

EVALUACIÓN TÉRMICA Y ECONÓMICA COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS ALTERNATIVAS PARA SER APLICADAS EN LOS PLANES DE PRÉSTAMOS DE VIVIENDA PROPIA.

M.M. Herrera¹, J. Gómez Piovano², A. Mesa³.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA)
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Centro Científico y Tecnológico – CCT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza
Tel: +54-261-524-4054, Fax: +54-261-524-4301
E-mail: mherrera@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN: En la actualidad existen nuevas propuestas crediticias tanto a nivel nacional como provincial, que amplían las posibilidades de acceso a la vivienda propia para la clase media, situando al Programa de Crédito Argentino para la Vivienda Única Familiar (PRO.CRE.AR) Bicentenario como uno de los más relevantes. Tomando como partida que todo plan nuevo de construcción debería tener en cuenta la incorporación de aspectos de eficiencia energética, el presente trabajo tiene como objetivo analizar diferentes tecnologías constructivas, que posibiliten el desarrollo de viviendas con un mejor comportamiento energético que el asociado a las modalidades de construcción actuales. Se realizó un estudio comparativo entre cinco sistemas constructivos alternativos y el tradicional, donde se analizaron por medio del soporte informático de simulaciones Energy Plus los comportamientos térmicos de cada uno, como así también se hizo un estudio de los costos de construcción. Como resultado final de la comparación térmica-económica se identificó el caso más eficiente.

Palabras claves: Préstamos para viviendas; sistemas constructivos alternativos; Energy Plus; comportamiento térmico-energético; costos.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años, el estudio del comportamiento térmico-energético y de costos de construcción para una vivienda destinada a familias de ingresos bajos en Argentina, ha sido abordado con diferentes enfoques por numerosos grupos de investigación, entre los cuales se pueden mencionar los realizados en los últimos años por Martínez (2005), Czajkowski y Brázzola (2007), Flores et al. (2007), Arboit et al. (2008), Basso et al. (2008), Mitchell y Acosta (2009), Mercado et al. (2010), Bracco et al. (2010), Blasco Lucas, (2011). Sin embargo, en la actualidad existen nuevas propuestas crediticias tanto a nivel nacional como provincial, que aumentan las posibilidades de acceso a la vivienda propia para la clase media, la cual no estaba siendo contemplada en los planes oficiales. La propuesta de mayor alcance es el Programa de Crédito Argentino para la Vivienda Única Familiar (PRO.CRE.AR) Bicentenario, que planifica la realización de hasta 400.000 viviendas. El mencionado plan tiene como único requisito del proyecto a construir, que el monto del préstamo no supere en cinco veces al valor del terreno. Dicho empréstito requiere sólo de los planos de arquitectura aprobados por el municipio interviniente y de la presentación de un plan de obra que incluya los costos de la misma para la determinación de las 4 etapas de avance constructivo que se relacionan directamente con los 4 desembolsos en que se otorga el dinero. En ningún momento, se establecen la incorporación de estrategias de reducción del consumo energético de las mismas, principios que están siendo contemplados a nivel nacional como por ejemplo en las normas IRAM.

Es por ello y tomando como partida que cualquier nuevo plan de construcción debería tener en cuenta la incorporación de aspectos de eficiencia energética, este trabajo tiene como objetivo analizar diferentes sistemas constructivos alternativos que puedan posibilitar el desarrollo de viviendas con un mejor comportamiento energético que el que presentan las construcciones tradicionales actuales, sin incrementar los costos de obra usuales. A tal fin, se toma como caso de estudio un proyecto presentado para la obtención del empréstito, llevando a cabo en un primer momento el análisis de los requerimientos energéticos que tendría la vivienda; para que posteriormente en base a los resultados, se puedan analizar las diferencias entre el sistema tradicional y las opciones propuestas para las envolventes verticales opacas.

La elección del análisis de envolventes verticales se basa en que las mismas son las que representan mayor proporción en las superficies expuestas y cumplen un rol fundamental en el comportamiento energético dentro de un modelo en iguales condiciones físicas (Mercado, 2010; Arboit, 2008; Mercado, 2010; Blasco Lucas, 2011).

¹ Becaria tipo 1 CONICET

² Becaria Formación Inicial FONCIT

³ Investigador Adjunto CONICET

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis comparativo entre el sistema constructivo tradicional utilizado en Mendoza, conformado por una estructura de paredes portantes de ladrillón de 20cm con revoque en ambas caras, y cinco alternativas tecnológicas-constructivas, con el fin de observar los comportamientos térmicos, características y costos de construcción de cada uno. Para ello, se tomarán en cuenta solo las envolventes verticales opacas, determinando a todos los casos la misma cubierta, entrepiso y tipo de piso. Cabe destacar que en este estudio, dichos sistemas trabajan solo como cerramiento ya que la estructura sismo-resistente de la vivienda es independiente, constituida por vigas y columnas.

METODOLOGÍA

El análisis se dividió en dos etapas, en primer lugar se realizó un estudio del comportamiento termo-energético de los diferentes sistemas aplicados a la vivienda y luego se hizo un estudio de costos de los mismos.

La primera etapa se llevó a cabo por medio de una herramienta informática que permite procesar la información de la unidad de análisis, considerando las variables climáticas de la región según las condiciones reales de emplazamiento geográfico y de la materialización constructiva. Dicho soporte informático se denomina Energy Plus, el cual permite detectar el funcionamiento tecnológico-constructivo de las diferentes envolventes a analizar. Asimismo para determinar el periodo de estudio se consideraron los principales valores climáticos tales como las horas anuales en confort 21,5%, calefacción necesaria 70% y enfriamiento necesario 8,5% (Arboit, 2008). Debido a que el mayor valor se refleja en el requerimiento energético de calefacción se acotó el análisis solo al periodo de invierno.

En una primera instancia, se definió el consumo energético de la vivienda realizada con la envolvente opaca tradicional con el fin de obtener un parámetro de datos estándar para posteriormente, en base a los resultados obtenidos tras la simulación de los distintos sistemas constructivos propuestos, comparar los consumos energéticos correspondientes a cada técnica. Para ello, se incorporó al modelo un termostato a 18° C.

Dentro de los componentes analizados, se estudió el comportamiento de los distintos sistemas constructivos con ventanas de vidrio simple, pero dada la situación que el proyecto consta de una gran superficie vidriada, se consideró un segundo estudio con la incorporación de Doble Vidriado Hermético (DVH), con el fin de cuantificar en qué medida repercute la mejora de las aislaciones en la envolvente translúcida en el consumo energético de la vivienda.

Para la evaluación económica se consideraron las variables de costo por metro cuadrado (solo de las envolventes verticales opacas) y tiempo de realización de la obra, promediando los datos obtenidos de diferentes fuentes (consulta a constructoras, profesionales independientes, diario clarín). Cabe destacar que dicho análisis se limitó a la inversión inicial.

PROTOTIPO DE VIVIENDA

La vivienda objeto de estudio, proyectada por la arquitecta Jimena Gómez Piovano, se encuentra en la lista del sorteo para la obtención del nuevo préstamo PRO.CRE.AR. Cuenta con una superficie a construir de 160m², donde el terreno en la cual se emplaza, posee un valor no inferior a la quinta parte del costo de la obra (esto es tomando como base para un cálculo rápido del costo de obra, el valor del m² estipulado por el Colegio de Arquitectos de la provincia \$3461). Conformada por un sector de estar, un comedor, cocina, tres dormitorios, lavandería y baños (Figura 1), se halla recostada sobre el lado sur del terreno, favoreciendo así la ganancia solar directa de la mayoría de sus ambientes. Los principios de diseño bioclimáticos son simples y consisten en maximizar la ganancia directa a través de los aventamientos y de generar protección solar horizontal de los mismos para las épocas cálidas; en la planta superior se prevé la diferencia de alturas en los techos para permitir la ganancia solar de los ambientes más desfavorables.

Dicha residencia, está situada en Guaymallén, provincia de Mendoza. Esta provincia, ubicada en el centro-oeste de la República Argentina, en el piedemonte de la Cordillera de Los Andes, pertenece a una zona semi-desértica y árida, cuya clasificación bioambiental, según Norma IRAM 11603 es templado frío de montaña. La amplitud térmica diaria entre las temperaturas medias máximas y medias mínimas varía entre los 12,3° C y los 10° C en las distintas épocas del año. Las temperaturas Máxima Absoluta es de 39°C mientras que la temperatura mínima absoluta es -7° C. Las temperaturas medias absolutas denotan que las necesidades de calefacción superan a las de refrigeración. La radiación solar es intensa, lo cual posibilita utilizar el sistema pasivo de Ganancia Solar Directa para calefacción así como también los sistemas solares activos. Mientras que en verano hay que evitar la incidencia de radiación sobre superficies vidriadas y maximizar la reflectividad de las superficies opacas de la envolvente.

La vivienda se proyecta con sistema constructivo tradicional, el mismo consta de muros de ladrillón de 20 cm para los cierres, verticales, mientras que para las divisiones interiores utiliza tabiquería de roca de yeso tipo Durlock®. La cubierta está compuesta por correas de madera, machimbre de ¾, aislación térmica de poliestireno expandido de 5cm de espesor, hormigón alivianado de pendiente y membrana asfáltica (Figura 2). El entrepiso está conformado por losa alivianada, con cieloraso suspendido de roca de yeso, en la parte superior contrapiso de Hormigón (Figura 3). El piso está formado por un contrapiso de H° de 10 cm y como terminación cemento micro alisado (Figura 4).

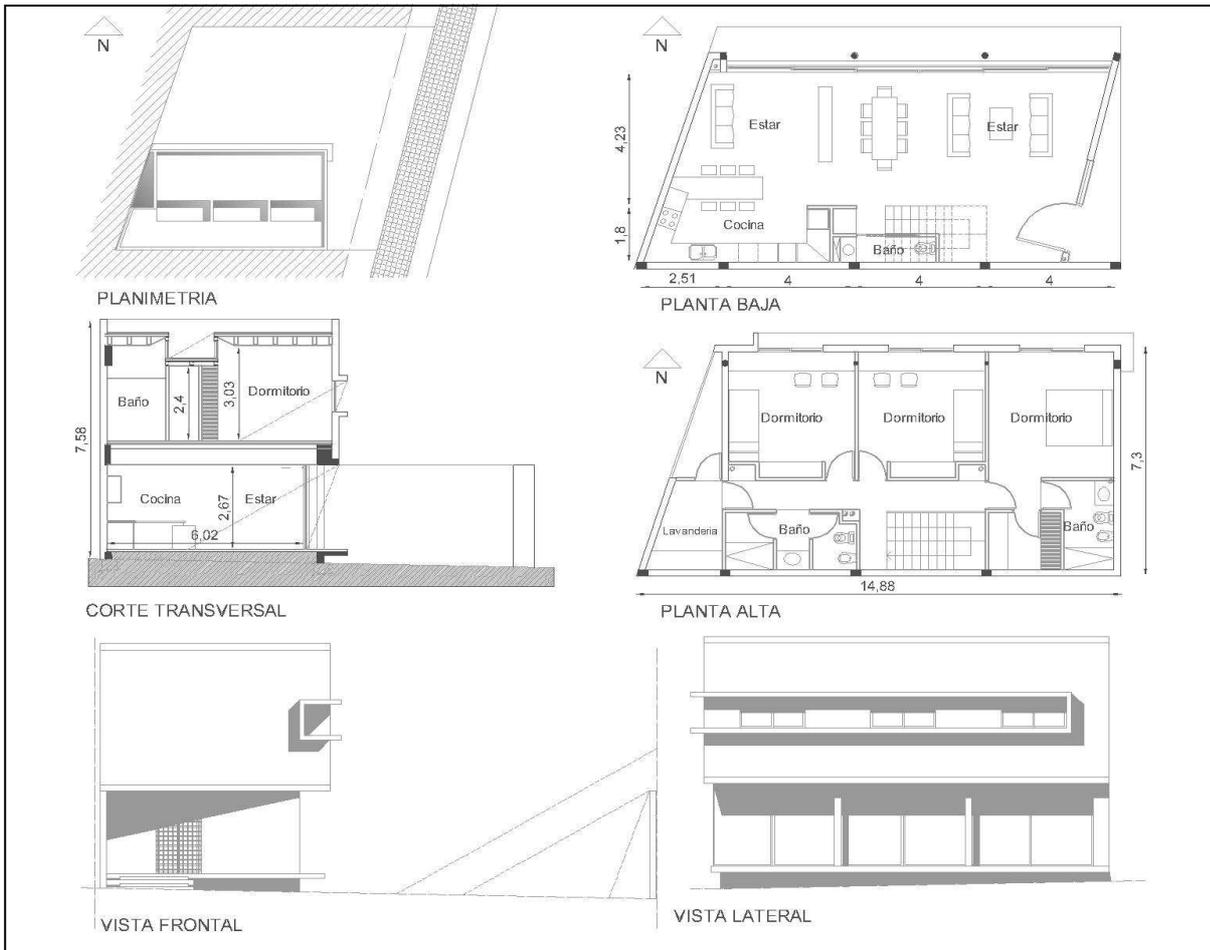


Figura 1. Planimetría, plantas, corte y vistas de la vivienda analizada.

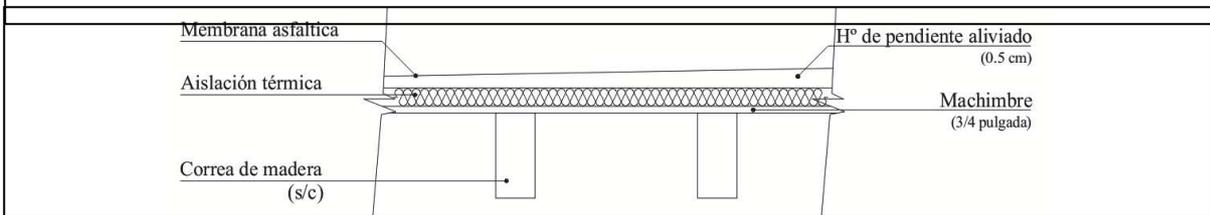


Figura 2. Cubierta

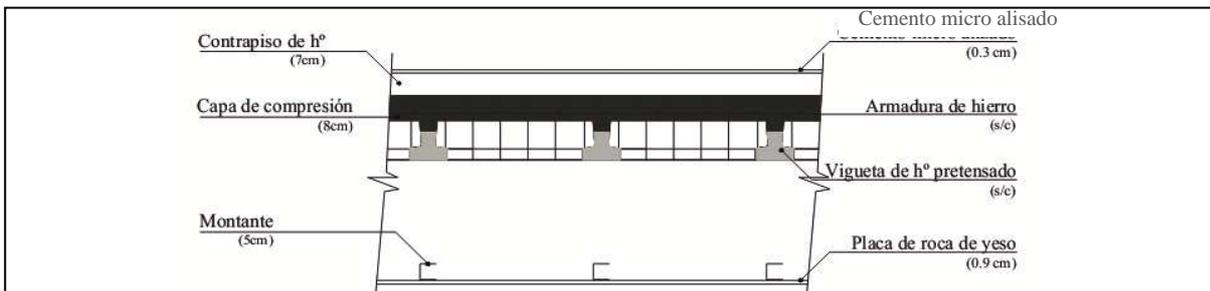


Figura 3. Entrepiso



Figura 4. Piso

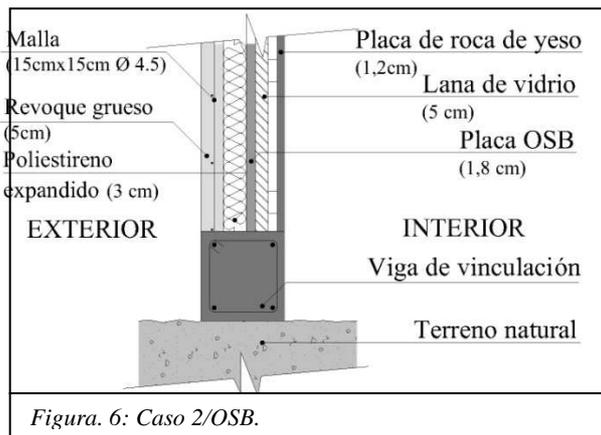
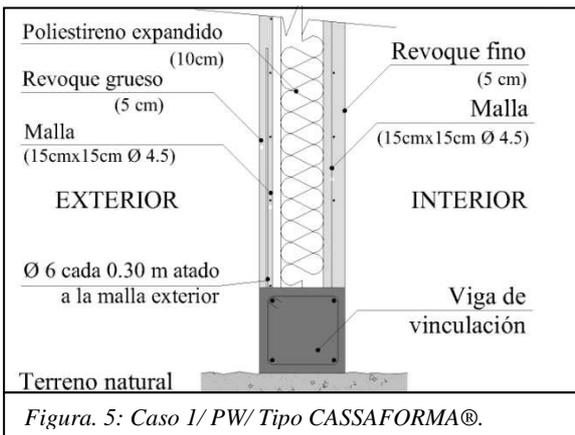
CASOS DE ESTUDIO

Con el fin de analizar cómo afectan los diferentes componentes de los cerramientos opacos en el comportamiento energético de una vivienda se plantearon 5 tipos distintos al proyectado originalmente con los que se sometió a la vivienda prototipo a la simulación, sólo con la modificación de los componentes de los muros propuestos.

Descripción de los diferentes sistemas constructivos

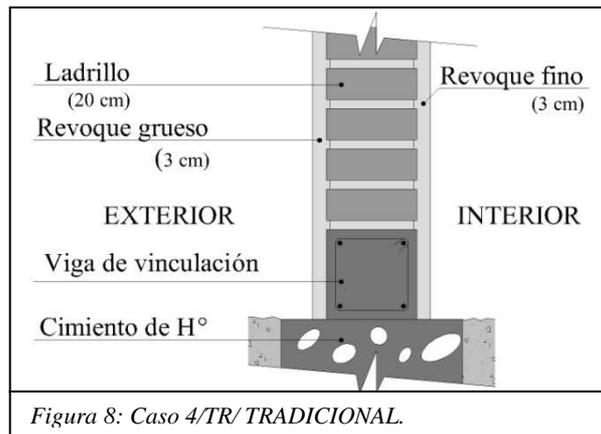
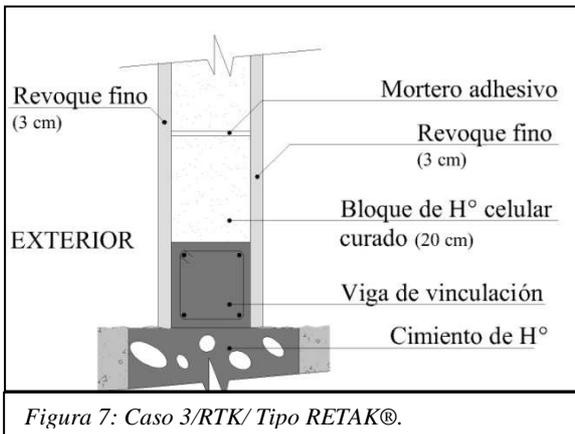
CASO 1/PW: sistema constructivo tipo CASSAFORMA®. Conformado por un revoque de 5 cm del lado exterior, malla electro soldada 15 x 15 cm \varnothing 4.5, aislación térmica con poliestireno expandido de 10 cm, nuevamente malla 15 x 15 cm \varnothing 4.5 y revoque fino de 5 cm en el interior (Figura 5).

CASO 2/OSB: sistema tipo sándwich compuesto por un revoque del lado exterior de 3cm, seguido por una malla electro soldada 15 x 15 cm \varnothing 4.5, luego aislación térmica con poliestireno expandido de 2 cm, una placa de OSB (Oriented Strand Board) de 1,8 cm, lana de vidrio de 5cm y por último una placa de yeso como terminación interior de 1,2 cm (Figura 6).



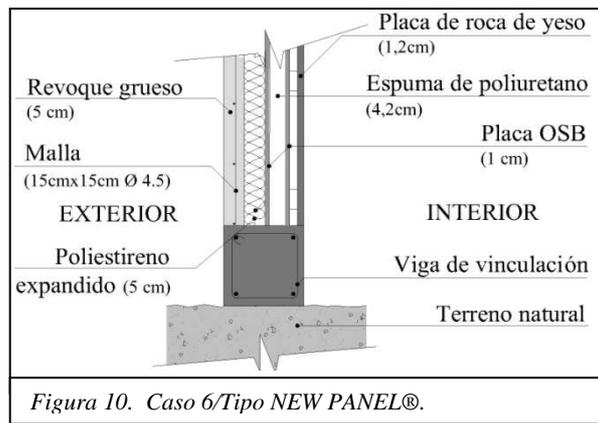
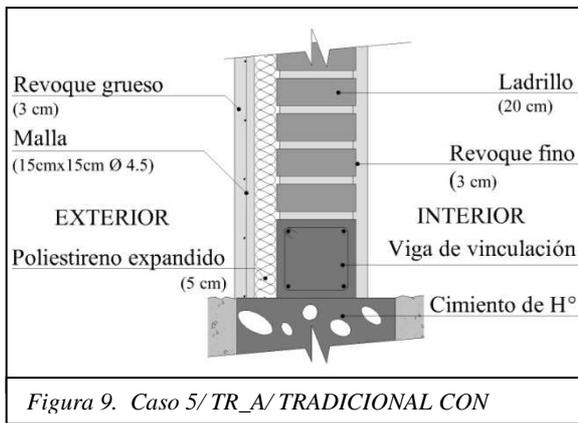
CASO 3/ RTK: técnica tipo RETAK®, revoque fino exterior de 3cm, bloque de hormigón celular de 20 cm, revoque fino interior de 3cm (Figura 7).

CASO 4/ TR: sistema constructivo tradicional, utilizado en la provincia. Conformado por revoque grueso de 3cm, ladrillo común de 20 cm, revoque de 3 cm con terminaciones interiores (Figura 8).



CASO 5/TR_A: técnica tradicional con aislación. Revoque grueso, seguido por una aislación térmica con poliestireno expandido de 5 cm, ladrillón y revoque interno de 3 cm. (Figura 9).

CASO 6/NP: método tipo NEW PANEL®. Revoque grueso, placa de OSB + espuma de poliuretano + OSB, poliestireno expandido y como terminación interior placa de yeso (Figura 10).



Las características principales de cada sistema estudiado se detallan en la tabla 1, donde se pueden observar similitudes entre los casos 1 y 6 asociadas a la construcción por medio de paneles industrializados, permitiendo a la obra un ahorro en tiempos considerado⁴. Asimismo el funcionamiento de cada uno de ellos consta de rapidez, limpieza sin generar grandes cantidades de residuos. Dichas características se manifiestan también en los casos 2 y 3⁵.

Tabla 1. Características de los sistemas constructivos analizados

CARACTERÍSTICAS	CASO 1/PW	CASO 2/OSB	CASO 3/RTK	CASO 4/TR	CASO 5/TR_A	CASO 6/NP
. Tipo de construcción	Paneles Industrializados	Armado in situ	Industrializado	tradicional	tradicional	Paneles Industrializados
. Transmitancia térmica (K= W/m2 °c) (*1)	0.65	0.45	0.54	2.22	0.88	0.48
. Funcionamiento	construcción versátil, rápida práctica, limpia, no genera gran cantidad de residuos.	construcción versátil, rápida práctica, limpia, no genera gran cantidad de residuos.	construcción versátil, mas rápida que el sistema Tradicional, práctica, limpia, no genera gran cantidad de residuos.	construcción versátil lleva mayores tiempo de ejecución que el resto de los sistemas.	construcción versátil lleva mayores tiempo de ejecución que el resto de los sistemas.	construcción versátil, rápida práctica, limpia, no genera gran cantidad de residuos.
. Resistente al:						
* Fuego	si	si	si	si	si	si
* Sismos (*2)	si *	si *	si	si	si	si *
*Vientos	si	si	si	si	si	si
* Humedad	si	si	si	si	si	si
. Resistencia estructural	no necesita vigas, columnas ni grandes fundaciones	sistema constructivo liviano necesita vigas, columnas	sistema constructivo mas liviano que el tradicional	necesita vigas, columnas, fundaciones	necesita vigas, columnas, fundaciones	no necesita vigas, columnas ni grandes fundaciones
(*1) El valor de la trasmittancia térmica de las tecnologías fueron calculados especialmente para el trabajo según la Norma IRAM 11604						
(*2) en este estudio, estos sistemas funcionan como envolventes no como estructuras portantes.						

RESULTADOS

Comportamiento termo-energético

Para el cotejo del comportamiento térmico de la vivienda se tomó el sector correspondiente al ambiente continuo que se genera en la planta baja, a tal fin se consideraron las temperaturas horarias interiores para cada sistema, en un periodo comprendido entre el 21 y el 25 de Julio. Los datos arrojados por el simulador, indican que las temperaturas de la vivienda en la mayoría de los casos, se encuentran bajo el nivel de confort de 18°C (Fig. 11), como así también que la mayor parte de los sistemas carecen de inercia térmica, donde el comportamiento interior refleja la incidencia de la masa aportada por el piso y la losa.

Debido a los resultados anteriores, se procedió al análisis de los consumos energéticos de toda la vivienda, donde con el sistema tradicional (caso 4), la casa tuvo un consumo de 8202.38 Kw/h, logrando determinar con relación a dicho valor que el más eficiente de todos los casos fue el número 2 correspondiente al sistema tipo sándwich de OSB, obteniendo un ahorro del 32% ya que el consumo fue de 5601.63 Kw/h; seguido por los casos 1 y 6 con una reducción del 31% y el 29% (Tabla 2).

Por otro lado, en el análisis del comportamiento de los diferentes tipos de cierres translucidos (Fig. 12), el DVH en promedio, produce un ahorro energético aproximado del 10% para cada caso, proporción que no es despreciable aunque se considera poco significativa cuando se la relaciona con el aumento de costo que representa la implementación este sistema.

⁴ Cassaforma®. Fecha de consulta 10 de Junio de 2012. Disponible en <<http://www.cassaforma.com/>>
New Panel®. Fecha de consulta 10 de Junio de 2012. Disponible en <<http://www.newpanel.com.ar/>>

⁵ Retak®. Fecha de consulta 6 de Junio de 2012. Disponible en <<http://www.retak.com.ar/>>

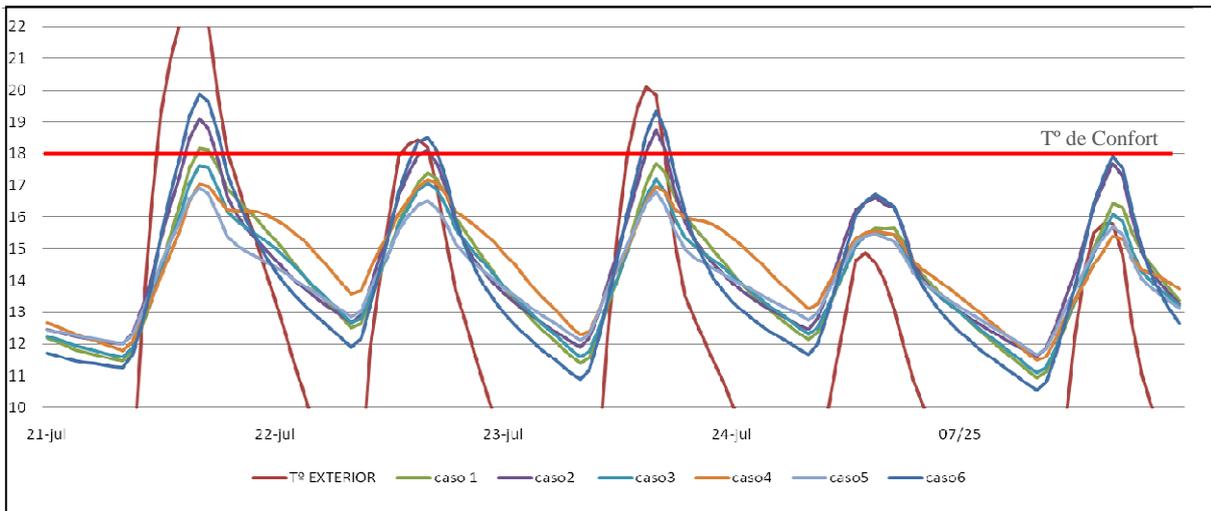


Figura 11. Temperaturas interiores de planta baja

Tabla 2. Consumos de cada sistema constructivo

CASOS	KW/h	%	Ahorro%
Caso 1	5683.66	69%	31%
Caso 2	5601.63	68%	32%
Caso 3	6376.03	78%	22%
Caso 4	8202.38	100%	-
Caso 5	7904.68	96%	4%
Caso 6	5823.15	71%	29%

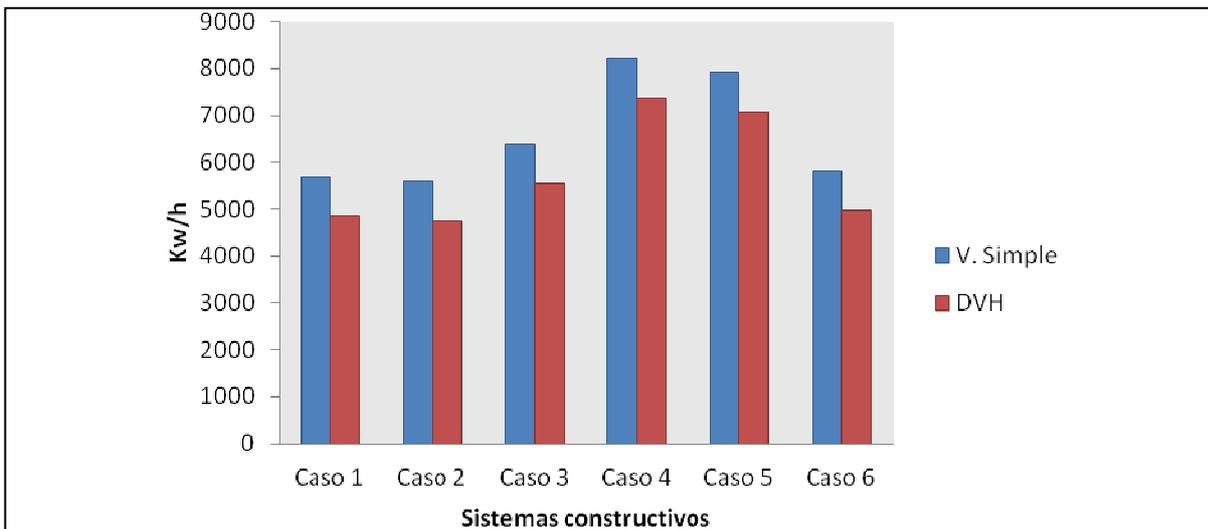


Figura 12. Consumos del periodo de requerimiento de calefacción

Estudio Económico

Los costos fueron calculados para 250 m² de envolvente vertical opaca, donde se contempló la mano de obra sumado al precio de los materiales por m². Los resultados demostraron que el más económico es el caso 1, seguido del caso 4 (Tabla 3). Cabe destacar que éste último cuenta con un costo adicional que es el de cimientos, sin embargo sigue siendo uno de los más económicos a pesar de que el resto de los sistemas sean livianos (exceptuando el caso 3 y 5) y se ahorren dicho gasto.

Tabla 3. Costos totales de construcción de la envolvente

COSTOS DE ENVOLVENTE					
CASOS	COSTO MAT. m2	M.OBRA m2	TOTAL m2	COSTOS TOTALES	COSTOS + CIMENTACIÓN
caso 1	129.69	85	214.69	\$53,672.50	
caso 2	223.29	145	368.29	\$92,072.50	
caso 3	220.8	125	345.8	\$86,450.00	\$94,467.35
caso 4	137.03	155	292.03	\$73,007.50	\$84,460.85
caso 5	176.83	170	346.83	\$86,707.50	\$98,160.85
caso 6	390.19	115	505.19	\$126,297.50	

Existe la hipótesis que la reducción de los costos para los sistemas alternativos más caros, como lo son los casos 3 (Retak®) y 6 (New Panel®), se puede ver reflejado, en los lapsos de ejecución de la envolvente, ya que al ser sistemas industrializados su colocación es más rápida. Según las fuentes consultadas⁶, para hacer una pared con Retak® entre un oficial y un ayudante se demoran 30 min/m², mientras que para realizar una pared tradicional se demoran 160 min/m² y en el caso de New Panel® los tiempos se acortan ya que el método de colocación es ir encastrando las placas. Dicha disminución influiría en los costos que deben ser considerados, en relación al total de la inversión, en las viviendas construidas por el sistema de créditos hipotecarios. Es por esto que queda pendiente el análisis profundo del modo en que influiría el factor tiempo en los costos de construcción.

Unificando el análisis energético con el económico se puede hacer una aproximación de resultados, donde el caso 1 es el más favorable, quedando pendiente el estudio detallado y minucioso de dichos datos para poder finalizar con la investigación.

CONCLUSIONES

Los sistemas constructivos analizados denotan que es posible disminuir el consumo energético por calefacción de una vivienda sin incrementar los costos de obra, es por esto que se observa que esta iniciativa de préstamos para la construcción de casa propia se presenta como una posibilidad para exigir a los futuros habitantes, implementación de estrategias que incorporen aspectos de eficiencia energética. Cabe destacar que para este trabajo sólo se analizaron 5 sistemas constructivos alternativos a los más empleados, sin embargo, es objeto el análisis del comportamiento de la mayor cantidad de materiales con el fin de aumentar la posibilidad de introducir diversas opciones a aquellos que deseen edificar contribuyendo con el cuidado del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Arboit M., Arena P., de Rosa C. (2008). Evaluación térmica y económica de componentes constructivos con Tecnologías disponibles, en viviendas unifamiliares en la región de Mendoza. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12. pp. 01.98-01.99. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Basso M., Fernández Llano J.C., Mitchell J., Cortegoso J. L., de Rosa C. (2008). Evaluación termo-energética de alternativas tecnológicas en viviendas sociales. Un proyecto para la provincia de Mendoza – argentina. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12. pp. 05.137-05.144. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Blasco Lucas I. (2011). Evaluación del comportamiento térmico-energético de alternativas bioclimáticas de mejoras en tipologías FONAVI. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 15. pp. 05.12-05.17 Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Bracco M., Angiolini S., Jerez L., Pacharoni A., Sánchez G, Tambussi R. (2010). Verificación de pautas de diseño sustentable en una vivienda serrana en Córdoba. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 14. pp. 05.33-05.38. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Colegio de Arquitectos de Mendoza. [En-línea].
[Fecha de consulta 10 de Junio de 2012]. Disponible en <<http://www.camza.org.ar/>>
- Czajkowski J. y Brázzola C. (2007). Avances proyecto de investigación, vivienda económica sustentable. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11.05.160-05.165. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Empresa Ardal S.A. comercialización y producción de Retak®. [En-línea].
[Fecha de consulta 6 de Junio de 2012]. Disponible en <<http://www.retak.com.ar/>>
- Empresa Cassaforma S.A. comercialización y producción de paneles estructurales Cassaforma®. [En-línea].
[Fecha de consulta 10 de Junio de 2012]. Disponible en <<http://www.cassaforma.com/>>
- Empresa New Panel S.A. comercialización y producción de placas New Panel®. [En-línea].
[Fecha de consulta 10 de Junio de 2012]. Disponible en <<http://www.newpanel.com.ar/>>

⁶ New Panel®. Fecha de consulta 10 de Junio de 2012. Disponible en <<http://www.newpanel.com.ar/>>

Retak®. Fecha de consulta 6 de Junio de 2012. Disponible en <<http://www.retak.com.ar/>>

Diario clarín. Edición 10 de Julio de 2012.

- 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. pp. 05.169-05.172. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Grau L. (2012, 10 de Julio). Cifras de la construcción. *Diario Clarín*, pp. 33-38.
- IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización.
- IRAM 11604 (2001). Aislamiento Térmico de Edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Segunda edición. Instituto Argentino de Normalización.
- Martínez 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. pp. 05.2-05.6. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Mercado M. V., Esteves A., Filippín C. (2010). Comportamiento térmico-energético de una vivienda social de la ciudad de Mendoza, Argentina. *Ambiente Construido, Porto Alegre*, Vol. 10. pp. 87-99. ISSN 1678-8621.
- Mitchell J. y Acosta P. (2009). Evaluación comparativa de tipologías de viviendas sociales en la provincia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 13. pp. 05.162-05.167. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Programa Crédito Argentino [En-línea].
 [Fecha de consulta 7 de Junio de 2012]. Disponible en <<http://www.anses.gob.ar/viviendas/>> y <<http://procrear.anses.gob.ar/>>

ABSTRACT: Today there are new credit offers at both national and provincial levels, which enable the middle class to own a house. One of the most important programmes is “Programa de Crédito Argentino para la Vivienda Única Familiar Bicentennial Argentine Loan Program for Family Housing (PRO.CRE.AR) as a of the most important. Taking into consideration that any new construction plan should take into account the incorporation of energy efficiency aspects, this work set out to analyze different building technologies that can enable the development of housing with a better energy performance than the one existing buildings. Have a comparative study was carried out among five alternative building systems and the traditional one. The thermal behaviors of each were analyzed by computerized simulations of Energy Plus. Moreover, a study of the construction costs was made. As a result of the thermal-economic comparison, the most efficient case was identified.

Keywords: Housing loans, alternative building systems, Energy Plus, thermal-energy behavior; costs.