

69. Rehabilitación de viviendas de alquiler social. Demostrador del proyecto LIFE “New4Old” (LIFE10 ENV/ES/439)

Román, Emilia ^(1,*), **Gómez, Gloria** ⁽²⁾ y **de Luxán, Margarita** ⁽³⁾

(1) (*) Doctora Arquitecta cc60 Estudio de Arquitectura, Grupo de investigación Arquitectura y Urbanismo más Sostenible (GIAU+S). Universidad Politécnica de Madrid

(2) Doctora Arquitecta cc60 Estudio de Arquitectura glogomu@cc60.com

(3) Doctora Arquitecta Catedrática Emérita Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Politécnica de Madrid

Resumen La rehabilitación energética de dos edificios de viviendas sociales en alquiler, ubicados en el casco histórico de Zaragoza y realizadas entre 2013 y 2015, surge a partir de las conclusiones y estrategias elaboradas para el proyecto NewSolutions4OldHousing (LIFE10 ENV/ES/439), cofinanciado por la Comisión Europea. El objetivo general del proyecto LIFE es definir la metodología más adecuada para la rehabilitación de viviendas sociales con criterios de sostenibilidad energética y medioambiental y la aplicación de tecnologías innovadoras para la lucha contra el cambio climático. La aplicación de estrategias pasivas en la rehabilitación de estos Edificios Demostradores ha permitido alcanzar unas condiciones de climatización e iluminación con menos gasto de energía para su uso, con ahorros por encima del 70% en la demanda y cerca del 25% en el consumo real. Estos datos son especialmente relevantes cuando los habitantes son inquilinos con ingresos muy limitados, vulnerables a problemas como la pobreza energética. La actuación sirve para mejorar el comportamiento pasivo de la edificación y para alcanzar un mayor confort térmico, lumínico y habitabilidad sin incrementar el coste económico relacionado con el consumo energético.

Palabras clave Rehabilitación; Eco-eficiencia; Cambio climático; Pobreza energética; Vivienda

1 Introducción

El objetivo de la intervención sobre los Edificios Demostradores del proyecto NewSolutions4OldHousing (LIFE10 ENV/ES/439), cofinanciado por la Comisión Europea, es analizar los resultados reales después de definir la metodología más

adecuada y las mejores prácticas disponibles para la rehabilitación de viviendas sociales con criterios de sostenibilidad energética y medioambiental. Entre las tareas desarrolladas se encuentra esta intervención en dos edificios de viviendas sociales situados en Zaragoza que actúa como Demostrador, de manera que es posible evaluar, antes y después de la intervención, las medidas aplicadas para mejorar sus condiciones de confort y su comportamiento energético. Las instituciones participantes en el proyecto son, el Centro Tecnológico AITEMIN, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), el Centro Tecnológico de la Cerámica y el Vidrio de Portugal (CTCV) y la Sociedad Municipal Zaragoza Vivienda (SMZV).

2 Objetivos

La intervención en los dos edificios de vivienda tiene como objetivo específico identificar, aplicar y evaluar las soluciones de proyecto más adecuadas para mejorar su comportamiento energético, teniendo en cuenta el contexto climático y social en el que se ubican y poder medir las mejoras reales que resulten. El objetivo general del proyecto LIFE es definir la metodología más adecuada para la rehabilitación de viviendas sociales con criterios de sostenibilidad energética y medioambiental y la aplicación de tecnologías innovadoras para la lucha contra el cambio climático y algunos de sus resultados ya se han publicado anteriormente.

3 Metodología

En el caso de los Edificios Demostradores, la metodología principal es el análisis y la comparación de diversos parámetros de los estados de la propia construcción y resultados en su uso antes y después de la intervención.

No hay un corpus homogéneo que permita relacionar Demostradores de los Programas LIFE, en que se puedan establecer antecedentes ni estado de la cuestión específicos y que puedan ser confrontados, ya que, en el campo de las edificaciones, cada caso es único al encontrarse en condiciones climáticas, urbanas, constructivas, tecnológicas, sociales incluso económicas (en cuanto a los medios monetarios para realizarlos); e incluso temáticos, ya que nos encontraríamos en el conjunto del Programa, que busca atender a investigaciones diversificadas, con Demostradores muy diversos: resultantes de investigaciones tipológicas, estudios sobre materiales asfálticos, eficiencia en plantas de reciclado, gestión sostenible de tráfico, agua energía y residuos en hospitales, fertilizantes, pirólisis, etc.

Los dos edificios seleccionados se encuentran en el casco histórico de Zaragoza, el primero de ellos (Edificio A) con acceso desde la calle San Pablo 83-85 y el

segundo (Edificio B) desde la calle Basilio Boggiero. Entre ambos hay un patio interior de manzana. Tienen, respectivamente, 18 y 12 viviendas destinadas a alquiler social, lo que supone un perfil de usuario de bajos ingresos.

La metodología de trabajo para definir las medidas de mejora para el edificio, ha prestado especial atención a las condiciones actuales de uso de las viviendas y las posibilidades de incorporar estrategias pasivas que mejoren el confort interior sin incrementar los costes de consumo evitando situaciones de pobreza energética (Sánchez Guevara, 2016). Al tratarse de viviendas alquiladas, los usuarios van cambiando y por ello se han elegido soluciones autorregulables que no necesitan que los sucesivos vecinos tengan que aprender manejo alguno.

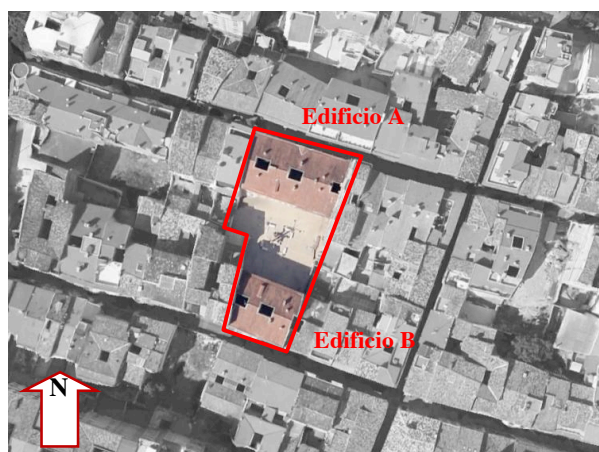


Fig. 1 Ubicación del edificio demostrador



Fig. 2 Fachada norte del edificio a calle San Pablo

En la definición de soluciones se han analizado los aspectos climáticos y urbanos de la zona y se ha realizado una encuesta a los usuarios para conocer su percepción y necesidades en relación a las condiciones de confort de la vivienda. La monitorización del edificio antes y después de la actuación ha permitido evaluar la eficacia y el impacto de las medidas adoptadas. Un dato de partida importante para la selección de soluciones es que el presupuesto de contrata estaba limitado a 358.000 euros.

4 Análisis de las condiciones previas

Los edificios son propiedad de Sociedad Municipal Zaragoza Vivienda (SMZV) y se encuentran ubicados en uno de los barrios identificados como vulne-

rable de la localidad (Hernández Aja et al, 2016). Construidos a principios de la década de los 90 se trata de dos bloques entre medianeras con dos fachadas, una orientada a norte y otra a sur y con patios de luces interiores de unos 3 x 4 m de dimensión; con tres plantas, además de la baja. En cada planta se sitúan 6 viviendas distribuidas en dos escaleras. Las viviendas están orientadas a norte o a sur y muchas de sus estancias se abren a los patios interiores. En la planta baja se encuentra el acceso desde la calle, a las escaleras y al patio de manzana, y locales, ocupados por asociaciones del barrio. La cubierta del edificio es inclinada a dos aguas sobre una cámara tabicada que no tenía ventilación.

4.1 Análisis del clima actual e influencia del cambio climático

Zaragoza tiene un clima mediterráneo continentalizado, con veranos cálidos. La temperatura anual media de las máximas se encuentra en torno a los 21°C y la media de las mínimas, cerca de los 10°C. No obstante, los meses de invierno, las temperaturas mínimas medias pueden ser de unos 5°C y en verano las máximas medias alcanzar 30°C. La humedad relativa oscila entre el 50% y el 80%. Los vientos más frecuentes en invierno corresponden a la dirección NW y en verano al SE. Los primeros son de carácter frío y los segundos, cálidos.

Las actuaciones realizadas con criterios de sostenibilidad energética y ambiental que quieran obtener resultados a largo plazo, deben considerar el efecto del cambio climático. En la edificación, el impacto de estas modificaciones puede ser significativo si se cumplen las previsiones realizadas al respecto para España (Olcina Cantos, 2009). Según este pronóstico, las condiciones estivales para ciudades interiores, como Zaragoza, se verán modificadas por el incremento de temperaturas y reducción de precipitaciones. Ambas cuestiones, especialmente la primera, implican cambios en los intercambios energéticos del edificio con el exterior y, por tanto, en sus condiciones de confort.

Los estudios de confort bioclimático realizados indican que, a plazo relativamente próximo, el número de días en los que es necesario tener en cuenta estrategias de verano se incrementa progresivamente. A la hora de plantear medidas sobre los edificios existentes, hay que considerar el incremento progresivo de las temperaturas medias, especialmente en verano, porque eso implica que aunque los consumos energéticos en calefacción se reducirán, los de refrigeración se incrementarán si no se aplican medidas pasivas.

Además del fenómeno del cambio climático, las intervenciones en el contexto urbano deben considerar la isla térmica (Cuadrat Prats, Vicente-Serrano, & Saz Sánchez, 2005); que indican la importancia de considerar estrategias de adaptación a las condiciones de sobrecalentamiento, ya que, tanto por la evolución pre-

vista del clima como por el fenómeno de la isla térmica, éstas son ya necesarias y resultarán de mayor trascendencia aún en un futuro próximo.

4.2 Análisis del contexto urbano

Es necesario realizar un estudio del soleamiento de los edificios y los condicionantes debidos su situación urbana. Ambos edificios se orientan norte-sur. Durante los meses fríos la fachada sur, que da al patio central en el caso del edificio A, tiene garantizada la recepción de 4 horas de radiación solar (10:00 h-14:00 h) incluso en el mes de enero, el más extremo, debido a las dimensiones del patio central y a la altura del edificio enfrenteado dentro de la misma parcela, en la zona norte. Únicamente la planta baja recibe menos horas de radiación. La fachada norte de este edificio, orientada a la calle San Pablo, estaría siempre en sombra. La fachada sur del edificio B, al que se accede desde la calle Boggiero, se comporta como fachada norte en los meses fríos porque la disposición urbana impide que le llegue la radiación solar, mientras que en verano, está expuesta al soleamiento. Las fachadas de los patios de luces apenas reciben radiación directa; tan sólo en la parte sur superior de las mismas, que forma parte del espacio bajo-cubierta. Durante los meses más fríos el suelo del patio de manzana está en sombra durante gran parte del día. Únicamente en las horas centrales de los meses de octubre y febrero podría recibir radiación una pequeña parte del mismo, en la zona cercana a la fachada sur (aprox. 1/3 de su superficie).

Las posibilidades de ventilación natural también pueden verse reducidas debido a la orientación y a la alta densidad de la trama urbana, aunque están paliadas por las dimensiones, orientación y forma del patio interior de manzana y por el efecto chimenea de los patios interiores.

4.3 Caracterización de los usuarios mediante encuestas

Tras la realización de encuestas a los usuarios del edificio, se deduce que hay diferencias en la sensación de confort entre las personas que viven en viviendas orientadas a norte y al sur. En muchas de ellas, especialmente en las orientadas a norte, hay un problema de infracalentamiento en los meses de invierno. En los meses de verano se aprecia un sobrecalentamiento en todas las viviendas a sur. En general, los usuarios consideran que conseguir más calor en invierno y más frío en verano son las medidas más importantes para alcanzar el confort. Un dato significativo es que el 43% de los usuarios de las viviendas no utilizan la calefacción porque no pueden pagarla, siendo un indicador importante de la situación de pobreza energética de algunos vecinos. Lo anterior hace que la composición de los

gastos energéticos no se corresponda con la media habitual: el gasto en climatización disminuye, con lo que porcentualmente aumenta el de iluminación y calentamiento del agua.

5 Medidas implementadas

Tras la realización de los estudios iniciales y con avances previos expuestos en algunos artículos (Luxán, Vázquez, Gómez, Román, Barbero, 2009), y teniendo en cuenta el presupuesto para la obra, en el proyecto se han priorizado las siguientes medidas de mejora en los edificios tras comparar y calibrar distintas posibilidades.

5.1 Mejora de la envolvente térmica

Se mejora el comportamiento térmico de los elementos de la envolvente para reducir la demanda energética. Los edificios fueron construidos según la Norma Básica de Condiciones Térmicas CT-79, normativa de aplicación en el momento de la redacción del proyecto de la construcción inicial. El edificio original supera aquellas exigencias ya que el edificio contaba con una instalación de calefacción por hilo radiante eléctrico y esto conllevaba una mejora de las transmitancias de dichos elementos, exigida por la compañía eléctrica en el momento de la contratación del servicio. Para la reducción de la demanda energética se han ejecutado las medidas sobre los elementos de la envolvente que se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1 Medidas de mejora en la envolvente en edificios A y B

Edificio	Elemento	Medida de mejora	Valor antes	Valor después
Edificio A y fachadas Norte y patios Edificio B	Muros	Aislamiento exterior 5 cm poliestireno expandido	0,50 W/m ² °K	0,27 W/m ² °K
Edificio A	Huecos	Sustitución de vidrios manteniendo las carpinterías existentes de madera	3,17 W/(m ² .K)	1,6 W/(m ² .K)
Edificios A y B	Cubierta	Incorporación de 12 cm de fibra de vidrio en cubierta. Mejora de la ventilación	1,18 W/m ² °K	0,17 W/m ² °K.
Edificios A y B	Suelo	Incorporación de 5 cm de fibra de vidrio en falso techo sobre espacios exteriores	1,16 W/m ² °K	0,43 W/m ² °K.

5.2 Sistema solar híbrido para producción de ACS y energía eléctrica

Las viviendas cuentan con un termo eléctrico como sistema de producción de agua caliente. Para reducir el consumo de energía del edificio se ha incorporado un sistema solar para la producción de ACS únicamente en el edificio A, ya que por motivos presupuestarios no era posible instalarlo en los dos edificios. El tipo de paneles solares elegidos son híbridos, sirven para la producción de agua caliente y para la generación de energía eléctrica para zonas comunes y puntos de recarga de coches eléctricos en el sótano.

5.3 Acondicionamiento ambiental de patio interior

El patio interior de la parcela tiene interés tanto como espacio abierto de uso y disfrute de los vecinos como para el acondicionamiento de las viviendas. Antes de la actuación se caracterizaba por la falta de sombra. Se ha instalado una pérgola que actúa como elemento de protección solar, que minimizará el recalentamiento del suelo y del aire en los meses cálidos, y se han reubicado los bancos existentes en áreas del patio más confortables. La incorporación de vegetación en jardineras será útil para elevar la humedad relativa.

5.4 Protección solar en fachada sur

Se ha instalado un sistema de lamas para el sombreado exterior en la fachada sur del edificio A que se muestra en las Figuras 3 y 4. De esta manera se mejoran las condiciones de confort en el interior del edificio en los meses de verano evitando la radiación solar directa en este plano de la envolvente que es el que más varía en sus condiciones a lo largo del año. Se trata de una protección solar horizontal fija con lamas inclinadas, situada sobre las líneas inferiores de las ventanas de cada una de las plantas y continua a lo largo de toda la fachada sur del edificio A. Está diseñado para sombrear tanto huecos como fachada en los meses de verano y ser mínima en los meses fríos sin necesidad de ser accionada por los usuarios.



Fig. 3 Fachada sur antes de la intervención.
Mediodía de octubre



Fig. 4 Fachada sur después de la intervención.
Mañana de diciembre

5.5 Mejora de la iluminación natural en patios

Es una de las soluciones innovadoras de éste Demostrador. Como hemos comentado el porcentaje de consumo eléctrico para iluminación crece sobre el total al ser prácticamente indispensable. Para conseguir ahorros energéticos en la iluminación del edificio A se han incorporado conductos de sol tipo Solatube pero rediseñado para su uso exterior-exterior, para la iluminación natural en los patios de luces del edificio A como muestra la Figura 6. Esta medida es importante porque los tres patios de luces del edificio A tienen unas dimensiones de 3,00 x 4,00 metros y el 70% de las habitaciones de las viviendas y los espacios comunes del bloque se iluminan a través de estos patios. Se han dimensionado para que la luz natural penetre a partir del patio hasta al menos 2m en el interior de las habitaciones.

Medida en primavera del 2016 la iluminación en el piso inferior del patio era de 600 lux sin el efecto de estos conductos (interrumpiendo la entrada de la luz en la parte captadora superior) y de 1.100 lux con ellos, lo que permite que las habitaciones que se abren a los patios no necesiten iluminación artificial buena parte del día.

También se han instalado detectores de presencia en zonas comunes del edificio iluminadas con la energía de los paneles híbridos.



Fig. 5 Patio interior antes de la intervención



Fig. 6 Patio interior después de la intervención

6 Resultados

La monitorización de las viviendas ha sido realizada por el equipo de la Universidad Politécnica de Madrid, institución que participa como socio del proyecto. La obra de rehabilitación energética de este edificio de viviendas finalizó en noviembre de 2014. La monitorización de las viviendas se realizó desde 2013, antes de la intervención en los edificios hasta finales de 2015, fecha de finalización del proyecto LIFE. Esta circunstancia ha permitido obtener y cuantificar el impacto de las intervenciones realizadas y extraer conclusiones de cara a los objetivos del proyecto. Según los datos facilitados por el equipo, los principales datos obtenidos en la monitorización han sido los siguientes.

- Se ha conseguido una reducción de un 71,42 % en demanda energética y un 25,50 % en el consumo medio real. Se han reducido un 76,32 % las emisiones de CO₂.

- Considerando que los vecinos previamente hubiesen hecho uso de la calefacción, se ha estimado un ahorro familiar de 985 €/año. Esto implica un ratio inversión/ahorro: 6,5 kWh/año de reducción de demanda energética por cada euro invertido y un retorno estimado de la inversión de 12 años.
- La reducción de la demanda energética total se cifra en 266.000 kWh/año, la reducción de emisiones de CO₂ en 61.400 Kg/año y el ahorro económico en 29.550 €/año para el conjunto de 30 familias beneficiadas.
- La iluminación natural en los patios interiores ha pasado, en los pisos inferiores, de 600 lux a 1.100 lux lo que permite que las habitaciones que se abren a los ellos no necesiten iluminación artificial buena parte del día.
- También se ha realizado el seguimiento de producción y tratamiento de residuos durante la obra, obteniéndose una reducción del consumo de recursos requeridos para la fabricación de materiales de construcción en 180 toneladas, 18,48 tep y 68,37 toneladas de emisiones de CO₂ por vivienda rehabilitada. Por cada vivienda habitada se han reducido los residuos de construcción y demolición en 170 toneladas.



Fig. 7 Edificio A después de la intervención de aislamiento de fachadas, incorporación de protección solar, paneles solares híbridos para ACS y electricidad, conductos solares para iluminación de patios y prototipo de calefacción solar pasiva.

7 Conclusiones

El estudio de las condiciones iniciales del edificio de viviendas en Zaragoza y su contexto climático, urbano, social y económico ha permitido definir una serie de medidas para su rehabilitación energética de acuerdo con las características y necesidades de sus usuarios. Estas medidas buscan alcanzar un mayor confort térmico y lumínico para los vecinos sin incrementar el coste económico del consumo, puesto que son personas con bajos ingresos, en riesgo de pobreza energética.

Por ese motivo, la actuación realizada sobre los edificios ha servido para mejorar su comportamiento pasivo, evitando sistemas complejos, con elevados costes de mantenimiento. Solamente trabajando en la envolvente del edificio, mejorando el aislamiento, la protección solar de huecos a sur, y la iluminación natural en los patios interiores, la reducción de la demanda energética ha alcanzado más del 70% respecto al estado previo.

Como se ha visto, las estrategias pasivas son muy importantes cuando se interviene en viviendas sociales, especialmente en aquellas en régimen de alquiler, donde viven inquilinos con ingresos muy limitados. En ese sentido, la intervención sobre la envolvente del edificio es más duradera y menos costosa en su mantenimiento y gastos de consumo para el usuario que el cambio de las instalaciones de climatización en las viviendas que muchas veces no pueden usarse por problemas económicos, y por tanto, más adecuadas en situaciones como la descrita. En esta línea, en el bloque A se ha realizado una rehabilitación más integral, con una repercusión económica por vivienda de unos 20.000 euros. En el bloque B, se han aplicado menos medidas, incidiendo sobre todo en el aislamiento de la envolvente, con una repercusión económica por vivienda de unos 4.000 euros. En ambos casos, la reducción de la demanda en invierno es significativa por lo que se demuestra la importancia de tratar los aspectos pasivos en la rehabilitación de viviendas de este tipo.

La participación de los vecinos en la fase de caracterización del edificio ha puesto de manifiesto el elevado porcentaje de usuarios que no pueden usar sistemas de climatización habituales por motivos económicos. De ahí la relevancia de este trabajo, que propone actuaciones adaptadas a las condiciones urbanas, climáticas y sociales de este tipo de edificios.

8 Referencias

- Cuadrat Prats, J. M., Vicente-Serrano, S. M., & Saz Sánchez, M. A. (2005). Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): La isla de calor y sus factores condicionantes. *Boletín de la A.G.E.*, 311-327.
- Hernández Aja, A., Vázquez Espí, M., García Madruga, C., Matesanz Parellada, Á., Moreno García, E., Alguacil Gómez, J. y Camacho Gutiérrez, J. 2011. Análisis urbanístico de Barrios Vulnerables. [en línea]. Madrid. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/bbv/bbv.html>.
- Luxán, M., Vázquez, M., Gómez, G., Román, E., Barbero, M. (2009) Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid. EMVS. ISBN 978-84-935719-8-6 50-65, 98-106
- Sánchez Guevara, C (2016) Propuesta metodológica de evaluación de la pobreza energética en España. Indicadores para la rehabilitación de vivienda. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- Olcina Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas* (49), 197-220.

Agradecimientos

Las autoras desean agradecer a Roberto Díaz (AITEMIN) la coordinación del proyecto y a la Sociedad Municipal de Zaragoza Vivienda su colaboración en el desarrollo del proyecto, especialmente a Juan Rubio, Fernando Albiac, Paloma Bozman y Margarita García.