

- ▲ **Palabras clave/** Eficiencia energética, etiquetado, vivienda social, diseño bioclimático.
- ▲ **Keywords/** Energy efficiency, labeling, social housing, bioclimatic design.
- ▲ **Recepción/** 24 de enero 2024
- ▲ **Aceptación/** 07 de mayo 2024

Análisis comparativo mediante etiquetado energético de un proyecto de vivienda social bioclimático con su versión convencional en clima templado cálido

Comparative Analysis through Energy Labeling of a Bioclimatic Social Housing Project with its Conventional Version in a Warm-Temperate Climate

María Paz Sánchez Amono

Arquitecta, Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, Argentina.
Doctora en Ingeniería, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina.
Investigadora asistente, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), Argentina.
ar.mpsa@gmail.com

Halimi Cristina Sulaiman

Arquitecta, Universidad Nacional San Juan, San Juan, Argentina.
Doctora en Arquitectura, Universidad de Mendoza, Mendoza, Argentina.
Investigadora adjunta, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet), Argentina.
drahsulaiman@gmail.com

RESUMEN/ Los edificios son grandes consumidores de energía. Por lo tanto, para minimizar el consumo y lograr viviendas energéticamente eficientes es necesario aplicar estrategias bioclimáticas. El etiquetado de viviendas introduce la etiqueta de eficiencia energética como instrumento que brinda información a los usuarios sobre las prestaciones energéticas de una vivienda. Si bien aún no es obligatorio, constituye una herramienta que ayuda a tomar decisiones al momento de realizar una operación inmobiliaria. Córdoba no registra casos base para el etiquetado ya que adhirió al sistema nacional solo recientemente. Tampoco se han evaluado casos de viviendas sociales, de ahí la importancia de este trabajo. El objetivo es hacer un análisis comparativo mediante el aplicativo del etiquetado a una vivienda social bioclimática FADIPEV en Alta Gracia, en su versiones convencional y bioclimática. Como resultado del análisis en el caso base, el IPE (Índice de Prestaciones Energéticas) es de 157. Al incorporar mejoras constructivas, este valor disminuye a 83. **ABSTRACT/** Buildings are large energy consumers. Therefore, to minimize consumption and achieve energy efficient housing, bioclimatic strategies are needed. Housing labeling introduces the Energy Efficiency Label as a tool that provides information to users about their houses' energy performance. While not yet mandatory, it is an additional decision-making tool when carrying out real estate operations. Córdoba has no base cases for labeling since it adhered to the national system only recently. Social housing cases have not been evaluated either, hence the importance of this work. The purpose of this study is to conduct a comparative analysis using the labeling application to a FADIPEV bioclimatic social housing in Alta Gracia –in its conventional and bioclimatic versions. As a result of the base case analysis, the EPI [Energy Performance Index] amounts to 157. By introducing construction improvements, this value decreases to 83.

INTRODUCCIÓN

Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) la eficiencia energética es una forma de gestionar la energía, obteniendo un resultado igual con menor consumo o un resultado mayor consumiendo lo mismo¹ (Guía UREE Residencial, 2019). Es posible reducir el

consumo de energía de un edificio durante la etapa de operación (calefacción, refrigeración, iluminación, ventilación) mediante la aplicación del diseño energético consciente, logrando la disminución de pérdidas y aprovechando las ganancias. La energía que requiere un edificio para funcionar a lo largo de su vida es 10 veces superior a la energía incorporada

que se utiliza en su construcción. Por lo tanto, es necesario asegurar que los edificios tengan un alto rendimiento energético y después centrarse en la energía incorporada (Heywood, 2015).

Por lo tanto, la necesidad de eficiencia energética se presenta no solo como contribución a la disminución del uso de

¹ Ver: <https://www.educ.ar/recursos/132535/guia-de-buenas-practicas-para-el-uso-responsable-de-la-energ>

energías no renovables, sino como aporte necesario a la reducción de la pobreza energética, fenómeno que aumenta día a día en nuestro país. La pobreza energética se entiende como la imposibilidad de un hogar de hacer frente a los requerimientos energéticos básicos o de un hogar que destina más del 10 % del total de ingresos para acceder a un estándar energético mínimo para vivir confortablemente (Durán y Condori, 2019). El diseño de las envolventes, elementos responsables de la interacción edilicia con el medio ambiente, es un factor determinante en la consecución de edificios sustentables de eficiencia energética y bajo impacto ambiental (Schiller y Evans, 2005). Hoy en día, un tema candente se refiere a los subsidios de las tarifas energéticas y a cómo racionalizar la energía en la vivienda. Los nuevos costos energéticos, sumados a la alta inflación en Argentina, requieren respuestas inmediatas en tecnologías constructivas eficientes energéticamente, sobrecosto por ganancia solar y conservación amortizable en un período aceptable. Actualmente, 83,1 % de la población del país vive en viviendas unifamiliares aisladas y esta tipología representa el 73,4 % del total (Sulaiman *et al.*, 2017). Según la Asociación Nacional de Industrias de Materiales Aislantes (ANDIMA), el 50 % del consumo de energía en los hogares de Argentina es por climatización de ambientes (ANDIMA, 2022). Es decir que, en promedio, la mitad de lo que cada usuario paga de energía se destina a refrigerar o calefaccionar la casa (Ámbito, 2022). Por ello, es fundamental brindar respuestas de fácil instrumentación orientadas a la aplicación masiva de las propuestas de mejoramiento en este campo de la arquitectura. Es así que, para alcanzar confort térmico reduciendo el consumo de energía, se aplican estrategias de diseño bioclimáticas, por ejemplo orientaciones, ventilación natural, aportes directos y protección de la radiación solar y aislamiento térmico, entre otras. En el año 2023, se elaboró la resolución que declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía. Además,

se aprobaron los lineamientos del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE, 2023), destinado a contribuir y mejorar la eficiencia energética de los distintos sectores consumidores de energía. Hace unos años, el Ministerio de Energía presentó el sistema de Etiquetado de Eficiencia Energética en inmuebles destinado a viviendas, cuyo objetivo es clasificar y catalogar un inmueble en función de su consumo energético. La etiqueta de eficiencia energética en viviendas permite determinar un Índice de Prestación Energética (IPE) para clasificar la eficiencia de las viviendas con su unidad de medida kW/m² al año, convirtiéndose así en una herramienta más de decisión para el usuario a la hora de comprar, vender o alquilar una vivienda. En el largo plazo, este instrumento genera un sello distintivo que incide sobre el valor de mercado de un inmueble, promoviendo la inversión, el desarrollo y el trabajo local. Actualmente, hay 2899 usuarios activos, 3477 viviendas analizadas y 1357 etiquetas emitidas (Ministerio de Economía, 2024). El presente trabajo aborda la evaluación de una vivienda social mediante esta herramienta y se evalúa su versión mejorada.

Análisis de caso de estudio

El caso de análisis es un prototipo de vivienda social llamado FADIPEV, donde FAD significa flexibilidad, adaptabilidad y división (Sulaiman,

2011) e IPV se refiere al Instituto Provincial de la Vivienda. Asimismo, este proyecto se utilizó para evaluar el desempeño energético de materiales reciclados (Sulaiman *et al.*, 2019). Estas viviendas se encuentran agrupadas y comparten sus paredes medianeras a ambos laterales, son de 74,68 m² en una sola planta ampliables hasta un máximo de tres dormitorios y cuentan con estar-comedor, cocina y un baño (figura 1). Se trata de una tipología de vivienda concebida para crecimiento de acuerdo con las necesidades de la familia usuaria. Puede ser ampliada hacia adelante, hacia atrás y hacia la parte superior; es decir, construir una planta más de manera tal que durante su vida útil pueda dividirse en unidades rentables independientes. Estos casos de vivienda social se ubican en ciudad de Alta Gracia (coordenadas 31°40'00"S 64°26'00"O), provincia de Córdoba, donde los veranos son calurosos y los inviernos cortos, fríos y secos, con gran exposición solar y escasez de lluvia. La localización en una zona geográfica montañosa condiciona las variaciones de temperatura y la distribución de las lluvias e impide la acción de los vientos. Dentro de las zonas bioclimáticas en las que se divide Argentina pertenece a la zona bioclimática IIIa, según la Norma IRAM 11603 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), 2011). Esta zona presenta un clima



Figura 1. Planta y vistas de vivienda social FADIPEV (fuente: Sulaiman *et al.*, 2019).

templado cálido y grandes amplitudes térmicas. En ese contexto, el diseño de las viviendas ha incorporado estrategias bioclimáticas, por ejemplo orientación para una correcta ventilación e iluminación natural, ganancia solar invernal, protección estival, compacidad y viviendas apareadas, entre otras.

Se analizaron dos casos denominados FADIPEV convencional (FCO) y FADIPEV bioclimática (FBIO). La vivienda FCO posee paredes de bloques de hormigón, cubierta de vigueta y bloque cerámico, solados cerámicos color oscuro y aberturas metálicas. Por su parte, la vivienda FBIO posee paredes de bloque cerámico, cubierta de vigueta y bloque de EPS (poliestireno expandido), cerámicos de color claro y aberturas de aluminio.

METODOLOGÍA

La metodología empleada consiste en evaluar usando el software del etiquetado de vivienda y realizar un análisis comparativo entre la vivienda FADIPEV bioclimática (FBIO) y su versión FADIPEV convencional (FCO).

Una vez obtenidos los resultados, se hace un análisis comparativo teniendo en cuenta numerosos aspectos que se exponen a continuación (figura 2).

Los pasos a seguir para el análisis del etiquetado se detallan en el aplicativo informático (Manual de Aplicación Práctica para Certificadores, 2020) y corresponden a: 1) estudio de la documentación, 2) relevamiento,

3) definición del sistema de estudio, 4) carga de datos, 5) evaluación de resultados y 6) emisión de la etiqueta.

Cabe destacar que el tercer paso (definición del sistema de estudio) implica decisiones de diseño por parte del proyectista (proyecto nuevo) que dependen de múltiples variables, entre ellos costos, materiales disponibles, mano de obra local y preferencias del usuario de la vivienda.

Además el tercer paso incluye las siguientes actividades:

3.1 Identificación de los ambientes: se mencionan cada uno de los locales y se detalla la materialidad de las envolventes.

3.2 Clasificación de ambientes y espacios: en ambos casos (FBIO y FCO), todos sus ambientes (habitaciones, estar-comedor, baño y cocina) son climatizados. Se entiende por ambiente climatizado toda habitación o espacio cerrado de uso permanente que, a los fines del cálculo, se asume como climatizado a una temperatura de confort dada durante el período considerado.

3.3 Definición de la zona térmica: ambiente o conjunto conexo de ambientes climatizados a una temperatura de confort dada para el período considerado.

3.4 Reconocimiento de la envolvente térmica: conjunto de elementos que delimitan físicamente una zona térmica y la separan del exterior, de construcciones linderas o de otros ambientes adyacentes (sean climatizados o no).

3.5 Identificación de los elementos de la envolvente: se identifican los elementos de muro, cubierta, solado y aberturas.

3.6 Identificación de los elementos internos a la zona térmica.

3.7 Sistemas activos: se determinan las instalaciones de climatización (al ser vivienda social solo cuenta con calefactor en estar-comedor). Posteriormente, se detallan las instalaciones de agua caliente sanitaria. El calefón se ubica en la cocina para que su ventilación sea hacia el exterior. Por último, se comienza con la carga de datos hasta llegar a la emisión de la etiqueta.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Características técnicas: a continuación se detalla la envolvente existente y se enumeran las propuestas de mejoras para cada una de las envolventes de FADIPEV bioclimática (FBIO) (figuras 3 a 6).

PARED:

- bloque de hormigón reemplazado por bloque cerámico

La FCO contaba con muros de bloque de hormigón sin material aislante, simplemente con revoque exterior e interior. En la vivienda FBIO se proponen paredes de bloque cerámico con aislación solo en los muros de fachada y fondo.

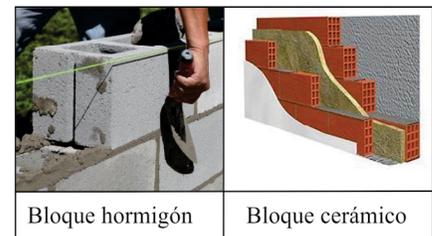


Figura 3. Propuesta de mejoras en pared FADIPEV FCO y FBIO (fuente: elaboración propia, 2024).

CUBIERTA:

- vigueta y bloque cerámico reemplazado por vigueta y bloques de poliestireno expandido

La solución constructiva de la cubierta del caso FCO era de vigueta y bloque. Para mejorar su prestación térmica, en la vivienda

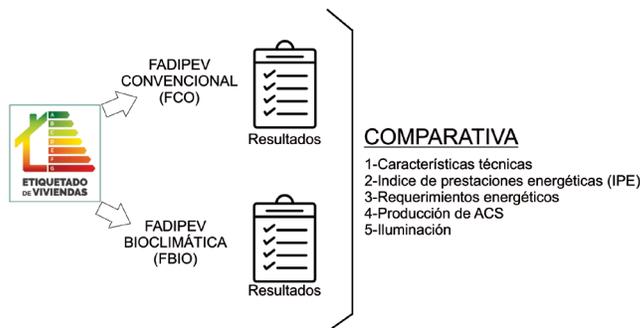


Figura 2. Esquema metodológico (fuente: elaboración propia, 2024).

FBIO se modificó por una cubierta de vigueta y bloques de poliestireno expandido con membrana asfáltica.

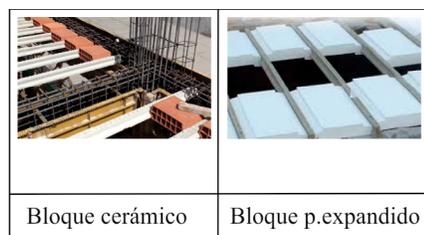


Figura 4. Propuesta de mejoras en cubierta FADIPEV FCO y FBIO (fuente: elaboración propia, 2024).

PISO:

- mosaicos de color oscuro reemplazados por mosaicos de color claro

Se modificaron las tonalidades; en FCO los mosaicos eran de color oscuro, mientras que en la FBIO se optó por unos más claros. En el estar-comedor, pasillo y habitaciones se optó por un color claro en vez del mosaico color medio existente. En baño y cocina se conservaron los mosaicos color claro.



Figura 5. Propuesta de mejoras en piso FADIPEV FCO y FBIO (fuente: elaboración propia, 2024).

ABERTURAS:

- aberturas metálicas reemplazadas por aberturas de aluminio con DVH.

Las aberturas en la FCO eran de chapa, con vidrio laminado 3+3 y postigos de chapa. Este tipo de aberturas generaba requerimientos bastante elevados para la energía requerida para calefacción. En reemplazo, en el caso FBIO se colocaron aberturas de aluminio con vidrio DVH. Este tipo de vidrio se utiliza como aislamiento acústico y térmico, minimizando

el consumo energético. Estas aberturas proporcionan excelente hermeticidad.



Figura 6. Propuesta de mejoras en aberturas FADIPEV FCO y FBIO (fuente: elaboración propia, 2024).

A continuación (tabla 1), se detallan las características técnicas y los valores de transmitancia media (Km) para cada tipo de elemento de envolvente térmica de ambos casos, FCO y FBIO. Además, se muestran los valores comparativos de los coeficientes globales de intercambio tanto en invierno como en verano. El coeficiente global de intercambio térmico representa el grado de pérdida de energía térmica de una vivienda debido a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. El coeficiente global de intercambio térmico de una vivienda se obtiene de la suma de los coeficientes

	FCO	FBIO
RESULTADOS		
TRANSMITANCIA MEDIA (W.M²K) DE LAS ENVOLVENTES		
Pared	1,99	1,34
Cubierta	2,41	1,16
Piso	0,49	0,37
Abertura	4,63	2,76
COEFICIENTES GLOBALES DE INTERCAMBIO		
INVIERNO		
Coficiente global de intercambio térmico (Hinv)	414	244
Coficiente global de intercambio térmico espec. (Hinv/AU)	6,33	3,73
Constante de tiempo (tinv)	13,68	20,21
VERANO		
Coficiente global de intercambio térmico (Hver)	585	417
Coficiente global de intercambio térmico espec. (Hver/AU)	8,93	6,37
Constante de tiempo (tver)	9,69	11,82
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Superficie útil de la vivienda (m ²)	65,46	
Área de envolvente (m ²)	222,62	
Volumen total climatizado (m ³)	170,20	
Relación área de la envolvente/volumen climatizado (S/V)	1,31	
Factor de intercambio térmico medio (btr)	0,64	

Tabla 1. Características técnicas y coeficientes globales de intercambio térmico (fuente: elaboración propia, 2024).

globales de intercambio térmico de cada zona térmica de dicha vivienda (Manual de Aplicación Práctica para Certificadores, 2020). El coeficiente global de intercambio térmico representa el grado de pérdida de energía térmica de una vivienda debido a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. Representa la facilidad de una vivienda para perder calor debido a las diferencias entre la temperatura interior y exterior. Si se analizan los coeficientes globales de intercambio térmico en invierno (tabla 1), estos se redujeron 41,06 %; el coeficiente global de intercambio térmico específico disminuyó en 41,07 %; y la constante de tiempo (*Tinv*) aumento 47,73 %. En verano, el coeficiente global de intercambio térmico (*Hinv*) (*Hver*) se redujo en 28,72%; el coeficiente global de intercambio térmico específico disminuyó en 28,67 %; mientras que la constante de tiempo (*Tinv*) aumento en 69,83 %.

Prestaciones energéticas

No todos los aportes gratuitos que ingresan a una zona térmica durante un mes pueden aprovecharse para disminuir los requerimientos de energía para calefacción en invierno. El factor de utilización de los aportes gratuitos (*ngr*) contempla los efectos dinámicos en la determinación del requerimiento de energía para calefacción. En verano, no todas las pérdidas de energía térmica por ventilación, transmisión a través de la bóveda y radiación hacia la bóveda celeste pueden ser aprovechadas para disminuir los requerimientos de energía para refrigeración. En este caso, el valor *ndisp* contempla los efectos dinámicos en la determinación del requerimiento de energía para refrigeración (Manual de Aplicación Práctica para Certificadores, 2020; Ministerio de Economía, 2024). Estos valores se observan en la tabla 2.

En invierno, la FCO ganaba 37 unidades de energía por cada 100 de pérdidas; ahora la FBIO gana 46, es decir aumento en 24,32 %. De las ganancias calculadas, el 79 % eran aprovechadas por la vivienda convencional para disminuir el requerimiento de energía

	FCO	FBIO
INVIERNO		
Relación entre aportes y perdidas térmicos (<i>Yinv</i>)	0,37	0,46
Factor de utilización de los aportes gratuitos (<i>ngr</i>)	0,79	0,85
Fracción del requerimiento obtenido de aportes gratuitos (<i>Yinvngr</i>)	0,29	0,39
VERANO		
Relación entre aportes y perdidas térmicos (<i>Yver</i>)	0,41	0,39
Factor de utilización de las dispersiones térmicas (<i>ndisp</i>)	0,25	0,25
Fracción del requerimiento evitado por dispersiones térmicas (<i>ndisp/Yver</i>)	0,61	0,64

Tabla 2. Características dinámicas. (fuente: elaboración propia, 2024).

	FCO			FBIO		
	útil	neta	primaria	útil	neta	primaria
Calefacción	101	72	90	49	48	59
Refrigeración	20	9	29	12	5	17
Producción ACS	14	22	27	14	22	29
Iluminación	-	4	12	-	2	6
Requerimiento específico global de energía	157			110		
Contribución específica de energías renovables	0			27		
ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS (IPE)	157			83		

Tabla 3. Comparación de requerimientos específicos de energía (Kwh /m2 año) de ambos casos, FCO y FBIO. (fuente: elaboración propia, 2024).

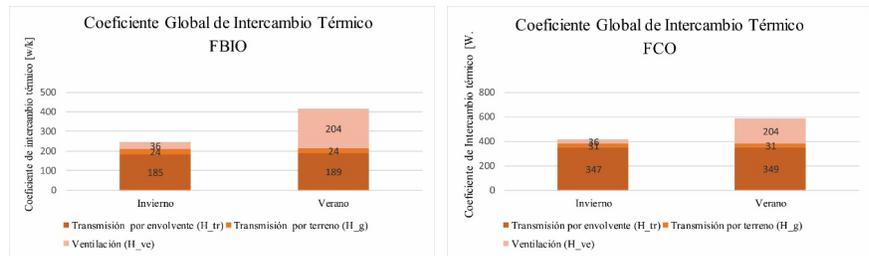


Figura 7. Coeficientes globales de intercambio térmico para ambos casos FCO y FBIO (fuente: elaboración propia (Software Sistema de Etiquetado, 2024).

para calefacción. Con la vivienda mejorada se aprovecha 85%; por lo tanto, hubo un

aumento de 7,59%. En verano, la FCO ganaba 41 unidades de energía por cada 100 de

	Total (kW/h/año)	Calefacción (kW/h/año)	Refrigeración (kW/h/año)	ACS (kW/h/año)	Iluminación (kW/h/año)
GAS DISTRIBUIDO POR REDES					
FCO	6109	4696	0	1413	0
FBIO	4529	3116	0	1413	0
ELECTRICIDAD					
FCO	808	0	569	0	239
FBIO	460	0	333	0	127

Tabla 4. Detalle del requerimiento de energía secundaria de ambos casos, FCO y FBIO. (fuente: elaboración propia, 2024).

	INVIERNO	VERANO	INVIERNO	VERANO
Requerimiento energía útil (Eu)	6295	1309	3213	765
Requerimiento energía secundaria (Es)	4696	569	3116	333
Requerimiento energía primaria (Ep)	5870	1879	3895	1097
Coefficiente global intercambio térmico (Hinv) (Hver)	414	585	244	417
Coefficiente global intercambio térmico específico (Hinv/Au) (Hver/Au)	6,33	8,93	3,73	6,37
Constante de tiempo (Tinv) (Tver)	13,68	9,69	20,21	11,82
Capacidad calefacción/refrigeración requerida	8,31	7,40	5,07	4,64
Capacidad calefacción/refrigeración instalada	3,49	0,00	3,49	0,00
Rendimiento equivalente calefacción/refrigeración	1,40	2,30	1,03	2,30
Factor de conversión energía primaria	1,25	3,30	1,03	2,30

Tabla 5. Detalles Zona Térmica 1 ZT1. (fuente: elaboración propia, 2024).

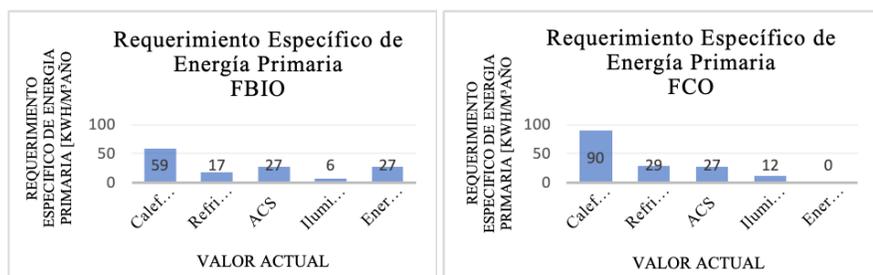


Figura 8. Requerimiento específico de energía primaria para ambos casos, FCO y FBIO (fuente: elaboración propia (Software Sistema de Etiquetado, 2024)).

pérdidas. Con la FBIO gana 39 unidades; en este caso disminuyó 4.88 %. En la vivienda FCO de las dispersiones calculadas, el 25 % son aprovechadas para disminuir el requerimiento de energía para refrigeración. Este valor en la vivienda FBIO se mantiene igual. Por último, en cuanto a la fracción del requerimiento evitado por dispersiones térmicas, la FBIO ha sufrido un aumento de 4,91 % con respecto a la vivienda FCO. La “energía útil” es la energía térmica que permitirá mantener la temperatura interior $\geq 20^{\circ}\text{C}$ en invierno con calefacción y $\leq 26^{\circ}\text{C}$ en verano con refrigeración.

El Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) (Kw/m^2 año) es un valor característico de la vivienda que representa el requerimiento de energía primaria que tendría un uso normal -durante un año y por metro cuadrado de superficie- para satisfacer las necesidades de calefacción en invierno, refrigeración en verano, producción de agua caliente sanitaria e iluminación (Manual de Aplicación Práctica para Certificadores, 2020). Comparando ambos casos (FCO y FBIO) y en relación con las prestaciones energéticas, la vivienda FCO presentaba un valor de 157. Luego de las mejoras, se logró reducir ese valor para la FBIO a 83. Es decir, se redujo el valor en 47,13% (tabla 3).

Requerimientos de energía

Al analizar los requerimientos de energía secundaria se llegó a la conclusión de que el gasto total de gas distribuido por redes se redujo en 25,86 % y en 33,65 % en calefacción. El gasto para agua caliente sanitaria (ACS) se mantuvo igual. El gasto de electricidad anual disminuyó en 43,07 % y en 41,48 % en refrigeración. Se mantuvo el mismo valor para ACS y, al colocar luminarias LED en reemplazo de las incandescentes, se bajó el consumo en 46,86 % (tabla 4). Las características energéticas dinámicas se refieren a la relación entre los aportes y las pérdidas de cada período en que se demanda energía adicional (tabla 5 y figura 8). Comparando los requerimientos de energía se determina que, en invierno, el requerimiento

de energía útil ($E_u; V$) se redujo en 51,28 %; el requerimiento de energía secundaria ($ES; V$) disminuyó en 33,65 %; y el requerimiento de energía primaria ($EP; V$), bajó en 33,65 %. En tanto que en verano, el requerimiento de energía útil ($E_u; V$) bajó en 41,56 %; el requerimiento de energía secundaria ($ES; V$) se redujo en 41,48 % y el rendimiento equivalente de refrigeración (η_r) se redujo en 26,43 %. Los coeficientes globales de intercambio térmico analizados se muestran en la tabla 1. Los detalles por elemento constructivo, en relación con el requerimiento energético en los períodos de mayor demanda mensual, enero por ganancias (refrigeración) y julio por pérdidas (calefacción), se observan en las figuras 9 y 10. En el caso de la FCO, la cubierta es factor clave para el mejoramiento de la eficiencia energética de un edificio. Si bien la cubierta en verano (enero) tiene ganancia solar, sigue presentando pérdidas, aunque menores. Alta Gracia presenta un clima estival confortable, por lo que se sugiere una pequeña corrección en la cubierta. En el caso de la FCO, esta es de vigueta y bloque cerámico. En la FBIO se propone cubierta de vigueta y ladrillos de EPS, puesto que este último material presenta una excelente aislación térmica y sonora. Sin embargo, es necesario considerar los posibles inconvenientes provocados por los puentes térmicos en las viguetas (posible condensación superficial interior). En invierno (julio), tanto los muros como las aberturas (PVC4- y PVC5-1) presentan pérdidas significativas. El M1 y el M5 presentan una notable pérdida, ya que son los muros frontales y el posterior, es decir aquellos que no se encuentran apareados. En época invernal y puesto que la vivienda está en Alta Gracias, localidad serrana con bajas temperaturas, se decide que la FBIO lleve en sus muros M1 y M5 (0,30 m), una capa de aislación de EPS que mejora el aislamiento térmico. Las aberturas de la FCO eran metálicas; sin embargo, para mejorar la hermeticidad y la estanqueidad en la FBIO se emplean aberturas de aluminio, material versátil que no se corroe ni deteriora con el tiempo, por lo que requiere mantenimiento

	FCO	FBIO
PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)		
Volumen requerido diario de ACS	111 l	111 l
Requerimiento de energía útil ($E_{u,ACS}$)	918 kWh	918 kWh
Requerimiento de energía secundaria ($E_{s,ACS}$)	1413 kWh	1413 kWh
Requerimiento de energía primaria ($E_{p,ACS}$)	1766 kWh	1766 kWh
Rendimiento de la instalación de ACS (n_{ACS})	0,65	0,65
Factor de conversión de energía primaria ($f_{p,ACS}$)	1,25	1,25
CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA		
Cobertura anual de energía solar térmica	No se detectó instalación solar térmica	100 %
Contribución de energía útil ($E_{u,ST}$)		916 kWh
Contribución de energía secundaria ($E_{s,ST}$)		1409 kWh
Contribución de energía primaria ($E_{p,ST}$)		1761 kWh
Capacidad de almacenamiento		200 l
Área de captación solar		2,81 m ²

Tabla 6. Detalle de producción de ACS en ambos casos.

ILUMINACIÓN	FCO	FBIO
	Total de ambientes: 7	Total de ambientes: 7
Requerimiento de energía secundaria (E_{ss})	239 kWh	127 kWh
Requerimiento de energía primaria (E_{pL})	788 kWh	419 kWh
Factor de conversión de energía primaria	3,30	3,30

Tabla 7. Iluminación y requerimientos de energía de ambos casos, FCO y FBIO.

mínimo. Además, posee excelente nivel de aislación contra el aire, el agua, el polvo, la contaminación y el ruido, evitando filtraciones que afectan el confort de los ocupantes de la vivienda.

Producción de ACS

Con respecto a la producción de agua caliente sanitaria (ACS), se resolvió incorporar energía solar térmica en la vivienda FBIO. Esta influirá sobre la contribución que otorga el sistema al uso de este tipo de energías. Los colectores

solares térmicos aprovechan la energía del sol para generar calor y calentar agua. En este caso, esta agua caliente está destinada al uso doméstico como agua sanitaria. No hubo variaciones en los requerimientos de energía.

Iluminación

Para un mejor desempeño, en la FBIO se optó por colocar luminarias tipo LED. Con las modificaciones realizadas, el requerimiento de energía secundaria bajó en 46,86 %.

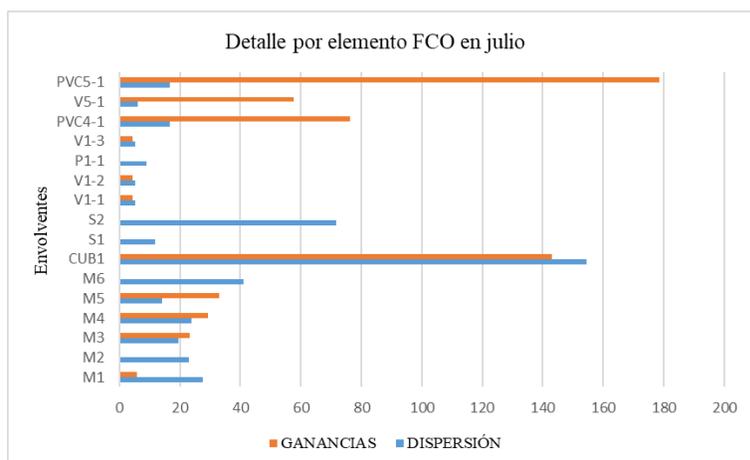


Figura 9. Detalle por elemento de FCO en enero. Coeficiente de pérdidas y ganancias (fuente: elaboración propia (Software Sistema de Etiquetado, 2024)).

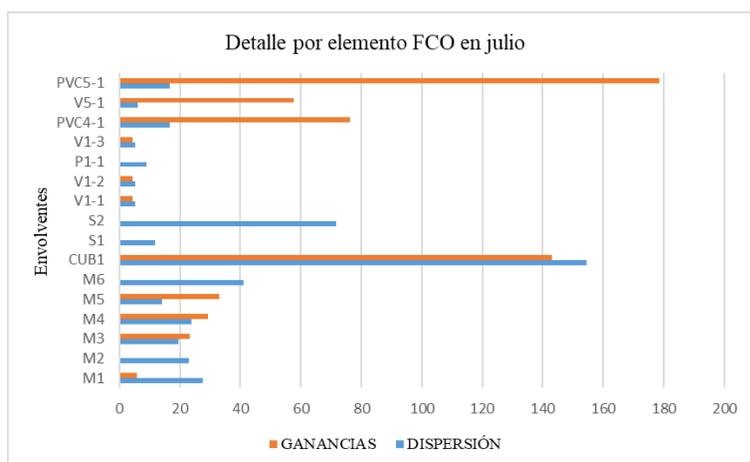


Figura 10. Detalle por elemento de FCO en julio. Coeficiente de pérdidas y ganancias (fuente: elaboración propia (Software Sistema de Etiquetado, 2024)).

Además, el requerimiento de energía primaria disminuyó en 46,83%.

CONCLUSIÓN

La vivienda FCO presentaba un valor de IPE (Índice de Prestación Energética) de 157. Luego de las mejoras, se logró reducir ese valor para la vivienda FBIO a 83. Es decir, se mejoró su valor en 47,13 %, lo que significa que se logró mejorar la regulación de la cantidad

de energía que utiliza una vivienda. El cálculo del IPE no solamente considera el espesor de las paredes y el aislamiento térmico, sino también la protección pasiva, la cantidad de energía que utiliza una vivienda actuando sobre persianas, celosías, doble vidriado en las aberturas de aluminio, pérgolas con cubierta de vegetación, etc. Los rangos de valores relativos de IPE asociados a cada letra de la escala son únicos para todo el país,

mientras que valor del mismo es específico de cada provincia. En el caso de los rangos de valores absolutos, estos son específicos de cada región. En el caso de Córdoba, al no estar adherido aún al sistema de etiquetado nacional, no existen pruebas piloto ya que el proyecto de etiquetado local contempla una evaluación que integra simulación y evaluación del sitio. En resumen, al tratarse de un modelo de vivienda social, se realizaron modificaciones bastante sencillas en cada una de las envoltantes puesto que este tipo de viviendas no suelen construirse con elementos que garanticen una correcta aislación, tanto térmica como acústica.

Los resultados obtenidos en la vivienda FBIO analizada son favorables. Este análisis permite visualizar el impacto del ahorro con pequeñas modificaciones en paredes, cubierta, piso, aberturas e incorporación de energía solar térmica. Es importante tener en cuenta las variables de diseño que más inciden en el valor del IPE. Por ejemplo: orientaciones, materialización de la envoltante, aberturas y sus características, además de terminación de superficies, artefactos de iluminación, sistemas de climatización y empleo de energías alternativas (solares y fotovoltaicas). Eso se evidencia en los valores de transmitancia térmica en cada una de las envoltantes. En el caso de los muros, su transmitancia térmica aumentó en 32,66 %; la cubierta mejoró en 51,87 %, el piso, en 24,29 % y aberturas, en 40,39 %. Además, el análisis de los resultados comparativos de los coeficientes globales de intercambio térmico en invierno arrojó una reducción de 41,06 %; el coeficiente global de intercambio térmico específico disminuyó en 41,07 %; y la constante de tiempo (Tinv) aumentó en 47,73 %. En verano, el coeficiente global de intercambio térmico (Hinv) (Hver) se redujo en 28,72 %; el coeficiente global de intercambio térmico específico disminuyó en 28,67 %; mientras que la constante de tiempo (Tinv) aumentó en 69,83 %. En cuanto a la geometría, cabe recordar que el prototipo de vivienda FCO ya tiene incorporadas numerosas variables de diseño bioclimático, como compacidad, orientación,

condición de apareada, aberturas mínimas, ventilación natural, baño compartimentado, posibilidad de ampliaciones sin derribar paredes tanto en planta baja como alta y posterior división en unidades independientes durante la vida útil, entre otras. Esto implica que el prototipo genera un ahorro en comparación con la mayoría de las viviendas sociales en la región (Sulaiman *et al.*, 2019). Los aleros son una estrategia bioclimática que también se puede incorporar pues generan refugio y ayudan a proteger de la intemperie y del calor, además de controlar la cantidad de luz solar que puede penetrar en la construcción. En la FBIO se sugiere colocar aleros de 50 cm de espesor en orientación norte, ya que no serían necesarios en la orientación sur. En el caso de plantear otro escenario hipotético, se comparan dos de las envolventes

(cubierta y muro) de ambas viviendas analizadas en este trabajo (FCO y FBIO) con la versión FADIPEV BÁSICA 2019 (FB19), utilizada en simulaciones anteriores (Sulaiman *et al.*, 2019). Por su parte, la cubierta de la FCO posee vigueta pre moldeada con bloque cerámico, ciellorraso revocado interior, capa de compresión y carga. El valor de transmitancia térmica de la cubierta (K) es de 1,51W/m² K. Se determina que la FB19 es mejor en 37,34 % que la FCO y mejor en 23,18 % que la FBIO. El muro de la FB19 es de bloque de hormigón con revoque interior y exterior. Su valor es 2,16 W/m² K. Mientras que en la FBIO el muro es de bloque de hormigón, siendo la FB19 mejor en 7,87 %. Por último, en la FBIO las paredes son de bloque cerámico, con aislación solo en los muros de fachada y fondo. Su valor es de 1,34 W/m² K, mejor en 37,96 % que la FB19.

Todo esto implica que se cumplen las recomendaciones de la Norma IRAM 11603 para la subzona IIIa, de gran amplitud térmica, donde es aconsejable usar viviendas agrupadas y todos los elementos y recursos que tiendan al mejoramiento de la inercia térmica. Asimismo, se recomienda el uso de materiales de baja emitancia y de colores claros en los paramentos exteriores y cubierta (IRAM, 2011).

El sistema de etiquetado de viviendas permite obtener resultados útiles para analizar el comportamiento de las envolventes, tanto en invierno como en verano y si es necesario, implementar tecnologías eficientes y sostenibles logrando un ambiente confortable para el usuario de la vivienda social. ▲●●

REFERENCIAS

Ámbito (13 de agosto 2022). Tarifas sin subsidio: cómo no superar 400 kWh de energía. *Ámbito*. <https://www.ambito.com/energia/tarifas/subsidios-como-no-superar-400-kwh-n5506553>.

Resolución 5/2023 de 2024. [Ministerio de Economía, Secretaría de Energía]. Creación del Programa Nacional de Etiquetado de Viviendas (PRONEV). 6 de enero de 2023. <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/279268/20230109>

Durán, R. J. y Condori, M. A. (2019). Evolución de la pobreza energética en Argentina durante el período 2002 - 2018. Oportunidades para las energías renovables; Universidad Nacional del Nordeste. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo*; 5; 8-2019; 430-437 <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/123368>.

Etiquetado de Viviendas (2024) Ministerio de Economía, Secretaría de Energía. <https://etiquetadoviviendas.mecon.gob.ar/>.

Guía UREE Residencial - MinEM. (2019). *Guía de buenas prácticas para un uso responsable de la energía en la escuela Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética*. Ministerio de Energía y Minería. Presidencia de la Nación.

Heywood, H. (2015). *101 reglas básicas para edificios y ciudades sostenibles*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España. https://editorialgg.com/media/catalog/product/9/7/9788425229930_insider_es.pdf

Instituto Argentino de Normalización y Certificación-IRAM (2011). *Norma IRAM. Acondicionamiento térmico en edificios: clasificación bioambiental de la república*. Buenos Aires, Argentina. <https://procesosconstructivos.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/iram-11603-e1.pdf>.

Manual de Aplicación Práctica para Certificadores (2020). Programa Nacional de uso racional y eficiente de la energía (PRONUREE). Ministerio de Economía, Secretaría de Energía. Información disponible en <https://eficienciaenergeticaargentina.mecon.gob.ar/>

Schiller S. y Evans J. (2005). Rol de la envolvente en la edificación sustentable. *Revista de la Construcción*; 4(1): 5-12. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619365001.pdf>

Sulaiman, H. (2011). *Optimización del diseño arquitectónico desde la óptica sustentable a través de estrategias bioclimáticas y nuevas tecnologías evaluadas desde su confiabilidad y su economía* [Tesis doctoral, Universidad de Mendoza, Mendoza, Argentina].

Sulaiman H., Mazzoco M.P. y Filippin C. (2017). *Análisis económico-energético de envolventes aisladas con simulación en casafad en dos ciudades de Argentina*. XIV ENCAC Encuentro Nacional de Conforto no Ambiente construido. X ELACAC Encuentro Latino-americano de Conforto no Ambiente construido. Camboriu, Brasil.

Sulaiman H., Sánchez Amon, M.P., Gaggino R. y Oga Martínez L. (2019) *Evaluación térmico-energética de un prototipo de vivienda sustentable con materiales reciclados*. III Encuentro Latinoamericano y Europeo sobre Edificaciones y Comunidades Sostenibles. Santa Fe, Argentina.