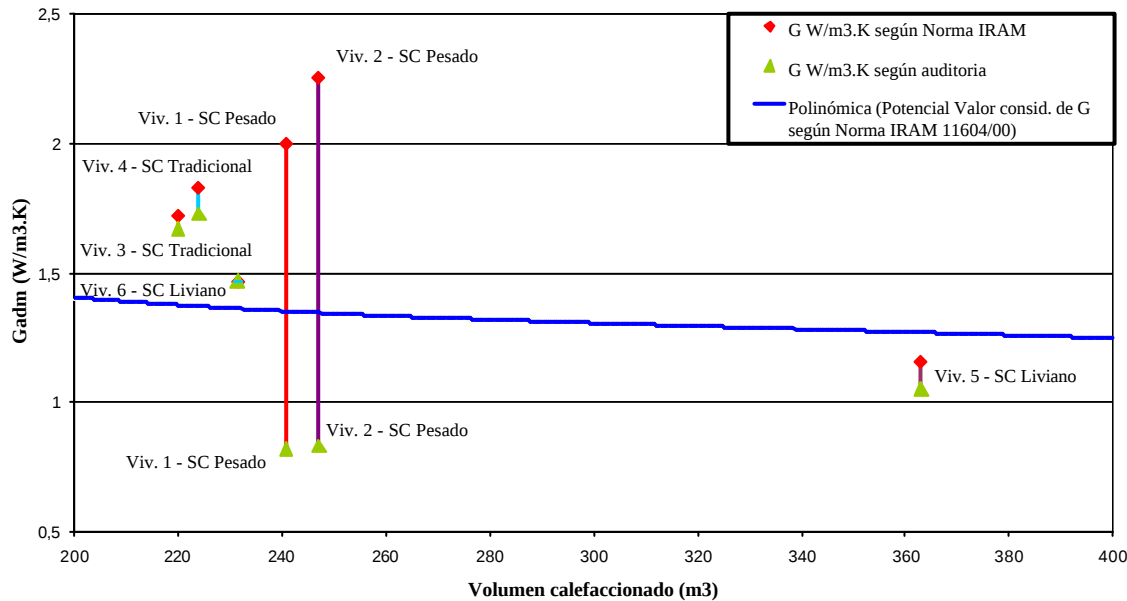


Figura5: Comparación de la calidad térmica de las viviendas según Norma y auditado respecto al G admisible para Río Grande.

Se indica con punto rojo el G de las viviendas calculadas según IRAM y los puntos verdes el G según auditoria. Las mayores diferencias en el G correspondiente al sistema constructivo pesado cumplen aparentemente con lo establecido en las Normas, aunque cabe considerar que dicho comportamiento se debe a que poseen la mayor superficie de cerramientos tanto verticales como horizontales en contacto con otros departamentos, lo que permite que haya menores pérdidas por estos paramentos.

Si en el resto de los casos se deseara cumplir con la Norma debería aumentarse significativamente el aislamiento térmico de la superficie envolvente (vidriada y opaca) y elegir una solución tecnológica en carpinterías que reduzca la infiltración de 1,5 Renovaciones a un valor entre 0,97 (mínimo establecido por Norma) a 1,2.

3.3 Análisis del consumo energético para calefacción

En este apartado se evaluó el consumo de energía utilizada para calefacción (gas natural) de tres maneras, la primera se calculó el consumo con base 20°C (Norma IRAM), la segunda bajo la hipótesis de 25°C, la última se calculó en base a las temperaturas medias del periodo de medición de las auditorias (Figura 6).

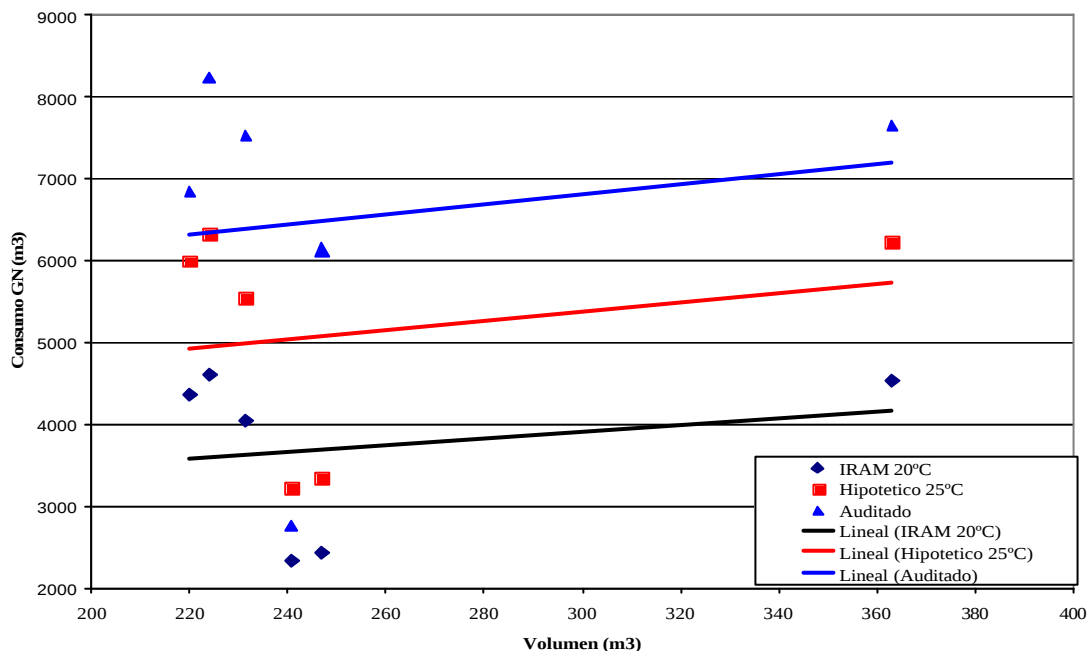


Figura 6: Consumo de gas natural para cada caso auditado.

El promedio del gas consumido por vivienda es superior a los 6500 m³/año. Lo que demuestra claramente el mal comportamiento de los sistemas constructivos con respecto al sitio.

Otro dato relevante que se extrajo de las auditorias es que las diferentes viviendas tienen similitudes en cuanto al comportamiento social-energético¹, uno de estos factores que se consideraron al desarrollar los cálculos fueron que la calefacción se encuentra encendida durante las 24 horas del día a lo largo de todo el año y la manera de bajar la temperatura de los locales es por medio de la apertura de las ventanas.

¹ Se atribuirá este término para explicar las similitudes en el comportamiento de los usuarios para “usar” la vivienda, más allá de cómo este constituido el grupo familiar.

4 CONCLUSIONES

Es posible, a través de la evaluación realizada, identificar la hipótesis formulada en la introducción del trabajo.

Los resultados de las auditorias y evaluación térmica de cada vivienda muestran que la interpretación no queda restringida a aspectos puramente constructivos. Son varios los factores que influyen en forma directa sobre el comportamiento energético y el confort térmico de las viviendas. De dichos comportamientos podemos mencionar factores exógenos como endógenos, dentro los primeros cabe señalar que la variabilidad del ambiente externo y el entorno físico son elementos que se deben tomar con mucha cautela a la hora de diseñar ya que se pudo demostrar que las condiciones climáticas son muy rigurosas. En cuanto a los endógenos el comportamiento social-energético es un factor que demostró tener mucha influencia a la hora de establecer los índices de confort interior, con lo cual creemos que seria importante tener en cuenta esta variable.

Cabe aclarar que mas allá que estas viviendas lleguen al confort, se debería cuestionar la manera en como lo logran y que es principalmente por medio de un uso excesivo de gas natural en calefacción, ya que quedo demostrado en las mediciones que los sistemas constructivos no son los adecuados para el sitio en donde se encuentran implantados.

En función de los datos obtenidos se pretende en la etapa siguiente proponer mejoras a las viviendas para que respondan al clima y verificar nuevos comportamientos mediante simulación numérica.

5 REFERENCIAS

- (a) Guerrero J. et al. (1983). Conservación de energía – Estudio del consumo energético en viviendas de la zona templada – húmeda. **Informe final** IAS-FIPE, La Plata.
- (b)(c) Czajkowski, Jorge y Gómez, Analía (1994). Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Czajkowski, Jorge et al (1999) Determinación de las condiciones de confort en viviendas urbanas mediante la realización de auditorias. **Actas** V Encontro de Conforto no Ambiente Construido. 6 págs. CD.
- Czajkowski Jorge, et al (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina”. **Actas** VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no ambiente Construido y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones. Curitiba, Brasil. 8 pág.
- Díaz, Cristian Jorge; Czajkowski, Jorge Daniel (2003). “Comportamiento térmico de viviendas populares en TDF (Argentina)”. **Actas** VII Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no ambiente Construido y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones I, Curitiba – Brasil. Comunicación 2 pág.
- Díaz, Cristian Jorge y Czajkowski, Jorge Daniel. (2004). “Comportamiento térmico en viviendas populares en Tierra Del Fuego”. **Actas** 26º Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, Argentina. Pág. 73-78.
- Díaz Cristian J., Corredera Cecilia, Czajkowski Jorge D. (2005). Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano. **Actas** 25º Reunión de Trabajo de ASADES. San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina. Pág. 79-84.
- Filippin, C., De Rosa, C y Bernardos, J. (1995). Variación del perfil energético estacional en viviendas de Interés Social en La Pampa. **Actas** 17º Reunión de Trabajo de ASADES. San Luis, Argentina. Pág. 23-30.
- Filippin C., Beascochea A. (2002). Residencias solares para estudiantes de escasos recursos en La Pampa. Su comportamiento térmico y energético. **Actas** 23º Reunión de Trabajo de ASADES.

Givoni B. (1969). Man, climate and architecture. Elsevier publishing company limited.

Instituto Argentino de Normalización-IRAM. (2000) Actualización de las Normas IRAM sobre aislamiento térmico de edificios. Norma IRAM 11604.

Rosenfeld E., et al (1987). Evaluación de las Características Térmicas y Prácticas de uso de las viviendas del Área metropolitana. **Actas** 12º Reunión de Trabajo de ASADES, Bs.As, Argentina. (12 pág.).

Rosenfeld E., et al (1988). Consumo y conservación de Energía en el sector Residencial de la Villa Minera de Río Turbio, Pcia. de Santa Cruz. **Actas** 13º Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar. pp.273 tomo 2 (12 pág.).

6 AGRADecIMIENTOS

Al Gobierno de la provincia de Tierra del Fuego por facilitar los pasajes aéreos y a la Armada Argentina por la estadística meteorológica de la región, lo que permitió poder desarrollar con éxito ésta investigación. Una especial mención a la Unidad de Investigación N° 2 del IDEHAB-FAU-UNLP; a la Escuela Técnica N° 1 “Campañas al desierto” de Trenque Lauquen y la Facultad de Ingeniería que facilitaron el instrumental utilizado. Al Arq. Giuggia Eduardo Director del área Técnica del IPV-Tierra del Fuego por facilitarnos una copia del legajo técnico de las viviendas de la región y al Arq. Zamorano Matías por el apoyo brindado.