

DESEMPEÑO TERMO-ENERGETICO DE UN PROYECTO DE VIVIENDAS SOCIALES BIOCLIMATICAS EN LA PUNA, SALTA

Sebastián Miguel¹, Sofía Avalos Ambroggio¹, Nahuel Esteban², María F. Zingone²

1-Instituto de Sustentabilidad Energética y Diseño Bioambiental (ISEDIB) Facultades de Arquitectura y Urbanismo e Ingeniería.

2-Alumno de posgrado, Especialización en Diseño Arquitectónico Bio-ambiental-UCASAL Universidad Católica de Salta. Campus Castañares s/n CP 4400, Salta, Prov. de Salta. Tel: 387-426-8542 samiguel@ucasal.edu.ar; sofia.avalos@unc.edu.ar; arq.esteban.nahuel@gmail.com; ferzingone@gmail.com

RESUMEN: El trabajo presenta una propuesta de diseño de viviendas de interés social para la localidad de San Antonio de los Cobres, Salta, incorporando criterios arquitectónicos bioclimáticos. Se tomó como pauta de diseño disminuir la demanda energética para calefacción a través del diseño de envolventes térmicamente eficientes, comparándolas con sistemas constructivos habitualmente utilizados relevados en la localidad. Se evaluó el comportamiento termo-energético de una vivienda del conjunto proyectado. Mediante simulación térmica se determinó la demanda de calefacción y refrigeración de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio. Se realizó un análisis de pérdidas y ganancias de calor a través de las envolventes exteriores y las aberturas del caso base y del caso mejorado. Se determinó que la optimización de las envolventes y aberturas del caso mejorado tienen repercusión en las temperaturas interiores como así también en las pérdidas y ganancias de calor. Los resultados alcanzados demuestran que es posible mejorar sustancialmente el comportamiento energético de las viviendas a partir de un diseño eficiente reelaborando los sistemas constructivos utilizados localmente.

Palabras clave: Arquitectura Bioclimática. Vivienda. Termo-energético. Envolverte.

INTRODUCCION

En Argentina, durante las últimas décadas, se han incrementado las investigaciones relacionadas con la arquitectura bioclimática y el diseño sustentable de viviendas. Dentro de estos estudios, un área de investigación y conocimiento ya consolidada está dedicada a la evaluación del desempeño térmico-energético de proyectos de viviendas unifamiliares. Estas investigaciones parten de la base de un proyecto tomado como “caso base” o “caso de referencia”, para luego elaborar y evaluar comparativamente distintas alternativas o escenarios mejorados que incorporan criterios de diseño bioclimático. Las alternativas planteadas buscan reducir el consumo de recursos o la demanda de energía, y se traducen en un ahorro mensurable. Además, los valores obtenidos pueden compararse con estándares normativos.

Existen numerosos antecedentes de trabajos que estudian la reducción de cargas térmicas de proyectos de viviendas a lo largo de todo el país. Cangemi, Ledesma y Nota (2013) realizan una propuesta de diseño de viviendas de interés social del IPV en Tucumán, y dos alternativas con mejoras en la envolvente. Concluyen que para la situación de verano “las viviendas prototípicas del IPV, con la envolvente mejorada (categorías 1 y 2), presentan una reducción de cargas térmicas en el orden del 60% en relación a la vivienda de referencia” (Cangemi, Ledesma y Nota, 2013, pág. 05.60). Sosa y Mitchell (2009) presentan el diseño de un conjunto de viviendas sociales bioclimáticas en el medio rural del Valle de Uco, (prov. de

Mendoza) y desarrollan 3 escenarios de mejoras en la envolvente e incorporación de sistemas solares pasivos. Los ahorros alcanzados por las viviendas mejoradas respecto de la base alcanzan un 28.2%. Compagnoni y Marusic (2015) proponen 4 prototipos de vivienda social diseñados con incorporación de criterios de diseño bioclimático, tomando como base las unidades habitacionales típicas de planes de vivienda en Rawson y Comodoro Rivadavia, Chubut. Los resultados muestran una reducción de las pérdidas totales de energía casi en un 35% respecto del planteo original en los prototipos de Rawson y una disminución total de pérdidas del 53,44% en los prototipos de Comodoro Rivadavia. Coronato, Navone y Abalone (2017) analizan el comportamiento térmico de un proyecto de vivienda PROCREAR en la ciudad de Rosario, proponiendo modificaciones que resultan en un ahorro energético para acondicionamiento del 74% en verano y 8,5% en invierno.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación financiado por el Consejo de Investigaciones UCASAL: “Prototipo de vivienda social para tres regiones bioclimáticas de la provincia de Salta. Aportes metodológicos y proyectuales para profesionales” en el que desarrollan proyectos ubicados en las zonas bioclimáticas cálida, templada y fría de la Provincia de Salta. El objetivo del presente trabajo es determinar el ahorro de energía para calefacción y refrigeración asociado al mejoramiento de envolventes exteriores de una unidad de vivienda del proyecto del conjunto de viviendas sociales desarrollado por el Instituto ISSEDIB para el Municipio de San Antonio de los Cobres.

Presentación de la localización de estudio: San Antonio de los Cobres, Salta.

San Antonio de los Cobres está ubicado en la provincia de Salta, en la región de la Puna, que corresponde a la Zona bioclimática V: fría (IRAM 11603,1996). El clima es seco y frío, con vientos fuertes y constantes, presentando así condiciones climáticas extremas, especialmente en los meses invernales de junio, julio y agosto. Existe, además, una gran amplitud térmica diaria, que puede alcanzar los 26° C, debido a la altitud de su ubicación geográfica: 3756 m sobre el nivel del mar. Las temperaturas medias anuales son inferiores a 8° C, con temperaturas mínimas invernales inferiores a -10° C (INTA, 2003).

A partir de un relevamiento realizado a través de visitas de campo a San Antonio de los Cobres, se pudo determinar cuáles son las técnicas constructivas locales y materiales utilizados habitualmente en los proyectos de vivienda construidos de manera auto-gestionados. En su mayoría se utilizan muros de ladrillo de adobe realizados in situ, o ladrillos cerámicos huecos de 12cm de espesor o portantes de 18cm con revoques interiores y exteriores. No se consideran en general sistemas constructivos con aislaciones o dobles muros. Las cubiertas por lo general son de tres tipos: a) Chapa con escasa aislación, b) tejas con escasa aislación y c) torta de barro, paja y cañizo. Los cerramientos cuentan con pequeñas aberturas de ventanas con carpinterías de baja eficiencia, tanto en sus sistemas de aislación como de cerramiento y hermeticidad. Estos pueden ser de marcos de chapa doblada o madera maciza con vidrios simples de 4 mm en todos los casos.

Descripción del caso de estudio

A partir de un Convenio realizado con la Municipalidad de San Antonio de los Cobres y La Universidad Católica de Salta, se realizó una propuesta de anteproyecto para un conjunto de vivienda social de 32 unidades para 2,4 y 6, integrantes, de una y dos plantas, incorporando estrategias de diseño bioclimático (Fig. 1). El predio asignado cuenta con aproximadamente 5.900 m² en el norte de la localidad, denominado Pueblo Nuevo, cuyas coordenadas son 24°12'05" S y 66°19'01" O.

Muchos conjuntos de vivienda social de gestión pública presentan tipologías que se repiten, cuya orientación es a veces aleatoria, resultado de su disposición en los distintos lotes de manzana. En este caso, la orientación fue uno de los criterios bioclimáticos tenidos en cuenta. El conjunto de viviendas se compone de tres tipologías: viviendas con fachadas norte-sur de una y dos plantas (12 unidades) y viviendas con fachadas este-oeste (10 unidades).



Figura 1: Vista aérea del conjunto del proyecto de viviendas y demarcada la unidad analizada.

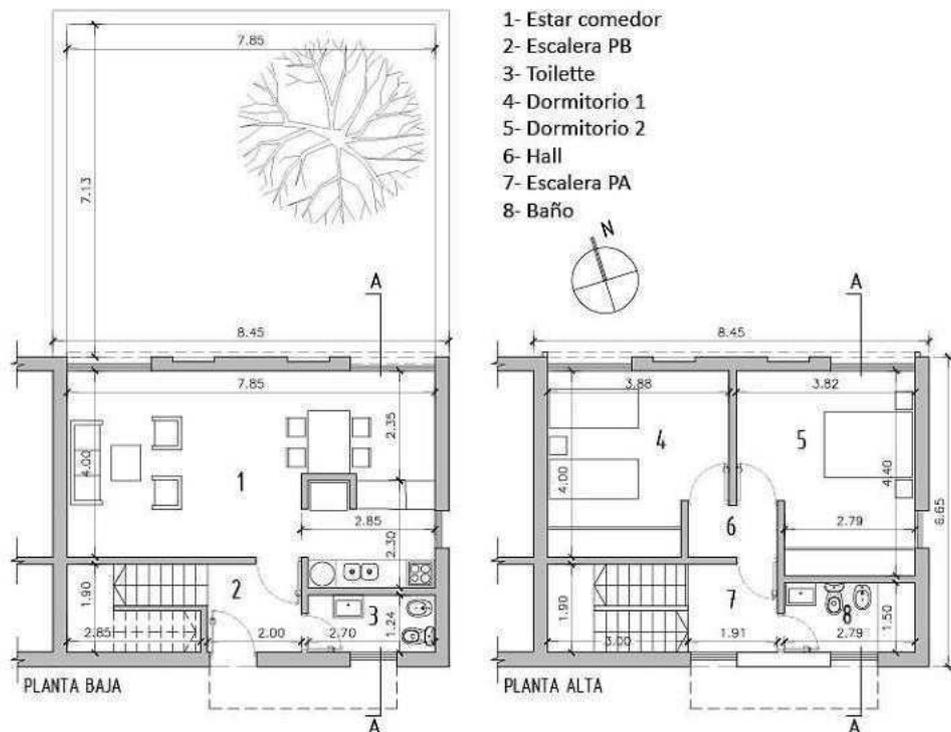


Figura 2: Plantas de la tipología seleccionada para el desarrollo del estudio.

En las unidades con fachadas norte-sur los locales servidos (estar comedor y dormitorios) se orientan al norte, con aberturas de mayor tamaño para aprovechar las ganancias de radiación solar, mientras que baños, escaleras y locales de servicios se orientan al sur, con aberturas pequeñas para evitar pérdidas. En

todos los casos las aberturas de mayores dimensiones se orientan al norte, este y oeste, y hacia los patios interiores del conjunto, para protegerlas de la exposición a vientos. En el caso de la orientación sur, de donde vienen los vientos predominantes, siempre se proponen circulaciones colectivas de acceso y aberturas puntuales.

La vivienda analizada en este trabajo, señalada en la Fig. 1, es una vivienda con fachadas norte-sur, ubicada en una esquina del conjunto, adosada a otra vivienda hacia el oeste y con muros exteriores hacia el este. Tiene 2 plantas, es para 4 integrantes y cuenta con una superficie cubierta total de 110 m².

METODOLOGÍA

La tipología de vivienda elegida fue analizada con dos sistemas constructivos distintos. Se propuso un “caso base”, en donde se evalúa la vivienda con un sistema constructivo usualmente utilizado en San Antonio de los Cobres, y un “caso mejorado”, en donde se propone una solución constructiva que incorpora aislación, tanto en muros como en cubiertas, y un muro acumulador de calor.

Caso base

El caso base fue propuesto incorporando sistemas constructivos para muros exteriores y cubiertas utilizados en la región, de acuerdo al relevamiento de antecedentes (Fig. 3). Los muros exteriores (MT1) están compuestos de ladrillo cerámico hueco portante de 18x19x33, revestido en ambas caras por 3 cm de revoque grueso y fino ($K=2.29 \text{ W/m}^2\text{°K}$). Para las cubiertas se consideró una solución arquitectónica utilizada habitualmente en la localidad (CT1): Chapa de zinc sinusoidal con estructura metálica, cámara de aire con cielorraso de placa de roca de yeso con junta tomada sujeta por una estructura metálica y una aislación interior constituida por una membrana tipo Isolant TBA Multicapa de 7mm de espesor ($K=1.5 \text{ W/m}^2\text{°K}$). Las aberturas del caso base son de aluminio con vidrio simple de 4mm ($K=5.80 \text{ W/m}^2\text{°K}$).

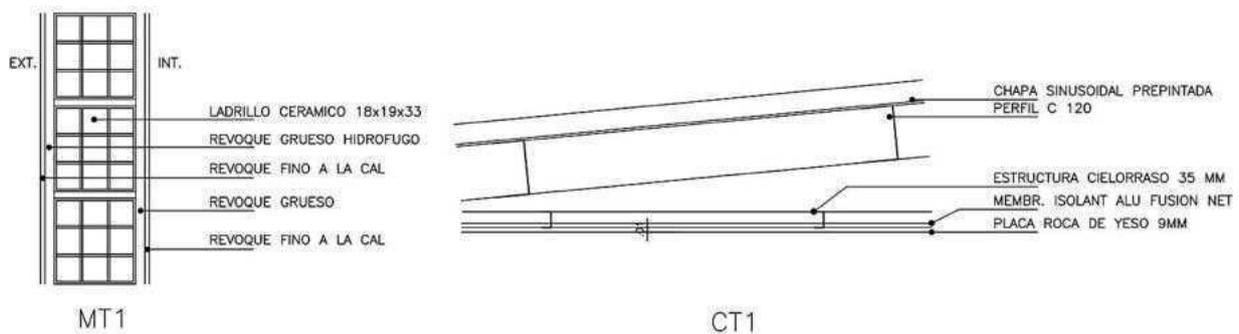


Figura 3: Detalles constructivos: Muro base (MT1) y cubierta base (CT1).

Caso mejorado

La solución constructiva propuesta en el caso mejorado para muros exteriores (MP2) está compuesta de interior a exterior por: revestimiento interior de revoque grueso y fino de 3 cm pintado con pintura látex para interiores; ladrillo cerámico portante de 12cm x 19cm x 33cm; una capa de revoque tipo impermeable con aditivo hidrófugo de 1 cm; una capa de aislación térmica compuesta por una plancha de EPS de 20 kg/m³ de densidad y 2,5cm de espesor; ladrillo de adobe de 17 cm con terminación exterior de 3 cm de revoque grueso y fino pintado con pintura tipo látex para exteriores.

La solución constructiva de cubierta propuesta para el caso mejorado (CP2) está compuesta de interior a exterior por un cielorraso de placas de roca de yeso con junta tomada y perfilaría metálica de sujeción sobre la que se coloca una membrana aislante Isolant TBA multicapa. La losa es del tipo alivianada de viguetas, con ladrillos cerámicos para losa de 16 cm, sobre la que se hace una capa de compresión de H°A° de 5 cm de espesor. La cubierta se compone de una capa de 10 cm de altura promedio de mortero

alivianado con cascotes, una placa de EPS de 20 kg/ m³ de 3 cm como aislante térmico, y una carpeta de nivelación de 3 cm sobre la que se coloca una membrana geotextil aluminizada de 4mm (Fig. 4). Las aberturas del caso mejorado son de aluminio DVH 3mm + 9mm + 3mm.

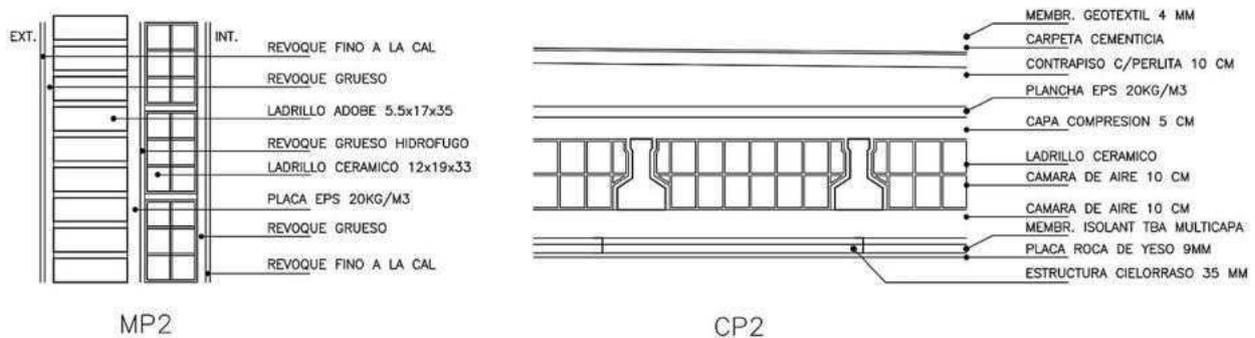


Figura 4: Detalles constructivos: Muro mejorado (MP2) y cubierta mejorada (CP2).

1. Caracterización de envolventes

Se realizó una caracterización de las envolventes del caso base y caso mejorado, en régimen estacionario y en régimen transitorio. Se calcularon valores de transmitancia térmica (IRAM 11601, 2002) comparándolos con valores admisibles (IRAM 11605, 1996). Además, se calcularon valores de amortiguamiento o atenuación (f_d), desfaseamiento o retardo (ϕ), transmitancia térmica periódica (Y_{ie}) y capacidad térmica del lado interno de la envolvente (K_1) de acuerdo al procedimiento descrito en la norma italiana UNI basada en ISO 13786 para régimen transitorio. Los resultados se compararon con valores admisibles extraídos de la Guía Nacional de Certificación de edificios del Ministerio de Medio Ambiente y Protección del Territorio y Mar, Italia (2008), que tiene 5 etiquetas de desempeño de envolventes (mediocre, suficiente, medio, bueno y óptimo).

2. Análisis de temperaturas interiores y exteriores

Se simuló el desempeño térmico de ambos casos utilizando el software Open Studio, que utiliza el motor de cálculo Energy Plus. El archivo climático (.epw) de San Antonio de los Cobres fue extraído del software Meteornorm 8. A través de simulación se realizó un análisis de temperaturas interiores en relación a la temperatura exterior del caso base y caso mejorado. Se consideró la temperatura interior de todas las zonas térmicas de la vivienda (estar comedor y cocina, toilette, escalera, hall, baño, dormitorio 1 y 2). Se tomaron 4 datos por hora (1 dato cada 15 minutos) durante una semana del mes de junio (del 11 al 17 de junio).

3. Cargas de Calefacción y Refrigeración

Estimación de cargas de refrigeración y calefacción: Se calculó la cantidad de energía para calefacción y refrigeración que necesita la vivienda (kWh/año). Se consideró presencia de personas en las distintas zonas térmicas, uso de artefactos de iluminación y equipos eléctricos. Se adoptó un valor de ventilación mínima de zona de 0.024 m³/seg (ASHRAE 62.2, 2016). Con respecto a valores de infiltración, en los dormitorios y estar comedor se adoptó un valor de 2 R/h, mientras que en baño y cocina se adoptó 3 R/h. Los valores de infiltración se consideraron constantes durante todo el año. Se dispuso un termostato con la temperatura de confort para calefacción en invierno, fijado en 18°C para todo el día y durante todo el año, y otro con la temperatura de confort para refrigeración en verano, en 26°C para todo el día durante todo el año.

4. Análisis de pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente exterior

Análisis de porcentajes de incidencia de pérdidas y ganancias de calor: Se estima la cantidad de pérdidas y ganancias a través de envolventes opacas y traslúcidas (muros exteriores, cubiertas, aberturas y pisos en contacto con el terreno), cargas por infiltración y, en el caso de ganancias, aportes de calor por cargas internas (actividades metabólicas de personas, iluminación y equipamientos en uso).

RESULTADOS

1. Caracterización de envolventes

La Tabla 1 muestra una caracterización de los muros y cubiertas utilizados en el caso base y el caso mejorado, en régimen estacionario y en régimen transitorio. Con respecto al caso base, el índice de transmitancia térmica K del muro MT1 es de 2.29 W/m²°K, no verifica nivel mínimo propuesto por la norma IRAM 11605, ni para invierno ni para verano: el grado de aislación térmica es insuficiente para la localidad de San Antonio de los Cobres. Con respecto al análisis en régimen transitorio, el muro MT1 presenta un amortiguamiento Fd = 0.45 aprox. y un retardo de 7.16 horas. La capacidad térmica del lado interno es alta (76.50). Estas características le otorgan la etiqueta “suficiente”.

Tabla 1: Resultados del análisis y comportamiento de muros y cubiertas exteriores.

	Régimen ESTACIONARIO				Régimen TRANSITORIO				
	Espesor (e) (m)	Transm. (K) (W/m ² °K)	Resist. (R) (m ² /W°K)	IRAM 11605 (verifica)	Amortig. (fd) [-]	Retardo (φ) (horas)	Tran.TP (Yie) [W/m ² K]	Cap. Ter (K1) [kJ/m ² K]	ISO 13786 (etiqueta)
Muro MT1	0,240	2,290	0,435	No Verif.	0,440	7,16	1,02	76,50	Suficiente
Muro MP1	0,39	0,657	1,52	Nivel B	0,09	14,35	0,06	69,20	Óptimo
Cub. CT1	0,100	1,500	0,660	No verif.	0,99	0,65	1,48	11,40	Mediocre
Cub. CP2	0,48	0,48	2,084	Nivel B	0,06	11,64	0,03	19,60	Bueno

La cubierta CT1 no posee un material que aporte aislación térmica considerable. El índice de transmitancia térmica K es 1.50 W/m²°K, tampoco verifica nivel mínimo propuesto por la norma IRAM 11605, ni para invierno ni para verano. Al ser una cubierta liviana, no posee materiales con masa suficiente para acumular calor. Presenta un valor de amortiguamiento alto (Fd=0.99) y de retardo mínimo, no llega a una hora, el calor pasa con rapidez a través de la envolvente. La capacidad térmica del lado interno es baja (11.40) lo que indica poca capacidad de acumular calor.

Con respecto al caso mejorado, el muro MP2 presenta un valor de transmitancia térmica K de 0.65 W/m²°K, lo que hace que verifique con el nivel B (recomendado) de acuerdo a IRAM 11605. Tiene un valor bajo de amortiguamiento (Fd= 0.09) y un retado térmico de 14 horas, lo cual es muy beneficioso en climas con amplitud térmica diaria, ya que amortigua el salto térmico durante la noche, cuando la temperatura desciende a niveles muy bajos. El valor de la capacidad térmica del lado interno es de 69.20 kJ/m²K, lo cual es consecuencia de la masa colocada en las últimas capas internas de la envolvente. El resultado se considera muy bueno, ya que cuanto mayor sea el valor de K1 mayor será la acumulación térmica.

La cubierta CP2 tiene un valor de K de 0.48 W/m²°K, por lo que verifica nivel B (recomendado). El valor de amortiguamiento es bajo (Fd= 0.06), presenta un retardo térmico de 11,64 horas, y un valor de K1 de 19.60 lo cual indica un buen comportamiento con respecto a la inercia térmica y conservación de calor.

2. Análisis de temperaturas interiores y exteriores

La Fig. 5 muestra los resultados de las temperaturas interiores de todas las zonas térmicas del caso base en relación a la temperatura exterior y a la franja de temperaturas de confort. Se puede observar que las temperaturas exteriores están por debajo del umbral de confort. Durante la noche, las temperaturas son muy bajas, llegando a bajo 0°C. Con respecto a las temperaturas interiores, se nota una diferencia marcada entre a las zonas servidas y de servicio; el estar comedor y los dormitorios, orientados al norte y con aberturas dimensionadas para captar radiación solar, son los que registran temperaturas más altas, que sobrepasan los 18° entre las 12:00hs y las 20:00. La temperatura máxima alcanzada es de 23.6°C en el dormitorio 2. Las zonas de servicio registran una temperatura similar a la temperatura exterior durante el día, entre 12°C y 16°C, temperatura que va disminuyendo a la noche, hasta llegar al rango entre los 4°C (en escalera) y los 7° (en hall de planta alta).

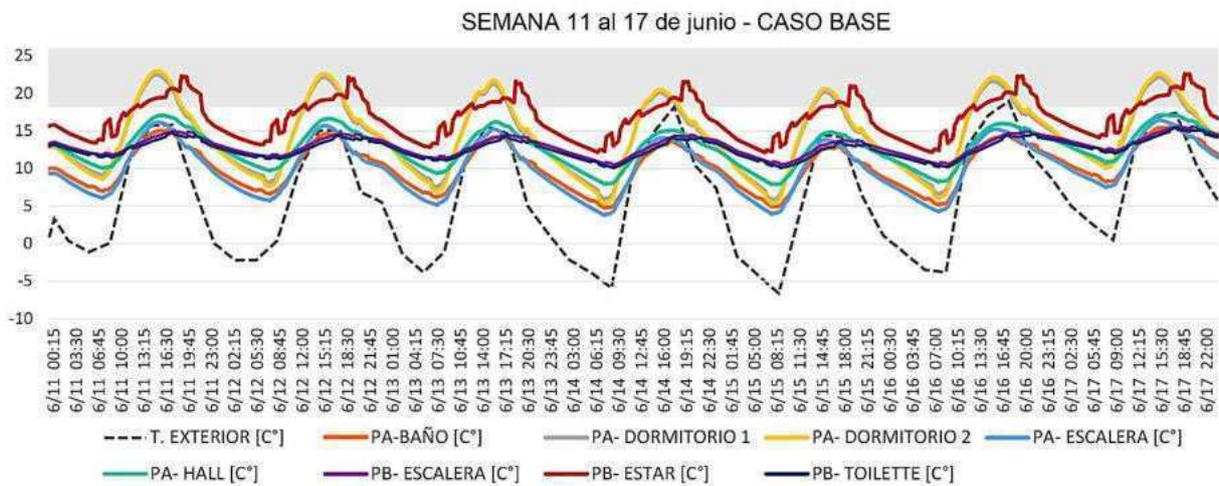


Figura 5: Caso base. Curvas de temperaturas interiores y exteriores durante una semana de junio.

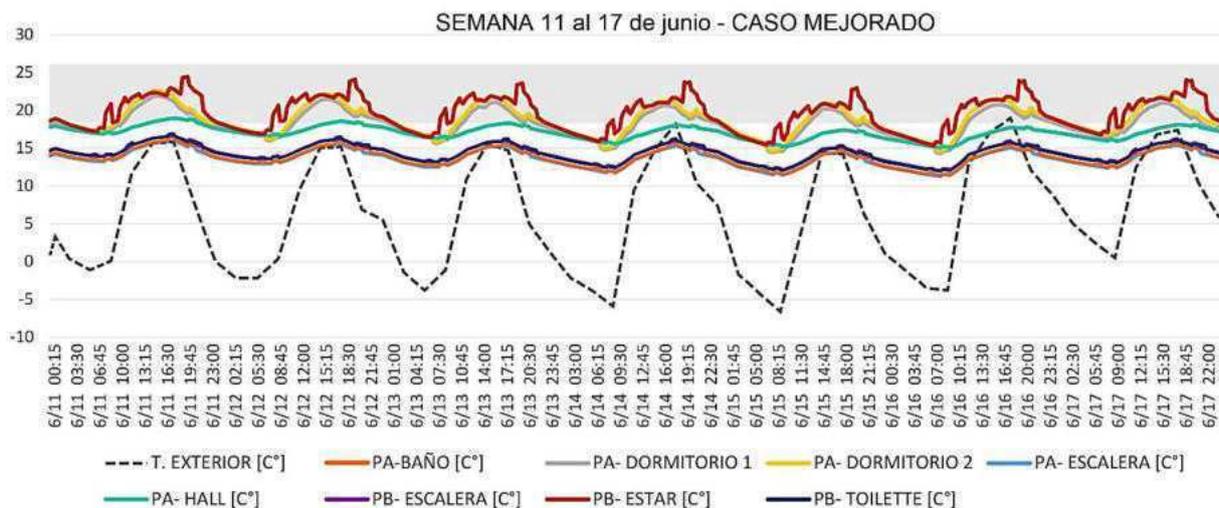


Figura 6: Caso mejorado. Curvas de temperaturas interiores y exteriores durante una semana de junio.

La Fig. 6 muestra los resultados del caso mejorado. Se puede observar cómo las mejoras en la envolvente tienen repercusión en las temperaturas interiores. Las temperaturas del estar comedor y los dormitorios se encuentran dentro de la franja de confort a lo largo de todo el día.

Además, las temperaturas de las zonas de servicio muestran una curva menos pronunciada, resultado de la incorporación de materiales con inercia térmica en la envolvente. La temperatura interior de la escalera y baño de planta alta, que representaban las zonas más frías del caso base (5°C durante la madrugada), ascienden a 11°C en el mismo horario. El incremento del amortiguamiento de la envolvente en general hace que la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior sea mayor a los 10°C durante la noche.

3. Demanda de Calefacción y Refrigeración

La Tabla 2 presenta resultados comparativos referidos a la demanda de calefacción y refrigeración del caso base y el caso mejorado. Se puede ver que en ambos casos existe demanda de calefacción durante todo el año, y la demanda de refrigeración es prácticamente inexistente. Esto es consecuencia de las bajas temperaturas presentes en San Antonio de Los cobres durante la mayor parte del año. En los meses de verano las temperaturas exteriores están por debajo de la zona de confort, por lo que existe carga de calefacción.

Tabla 2: Resultados de cargas de calefacción y refrigeración.

Refrigeración	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Totales
Base (kWh)	54	52	74	57	2	0	0	12	39	62	118	126	597
Mejorado (kWh)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calefacción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Totales
Base (kWh)	686	695	618	102	244	312	307	244	145	959	588	454	17577
Mejorado (kWh)	397	410	349	543	137	178	161	141	875	594	414	254	10022

En la Fig. 7 se sintetiza la demanda de calefacción. Los meses con mayor demanda son junio y julio, que en el caso base alcanzan los 3127.5 kWh y 3078.5 kWh respectivamente. En los meses de verano la demanda baja a los 587.6 kWh en noviembre y 454.3 kWh en diciembre.

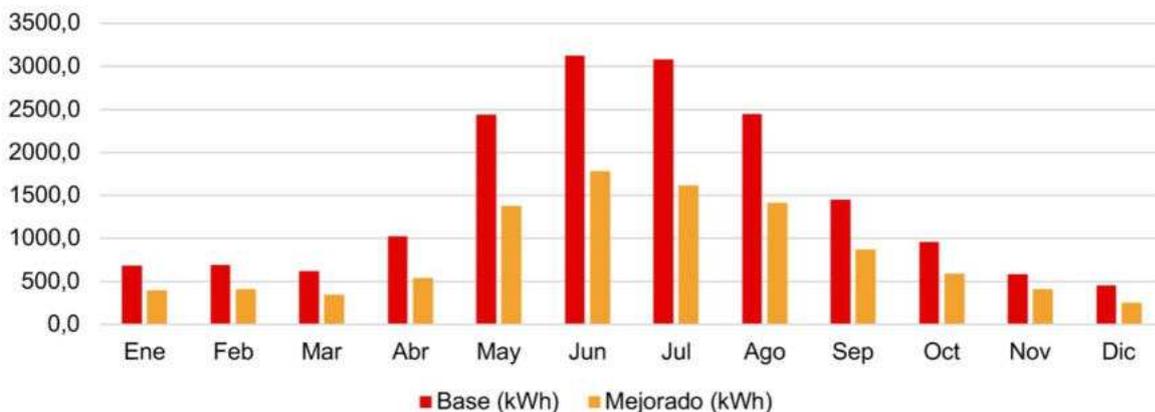


Figura 7: Demanda de calefacción (kWh). Comparación entre caso base y caso mejorado.

La disminución de la demanda de calefacción alcanzada entre el caso base (17.577 kWh) y el caso aislado (10.022 kWh) es de 7554 kWh. Es decir, el mejoramiento realizado en envolventes permite alcanzar un ahorro del 57.02% en la demanda de energía para calefaccionar la vivienda. El ahorro es mayor durante

los meses de invierno, demostrando que la aislación térmica tiene mayor incidencia cuando las temperaturas son más bajas.

4. Análisis de pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente exterior

Pérdidas de calor

En el gráfico de la Fig. 8 y la Tabla 3 se muestran las pérdidas mensuales que se producen en el caso base a lo largo del año a través de envolventes opacas, aberturas y causadas por infiltración. Los resultados del caso base muestran un total de pérdidas de 48.422 kWh. Las mayores pérdidas se producen por muros exteriores (15.969 kWh, lo cual representa un 33% del total) y por techos (13.746 kWh, equivalente a un 28,4% del total). Es decir, muros y techos representan un 61% de las pérdidas totales. La infiltración representa la segunda causa de pérdidas de calor, alcanzando un valor de 10.833 kWh en el caso base (22% de las pérdidas totales). Las mismas aumentan durante los meses de invierno. Las pérdidas menos significativas son las que se producen a través de las aberturas (8%) y por los pisos en contacto con el terreno (9%).

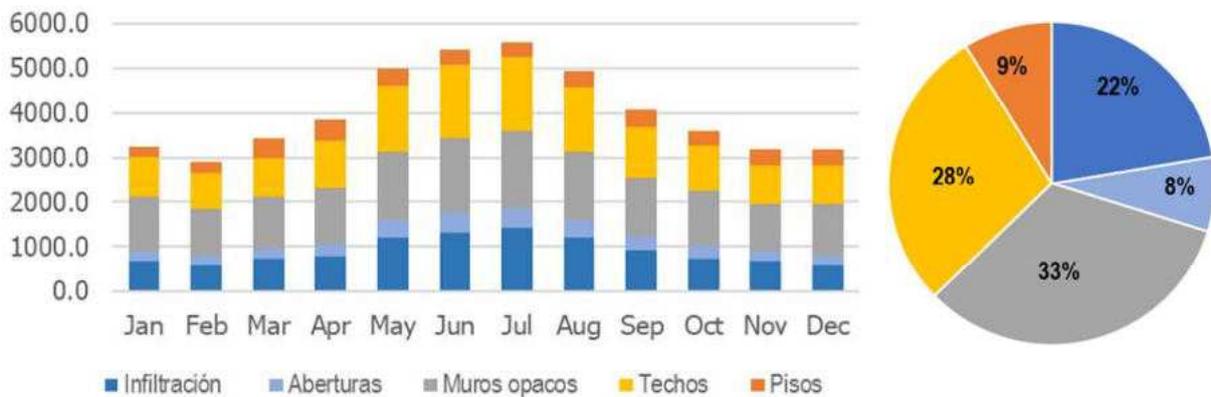


Figura 8: Caso base: pérdidas mensuales (izq). Incidencia de cada ítem en las pérdidas totales (der).

Con el mejoramiento realizado, las pérdidas totales disminuyen de 48.422 kWh a 34.296 kWh, es decir, se alcanza una reducción del 30%. Las pérdidas por muro bajan a 7.781 kWh y en techos a 10.350 kWh. Se alcanza un 50% de reducción de pérdidas por muro y un 25% de pérdidas por techos.

Tabla 3: Pérdidas anuales (kWh), comparativa entre caso base y caso mejorado.

Tipo de Pérdidas (kWh)	Caso Base		Caso Mejorado	
Infiltración	10.833,75	22,4%	10.092,58	29,4%
Pérdidas a través de aberturas	3.593,49	7,4%	2.285,16	6,7%
Pérdidas a través de muros opacos	15.969,00	33,0%	7.781,21	27,7%
Pérdidas a través de techos	13.746,73	28,4%	10.350,66	30,2%
Pérdidas a través de pisos	4.279,54	8,8%	3.787,06	11,0%
	48.422,53	100,00%	34.296,67	100,00%

Ganancias de calor

En el gráfico de la Fig. 9 y la Tabla 4 se muestran las ganancias mensuales que se producen en el caso base a lo largo del año a través de envolventes opacas, aberturas, causadas por infiltración y por ganancias internas (personas, iluminación y equipos eléctricos). Los resultados muestran un total de ganancias 40.578 kWh. Se puede observar que el mayor porcentaje de ganancias se produce a través de las

envolventes opacas (muros y techos). La ganancia de energía a través de techos alcanza los 12.485 kWh, lo cual representa un 30,8% del total. Este aporte es mayor durante los meses de verano debido al ángulo de incidencia solar. La ganancia a través de muros es de 9.373 kWh (23,1% del total).

La ganancia de aberturas del caso base es de 13.043,48 kWh, que representa un 32,1% del total de ganancias anuales. Este aporte se incrementa durante los meses de invierno, consecuencia de la disminución de la altura solar, ya que el ángulo de incidencia de radiación es menor, haciendo que las aberturas reciban mayor ingreso de sol.

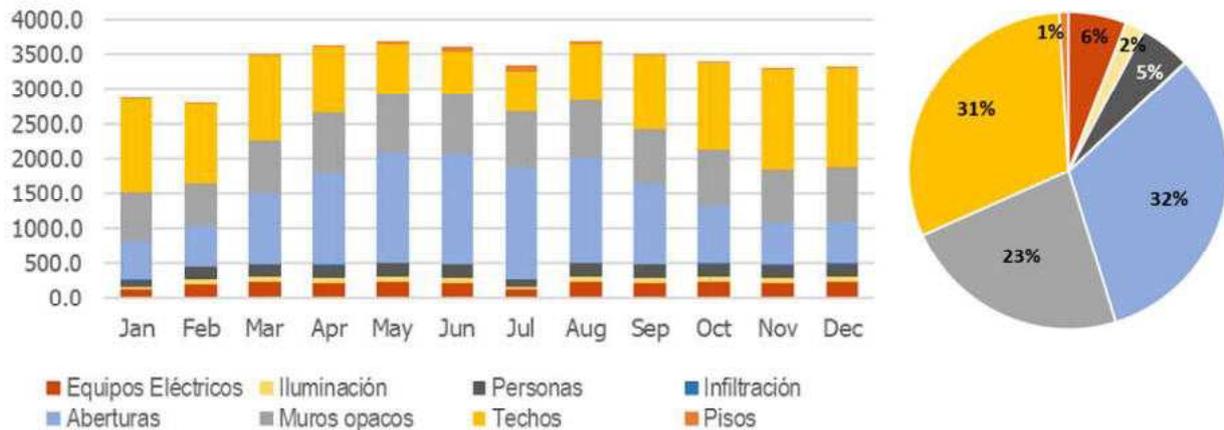


Figura 9: Caso base: ganancias mensuales (izq). Incidencia de cada ítem en las pérdidas totales (der).

La suma de ganancias internas (2.385 kWh de aporte de equipos eléctricos, 2.105 kWh de aporte de personas y 790 kWh de aporte de equipos de iluminación) representan un 15,9% del total, mientras que las ganancias a través de pisos en contacto con el terreno y las ganancias por infiltración son prácticamente inexistentes.

Tabla 4: Ganancias anuales (kWh), comparativa entre caso base y caso mejorado.

Tipo de Ganancias (kWh)	Caso Base		Caso Mejorado	
Equipos eléctricos	2.385,60	5,9%	2.385,60	7,2%
Iluminación	790,79	1,9%	790,79	2,4%
Personas	2.092,59	5,2%	2.105,75	6,4%
Infiltración	34,55	0,1%	69,69	0,2%
Ganancias a través de aberturas	13,043,48	32,1%	11.745,12	35,4%
Ganancias a través de muros opacos	9.373,79	23,1%	5.921,41	17,9%
Ganancias a través de techos	12.485,62	30,8%	10.085,66	30,4%
Ganancias a través de pisos	371,73	0,9%	52,28	0,2%
	40.578,16	100,00%	33.156,31	100,00%

En el caso mejorado las ganancias totales se reducen de 44.578 kWh a 33.156 kWh. Las ganancias a través de muros y techos se reducen como consecuencia del incremento en la aislación de envolventes opacas (de 9.373 a 5.921 kWh en muros y de 12.485 a 10.085 kWh en techos). La ganancia de calor a través de aberturas también disminuye (de 13.043 a 11.745 kWh) sin embargo, al disminuir la incidencia de ganancias de envolventes opacas dentro del total, el porcentaje de incidencia de ganancias por abertura se incrementa a 35,4%. Es decir, en el caso mejorado, el mayor porcentaje de ganancias de calor se produce a través de aberturas.

CONCLUSIONES

Los resultados de presente trabajo muestran que las envolventes propuestas en el caso mejorado para muros exteriores y para cubierta no solo verifican a normas nacionales e internacionales, sino que también permiten conservar el calor en los espacios interiores, disminuir pérdidas y ganancias de calor en un 30% y un 26,5% respectivamente, y reducir un 57% la demanda de energía para calefacción en relación al caso planteado como base.

La incorporación de aislación térmica en envolventes permitió alcanzar el nivel B de la norma IRAM 11605, tanto para muros como cubiertas, mejorando la capacidad aislante en un 70% en muros (de 2,29 a 0,65 W/m²°K), y en un 68% en cubiertas (de 1,5 a 0,48 W/m²°K).

El uso de materiales con alta capacidad de almacenar calor mejoró las prestaciones de inercia térmica de las soluciones constructivas propuestas, aumentando el retardo térmico al doble (de 7 a 14 horas) en muros verticales, y más de 10 veces en cubiertas (de menos de 1 hora a 11 horas), comparándolas con soluciones constructivas locales. Esto se traduce en un beneficio indiscutible, sobre todo en climas de alta amplitud térmica diaria como la puna salteña, ya que se logra aumentar la temperatura interior a más de 6°C durante las horas nocturnas en las zonas más frías de la vivienda.

Es sabido que el logro de proyectos de vivienda social eficientes desde el punto de vista termo-energético necesita la incorporación de criterios bioclimáticos, tanto en la planificación del conjunto como en el diseño tipológico de las unidades de vivienda. Las exigencias de orientación, acceso al sol, e incorporación de aislación y de inercia térmica en envolventes resultan de fundamental importancia para lograr una reducción de los requerimientos energéticos, en este caso para calefacción, alcanzando mejores condiciones de confort térmico en espacios interiores.

Sin embargo, es necesario traducir los beneficios del diseño bioclimático en resultados precisos y asequibles, que puedan estar al alcance tanto de proyectistas a cargo del desarrollo de proyectos, como de instituciones públicas que llevan adelante su gestión. Esto adquiere fundamental importancia cuando se trata de vivienda social, ya que se traducirá en menores costos energéticos durante la etapa de operación de las viviendas.

REFERENCIAS

- ASHRAE62.2 (2013). *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta, Georgia: ANSI/ASHRAE Standards. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Cangemi, M., Ledesma, S., y Nota, V. (2013). Diseño de viviendas de interés social. Su adecuación a las condiciones climáticas de Tucumán. *Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 1*, págs. 05.51-05.60.
- Compagnoni, A., y Marusic, J. (2015). Desarrollos habitacionales y eficiencia energética en la Patagonia Argentina. Integración de criterios bioclimáticos y sistemas solares a prototipo piloto. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 19*, pp 05.81-05.90.
- Coronato, T., Navone, H. D., y Abalone, R. (2017). Evaluación energética de una vivienda del plan Procrear. Primeras Propuestas de Mejoras. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 40*, pp 9-17.
- EN ISO 13786 (2007) *Thermal Performance of building components. Dynamic thermal characteristics. Calculation methods*. Bruselas: CEN European Committee for Standardization.
- IRAM 11601. (2002). Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

- IRAM 11603. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación Bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11605. (1996). Aislamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11659-1. (2004). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración Parte 1: Vocabulario, definiciones, tablas y datos para determinar la carga térmica en refrigeración. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- IRAM 11659-2. (2005). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- MMAPTM. (2002). Line guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici. Ministero de Medio Ambiente y Protección del Territorio y Mar.
- Paoli, H. (2003). Aprovechamiento de los recursos hídricos y tecnología de riego en el altiplano argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Sosa, M., y Mitchell, J. (2009). Propuesta de diseño de un conjunto de viviendas sociales bioclimáticas en el medio rural del Valle de Uco, Provincia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 13*.
- UNI EN ISO 13790. (2005). Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Milán: UNI. Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

THERMO-ENERGETIC PERFORMANCE OF A BIOCLIMATIC SOCIAL HOUSING PROJECT IN THE PUNA, SALTA

ABSTRACT: This article presents the analysis of a social housing design project located in San Antonio de los Cobres, Salta, designed with bioclimatic architectural criteria. A design guideline was taken into account, in order to reduce heating energy demand through the design of thermally efficient envelopes. The purpose of the study was the evaluation of a dwelling thermal-energetic behavior. Through thermal simulation, the heating and cooling demand were determined according to climatic conditions of the project location. An analysis of heat gains and losses through envelopes and openings was performed comparing results from baseline design with proposed design. It was determined that envelopes and openings optimization have direct impact on interior temperatures, heat gains and losses. The results achieved shows that it is possible to substantially improve energy performance based on an efficient design.

KEYWORDS: Bioclimatic architecture. House. Thermal-energetic. Envelope.