

**EVALUACION TERMO-ENERGETICA DE ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS
EN VIVIENDAS SOCIALES
UN PROYECTO PARA LA PROVINCIA DE MENDOZA - ARGENTINA**

M. Basso¹, J.C. Fernández Llano¹, J. Mitchell¹, J. L. Cortegoso¹, C. de Rosa²

Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA - CONICET)

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV)

C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza – ARGENTINA Tel. 54 0261-5244054 / Fax 54 0261-5244001

e-mail: mbasso@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: Incorporar la energía solar en el diseño de viviendas o edificios aislados es actualmente simple y comparable con la arquitectura convencional. Con mínimos cambios tecnológicos y sin grandes erogaciones, se pueden lograr sustanciales ahorros energéticos.

Se evalúan una vivienda de 3 dormitorios y el Prototipo Solar ampliado. Con el programa computacional SIMEDIF se evaluó el comportamiento térmico de diferentes alternativas tecnológicas y con el Método Relación Carga-Colector (RCC) la evaluación energética.

Se logran incrementos de temperaturas interiores mediante la incorporación progresiva de simples intervenciones tecnológicas. A pesar de las pequeñas diferencias de temperatura, se logran ahorros energéticos importantes. Además de las mejoras en las Renovaciones de Aire por Hora (RAH) si se colocan dobles vidrios en las ventanas S y O y protecciones nocturnas en las N, se logra un ahorro del 38.5%. Si a esta última alternativa se le agrega aislación exterior en muros, el ahorro asciende al 76.2%.

Palabras claves: Vivienda Social Rural, Energía Solar, Alternativas Tecnológicas, Ahorros Energéticos.

INTRODUCCION

El estudio está comprendido dentro del Proyecto “Viviendas Sociales Energéticamente Eficientes para distintas Localizaciones Geográficas y Condiciones Climáticas de la Provincia de Mendoza”. está enmarcado dentro del Proyecto de Transferencia Bioclimática con el financiamiento del PID 23120 entre los siguientes organismos: INCIHUSA-CONICET, Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) Mendoza y Red XIV F-CYTED. El objetivo es la construcción de 6 barrios con diseño participativo en las distintas zonas climáticas de la provincia con la ejecución de un Prototipo Solar en cada uno de ellos. Existe el compromiso de realizar mediciones de todas las viviendas y encuestas a los usuarios incluyendo el Prototipo. Dentro del proyecto está contemplada la posible implementación de una nueva Operatoria para Viviendas Sociales Solares.

Se presenta la evaluación energética de distintas alternativas tecnológicas, con la excepción del uso de aislaciones en techos de 7.5 cm, espesor correspondiente a la zona climática en la que implantado el conjunto que se evalúa. Es un proyecto de viviendas rurales bioclimáticas del barrio "Vecinos de Calle Caballero" ubicado en el Departamento de Junín, en la provincia Mendoza. Este conjunto habitacional es uno de los seis conjuntos comprometidos en el PID, siendo el IPV el organismo adoptante de la transferencia de energías renovables en el hábitat social.

El Conjunto consta de 31 viviendas individuales, no apareadas, cuya orientación tiene una desviación de 8° hacia el NO. Latitud -33°, 635 m. s.n.m. La vivienda analizada se presenta en la Figura 1.

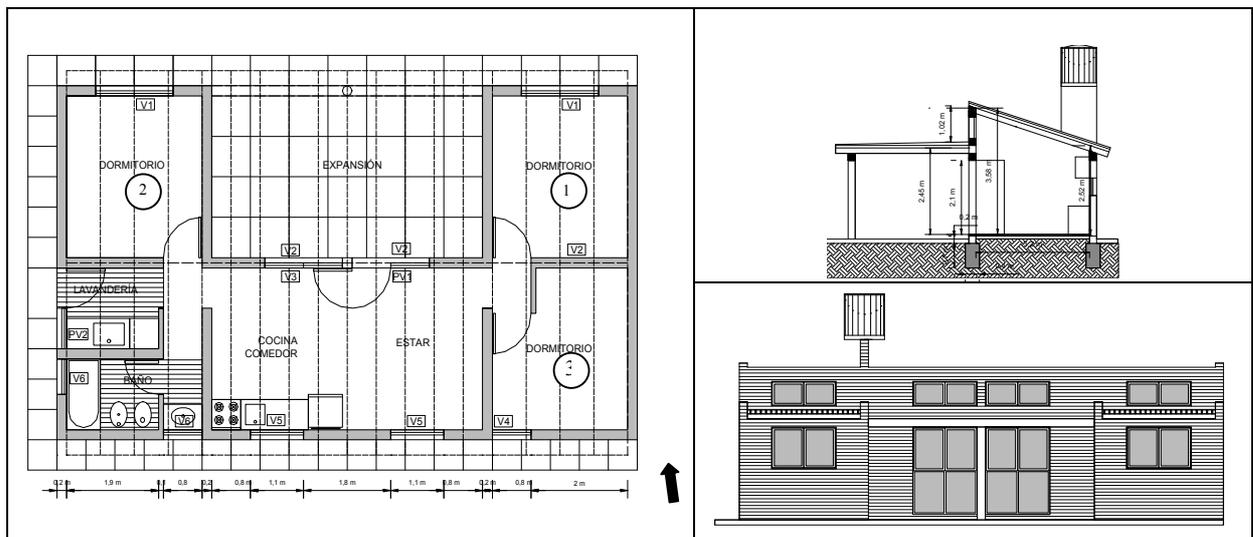


Figura 1: Planta, corte y vista Norte de la vivienda

¹ Profesional Principal CONICET.

² Investigador Principal CONICET.

Toda envolvente edilicia construida para crear un microclima interior, diferente del exterior, funcionará permanentemente como un intercambiador de calor. Las características de la envolvente serán determinantes de los intercambios térmicos, cuantitativos y temporales, que se producen a través de la misma. Para que estas estrategias puedan implementarse efectivamente “in situ” es necesario que los espacios a acondicionar cumplan con claros lineamientos de exposición solar y orientación, lo que supone estructuras con mayor desarrollo de sus superficies al norte y menores al este y oeste.

La vivienda a construirse por el IPV consta de: Estar-Cocina-Comedor, 2 Dormitorios, baño y Lavandería. Sin embargo, las necesidades de un 50% de las familias son de 3 dormitorios. Por esta razón se analiza esta última y el Prototipo Solar comprometido dentro del PROYECTO, que es la vivienda completa.

METODOLOGIA

Para realizar la evaluación del comportamiento térmico se partió de la vivienda original, incorporando de manera progresiva distintas alternativas de intervenciones tecnológicas. El componente común en todos los casos es el Techo con aislación de poliestireno expandido (7.5 cm.).

Estudio de casos:

Alternativa 1 (Vivienda original): Muros exteriores: Ladrillón (espesor 0.18 m) revocado ambas caras. Vidrios simples en ventanas y sin protección nocturna. Infiltraciones: 3 RAH. Techos: livianos con aislación de poliestireno expandido (7.5 cm)

Alternativa 2: Idem anterior, con excepción de las infiltraciones de aire: 1 RAH lograda con carpintería doble contacto o incorporación de burletes.

Alternativa 3: A la alternativa 2 se le incorpora la siguiente tecnología: Vidrios simples en ventanas al Norte con protección nocturna y dobles vidrios al Oeste y Sur sin protección nocturna.

Alternativa 4: A la Alternativa 2, se incorpora aislación en muros exteriores de 5 cm de poliestireno expandido.

Alternativa 5: Aislación en muros exteriores: con 5 cm de poliestireno expandido. Vidrios simples en ventanas al Norte con protección nocturna y dobles vidrios al Oeste y Sur sin protección nocturna. 1 RAH con carpintería doble contacto y/o con burletes.

El resumen de las mismas se presenta en la Tabla 1.

		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
RAH		3	1	1	1	1
Aislación Muros exteriores		No	No	No	Si	Si
Ventanas	N	1 Vidrio				
	O-S	1 Vidrio	1 Vidrio	2 Vidrios	1 Vidrio	2 Vidrios
Protección nocturna	N	No	No	Si	No	Si
	O-S	No	No	No	No	No

Tabla 1: Resumen de las distintas alternativas estudiadas

Evaluación térmica:

Para la evaluación de diferentes alternativas tecnológicas de la vivienda, se ha utilizado el programa computacional SIMEDIF [1]. Se analiza el período más crítico respecto a los consumos energéticos y sus costos asociados, es decir la situación de invierno. La fecha considerada para el inicio del cálculo es el día 21 de Junio, ya que es el mes de menor radiación solar disponible.

La simulación se hace durante 15 días a partir de dicha fecha (5 soleados, 5 nublados y 5 soleados) y con iguales condiciones meteorológicas para alcanzar el equilibrio térmico en toda la vivienda. Los datos meteorológicos correspondientes a Junín, Mendoza, se presentan en la Tabla 2.

	Días soleados	Días nublados
Temperatura máxima Media °C	15.4	11.3
Temperatura Media °C	7.2	7.2
Temperatura mínima Media °C	1.3	4.35
Radiación solar Mj/m ²	9.6	4.4

Tabla 2: Datos Meteorológicos

La vivienda se simula sólo con los aportes producidos por el sol sin ningún otro calor auxiliar. De esta forma se puede evaluar el comportamiento térmico sin el enmascaramiento que producirían los otros aportes de calefacción tradicional y los producidos por las personas y el equipamiento. Se considera que los aportes internos podrían aumentar la temperatura interior entre 3 y 4 °C.

Evaluación energética:

El Método Relación Carga-Colector (RCC) del LANAL [2] es utilizado para la evaluación energética de la vivienda. Se procesaron las distintas alternativas tecnológicas para obtener el comportamiento energético de cada una de ellas a fin de ser comparadas.

Áreas Colectoras:

La vivienda presenta una buena orientación, en su primera etapa (3 dormitorios). Dos volúmenes (dormitorios) al Este y Oeste obstaculizan el pleno asoleamiento de la Cocina - Comedor.

Mediante la utilización del modelo gráfico-computacional elaborado en la UID (Mesa, 2000) [7] se determinaron las áreas efectivamente asoleadas de fachadas al norte, para el 21 de Junio y las 6 horas centrales del día: 9 a 15 hs. (hora solar), obteniendo de este modo las áreas colectoras reales de Ganancia Directa. Se calcula para cada hora la energía horaria efectiva como el producto de la superficie asoleada por la radiación correspondiente a esa hora. La energía total recibida por la superficie colectora, es la sumatoria de estas energías horarias. La relación entre la energía efectiva y la total, corresponde al porcentaje de reducción que afecta al “área de radiación” del SIMEDIF y al Área Colectora en el Método RCC..

Propuestas tecnológicas:

- **A1; A2; A3; A4 y A5:** Vivienda de 3 dormitorios
- **A6: VIVIENDA TERMINADA:** es la construcción ampliada por los usuarios y la tecnología aplicada en la **A3** (Vidrios simples en ventanas al Norte con protección nocturna y dobles vidrios al Oeste y Sur sin protección nocturna)
- **A7: PROTOTIPO SOLAR:** es la construcción ampliada por los usuarios y la tecnología aplicada en la **A5** (Aislación en muros exteriores: con 5 cm de poliestireno expandido. Vidrios simples en ventanas al Norte con protección nocturna y dobles vidrios al Oeste y Sur sin protección nocturna. 1 RAH con carpintería doble contacto y/o con burletes).

RESULTADOS DE LA EVALUACION TERMICA

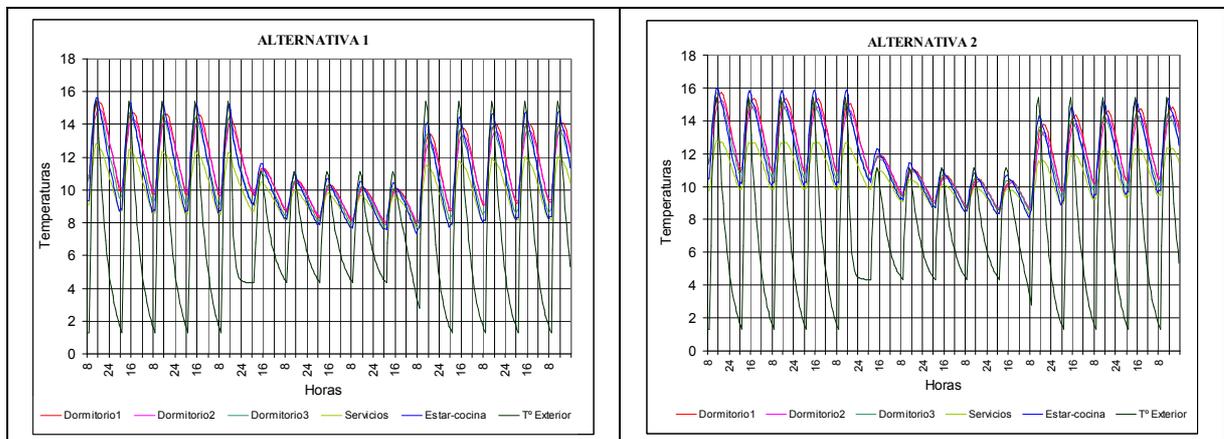


Figura 2: Reducción de temperaturas por infiltraciones

Estas alternativas se diferencian por la reducción de infiltraciones (RAH) de 3 a 1. Las mejoras de 2°C se producen en horas nocturnas cuando la temperatura exterior es más baja. (Figura 2)

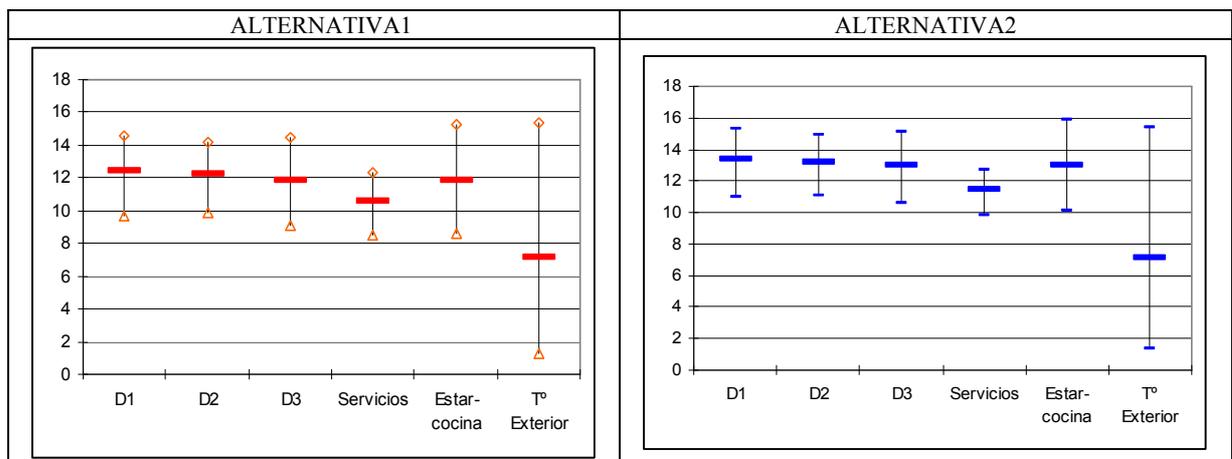


Figura 3: Temperaturas máximas, mínimas y medias

Las temperaturas medias presentan un incremento de 1°C aproximadamente. En ambos casos los locales con aberturas Norte y Sur presentan las temperaturas mínimas más bajas. Se observa también una reducción del $\Delta T_{\max-\min}$ en la **A2** respecto a la **A1**. La Temperatura media Exterior es de 7.2 °C. Los locales principales tienen una temperatura media aproximada de 12 °C para la **A1** y 13 °C para la **A2**. Estos aumentos en las temperaturas medias están relacionados con el aporte de calor producido por la radiación solar. (Figura 3)

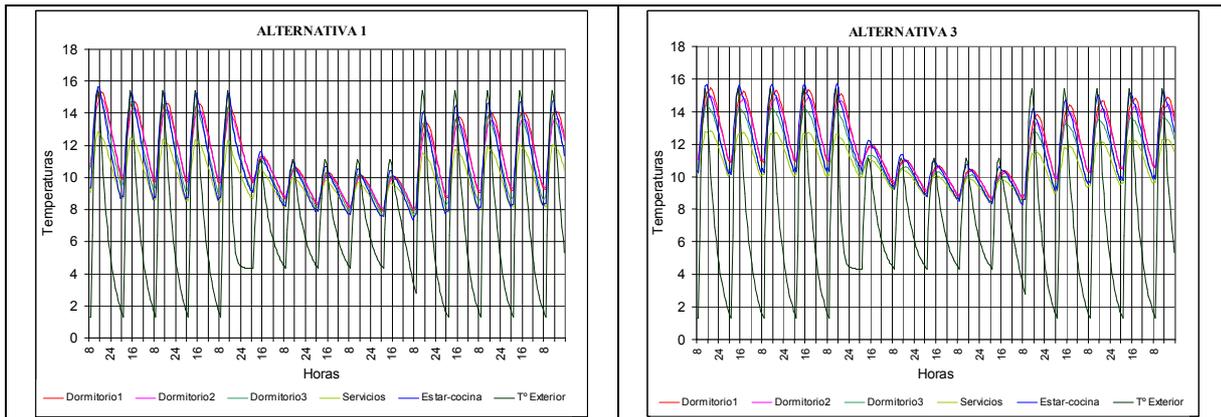


Figura 4: Reducción de infiltraciones y mejoras en aberturas.

La **A3** surge de mejorar no sólo las RAH, sino que además se colocan 2 vidrios en ventanas Oeste-Sur y protección nocturna en las Norte. Existe un mejor comportamiento térmico interior no sólo en cuanto a las temperaturas máximas y mínimas sino que las curvas se ensanchan logrando mayor cantidad de horas en confort. Los doubles vidrios y las protecciones nocturnas en aberturas permiten incrementar las temperaturas mínimas registradas durante la noche. (Figura 4)

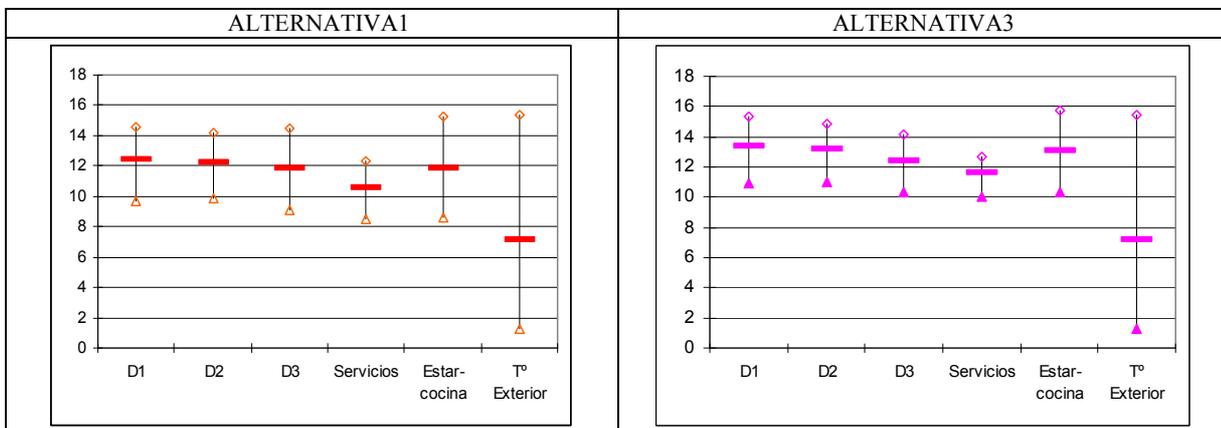


Figura 5: Temperaturas máximas, mínimas y medias

Otro aspecto relevante, dentro de los locales, es la diferencia entre la: Temperatura máxima y la mínima, siendo conveniente que ésta sea pequeña para lograr un mayor confort térmico. La variación máxima se da en el Estar-Cocina y es de 5.4 °C. (Figura 5)

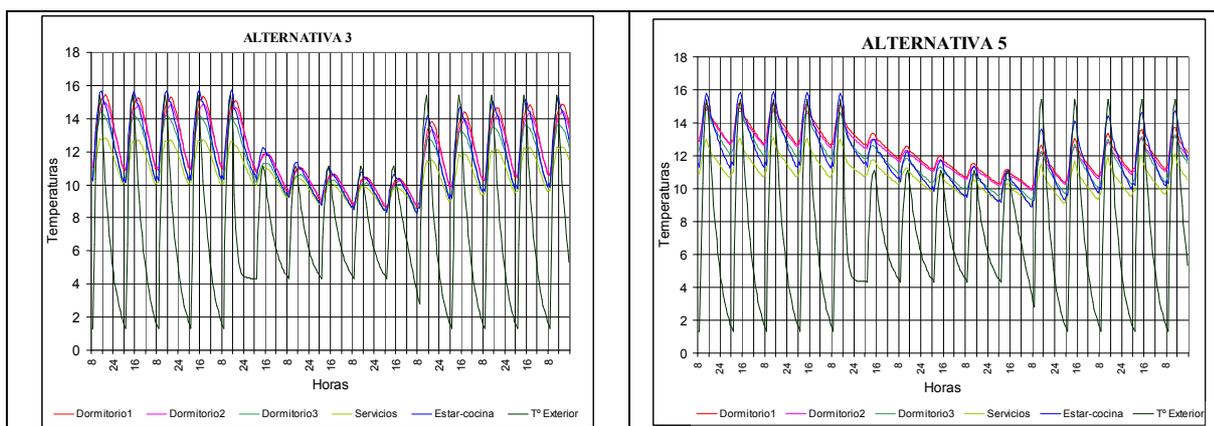


Figura 6: Incorporación de aislación en muros.

La **A5** es una propuesta que además de reducir las RAH, incluye colocación de doble vidrios (O - S), protección nocturna en aberturas Norte y aislación de muros exteriores. Esta mejora produce pequeños incrementos en las temperaturas máximas de los locales y mayores reducciones en las temperaturas mínimas. Las temperaturas de los locales principales oscilan entre los 15.88 y 11.26 °C y la zona de servicio entre 13.06 y 10.8 °C, mientras que la exterior varía entre 1.3 y 15.4°C.

Esta estrategia permite una mejor conservación del calor que ingresa proveniente del sol, alcanzando no sólo mayores temperaturas máximas interiores sino también un mayor periodo de horas en que la temperatura interior se mantiene por encima de 14 °C (14 horas) en comparación con la exterior. La mayor incidencia de la aislación en muros se puede observar

en la secuencia de días nublados manteniendo durante mayor cantidad de días el calor acumulado durante el período asoleado. (Figura 6)

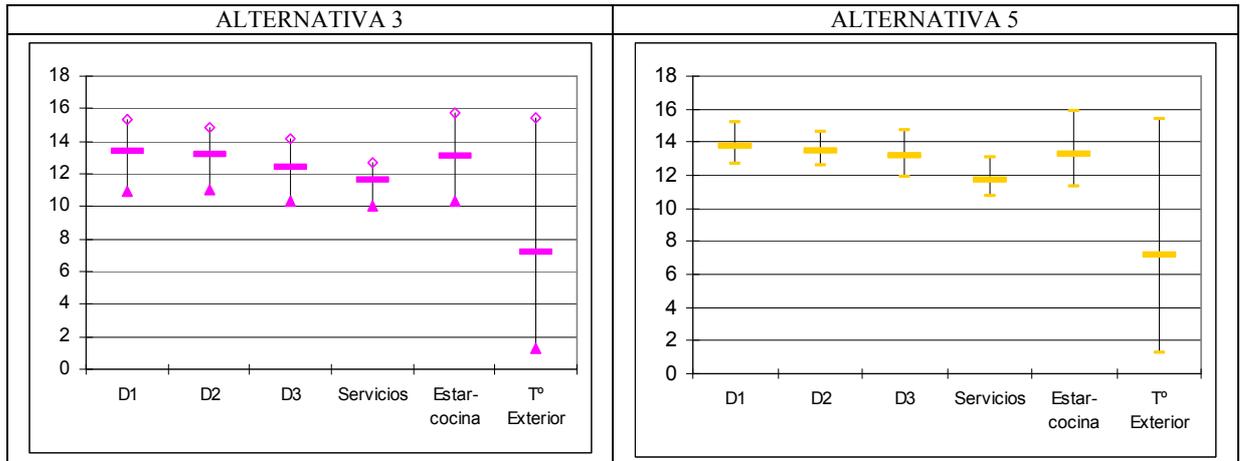


Figura 7: Temperaturas: Máximas, Mínimas y Medias

Los locales tienen una temperatura media aproximada entre 12 y 14 °C en comparación con la media exterior de 6.8 °C. Otro aspecto relevante es la diferencia entre la Temperatura máxima y la mínima dentro de los locales. La variación total de la A5 es entre 1 °C y 4.5 °C. (Figura 7)

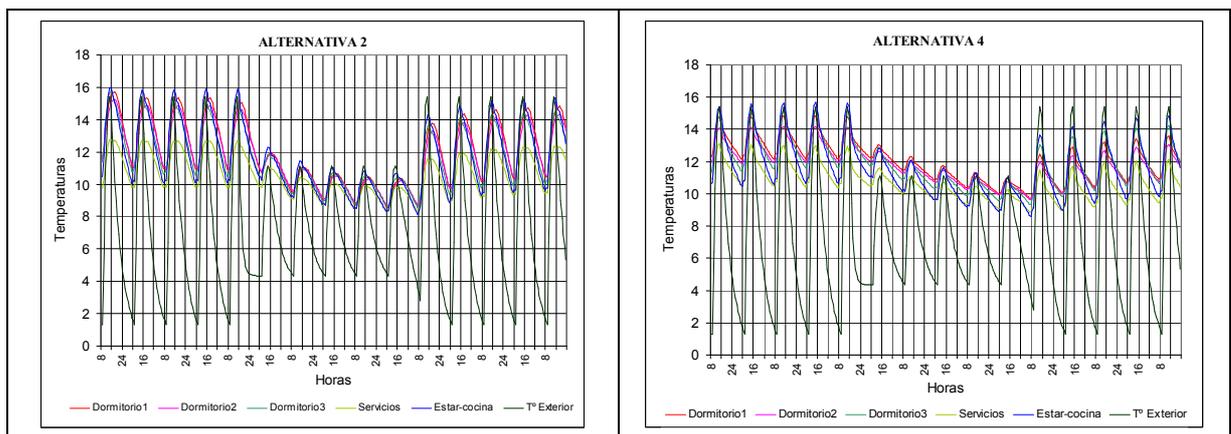


Figura 8: Evaluación de la reducción de infiltraciones y aislación en muros.

En la A4, respecto a la A2, se coloca aislación en muros. Esto último produce una disminución de la temperatura interior máxima diurna por la falta de asoleamiento en muros, pero con un mejor comportamiento en horas nocturnas, fundamentalmente en los locales orientados al Sur y en los días nublados. (Figura 8)

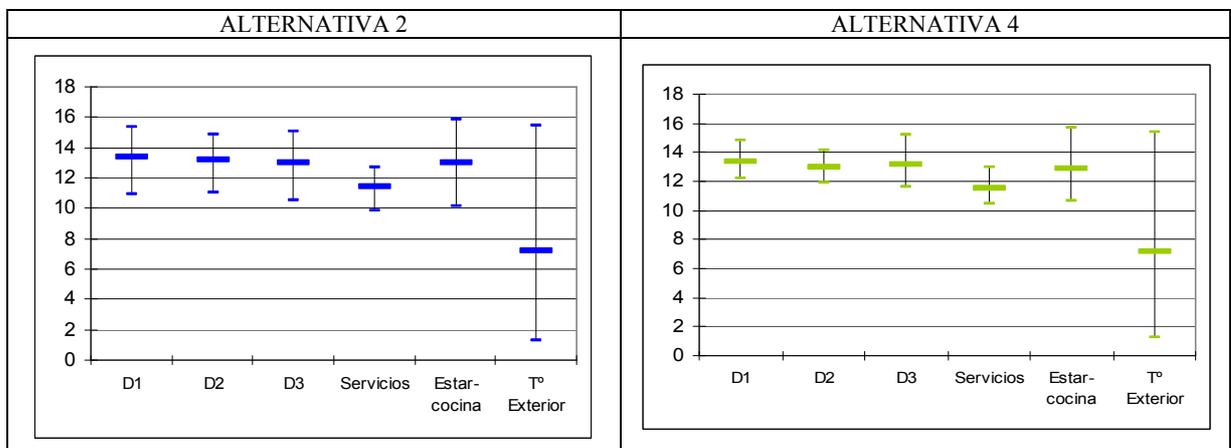


Figura 9: Temperaturas: Máximas, Mínimas y Medias

La aislación en muros con aberturas de un vidrio sin protección nocturna, amortigua sustancialmente las diferencias de temperaturas interiores dejando constante las temperaturas medias. (Figura 9)

El **Prototipo Solar** así como la **Vivienda Terminada**, respecto a la **A1**, cuentan con la ampliación de la Cocina-Comedor hacia el Norte, mediante el desplazamiento de la carpintería al borde de los volúmenes de los dormitorios. (Figura 10)

En el barrio "Vecinos de Calle Caballero", existe un alto porcentaje de familias numerosas (entre 6 y 10 integrantes). Los usuarios una vez satisfechas sus necesidades básicas ampliarán sus viviendas. Las tecnologías que se evalúan son: **A6 y A7**.

El **Prototipo Solar** servirá para que los usuarios incorporen las estrategias tecnológicas en la medida de sus posibilidades económicas.

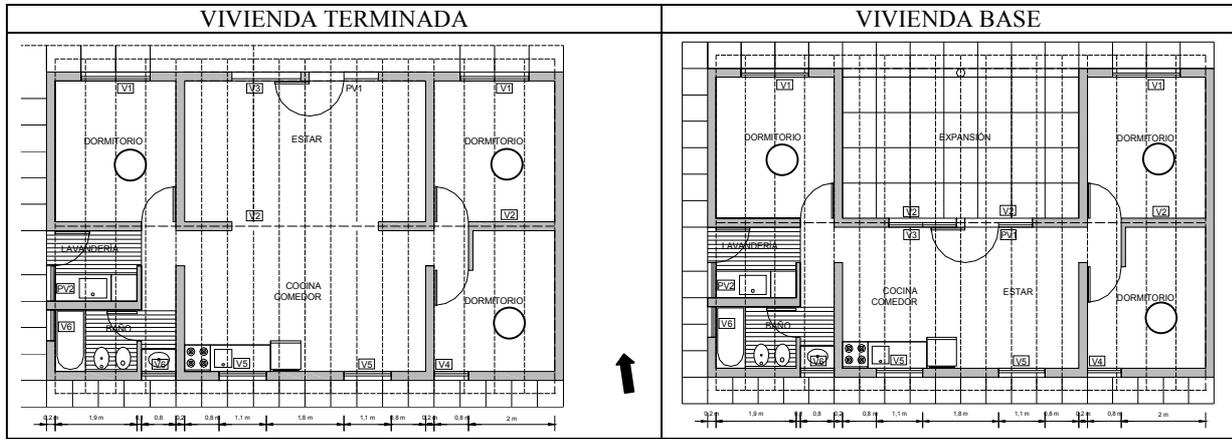


Figura 10: Plantas de la Vivienda Terminada y de la Vivienda Base.

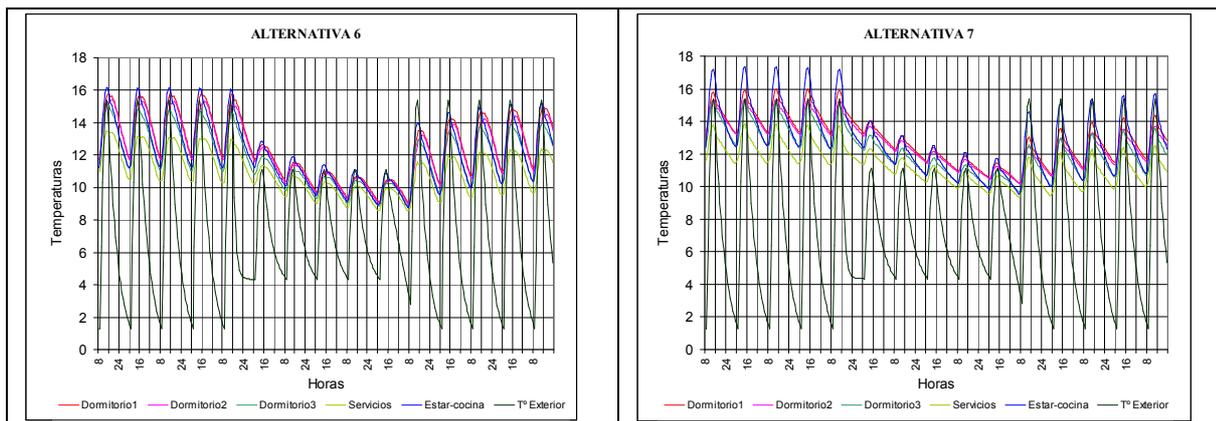


Figura 11: Comparación de temperaturas de la vivienda completa, con y sin aislación exterior en muros.

Durante los días claros y nublados, la **A7** tiene un comportamiento térmico superior a la **A6**, en los nublados la **A7** permite una buena inercia térmica por efecto de la aislación exterior en muros.

Mantiene sus temperaturas interiores por encima de la vivienda sin aislar durante los días simulados. (Figura 11)

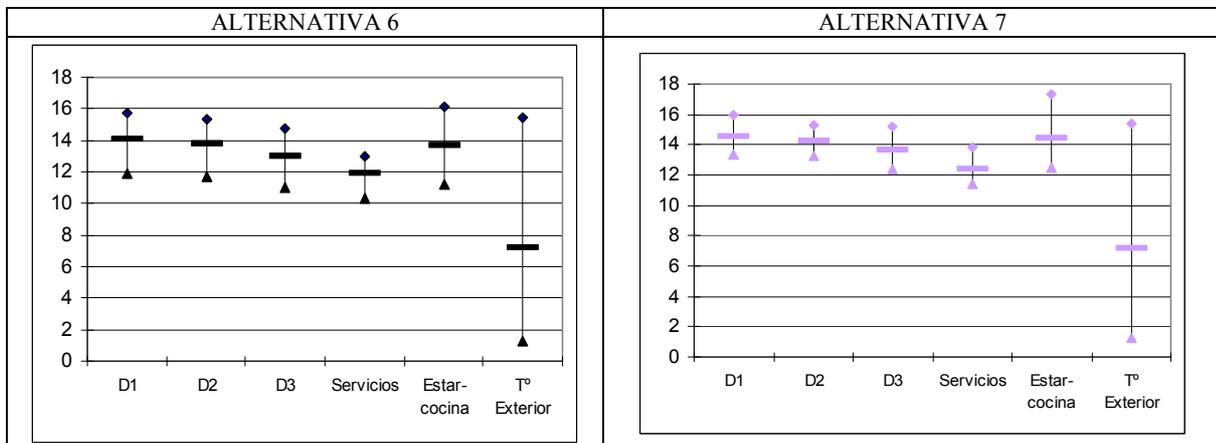


Figura 12: Temperaturas Máximas, Mínimas y Medias

El comportamiento térmico del Estar-Cocina es el local que más se diferencia del resto, cuando se aíslan los muros perimetrales (**A7**). En los otros locales si bien se mantienen las temperaturas medias, se produce un mejoramiento en las

temperaturas mínimas. Se puede observar que estas temperaturas mínimas (12 - 13 °C) están muy por encima de la mínima exterior (1.3 °C). (Figura 12)

RESULTADOS DE LA EVALUACION ENERGETICA

Las Fracciones de Ahorro Solar (FAS) y Energía Auxiliar (MWh / año) calculadas para la vivienda con las distintas alternativas constructivas se detallan en la Tabla 4. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta las pérdidas totales.

Las Alternativas **A6** y **A7** están diferenciadas en las tablas y gráficos por ser las viviendas ampliadas.

CASOS	Volumen (m ³)	Q TOTAL	Q AUXILIAR	FAS ANUAL (%)	GAS PROPANO			Ahorro comparativo
		(KWh/año)			Kg/año	Kg /año m ³ vivienda	Tubos /año	
A1	152.24	14100.74	12690.67	10.00	992.0	6.52	22.0	0.0%
A2		11382.04	9936.52	12.70	776.7	5.10	17.3	21.7%
A3		11152.27	7806.59	30.00	610.2	4.01	13.6	38.5%
A4		5961.63	4796.13	19.55	374.9	2.46	8.3	62.2%
A5		5731.79	3026.39	47.20	236.6	1.55	5.3	76.2%
A6	196.14	10123.66	6377.91	37.00	498.5	2.54	11.1	61.0%
A7		5579.66	2678.24	52.00	209.4	1.07	4.7	83.6%

Tabla 4: Comparación de ahorros en relación a la Alternativa 1

Los ahorros comparativos se obtienen teniendo como base la **A1** y el consumo de gas propano por m³ de vivienda.

Las Alternativas **5** y **7** con aislación en los muros son las que presentan los mejores valores de FAS y de ahorros. Le sigue en orden de importancia la **A6** que es una vivienda compacta sin aislación en muros (Tabla 4).

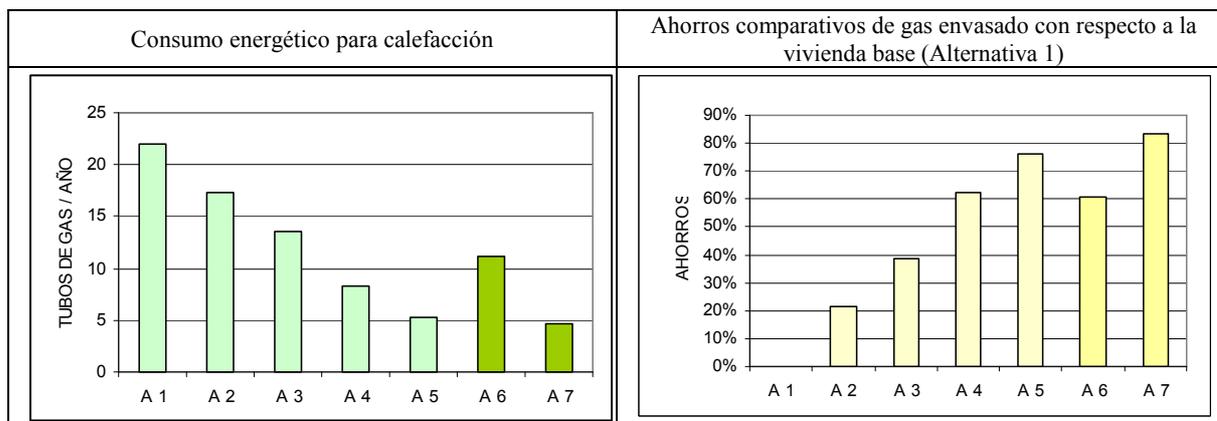


Figura 13: Consumos de gas envasado para cada alternativa propuesta

La reducción de 3 RAH a 1 RAH implica una disminución en el consumo anual para calefacción del 21.7%.

Además de las mejoras en las RAH, si se colocan doubles vidrios en las ventanas S y O y protecciones nocturnas en las N, los tubos se reducen en un 38.5%. Si a esta última alternativa se le agrega aislación exterior en muros se produce un ahorro del 76.2%.

En la **A4** (aberturas con un solo vidrio sin protección nocturna) sus ahorros son casi el doble de la **A3** aunque con baja FAS.

La ampliación propuesta **A6** mejora el comportamiento térmico de la vivienda manteniendo la misma tecnología. Esto se puede observar cuando se la compara con la **A3**.

La **A7** es la que tiene mejor comportamiento térmico con un ahorro del 83.6%. (Figura 13)

CONCLUSIONES

Los incrementos de las temperaturas interiores no presentan grandes diferencias. Esto es resultado de un diseño arquitectónico adecuado respetando la orientación Norte. El mejoramiento de temperaturas está dado por la incorporación paulatina de pequeñas intervenciones tecnológicas con la excepción del uso de aislaciones en techos de 7.5 cm que se considera como base mínima para la zona climática donde está implantado el Barrio.

A pesar de las pequeñas diferencias de temperaturas interiores, que se observan en los gráficos de comportamiento térmico, desde un punto de vista energético los ahorros son muy importantes, fundamentalmente en el caso de la vivienda Prototipo, que presenta un asoleamiento pleno de áreas colectoras, llegando a un ahorro anual del 83.6%

El incremento paulatino de las distintas alternativas tecnológicas muestra una mejora en la FAS. Sin embargo se presentan casos como la **A4** que teniendo una FAS baja (19.55%) representa un ahorro energético importante (62.2%). Se debe tener en cuenta que la FAS implica un porcentaje de las pérdidas totales que tiene la propia vivienda y el ahorro energético está referido a la vivienda sin la implementación de las mejoras tecnológicas (**A1**).

La Tabla 4 demuestra que incorporando doble-vidrio en las aberturas O y S, con protección nocturna en las N, se produce un incremento en los ahorros del 21.7% (**A2**) al 38.5% (**A3**).

Comparando la **A5** (mayores superficies expuestas y menor asoleamiento, producto de las sombras arrojadas, pero con muros exteriores aislados) con la **A6** (volumen compacto y mayor área colectora útil), es más eficiente la **A5**. Esto demuestra la importancia de la aislación en muros exteriores.

Las viviendas con muros aislados (**A5**) y el Prototipo (**A7**) son las que mayores ahorros presentan.

Dado que los destinatarios son de bajos recursos, es factible que no puedan colocar las aislaciones exteriores por lo que es fundamental la optimización en el diseño. Se considera que las viviendas deben ser construidas con carpinterías con burletes incorporados o dobles contactos y dobles vidrios en aberturas Oeste y Sur (pequeñas dimensiones). En este caso, la vivienda ampliada (**A6**) por el usuario llega a un ahorro del 61%, mientras que el Prototipo solar (**A7**) alcanza un ahorro del 83.6%.

Ambas alternativas presentan ventajas sobre la Vivienda Base. Por un lado menor superficie expuesta y, un mejor asoleamiento, evitando las sombras producidas por las salientes de los 2 cuerpos de los dormitorios, por otro. Esto implica que a igual superficie vidriada al Norte existe una mayor área colectora útil.

El Prototipo Solar, construido con las mismas tecnologías propuestas en las viviendas pero incorporando protecciones en ventanas Norte y aislación en muros exteriores servirá para que los usuarios lo tomen como ejemplo para hacer la ampliación de sus viviendas e implementar, en la medida de sus posibilidades, las mejoras tecnológicas para reducir aun más el consumo energético (protecciones en aberturas, por ejemplo postigones, y aislación en muros).

Las ventajas energéticas analizadas para este tipo de viviendas permite afianzar la idea de crear operatorias especiales por parte del Instituto Provincial de la Vivienda, que posibiliten la construcción de barrios energéticamente eficientes. Esto redundaría especialmente en un mayor confort interior para sus habitantes, ya que muchas veces los usuarios no cuentan con los recursos suficientes, especialmente en invierno.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Flores Larsen Silvana, Graciela Lesino “Modelo Térmico del Programa SIMEDIF de Simulación de Edificios” Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 9, pp. 15 - 24, 2001. Impreso en la Argentina. ISSN 0328-932X.
- [2] Balcomb, J. D. et al. (1983). “Passive Solar Design Handbook” – Volume 3. American Solar Energy Society. Boulder, USA.
- [3] Goulding J; Lewis, J; Steemers, T. (1994) “Energy in Architecture”. The European Passive Solar Handbook. C.E.C. pp. 282.
- [4] Watson, D; Labs, Kenneth (1983). “Climatic Design. Energy-Efficient Buildings Principles and Practices”. Mc. Graw-Hill, New York, USA.
- [5] Fernandez, Jorge; Basso, Mirza; Mesa, Alejandro and de Rosa. Carlos. “An Assessment Of The Solar Potential Of Built Environments In The City Of Mendoza, Argentina. A Study In Advance”. PLEA 2001 - The 18th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Florianópolis – BRAZIL, 7-9 November 2001. Paper Code PL01-318 Page of 5
- [6] Basso Mirza, Fernández Jorge C., Mesa Néstor A. Córca María L., and de Rosa Carlos. “Urban Morphology and Solar Potential of the Built Environment in Andean Cities of Hispanic Layout. Assessing Proposals towards a more Sustainable Energy Future”. PLEA The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Santiago – Chile, 2003 «Paper Code Page of 5.
- [7] Mesa, N. A., Cortegoso, J. L. y de Rosa, C. (2000). Modelo Gráfico Computacional para la Determinación del Área Asoleada de Fachadas Potencialmente Colectoras en Medios Urbanos. Proceedings of the ISES Millennium Solar Forum 2000, Mexico City, Mexico, pp. 113.

ABSTRACT

Incorporating solar energy utilizations in the houses or buildings detached is nowadays simple and comparable to conventional architectural design. With minimum technological changes and without great expenditures, substantial energy savings can be obtained. A three bedroom house and the enlarged Solar Prototype are evaluated.

With the computational simulation program SIMEDIF has been used to thermally assess the different technological alternatives and the Load Collector Ratio (LCR) method of LANL for the energy performance evaluation.

Interior temperature increments are obtained by the progressive incorporation of simple technological interventions. In spite of the small temperature differences, significant energy savings are achieved.

Besides, the reduction of the ACH, double glazing on south and west facing window and night insulation on north facing windows, is used an important savings of 38% are achieved. If, to the later alternatives insulation on exterior walls is added, the savings increase to 76.2%.

Keywords: Rural Social housing – Solar energy - Technology alternatives – Energy savings.