



## RESULTADOS DE MEDICIONES DE CONFORT HIGROTÉRMICO EN VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN TIERRA DEL FUEGO. CAMPAÑA DE VERANO.

Díaz Cristian J.<sup>1</sup>; Corredera Cecilia<sup>1</sup> y Czajkowski Jorge D.<sup>2</sup>

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  
e-mail: [diazcristian007@yahoo.com.ar](mailto:diazcristian007@yahoo.com.ar); [czajko@yahoo.com](mailto:czajko@yahoo.com)

**RESUMEN:** El objetivo general del trabajo consiste en el análisis del confort higrotérmico de verano en viviendas de interés social en clima muy frío. Sobre una muestra de 26 casos se exponen resultados de 20 auditorías en Río Grande, Tierra del Fuego. Esto con el fin de abarcar la mayor diversidad de tipologías y sistemas constructivos. Los resultados muestran la variación de comportamiento térmico según la tecnología implementada y su correlación con el gas natural consumido. Se observa a través del análisis que los usuarios logran, lo que consideran, sus condiciones de bienestar por medio de un excedente en el consumo de gas para calefacción.

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

### INTRODUCCION

La política del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) de la provincia de Tierra del Fuego ha dado desde su creación, fines de los '70 y principio de los '80, una gran diversidad de respuestas, en lo arquitectónico y constructivo, a las necesidades habitacionales. Se ha demostrado (Díaz, C y Czajkowski, J; 2004) en el análisis de un caso respecto a la normativa vigente que estas no se cumple o se cumple en la documentación, aunque no se verifica in-situ.

Desde ya se desconoce la situación del resto de las "operatorias" y esto fundamenta los objetivos de la presente investigación. Esto llevaría a que se produzcan grandes consumos energéticos en el parque habitacional de producción estatal, problemas de confort higrotérmico en sectores de bajos recursos, patologías constructivas en la envolvente, entre otras. Estas presunciones se basan en trabajos similares realizados por el grupo de trabajo desde mediados de los '80 en climas templados húmedos y muy fríos del país (Rosenfeld, et al, 1987, 1988; Czajkowski, et al, 1999, 2003).

Bajo estas condiciones se plantea la hipótesis de que la respuesta de diseño arquitectónico a las viviendas de interés social no es ambientalmente adecuada, en cuanto a eficiencia energética, tecnología constructiva, confort interior, entre otras. Si se considerara la utilización de diseños adecuados al sitio en el cual van a ser implantados, se estaría pensando en gastos que se podrían recuperar en el corto plazo y a su vez promocionando la disminución de consumo de energía para obtener el confort deseado.

Cabe aclarar que el siguiente estudio es parte de un trabajo más amplio, cuyo objetivo es determinar el comportamiento higrotérmico en viviendas de interés social en verano e invierno, con la intención a mediano plazo de proponer un diseño arquitectónico ambientalmente adecuado y su transferencia al medio.

Se realizaron veinte auditorías energéticas detalladas en la ciudad de Río Grande y seis en la ciudad de Tohulín. La localidad de Río Grande se ubica al NE de la provincia de Tierra del Fuego a 53° 40', 67° 40' y 70 m, de latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, respectivamente, con una población de aproximadamente 55.000 habitantes (Figura 1).

De acuerdo a la clasificación bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM 11.603, 1992) corresponde a la zona VI, muy frío. Posee veranos fríos e inviernos muy rigurosos (Datos medios anuales: T<sub>máx.med.</sub>: 15,8 °C, T<sub>mín.med.</sub>: - 3,6 °C, con una HR: 73%, vientos muy fuertes, en la mayor parte del año, de SO y 5482 grados día (Base 20 °C). La temperatura mínima de diseño en invierno es de -11,6 °C (Figura 2).



**Figura 0:** Ubicación Prov. Tierra del Fuego en la Rep. Argentina. Localización de Río Grande.

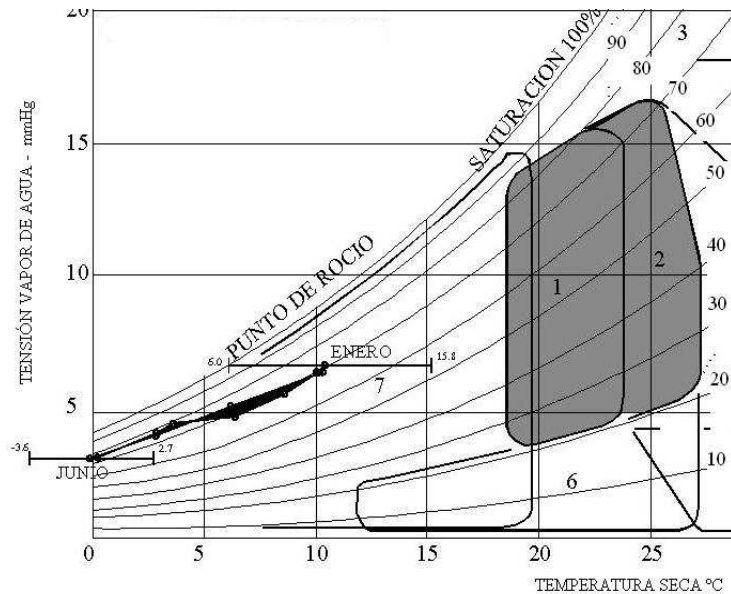
<sup>1</sup> Becario Doctoral CONICET.

<sup>2</sup> Investigador CONICET.

## METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS


Se llevaron a cabo auditorías de verano del comportamiento térmico en condiciones reales de uso entre el 4-02 y el 21-02-2005, para esto se utilizó el siguiente instrumental: veintidós mini-almacenadores electrónicos de datos tipo HOBO, una estación meteorológica de dos canales tipo HOBO, dos luxómetros digitales TES 1332 y 1330 con rangos 200-200000 lux y 20-20000 lux respectivamente y un termómetro digital para medición de temperatura superficial.

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 la vivienda 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.



Para poder plantear un análisis comparativo se escogieron seis tipos de vivienda de la ciudad de Río Grande de un total de veintiséis auditadas, agrupándolas de a dos. El criterio de esta agrupación está basado en sus similitudes constructivas, formales y dimensionales; para el cual se determinó el peso superficial de cada solución constructiva de muros y techos y sus respectivas transmitancias térmicas. Otro dato que se cruzó con esta información es el consumo de combustible, particularmente el gas natural (GN), para determinar cual es el confort logrado teniendo en cuenta la respuesta arquitectónica al sitio, sistema constructivo y el comportamiento de la estructura social de los hogares.

En las Tablas 1 a 3 se muestra una síntesis de las características de los casos en estudio, diferenciando a cada Tipo según la empresa constructora.

Tecnología implementada		K W/m <sup>2</sup> .K	Peso Kg/m <sup>2</sup>	Sup cubierta m <sup>2</sup>	 <p><b>Figura 3:</b> Imagen del Tipo 2 (Dycasa).</p>
Tipo 1 (Supercimiento)	Muro: Placas de hormigón armado prefabricado con 3 cm de aislación en medio	0,84	265,00	92,60	
	Techo: Entrepiso de losa hormigón armado	2,00	220,00		
Tipo 2 (Dycasa)	Muro: Placas de hormigón armado prefabricado con 1,5 cm de aislación en medio	0,91	264,00	95,00	
	Techo: Entrepiso de losa hormigón armado	2,00	220,00		

**Tabla 1:** Resumen de la tecnología del sistema constructivo pesado.

## DISCUSIÓN


Las figuras 3 a 6 muestran los resultados correspondientes al comportamiento higrotérmico interior en el periodo de medición para cada tipo de vivienda, en el estar y dormitorio principal, respectivamente. Cabe aclarar que los Tipos 1-2-5 y 6 fueron auditados en el mismo periodo de tiempo y los Tipos 3 y 4 una semana posterior, con lo cual los datos de temperatura y humedad del exterior son diferentes.

Otro punto a aclarar es el comportamiento de los usuarios de los diferentes Tipos, los cuales son similares por varios factores, uno de ellos es que en todos los Tipos de vivienda la calefacción permanece encendida durante las 24 horas del día. El sistema de calefacción es con calefactores individuales a tiro balanceado en la mayoría de los Tipos, salvo en el 3 que

tiene sistema de calefacción central por radiadores. Otra similitud es la manera en bajar la temperatura de los locales, que es por medio de la abertura de las ventanas.

En este trabajo solo analizaremos en profundidad el comportamiento térmico de las viviendas. A modo de referencia podemos decir que la humedad relativa en el interior de los diferentes Tipos es muy variada, salvo la vivienda con caldera, que en ambos ambientes medidos, es similar y se mantienen casi constantes; en el resto coinciden los picos con los horarios de comidas y posibles duchas que pueden influir en toda la vivienda, ya que estamos hablando de Tipos de viviendas compactas y de pocos metros cuadrados.


Tecnología implementada		K W/m <sup>2</sup> .K	Peso Kg/m <sup>2</sup>	M <sup>2</sup> Cubiertos
Tipo 3 (Petrocon)	Muro: Bloque de hormigón revocado en ambas caras con 2 cm aislación.	1,05	188,00	79,80
	Techo: Chapa c/ aislación y machimbre a la vista.	1,17	26,50	
Tipo 4 (Proalsa)	Muro: Bloque de hormigón revocado en ambas caras.	2,15	164,00	80,00
	Techo: Chapa c/ aislación y machimbre a la vista.	1,17	26,50	



**Figura 4:** Imagen del Tipo 3 (Petrocon).

**Tabla 2:** Resumen de la tecnología del sistema constructivo tradicional.

Tecnología implementada		K W/m <sup>2</sup> .K	Peso Kg/m <sup>2</sup>	M <sup>2</sup> Cubiertos
Tipo 5 (Finlandesas)	Muro: Sist. prefabricado con madera exterior aislación y enchapado int.	0,83	41,00	60,50
	Techo: Chapa c/ aisl. y cielo raso suspendido.	0,89	30,00	
Tipo 6 (Constuar)	Muro: Sist. prefabricado con madera exterior aislación y enchapado int.	0,81	38,50	65,20
	Techo: Chapa c/ aislación y cielo raso suspendido.	0,86	32,00	



**Figura 5:** Imagen del Tipo 6 (Constuar).

**Tabla 3:** Resumen de la tecnología del sistema constructivo liviano.

En base a esto podemos observar que si comparamos las amplitudes térmicas exteriores rondan en ambas mediciones los 16 °C, mientras que la amplitud térmica interior se encuentra entre los 3,1 °C y 5 °C en los estar, y 5,5 °C y 7,5 °C en los dormitorios, salvo en la vivienda con sistema de calefacción por radiadores que tiene una amplitud térmica de 8,2 °C tanto en estar como en dormitorio.

Si analizamos la respuesta térmica de la muestra de edificios en relación al exterior, vemos que la temperatura media exterior fue de 12 °C, mientras que la temperatura media en el interior de los diferentes tipos de vivienda fue muy superior; alcanzando los 25 °C. Esto muestra que independientemente de la tecnología implementada en cada uno de los tipos analizados, existe una gran similitud en las temperaturas interiores. Lo que muestra que más allá de la calidad de las envolventes se detecta un consumo excesivo de gas natural en calefacción. Por otra parte, no vemos una actitud en el comportamiento de los usuarios hacia un uso racional de la energía.

Para poder realizar un análisis comparativo en cuanto al consumo de gas natural (GN) en relación al uso racional de la energía, proponemos un indicador que hemos denominado *índice de demanda energética* (IDE), que utilizará como variables el consumo de GN anual (Figura 6), los grados día de calefacción (°D) con bases 20 (5482 °D/año) y 25 °C (7040 °D/año) y los metros cuadrados cubiertos respectivos a cada tipo. Se adopta base 20°C para que cada tipo sea comparable en su IDE con otros casos del país y base 25°C correspondiente a la temperatura media medida ya tratada.

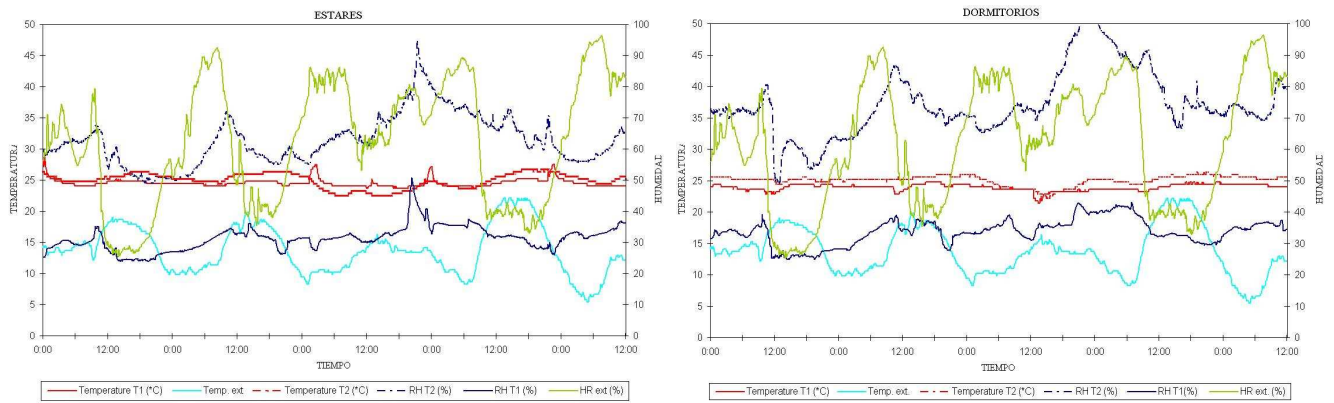


Figura 3: Comportamiento higrotérmico de los estar y dormitorios del Tipo 1 y 2.

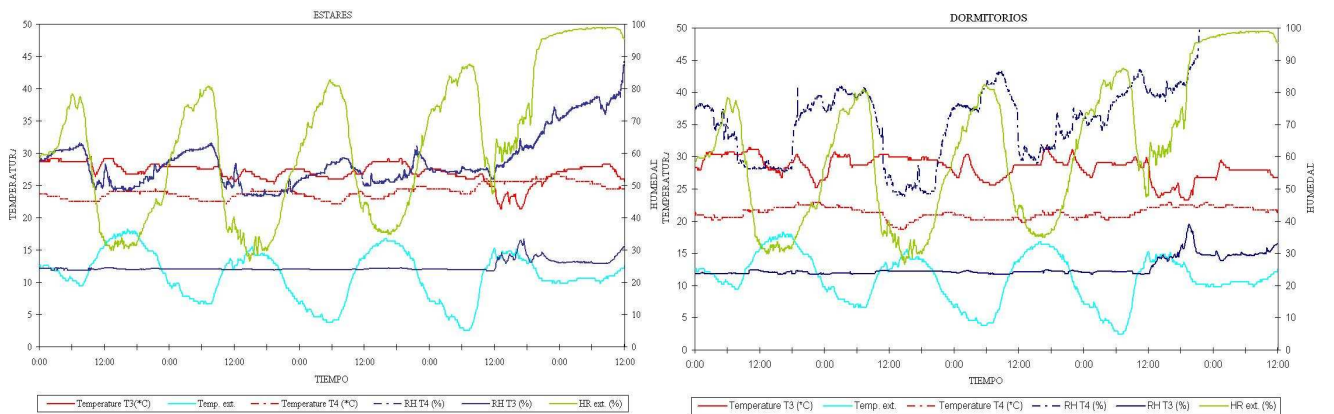


Figura 4: Comportamiento higrotérmico de los estar y dormitorios del Tipo 3 y 4.

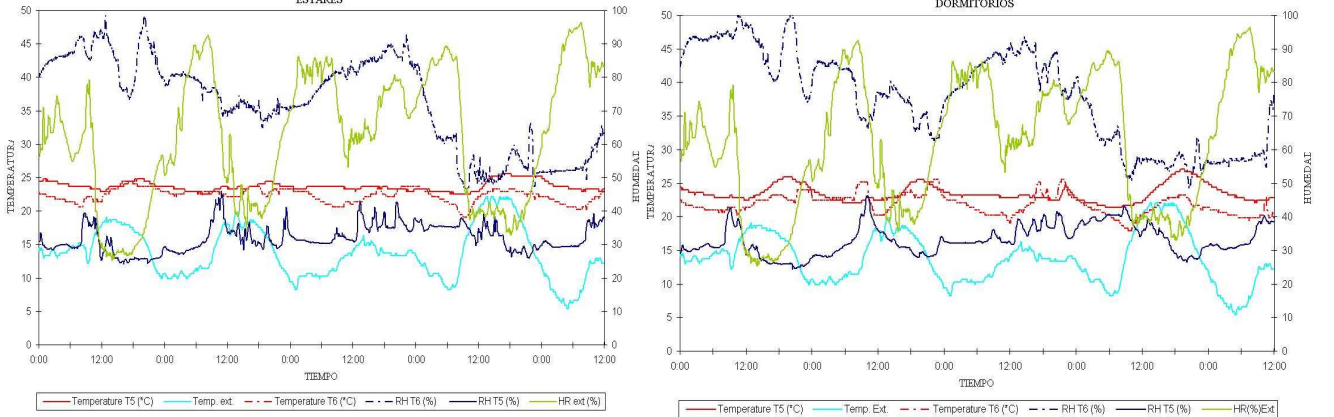


Figura 5: Comportamiento higrotérmico de los estar y dormitorios del Tipo 5 y 6.

En base a estos datos tendríamos la siguiente expresión:

$$IDE_{20^{\circ}C} = \frac{\text{Consumo GN} [m^3 / \text{año}]}{GD_{cal} [^{\circ}D / \text{año}] \times \text{Suphab} [m^2]} = [m^3 / m^2 \cdot ^{\circ}D] \quad [1]$$

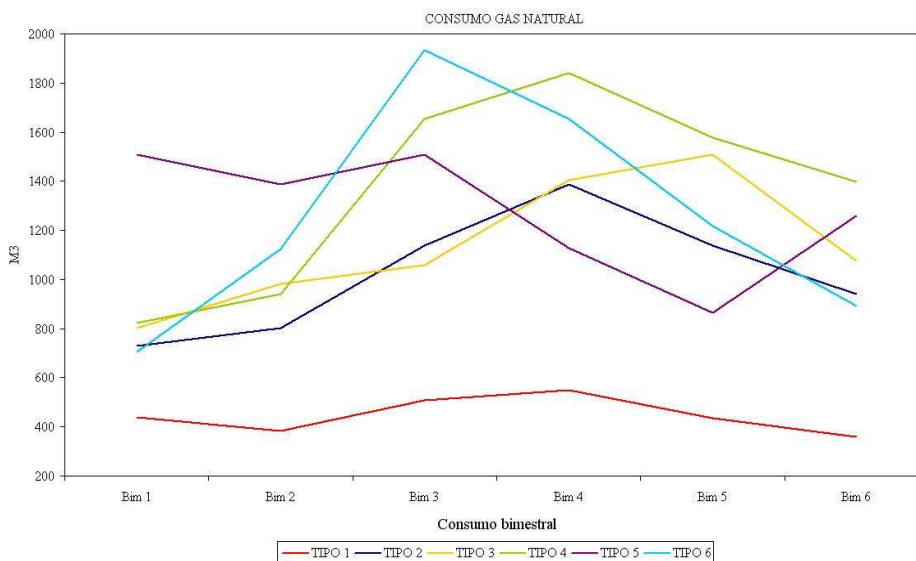
Remplazando:

Tabla 4: Valores del IDE para cada Tipo de vivienda en estudio.

	Suphab m <sup>2</sup>	Consumo GN m <sup>3</sup> /año	IDE 20°C m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> °D	IDE 25°C m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> °D
TIPO 1	93	2777	0,005	0.004
TIPO 2	95	6134	0,012	0.009
TIPO 3	80	6837	0,016	0.012
TIPO 4	80	8232	0,019	0.015
TIPO 5	61	7651	0,023	0.018
TIPO 6	65	7526	0,021	0.016



En todas estas comparaciones solo se diferencia el tipo 1, que por encontrarse en medio de otros departamentos calefaccionados a similar temperatura no posee intercambio de calor hacia arriba y abajo con lo cual sus pérdidas son en los planos verticales. Al poseer los cerramientos horizontales un  $K = 2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  cada uno, se produce una situación que genera en el departamento medio una menor demanda de energía en calefacción (ver figura 6).



**Figura 6:** Consumo de Gas Natural discriminado para cada Tipo de vivienda según encuesta.

## CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio permitieron observar que el comportamiento térmico de los Tipos analizados según la tecnología con la cual están desarrolladas no es un factor determinante para dicho comportamiento, puesto que en todos los casos analizados la temperatura interior es similar y casi constante ( $25^{\circ}\text{C}$ ).

Para lograr el confort los usuarios hacen un uso excesivo de la calefacción, sobrepasando cualquier variable tecnológica o arquitectónica. A nivel gubernamental o se desconoce la situación o por inacción la acepta, entendiendo que esta actitud facilita el derroche energético y la ineficiencia energética edilicia.

Puede concluirse que con una campaña de concientización sobre uso adecuado de la energía y con mínimos sobrecostos en el costo inicial de construcción, es posible alcanzar adecuados niveles de confort higrotérmico interior. En la continuidad del trabajo se buscará comparar el *IDE* propuesto con otros trabajos realizados en el país, posiblemente en cooperación con otros investigadores, con el fin de probarse su utilidad. Habrá que proponer valores de referencia, y a posteriori ser propuesto al Enargas para que lo incluya en la facturación a los usuarios, junto a recomendaciones para mejorar la eficiencia energética edilicia.

El departamento superior al T1 es el último del bloque, el cual tiene como cerramiento vertical techo de chapa con lana de vidrio como aislamiento, de 4 cm de espesor y cielorraso suspendido. Esta característica constructiva, sumado al muro con un  $K = 0,84 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  permiten que existan grandes pérdidas por estos elementos llevando, en consecuencia, a que se calefacciones logrando temperaturas similares a los otros tipos medidos ( $23$  a  $30^{\circ}\text{C}$ ). Este fenómeno permite suponer que la temperatura lograda en el departamento en estudio conserve y logre una mínima pérdida por conducción por techo.

## ABSTRACT.

The main objective of the work is the analysis of the summer higrothermal comfort on low - income housing in a very cold climate. The sample of 26 cases, carried out in the country of Tierra del Fuego, tried to be representative of the diverse prototypes of buildings and the different constructive systems. The exposed results are of the 20 audits belonging to the city of Río Grande. It was looked for to evaluate the thermal quality of the housings, to confirm the existence of an excessive consumption of gas in heating and an overheating that it is due to the user's inappropriate behavior.

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

## AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno de la provincia de Tierra del Fuego por facilitar los pasajes aéreos, permitiendo de esta manera poder desarrollar con éxito ésta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 14° Reunión de Trabajo de ASADES. Mendoza, Argentina. Pág 131-136
- Czajkowski, Jorge et al (1999) "Determinación de las condiciones de confort en viviendas urbanas mediante la realización de auditorías". Actas V Encontro de Conforto no Ambiente Construído. 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 Construído y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones. Curitiba, Brasil. 8 pág.
- Czajkowski., Jorge D., et al (2005). "Auditorías energéticas ambientales en el subtropico. Caso Oberá, Misiones, Argentina". Actas IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no ambiente Construído y V Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones I, Maceió – Brasil.
- Diaz, 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 Construído y III Conferencia Latinoamericana sobre confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones I, Curitiba – Brasil. Comunicación 2 pág.
- Diaz, Cristian Jorge y Czajkowski, Jorge Daniel. (2004). "Comportamiento térmico en viviendas populares en Tierra Del Fuego". Actas 26° Reunión de Trabajo de ASADES. La Plata, Argentina. Pág. 73-78.
- Filippin, C., De Rosa, C y Bernardos, J. (1995). "Variación del perfil energético estacional en viviendas de Interés Social en La Pampa". Actas 17° 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 23° Reunión de Trabajo de ASADES.
- Rosenfeld E., et al (1987). "Evaluación de las Características Térmicas y Prácticas de uso de las viviendas del Área metropolitana". Actas 12° 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 13° Reunión de Trabajo de ASADES, Asociación Argentina de Energía Solar. pp.273 tomo 2 (12 pág.).