



XIENCAC
ENCUENTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCUENTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGÉTICO DE UN PROTOTIPO DEMOSTRATIVO DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN CÓRDOBA, ARGENTINA

Alvaro Di Bernardo (1); Celina Filippín (2)

(1) Arquitecto, Becario CONICET, Doctorando en Arquitectura, alvarodibernardo@hotmail.com

(2) PhD, Arquitecta, investigadora de CONICET, cfilippin@cpenet.com.ar

Centro Experimental de la Vivienda Económica – CEVE – CONICET

Igualdad 3585 - Villa Siburu - C.P. 5003 - Córdoba, Argentina. Tel.: (+54) 351-4894442

RESUMEN

El *Centro Experimental de la Vivienda Económica* (CEVE) propone la transferencia de un sistema de producción de viviendas sociales, el cual prevé la ejecución de un prototipo experimental en tierras aportadas por la Municipalidad de Córdoba (Argentina) para ser utilizado, en una etapa posterior, como modelo a transferir masivamente mediante operatorias oficiales. En este trabajo, se exponen los resultados obtenidos de la simulación del comportamiento térmico-energético del prototipo, analizado en distintas orientaciones en un clima templado cálido seco (región bioambiental IIIa, Norma IRAM 11.603). La evaluación térmica se realizó para Enero y Julio y se calculó la carga de enfriamiento y calefacción anual con el programa Ecotect. Los efectos de los puentes térmicos en la envolvente perimetral del edificio se estudiaron con la herramienta Therm 5.2. Los resultados muestran que los locales no alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort. En el día más frío del año, las temperaturas medias interiores oscilan entre los 5 y los 6°C (temperatura media exterior 4,6°C). La situación de desconfort se intensifica si la fachada principal se orienta al Sur. En el día más cálido, la vivienda se encuentra la mayor parte del tiempo fuera de la zona de confort térmico, con temperaturas medias interiores de 28°C (temperatura media exterior 29,8°C). Los principales problemas encontrados fueron las altas renovaciones de aire en los locales y un pobre desempeño higrotérmico de la envolvente edilicia: insuficiente aislamiento térmico y baja capacidad de acumulación. El trabajo permitirá evaluar propuestas de refuncionalización energética con bajo sobrecosto de inversión para la implementación en futuros emprendimientos habitacionales de interés social.

Palabras Claves: vivienda social, simulación térmica-energética, comportamiento energético

ABSTRACT

The *Centro Experimental de la Vivienda Económica* (CEVE) proposes the transfer of a production system of social housing, which provides the implementation of an experimental prototype on land provided by the Municipality of Córdoba (Argentina) to be used, in a later stage, as a model for a massive transfer through official operatives. This work presents the results of the thermal-energy behavior simulation of the prototype, tested in different orientations in a dry temperate climate (IIIa bioenvironmental region, IRAM 11603). The thermal evaluation was made for January and July and calculated the cooling and heating annual loads with Ecotect software. The effects of thermal bridges on the perimeter of the building envelope were studied with Therm Tool 5.2. The results show that the premises do not meet the Hygrothermal comfort conditions. In the coldest day of the year, average internal temperatures range from 5 to 6 °C (average outside temperature 4.6°C). The discomfort situation is intensified if the main facade is oriented to the south. In the hottest day of the year, the house is the most of the time outside the thermal comfort zone, with average internal temperatures of 28 °C (average outside temperature 29.8 °C). The main problems encountered were the high internal air changes and a poor hygrothermal performance of the building envelope: insufficient insulation and low storage capacity. The work will let evaluate proposals for energy re-functionalization, with low overhead investment for implementation in future endeavors of social interest housing.

Keywords: social housing, thermal-energy simulation, energy performance

1. INTRODUCCIÓN

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE), a partir de un requerimiento específico del de CONICET y en concordancia por los festejos del Bicentenario, propone la transferencia de un sistema de producción de viviendas sociales a partir de desarrollos tecnológicos que incorporan aspectos económicos, socio-productivos, constructivos, espaciales y de gestión, en el marco del desarrollo local y la integración de los distintos actores involucrados. En tal sentido, la propuesta prevé la ejecución de un prototipo demostrativo en tierras aportadas por la Municipalidad de Córdoba para ser utilizado, en una etapa posterior, como modelo a transferir masivamente con fondos del estado mediante operatorias oficiales (CONICET, 2010).

Si bien es cierto que en esta dirección la Unidad Ejecutora tiene una vasta experiencia en el tema, no se han incorporado en forma sistemática evaluaciones higrotérmicas de las condiciones de confort de las distintas soluciones habitacionales realizadas hasta el momento. En este sentido, las pequeñas variantes que se han ido aplicando a las viviendas en las distintas operatorias no han considerado como prioritarias las consideraciones climáticas particulares de cada localización.

En el país existen algunos antecedentes sobre la evaluación y planteamiento de posibles soluciones de este tipo de viviendas, principalmente sobre las producidas en serie por el Estado, como las analizadas en el Noreste Argentino (Di Bernardo et al., 2008, Alfás et al., 2010), en Salta, (Flores et al., 2007), en Tucumán (Martinez, 2004, 2005), en Catamarca (Molas et al., 2008) en La Pampa (Filippín & Flores Larsen, 2006) y en Tierra del Fuego (Diaz & Czajkowski, 2004). En los distintos casos los problemas encontrados fueron la adaptación al clima, presentando una deficiente habitabilidad y uso desmedido de energía, producto del mal diseño tanto de su forma como de su materialidad.

El conocimiento del grado de bienestar interior y la eficiencia energética que cada solución tecnológica y urbanística proponen, permitiría corregir las posibles desviaciones. Razón por la cual, tanto el bienestar como la eficiencia energética necesitan ser considerados en las construcciones, especialmente en los emprendimientos de vivienda del estado, debido a que el gasto de funcionamiento y mantenimiento resultan significativos considerando el presupuesto familiar disponible de la mayoría de los usuarios (Jacobo & Hreňuk, 2002; Martinez, 2005).

Por tal motivo, se plantea como objetivo general del trabajo evaluar estacionalmente el comportamiento térmico-energético interior del prototipo del Bicentenario, construido en predios del CEVE, a través de la simulación térmica computacional. Este estudio permitiría detectar las fortalezas y debilidades en el diseño formal-tecnológico implementado. Los resultados servirían de referencia para proponer pautas y recomendaciones de un diseño energéticamente eficiente para futuros emprendimientos habitacionales de interés social.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

El prototipo, objeto de estudio, se localiza en la ciudad de Córdoba, latitud -32.2; longitud -64.1, altitud 474m (figura 1). Según la Norma IRAM 11603 (1993), corresponde a la zona bioambiental IIIa (templada cálida seca) En la Tabla 1 se sintetizan los datos climáticos de la localidad, de acuerdo con valores promedio de la última década del Servicio Meteorológico Nacional.

	Anual	Enero	Julio
Máxima Media	26.0 °C	34.1 °C	19.7 °C
Mínima Media	11.9 °C	16.1 °C	3.5 °C
Media	18.9 °C	25.1 °C	11.6 °C
Temperatura Mínima Absoluta			-4.6 °C
Temperatura Máxima Absoluta		40.5 °C	
Amplitud Térmica	14.1 °C	18.0 °C	16.2 °C
Velocidad media de Viento	11.5 km/h	10.3 km/h	10.9 km/h
Radiación Global Horizontal	16.0 Mj/m ² *	21.7 Mj/m ² *	9.4 Mj/m ² *
	4.5 Kw/m ² *	6.3 Kw/m ² *	2.6 Kw/m ² *
Humedad Relativa	65 %	67 %	66 %
Grados días de calefacción (base 18°C)	1177		
Grados días de enfriamiento (base 20°C)	537		

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (período 1981 - 1990)

* Rosi Gallegos y Righini, 2007

Tabla 1: datos climáticos promedios de la ciudad de Córdoba

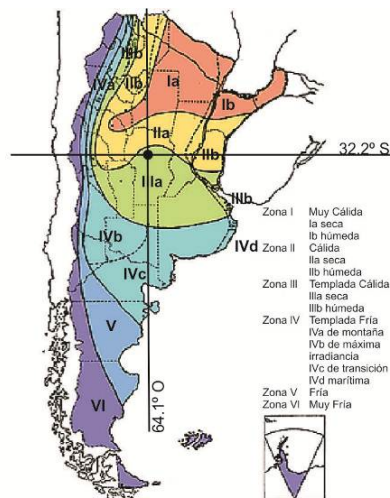


Figura 1: ubicación geográfica de la localidad

En cuanto al planteo arquitectónico, la vivienda incorpora diversos desarrollos tecnológicos acumulados en la experiencia institucional de acuerdo con los siguientes aspectos:

- **Constructivo:** la vivienda se ordena bajo un soporte estructural básico sismorresistente (UMA) compuesto por una estructura reticulada de acero que luego de ser montada en obra se hormigona. Para la envolvente vertical perimetral se utilizan ladrillos cerámicos huecos de 18 cm de espesor revocado en ambos lados, mientras que para las divisiones interiores se utilizan ladrillos a base de plástico reciclado de PET y cemento. La cubierta es de chapa de zinc a dos aguas, inclinación 20% con aislación térmica de lana de vidrio + papel Kraft de 8 mm. El cielorraso se compone por placas de cáscara de maní y resina polimérica de 10 mm de espesor. Tanto el entrepiso como las ventanas son componentes de hormigón prefabricado. Toda la vivienda se asienta sobre una platea de H°A° de 12 cm de espesor y veredas perimetrales. La fundación de la vivienda no tiene aislación térmica.
- **Diseño urbanístico-arquitectónico:** se utiliza el concepto de la densificación predial urbana con dos viviendas por lote, considerando un frente mínimo de diez o doce metros, subdividido en lotes de 5 ó 6 m. Las viviendas se aparean por una de sus caras quedando las otras tres expuestas al exterior, como se indica en la Figura 2. El diseño arquitectónico se basa en el concepto de progresividad de la vivienda a través de su *volumen habitable* en contraposición con la idea de superficie habitable, facilitando inversiones asequibles en etapas posteriores para una ampliación progresiva de acuerdo con los requerimientos de la familia.

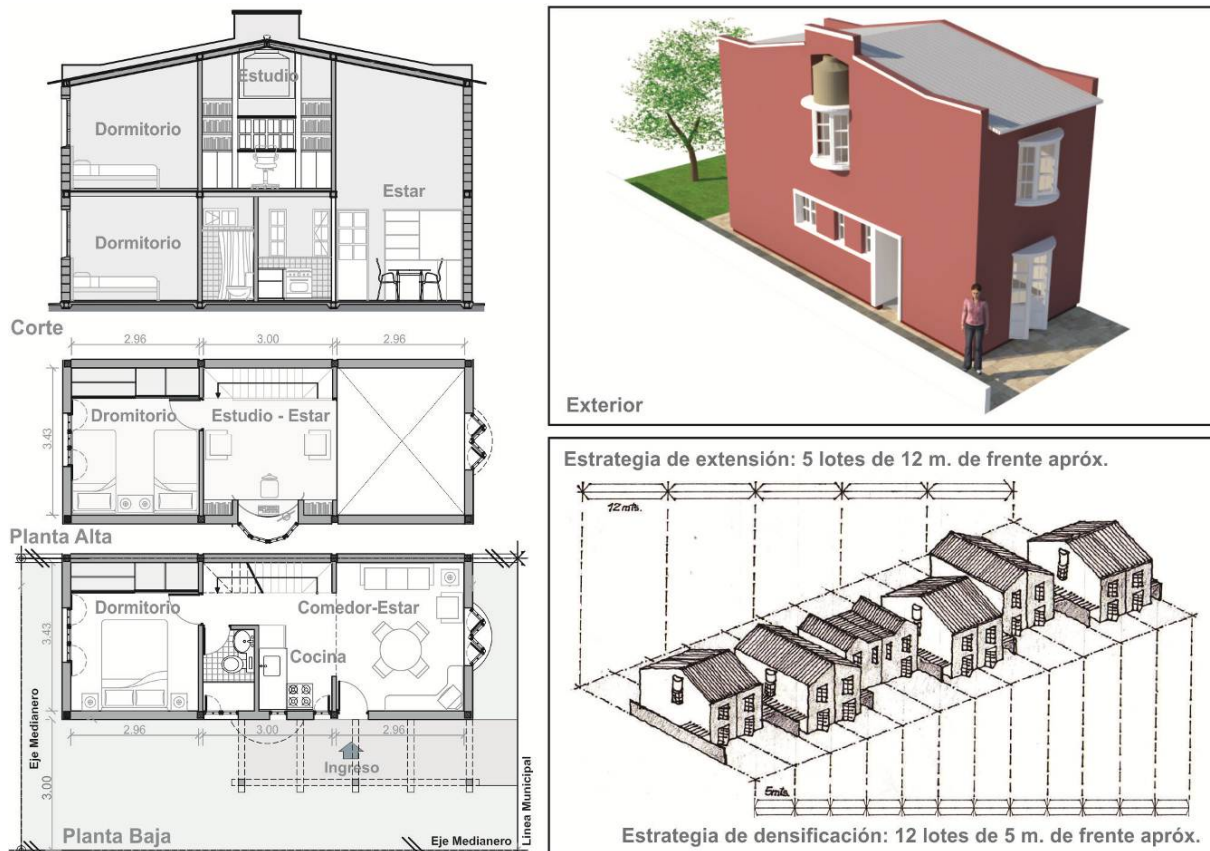


Figura 2: diseño arquitectónico y urbanístico

2.2. Métodos

En el análisis teórico se utilizan distintas herramientas informáticas según los objetivos planteados en el trabajo. Para realizar la simulación térmica se usa el programa *Ecotect v2011* que ofrece una interfaz 3D de modelización. Las condiciones climáticas se extraen de la base de datos del *Meteonorm 5.1*, previamente comparadas con los registros del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina. El software asume que cada espacio de la vivienda es una zona térmica que interactúa con las demás. Para la simulación se considera una familia tipo de 4 miembros, con un patrón de comportamiento estándar (grado de permanencia en las distintas zonas y actividad a cada hora del día y tipo de vestimenta), como así también una base homogénea de cargas internas (calor sensible y latente generado por luminarias, aparatos eléctricos o a gas de uso común en una vivienda tipo). Por último, se definen las renovaciones de aire por infiltraciones según la estanqueidad de las carpinterías y del factor de exposición de la vivienda.

El análisis se realiza considerando cuatro orientaciones posibles de la fachada descubierta más extensa (N, S, E y O) ya que, como sucede en casi todas las operatorias oficiales, el edificio queda dispuesto indistintamente según sea el loteo en cuestión. Las variables que se analizan con esta herramienta son:

- *Comportamiento térmico horario*: por medio de gráficos y tablas se registran las temperaturas sobre un período de 24 h de los espacios interiores de mayor permanencia (dormitorios y estar), para días extremos de Enero y Julio.
- *Análisis de las ganancias/pérdidas de calor horarias*: de igual manera se obtienen las magnitudes de cada tipo de carga de calor para cada hora del día seleccionado, que actúan de manera simultánea en las zonas térmicas del modelo sobre un período de 24 h. Las cargas de calor son: *conducción*, a través de la envolvente perimetral; *radiación solar directa e indirecta*; *infiltraciones*, por estanqueidad de carpinterías y según factor de exposición; *ganancias internas*, por ocupantes y artefactos; y cargas *interzonales*, que expresan el intercambio energético entre los distintos locales interiores.
- Finalmente se calcula el *aporte la energía auxiliar necesaria para climatización* (calefacción y/o enfriamiento) por unidad de superficie, para mantener un local a una cierta temperatura definida por el usuario. En este caso, los cálculos se efectuaron considerando una banda de confort preestablecida entre 18 y 26°C.

Como complemento al *Ecotect v2011* se utiliza la herramienta *Therm 5.2*, para la determinación de puentes térmicos en la envolvente, y unas planillas preconfiguradas *Excel* (Gonzalo, 2003) basadas en el procedimiento establecido por normas IRAM, con las que se determinan los coeficientes de transmitancia y el amortiguamiento y desfase térmico de los componentes de la vivienda.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comportamiento térmico horario

A partir de los análisis realizados con *Ecotect* se puede observar el comportamiento térmico de los locales de la vivienda (Comedor, Dormitorio 1 y 2), según días extremos de verano e invierno y con respecto a las posibles orientaciones de su fachada descubierta más extensa, Figura 3 y 4. Las líneas punteadas representan los valores climáticos externos de los días seleccionados, mientras que las líneas sólidas se corresponden con los valores de temperatura del aire de los espacios interiores. Además, se grafican como referencia en una zona gris las bandas de confort térmico que se establecieron entre 18°C y 26°C, para observar en qué medida la solución tecnológica mantiene a los espacios dentro de estos parámetros.

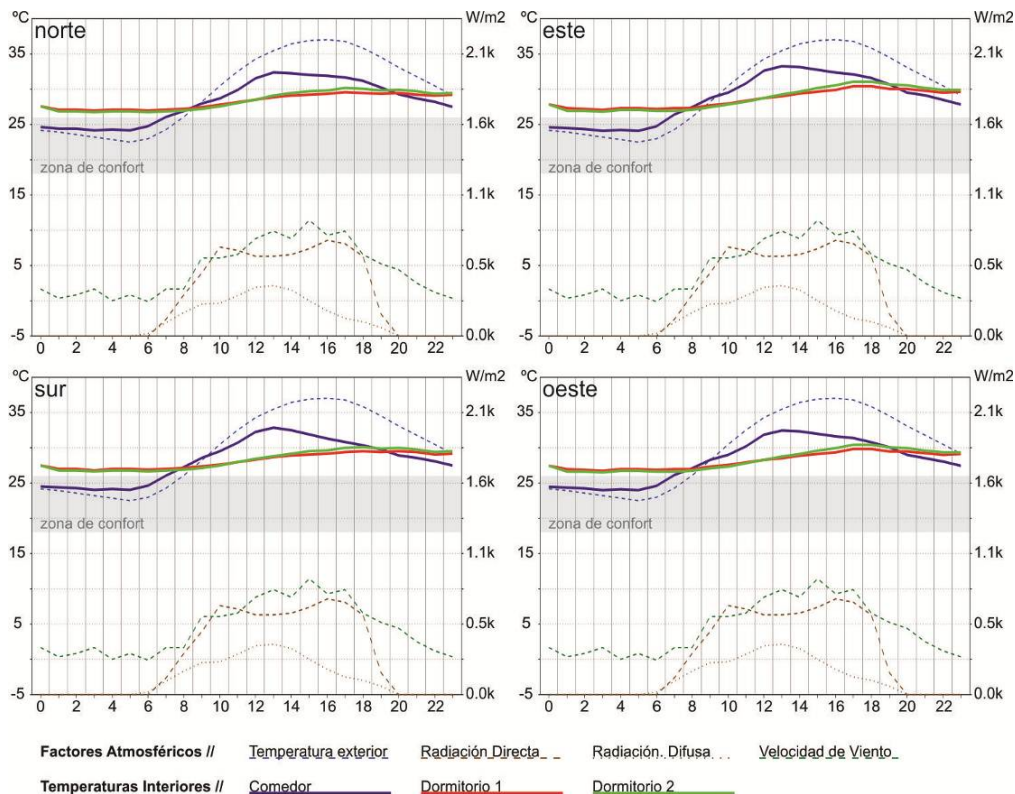


Figura 3: temperatura horaria promedio de los locales para un día de verano, según distintas orientaciones.

Los resultados permiten observar que las temperaturas interiores tienen amplitudes térmicas similares a las externas. Este fenómeno se hace más evidente en el Comedor, el cual llega en ocasiones a tener una amplitud térmica de 8,8°C (orientación Sur), con mínimas de 24°C durante la noche y máximas de 32,8°C a las 13 hs. Además de una envolvente con un coeficiente de transmitancia térmica de 1,42 W/m²k, que cumpliría con el nivel “C” (mínimo) establecido por la Norma IRAM 11605 (1996), es posible que, el efecto de la temperatura sol-aire sobre superficies importantes expuestas a alta irradiación solar, con alta absorptancia (color oscuro de paramento) y sin sombreado, condicionen el comportamiento térmico interior. Este espacio, tiene la particularidad de tener poca superficie en planta pero un gran volumen de aire por su doble altura encontrándose, además, muy vinculado a otros locales de la vivienda por medio de vanos, entre los que intercambia energía.

Los Dormitorios 1 y 2, en cambio, tienen fluctuaciones menores a las del Comedor, oscilando entre los 2 y 2,5°C respectivamente, con temperaturas máximas de 30°C y mínimas de alrededor de los 27°C. Es posible inferir que las menores oscilaciones sean el resultado de que ambos locales: - se encuentran menos vinculados con las otras zonas de la vivienda, - cuentan con un volumen menor al Comedor, a pesar de tener la misma superficie en planta – menor área de aventanamientos, - poseen menor contacto de la envolvente con el exterior.

Además, es de apreciar cómo, en cada momento del análisis, las distintas zonas térmicas se encuentran por encima de la banda de confort, a excepción de unas pocas horas nocturnas en el Comedor donde se alcanzan temperaturas entre 24 y 25°C. En los dormitorios también se observa la misma tendencia, lo que es favorable por coincidir con las horas de descanso, aunque aún así se encuentran levemente por encima del umbral máximo preestablecido. De esta manera se puede inferir que los ambientes serían muy calurosos y que los usuarios necesitarían incorporar dispositivos electromecánicos de climatización artificial, para lograr alcanzar las condiciones internas de confort.

Comparando, luego, las curvas surgidas de las simulaciones con cada orientación, no se detectan grandes diferencias en el comportamiento térmico general a lo largo del día más caluroso. Esto, en parte, se puede explicar debido a que una de las caras de prototipo se encuentra apareada con la vivienda vecina (medianera), donde se anularía la transferencia de calor por conducción, a la fachada opuesta la protege la otra residencia contigua, de vientos y asoleamientos, mientras que el frente y contrafrente son las únicas expuestas pero con menores dimensiones (3.70 m) y sin carpinterías, a excepción de la del Comedor. Otra variable que también influye en la simulación son las ventilaciones selectivas, que responden a las configuraciones previas que se realizaron con la herramienta informática. En este sentido, el programa entiende que cuando las temperaturas exteriores se encuentran más próximas a la zona de confort que las interiores se abren las ventanas de los distintos locales, facilitando la ventilación cruzada y disipando energía.

Una comparación del promedio de temperaturas por espacio y un global para la vivienda, permiten visualizar mejor esta idea (Tabla 2) donde para el día más cálido mantienen iguales promedios interiores, cualquiera sea la orientación. No sucede lo mismo para el día extremo de invierno, donde ya se perciben diferencias, principalmente entre la fachada Norte y la Sur.

Orientación	Comedor		Dormitorio 1		Dormitorio 2		Promedio Vivienda	
	TMV	TMI	TMV	TMI	TMV	TMI	TMV	TMI
Norte	28.2	5.6	28.2	6.0	28.3	6.0	28.2	5.9
Este	28.2	5.7	28.2	5.7	28.3	5.7	28.2	5.7
Sur	28.2	5.4	28.1	5.7	28.3	5.7	28.2	5.6
Oeste	28.2	5.3	28.2	6.0	28.3	6.0	28.2	5.7

TMV = Temperatura Media Verano TMI = Temperatura Media Invierno

Tabla 2: temperatura promedio por locales para un día de verano y de invierno, según distintas orientaciones.

En los gráficos (Figura 4), se observa que las temperaturas más bajas en las distintas zonas se obtienen cuando su fachada principal se orienta al Sur debido, en parte, a la ausencia de aporte de calor por radiación solar directa a través de sus aventanamientos. Contrariamente, con la fachada al Norte se obtiene un mejor comportamiento, resultando la solución más ventajosa entre las otras orientaciones. Aún así, la temperatura interior, en todos los casos y durante las 24 h del día, es muy inferior a la mínima aceptable de la banda de confort (18°C). Durante la noche, se alcanzan temperaturas mínimas de 2,1°C en el Comedor y de 3,6°C en los Dormitorios, mientras que alrededor de las 14 h, cuando la temperatura exterior alcanza los 14°C, la máxima interior no supera los 10°C. En el invierno, al igual que en el verano, también es apreciable una menor oscilación térmica en los Dormitorios con respecto al Comedor.

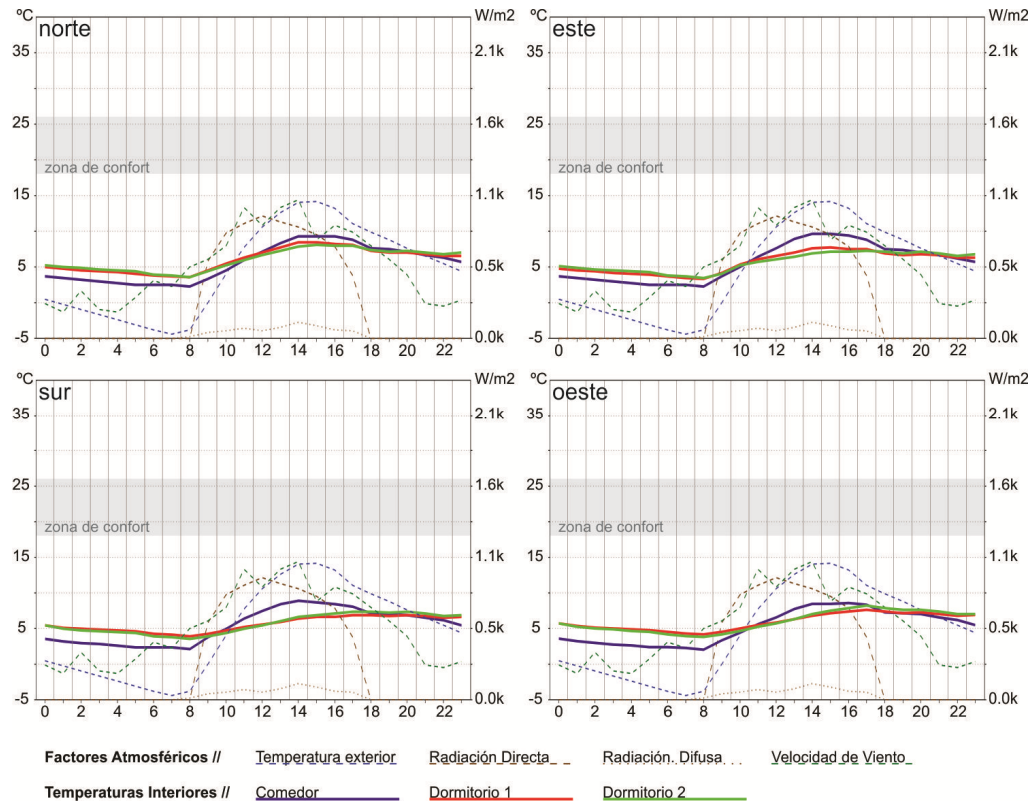


Figura 4: temperatura horaria promedio de los locales para un día de invierno, según distintas orientaciones.

3.2. Análisis de las ganancias/pérdidas de calor horarias

Una vez determinado el comportamiento térmico global de los locales de la vivienda, se hace necesario detectar las principales fuentes por donde el edificio intercambia energía con su medio para los días extremos estudiados (Figura 5 y Tabla 3). Para tal fin se seleccionó la orientación Sur, al resultar la más desfavorable de las evaluadas.

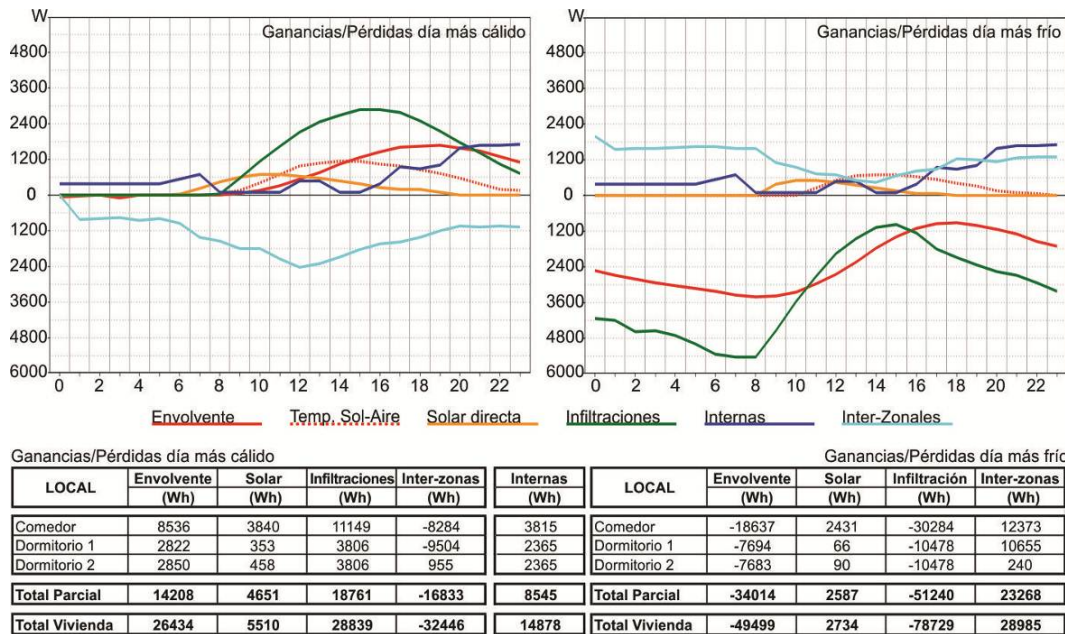


Figura 5 y Tabla 3: promedio de las ganancias y pérdidas horarias expresadas en Watts, de los locales seleccionados, para los días extremos de verano e invierno.

En la Tabla 3 se observa que una de las causas principales de ganancia y/o pérdida de calor, para el día más cálido o el día más frío del año es, en primer lugar, la infiltración de aire por la carpintería del prototipo experimental, que es de simple contacto y sin burletes. Las infiltraciones en el comedor son tres veces superior al valor de los dormitorios. Así se tiene que durante el período estival pueden representar casi un 38% de las ganancias, mientras que en el invierno significan el 61% de las pérdidas globales de energía. Luego, la conducción de energía a través de la envolvente perimetral (paredes, techos y piso) se asemeja en nivel de aporte al flujo de calor obtenido por las infiltraciones en verano y de pérdidas en invierno, aunque en este último caso las infiltraciones la superan en un 38%. Estas pérdidas por envolvente se deben a una insuficiente capacidad de aislamiento sumado a una extensa superficie expuesta que hace que el intercambio con el ambiente externo sea mayor.

Cabe señalar que tanto las infiltraciones como las envolventes originan máximas ganancias en verano y mínimas pérdidas en invierno, entre las 13:00 h y las 18:00 h, situación que coincide con las máximas temperaturas externas en ambos casos, relación que se invierte durante el horario nocturno. Lo expresado permite explicar las causas del comportamiento térmico interior de los espacios, cuando se observaba que oscilaban a la par de las externas. Este fenómeno se intensifica durante los días fríos de invierno donde se detectan valores de pérdidas (-78729 Wh) muy superiores a los aportes que se obtienen del período estival (28839 Wh).

Las ganancias por radiación solar (directa e indirecta), durante el día más caluroso, no son tan significativas si se las compara con las variables anteriormente analizadas, reduciéndose un 50% en invierno cuando serían más necesarias. En referencia a lo anterior, se observa que el Comedor mantiene parte de su captación, dado por los aventanamientos al Este, mientras que en los Dormitorios es prácticamente nula la ganancia por tener sus carpinterías orientadas al Sur.

3.3. Análisis de puentes térmicos

Luego de detectar una baja resistencia térmica en la envolvente perimetral, que la constituye como una de las principales variables en el comportamiento energético ambiental de la vivienda, se procede a estudiar más en detalle cómo afectan los puentes térmicos a los componentes constructivos.

La Figura 6 muestra los resultados de la simulación del puente térmico para un día de invierno con el software Therm 5.2. Se observan puntos vulnerables de transmisión térmica con pérdidas de calor concentradas en discontinuidades geométricas (esquinas, aristas) y en cambios de materialidad ($H^{\circ}A$ + ladrillo cerámico hueco), las que en ocasiones suman sus efectos. Como resultado se obtienen asimetrías térmicas en la superficie del muro, con la correspondiente diferencia en la transmitancia térmica ("K"). En este sentido, el incremento del "K" conlleva a una disminución de la temperatura superficial interior (" θ_{si} "), como es de observar en la imagen, generando así una zona fría, con el consecuente aumento del riesgo de condensaciones superficiales y posibles patologías constructivas.

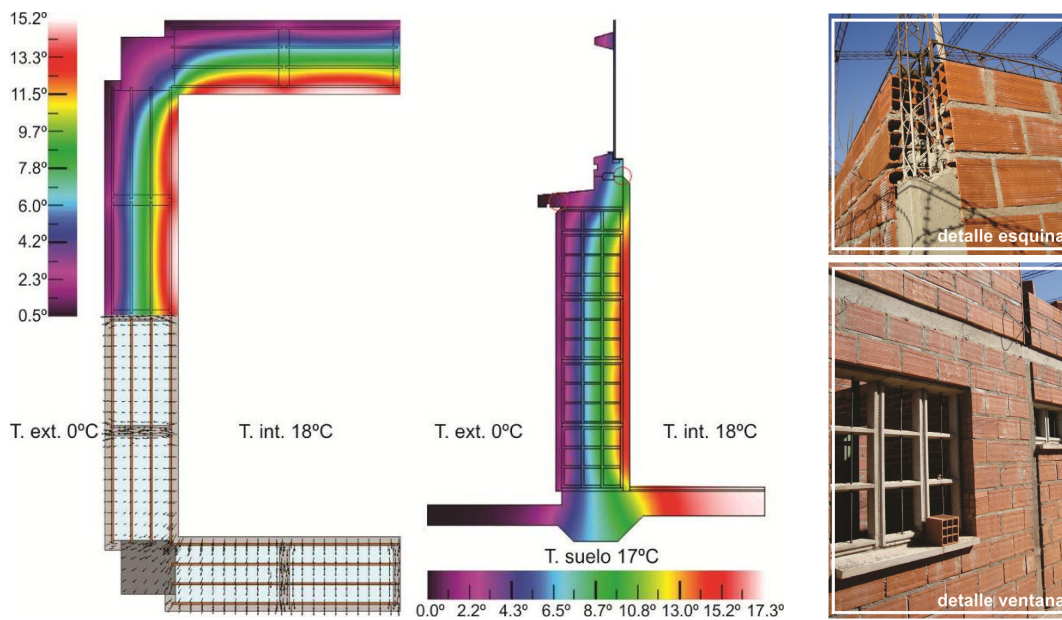


Figura 6: simulación de puente térmico para dos soluciones constructivas, encuentro en esquina entre pared y columna (izquierda) y encuentro entre pared con carpintería de $H^{\circ}A$ y platea de $H^{\circ}A$ (derecha).

Según la Norma IRAM 11605 (1996) la transmitancia térmica correspondiente a un puente térmico, K_{pt} , no debe ser mayor que el 50% del valor de la transmitancia térmica del muro opaco, K_{mo} , o sea: $k_{pt}/k_{mo} \leq 1.5$. Como se verifica en esta envolvente, la relación entre la transmitancia térmica de la columna de hormigón ($3,17 \text{ W/m}^2\text{k}$) y la de mampostería de ladrillos cerámicos huecos ($1,42 \text{ W/m}^2\text{k}$), supera ampliamente el máximo admisible por la norma en cuestión ($2.23 > 1.5$).

3.4. Aporte de energía auxiliar necesaria para climatización

Habiendo detectado el comportamiento térmico global de los ambientes junto a las principales variables tecnológicas que afectan al mismo, se analizan los aportes de enfriamiento y calefacción anuales necesarios para mantener los locales dentro del rango de confort (Figura 7 y Tabla 4). Cabe aclarar que la energía que se consumiría en reales condiciones de uso dependerá del grado de eficiencia de los sistemas de climatización seleccionados, además, el análisis se restringe estrictamente a las temperaturas límites de la banda de confort preestablecida. Es decir, si la temperatura interna de la zona se encuentra por sobre el valor superior o bajo el valor inferior, esto es considerado como no confortable y será necesario restablecerlo por medio de sistemas activos.

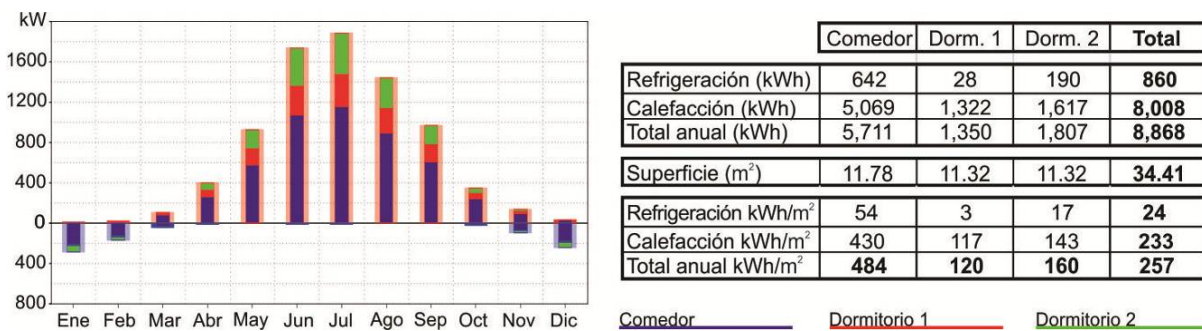


Figura 7 y Tabla 4: comparación de los aportes necesarios para enfriamiento y calefacción de los distintos ambientes seleccionados, para la orientación Sur.

En líneas generales, se detecta que los aportes anuales para calefacción superan ampliamente a los necesarios para enfriamiento. Así, como primera apreciación se podría inferir que la vivienda se encuentra más preparada para el período estival que el invernal. Similar situación se observaba con las temperaturas ambientales interiores, las que se encuentran más alejadas de la zona de confort durante el invierno. Si se compara, luego, las distintas zonas se observa que, a pesar de contar todas con similar superficie en planta, los aportes necesarios para climatización varían con las características particulares de cada local. El menos eficiente resultaría el Comedor, superando en tres veces los valores de los Dormitorios. Esto, como ya se expresó oportunamente, se debe a su mayor volumen interior y superficie de exposición importante con el exterior.

3.5. Clasificación de la eficiencia energética de calefacción

Tomando como referencia la norma IRAM 11900 (2009), en estudio, en la cual se clasifica según la transmitancia térmica de la envolvente la eficiencia energética de calefacción que tiene el edificio, se pretende comparar la vivienda analizada de acuerdo a los parámetros y valores que se especifican en la misma. Así, mediante una etiqueta se establece un sistema comparativo compuesto por ocho clases identificadas por las letras de la A (envolventes más eficiente) a la H (envolventes menos eficientes), según la cual la vivienda en cuestión calificaría como "F" al tener un τ_m de $3,3^\circ\text{C}$ (Figura 8). De esta manera también se evidencia un comportamiento poco satisfactorio desde el punto de vista térmico-energético.

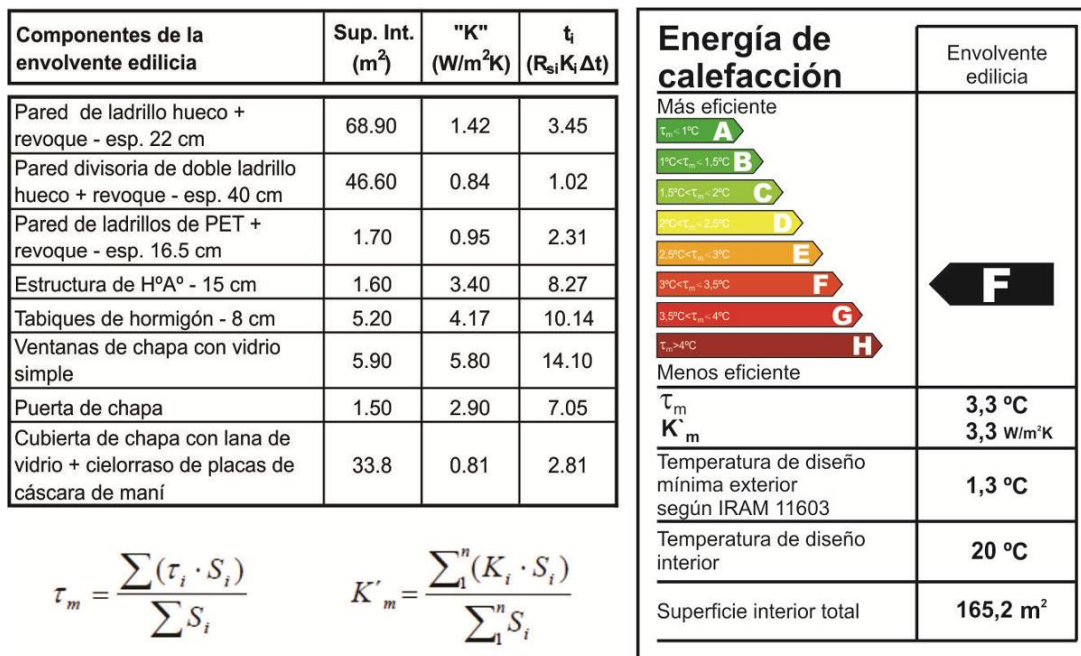


Figura 8: nivel de eficiencia energética de la vivienda para calefaccionar s/Norma IRAM 11900

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los espacios interiores de la vivienda no alcanzan las condiciones higrotérmicas de confort para la situación climática estudiada. Los principales problemas encontrados en los locales fueron las elevadas ganancias de calor en verano, posiblemente por falta de protección solar en la envolvente expuesta a la alta radiación solar, y de pérdidas en invierno, producto de las infiltraciones por los diferentes elementos constructivos, y un pobre desempeño higrotérmico de los componentes de la envolvente edilicia: a- insuficiente aislamiento térmico, b- baja capacidad de acumulación. En consecuencia, durante el invierno está minimizada la conservación de la energía. Situación que puede traducirse en graves patologías constructivas, como resultado de condensaciones, que disminuyen la vida útil del edificio, e implican a su vez fuertes inversiones económicas para subsanarlas, sumado a los altos consumos de energía eléctrica para lograr condiciones que se acerquen a las de confort, las que resultan significativas considerando el presupuesto familiar disponible de la mayoría de los usuarios.

En este sentido, el prototipo propuesto por el CEVE, si bien incorpora a partir de desarrollos tecnológicos aspectos económicos, socio-productivos, constructivos, espaciales y de gestión, en el marco del desarrollo local y la integración de los distintos actores involucrados, no da respuesta adecuadas a diversas consideraciones climáticas particulares del sitio. Hecho, este último, que se hace frecuente en las distintas operativas llevadas a cabo por el Estado a lo largo del país, donde se encontraron problemas relacionados con la adaptación al clima presentando, las viviendas, una deficiente habitabilidad y uso desmedido de energía, producto del mal diseño tanto de su forma como de su materialidad (Díaz et al., 2004, Martínez, 2004, 2005, Filippín et al., 2006, Flores et al., 2007, Molas et al., 2008, Di Bernardo et al., 2008, Alías et al., 2010a).

Cabe aclarar que los resultados obtenidos obedecen a un estudio “teórico” al no efectuarse mediciones *in situ* en la vivienda seleccionada, las que permitirían una visión global de los hábitos de los moradores y del nivel de confort en condiciones reales de uso. Motivo por el cual, en próximos trabajos, una vez concretada la construcción y puesta en funcionamiento del prototipo, se planteará el monitoreo y calibración del modelo de simulación computacional, para luego evaluar propuestas de refuncionalización energética con bajo sobre costo de inversión, las cuales estarán centradas principalmente en la optimización higrotérmica de la envolvente, en el aumento de la estanqueidad de las carpinterías y en la resolución técnica de puntos críticos de la construcción. Aún así, se tiene una razonable confiabilidad en los resultados obtenidos de las herramientas informáticas utilizadas ya que, en experiencias previas (Alías et al., 2010a, 2010b), se ha encontrado un aceptable grado de ajuste y aproximación entre las tendencias y resultados medidos en campo con respecto a los simulados con Ecotect, siendo una herramienta útil para períodos del año no monitoreados o de edificios que se encuentran en fase de proyecto.

5. REFERENCIAS

- ALÍAS H. M., JACOBO G. J., GALLIPOLITI V. A., MARTINA P. E., CORACE J. J., AEBERHARD M. R., DI BERNARDO A. (2010a). “Relevamiento del parque habitacional social de Resistencia y Corrientes y su desempeño térmico: monitoreo y simulaciones”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14
- ALÍAS H. M., JACOBO G. J., GALLIPOLITI V. A., MARTINA P. E., CORACE J. J., AEBERHARD M. R., DI BERNARDO A. (2010b). “Monitoreo y simulaciones de desempeño higrotermico de vivienda social unifamiliar en la ciudad de resistencia, en días de verano e invierno”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14
- CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (2010). Anexo 1 del Expediente N° 716/10. Buenos Aires, Argentina.
- DI BERNARDO, A., JACOBO, G. J., ALÍAS, H. M. (2008). “Desempeño térmico–energético de viviendas sociales del NEA. Simulaciones con la herramienta informática ECOTECT”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12, 05.17-05.24
- DIAZ, C. J., CZAJKOWSKI, J. D. (2004). “Comportamiento térmico de viviendas populares en Tierra del Fuego (Argentina)”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 8, 05.73-05.78
- FILIPPIN, C., FLORES LARSEN, S. (2006). “Comportamiento energético de verano de una vivienda convencional en la región central de Argentina”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10, 05.09-05.14
- FLORES, L., FLORES LARSEN, S., FILIPPÍN, C. (2007). “Comportamiento térmico de invierno y verano de viviendas de interés social en la provincia de Salta”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11, 05.167-05.173
- GONZALO, G.E. (2003). Manual de Arquitectura Bioclimática, 2° edición. Buenos Aires: CP 67.
- GONZALO, G.E., LEDESMA, S.L., NOTA, V.M., MARTINEZ, C.F. (2008). “Diseño bioclimático de viviendas de interés social en San Pedro de Colalao, Tucumán”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12, 05.41-05.48
- GROSI GALLEGOS, Hugo & RIGHINI, Raúl (2007), “Atlas de Energía Solar de la República Argentina”. Versión CD-ROM
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES (1993). “Norma 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina”. Buenos Aires, Argentina.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES (1996). “Norma 11605. Acondicionamiento térmico en edificios. Condiciones de habitabilidad en viviendas”. Buenos Aires, Argentina.
- INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE MATERIALES (2009). “Norma 11900. Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente”. Buenos Aires, Argentina.
- JACOBO, G.J. & HREÑUK, N. I. (2002). “Estudio sobre la calidad de vida en equipamientos habitacionales de interés social en la región NEA: Patologías constructivas y sus efectos en relación con el usuario, las condiciones de habitabilidad y su conservación” [versión electrónica]. Biblioteca: Ciudades para un futuro más sostenible. En Boletín CF+S. Recuperado en Julio de 2006, de <http://hi.ee.upm.es/maqueta/tajo1/anhre.html>
- MARTINEZ ,C. (2004). “Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S.M. de Tucumán”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 8, 05.01-05.06
- MARTINEZ ,C. (2005). “Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en S. M. de Tucumán en relación a la adecuación climática”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, 05.01-05.06
- MOLAS, L., GARCÍA, V., IRIARTE, A., CORREA, E. (2008). “Auditoria térmica y variables del confort. Caso de una vivienda del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), ciudad de Catamarca”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 12, 05.121-05.128