

Estrategias para la rehabilitación energética integral de viviendas sociales en Europa

Strategies for the energy retrofitting of social housing throughout Europe



Olaia Eguiarte-Fernández^{1,3}, Antonio Garrido-Marijuán¹, Pablo de Agustín-Camacho¹, Jhon-Fredy Vélez-Jaramillo², Javier Antolín-Gutiérrez² y Luis Alfonso del Portillo-Valdés³

¹ TECNALIA (España)

² CARTIF (España)

³ UPV/EHU (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/9276>

El problema combinado de hogares con baja eficiencia y bajo poder adquisitivo provoca un ciclo de pobreza, donde los hogares no pueden pagar las altas facturas energéticas mensuales ni financiar una renovación eficiente que rebaje dichas facturas [1]. La pobreza energética tiene consecuencias directas para la salud a nivel individual, pero también un impacto sobre el clima, al hacer un uso ineficiente de los recursos. Los indicadores de la UE muestran que el 10,2% de la población europea – más de 54 millones de europeos – no pudieron mantener sus hogares en niveles térmicos adecuados en 2012 [2]. Otras estimaciones apuntan un número de afectados cercano a 125 millones de personas [3].

La Comisión Europea (CE) dedica esfuerzos en materia de renovación eficiente, comprometiéndose con los países miembros en la protección de la población vulnerable mediante la identificación de las mejores estrategias eficientes. En este contexto, la CE junto a la comunidad científica ha identificado las principales causas de la pobreza energética:

- Altas facturas energéticas debido al elevado precio del kWh.
- Bajo poder adquisitivo de las familias.
- Baja eficiencia elevando aún más las facturas energéticas.

Paralelamente, la tendencia legislativa es reducir el consumo energético de los edificios, con estrategias que consigan que los edificios sean cercanos al consumo de energía casi nulo (nZEB del inglés "Nearly Zero Energy Buildings"), enten-

diéndose por nZEB aquellos edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto, donde la cantidad energía requerida esté cubierta, en su amplia mayoría, por energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno [4][5]. Para ello se deben considerar, entre otros aspectos, las características de la envolvente, la optimización de los sistemas energéticos y las condiciones ambientales interiores [6]. Cabe destacar que la transición a un sistema descarbonizado, frecuentemente asociado a altos costes, debe facilitar un acceso más económico a energía limpia [7].

El presente estudio trata de contribuir a reducir la pobreza energética con

una estrategia de rehabilitación integral aplicado a vivienda social multifamiliar (VSMF). El estudio presentado propone medidas de renovación pasivas (MRP) para reducir la demanda y activas (MRA) mediante tri-generación renovable de baja huella de carbono, con gran potencial de replicación en el sector residencial europeo, el cual representa el 26% del consumo final de energía en la UE [8].

Dicha estrategia integral es aplicada a un arquetipo de VSMF anterior a 1980 en 7 localidades representativas de distintas tipologías constructivas clima, evaluando el potencial impacto económico, energético y ambiental de la misma.

1. METODOLOGÍA

1.1. EDIFICIO DE DEMOSTRACIÓN

Dada la gran diversidad de tipologías edificatorias en Europa, que varían principalmente en base a los climas y años de construcción, es necesario crear un arque-



Fig. 1: Climas considerados con demanda de calefacción y refrigeración (naranja) y solo calefacción (azul)

tipo que represente esta diversidad, pero acote el estudio. Esto es debido a que tanto las cargas eléctricas y térmicas como el potencial renovable varían dependiendo de la localización geográfica del edificio, su uso y tipología.

En el presente estudio se utiliza como ejemplo un edificio de VSMF pre1980 [9]. Esta tipología es la más común del suelo total edificado de la UE, siendo una tipología generalmente energéticamente ineficiente ya que se construyó bajo códigos técnicos poco rigurosos. Los VSMF son idóneos para rehabilitaciones porque, por lo general, las fachadas son uniformes, sin complejidades arquitectónicas, facilitando la instalación de aislamiento exterior o cambio de ventanas. Además, la ineficiencia energética de los VSMF afecta a un gran número de familias en riesgo de pobreza energética [10]

El estudio cubre siete localidades que reflejan a su vez los climas europeos más característicos (Fig. 1), con el objetivo de representar de manera simplificada el parque de VSMF europeas.

Una vez seleccionados los edificios tipo, es necesario realizar una caracterización completa de los escenarios seleccionados para las simulaciones. La caracterización se lleva a cabo utilizando dos bases de datos de referencia europeas: INSPIRE [10]. y TABULA [11]. Esta bibliografía contiene información del edificio correspondiente al parque edificado para cada clima y periodo de construcción seleccionado. De esta manera, es posible construir virtualmente un arquetipo de VSMF adaptado a las características constructivas típicas para los siete climas con respecto a los valores encontrados en las referencias.

A continuación, se describen las estrategias de renovación.

1.2. ESTRATEGIA PROPUESTA

La estrategia de rehabilitación integral desarrollada consiste en MRP y MRA, las cuales fueron desarrolladas bajo el marco del proyecto europeo BRICKER [12].

1. MRP

Consiste en tres sistemas innovadores para reducir la demanda energética:

- Sistema de fachada ventilada de paneles a partir de materiales reciclados.
- Sistema de ventilación descentralizado con recuperación de calor de alta eficiencia.
- Aislamiento de altas prestaciones de poliisocianurato (PIR) con materiales de cambio de fase (PCM) encapsulados.

2. MRA

Consiste en un sistema de trigeneración renovable con los siguientes subsistemas:

- Captadores solares cilindro-parabólicos integrables en la cubierta.
- Una máquina de adsorción para cubrir la demanda de frío.
- cogeneración basada en tecnología de Ciclo Orgánico de Rankine (ORC) para producción de energía eléctrica y térmica.
- Caldera de biomasa como sistema de respaldo cuando la producción con los captadores solares no sea suficiente.

La aplicación conjunta de las medidas planteadas implica una reducción sustancial de la demanda en primer lugar, y una cobertura de la demanda mediante tecnologías de bajas emisiones en segundo lugar. Estos sistemas comerciales, con mayor o menor grado de industrialización en cada caso, requieren de una integración eficiente de su conjunto y una evaluación global de su impacto, aspectos principales del presente artículo.

1.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS MRP

El análisis del sistema pasivo se realiza mediante la estimación de las demandas del VSMF antes y después de las medidas propuestas. Para ello, se describe virtualmente un arquetipo de referencia con áreas y volúmenes definidos. Después, se definen las características de las paredes, ventanas, suelos, techos, ventanas y puertas para adaptar el arquetipo a la tipología de cada escenario climático a partir de los datos disponibles en las bibliografías.

Una vez definido el edificio de referencia para cada zona climática con sus valores de U más representativos se obtienen las demandas de referencia de calefacción, agua caliente sanitaria (ACS), refrigeración y electricidad.

En un siguiente paso, se modifica el edificio de referencia añadiendo las características propias del sistema propuesto de rehabilitación (envolvente más ventilación) y se estiman las nuevas demandas.

La estimación de las demandas se realiza mediante la simulación dinámica del VSMF (ver material suplementario).

MRA

Tras evaluar la reducción de demanda con las MRP, se simula las MRA para realizar una comparación con un sistema convencional y demostrar la mejora. El sistema convencional seleccionado consiste en:

- Caldera de gas natural para ACS y calefacción.
- Bomba de calor para refrigeración.
- Se ha considerado que las demandas de electricidad se cubren mediante la red eléctrica.

La simulación del sistema activo se realiza en varias fases. Primero, se identifica la capacidad necesaria de los subsistemas a partir de las cargas del edificio en los climas seleccionados, de manera que se cubra este pico demanda. Se ha decidido proponer dos alternativas, una con el objetivo de cubrir el 100% de la demanda energética y la otra para cubrir el 50% de la demanda eléctrica y el 100% de la demanda térmica con el sistema planteado; el 50% de demanda eléctrica restante se consume directamente de la red eléctrica (la elección del 50% es arbitraria, escogida como referencia comparativa).

Para seleccionar el escenario óptimo en cada uno de los climas se tiene en cuenta lo siguiente:

- Colectores solares: mayor número de colectores posible sin generar excedentes de calor en ningún momento del año.
- Sistema de refrigeración: En los climas con baja necesidad de refrigeración no se añade este subsistema.
- Rendimiento global del sistema: Los subsistemas se dimensionan buscando siempre el máximo rendimiento del sistema global.

Tras caracterizar los subsistemas, se calcula la producción solar y su acoplamiento con el ORC, así como la producción de la caldera de biomasa auxiliar necesaria para cubrir la demanda de calor restante del ORC de manera que se cubra el 100% o el 50% de la demanda eléctrica del edificio en cada uno de los escenarios. Al trabajar en cogeneración, el calor generado por este subsistema se utiliza para cubrir la demanda de calor del edificio o para cubrir la demanda de refrigeración mediante la activación térmica de la adsorción.

En los casos en los que el calor generado por el ORC no sea suficiente para cubrir estas demandas térmicas, las fuentes renovables aportarán el calor restante mediante un intercambiador de calor. Cuando la demanda de calor sea menor que la generada por el ORC, el exceso de calor generado es disipado. En la Fig. 2 se muestra de manera esquemática el funcionamiento del sistema de tri-generación propuesto.

Siguiendo el esquema, se han realizado diversas simulaciones (ver material suplementario) para conseguir la producción

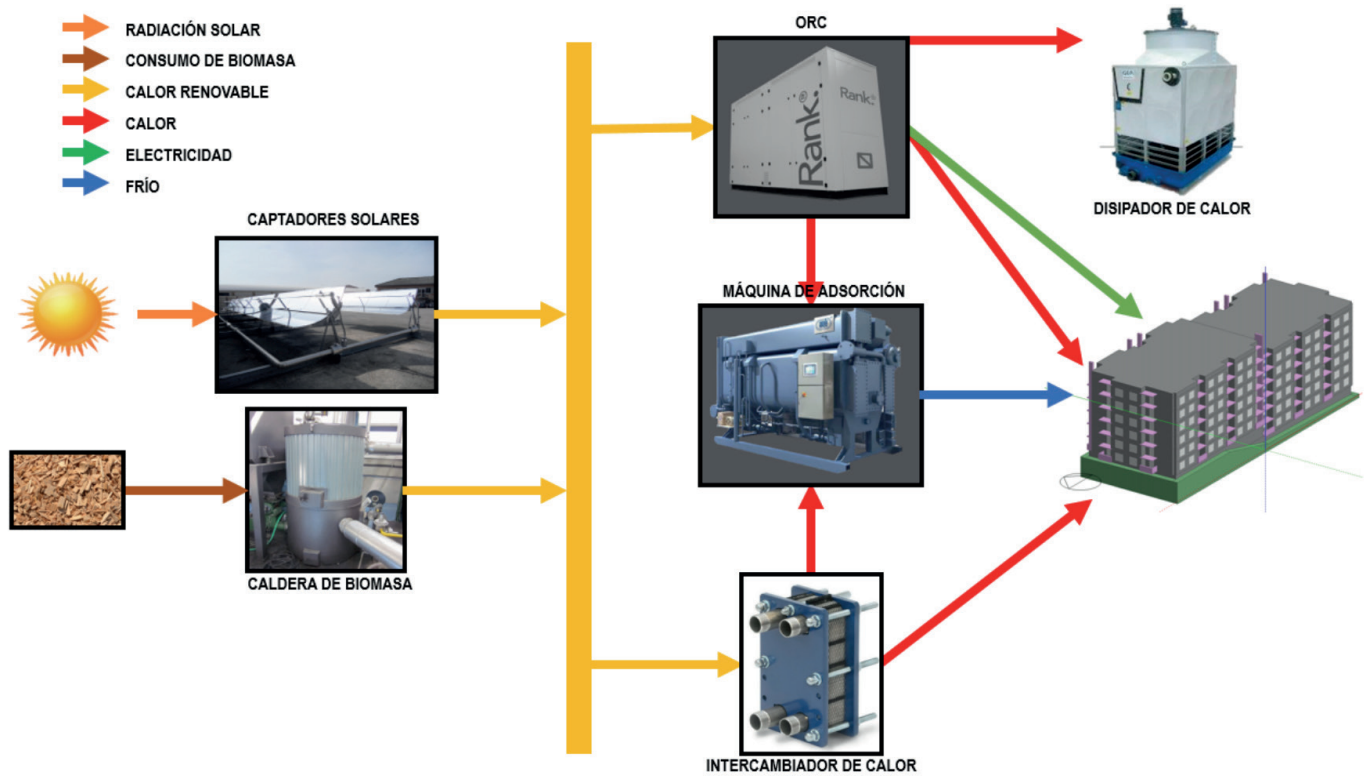


Fig. 2: Esquema del sistema activo de tri-generación renovable

de cada subsistema en los climas seleccionados tanto para cubrir el 100% como el 50% de la demanda eléctrica.

1.4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Mediante las simulaciones y valores estadísticos sobre precios del gas natural y electricidad [13], junto con los coeficientes de paso a energía primaria y factores de emisión de CO_2 [14], es posible calcular los indicadores económicos, energéticos y medioambientales necesarios para caracterizar la operación óptima del edificio seleccionado en los diferentes climas tras la implementación de las soluciones.

Con los resultados obtenidos en los

siete climas se realiza un análisis para calcular y mostrar los efectos positivos que conllevan implementar las MRP y MRA tanto de manera individual como conjunta, pero no pueden ser usados como herramienta de diseño final.

2. RESULTADOS

La aplicación virtual de los MRP y MRA mediante simulación tiene los siguientes resultados:

En la Fig. 3 se observa la reducción de la demanda energética producto de las MRP para todos los climas. La demanda de frío es menor que la de calor en todos

los escenarios simulados, siendo significativamente alta en los climas seco del sur, donde la demanda de frío es un 26% de la calefacción, y mediterráneo, con un 31%. En el resto de los climas, salvo en el clima continental, la demanda de frío es menor de 7 kWh/m^2 , no cubriéndose mediante sistemas activos.

La demanda de calor alcanza los valores más altos en los climas oceánico (110,5 kWh/m^2), continental del sur (102,45 kWh/m^2) y continental (99,93 kWh/m^2). Paradójicamente, la demanda de calefacción en los edificios tipo de los países nórdicos y continentales del norte es menor a los anteriormente mencionados, debido principalmente a una mejor calidad constructiva en estos países para la época contemplada.

La situación posterior a las MRP refleja una importante reducción en la demanda, alcanzándose en todos los casos una demanda de calefacción menor a 35 kWh/m^2 . Esta reducción es especialmente reseñable en los climas de los países septentrionales, con un 58% para el clima continental del norte y 69% para el nórdico.

En cuanto a la demanda de frío, la reducción es aproximadamente 12% en el clima mediterráneo y de 32% en seco del sur, siendo en ambos

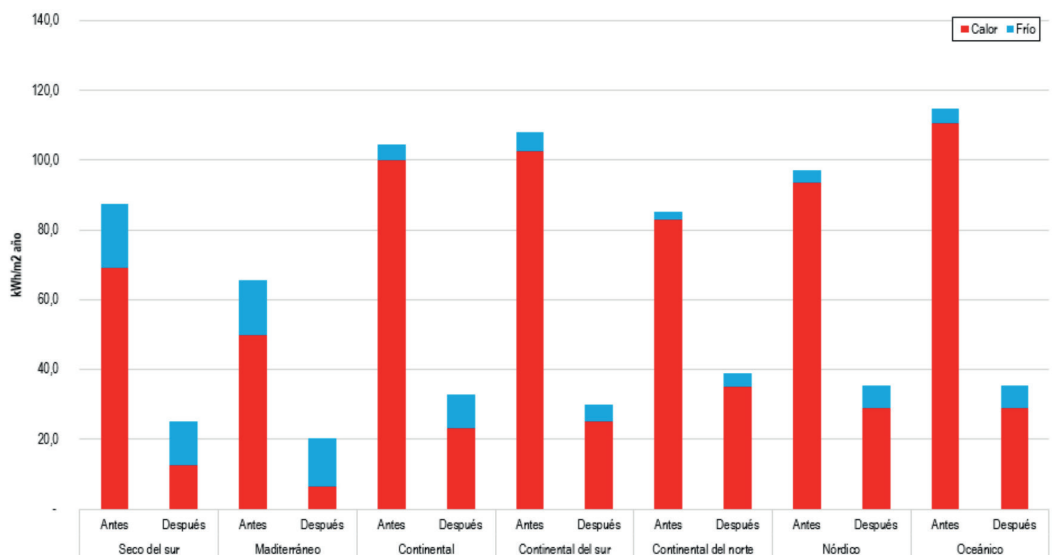


Fig. 3: Demandas calefacción y frío en cada clima antes y después de la implementación de las medidas pasivas

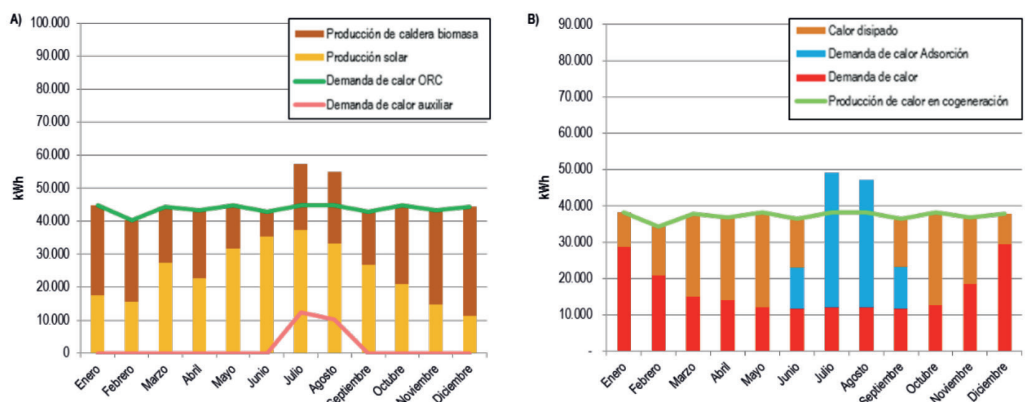


Fig. 4: Funcionamiento del sistema activo en el caso de Madrid (clima seco del sur). A) Contribución mensual del sistema solar y la caldera de biomasa. B) Distribución del calor generado por el ORC

casos inferior a 15 kWh/m². En el resto de escenarios, el aislamiento incluido en las intervenciones tiene un efecto adverso en términos de demanda de frío, incrementándose la temperatura interior en épocas estivales. Esto es significativamente importante en el clima continental, donde la demanda se duplica tras las MRP, situándose en torno a los 10 kWh/m². En el resto de los climas, el efecto también se produce, pero sin alcanzar una demanda de frío significativa (inferior en todo caso a 6 kWh/m²).

Respecto a la satisfacción de las demandas mediante la tri-generación renovable, se han analizado dos alternativas: cubrir el 100% de la demanda energética del edificio con el sistema activo o cubrir

el 100% de la demanda térmica del edificio con el sistema activo y el 50% de la demanda eléctrica (importando de la red el resto). Ambas alternativas fueron estudiadas mediante simulación dinámica; en el caso de generar in-situ el 100% de la electricidad mediante la cogeneración, la producción térmica era ampliamente superior a la demanda, con un excedente de calor no aprovechado está relacionado con la elevada demanda eléctrica y el bajo rendimiento del sistema de ORC. Como consecuencia, el rendimiento global del sistema (en términos de energía primaria consumida para satisfacer una demanda) se ve reducida, al generarse un subpro-

ducto en forma de calor que no puede ser aprovechado en su totalidad.

Por tanto, tras dicho análisis, la alternativa de operación escogida es la de cubrir el 100% de la demanda térmica y el 50% eléctrica con el sistema de tri-generación, importando la otra mitad de la electricidad de la red. A continuación, en la Fig. 4 se muestran los resultados en detalle para el caso de Madrid.

Se puede observar que la demanda de calor por parte del ORC está en torno a los 40 MWh mensuales. En este sistema, el aporte solar anual es del 53% con un aporte máximo de 82% en junio, que se logra con 100 kW de colectores solares. Bajo esta alternativa de operación, el subproducto en forma de calor del subsistema de cogeneración no es suficiente para cubrir las demandas de frío y calor, por lo que se requiere de calor auxiliar.

En un análisis detallado del uso de la energía, la energía disipada supone un valor anual de 174 MWh (un 70% menor que si el sistema se hubiera dimensionado para cubrir el 100% de la indicadores económicos, energéticos y medioambientales. También, se observa un consumo adicional de calor en los meses estivales, durante los cuales la demanda de frío es alta. Con el objetivo de accionar la máquina de adsorción y cubrir la demanda de ACS y debido a que el subproducto del ORC no es suficiente, es necesario usar calor adicional y no hay disipación. En términos anuales, se obtiene unos valores de rendimiento del sistema cercanos al 52% (del sistema cercanos al 52% (Tabla 1).

Resultados para todos los climas

Una vez explicado en detalle el caso del clima seco del sur, se incluye la Tabla 1 como resumen del dimensionamiento estimado a partir de las simulaciones para el resto de los climas bajo la alternativa de operación escogida.

El resumen de los resultados incluye:

- Rendimiento: en el caso del resto de climas se observa un comportamiento similar al detallado previamente, con rendimientos entre el 49% y el 59%, en función del grado de aprovechamiento del calor.
- Potencia del campo solar: en el caso de Madrid, con mayor radiación que los otros climas, un tamaño del campo menor que los otros climas es suficiente para cubrir toda la demanda conjunta. En climas con menos radiación y mayor carga de calor, como

Clima	Rendimiento (%)	Configuración del sistema activo			
		PTC (kW)	Caldera biomasa (kW)	ORC (kW)	Adsorción (kW)
Seco del sur (Madrid)	52	100	178	42	204
Mediterráneo (Roma)	49	100	168	43	271
Continental (Múnich)	59	200	195	42	249
Océánico (Bruselas)	56	300	209	43	-
Continental del sur (Liubliana)	53	200	207	42	-
Continental del norte (Copenhague)	52	200	205	43	-
Nórdico (Estocolmo)	55	100	197	42	-

Tabla 1: Configuración y rendimiento del sistema activo para cada clima

	Consumo de energía primaria importada (MWh)					Reducción obtenida (%)		
	Edificio de referencia			Renovación completa				
Clima	Calor	Frio	Electricidad	Biomasa	Red eléctrica	Energía primaria	Emisiones CO ₂	Costes
Madrid	832,44	138,30	552,85	529,02	260,53	48	85	66
Roma	677,13	118,08	553,72	566,11	265,45	38	83	62
Múnich	1.082,75	34,07	552,85	394,96	263,57	61	87	74
Liubliana	1.103,82	-	554,07	478,35	263,88	56	87	62
Copenhague	942,21	-	549,03	467,94	268,35	51	85	73
Estocolmo	1.024,71	-	543,48	655,29	264,06	42	86	72
Bruselas	1.169,63	-	554,64	347,79	266,70	65	88	71

Tabla 2: Resumen de resultados y reducciones obtenidas tras la renovación completa en cada clima considerado en la alternativa 50%

es el caso de Bruselas, la potencia necesaria triplica el caso español.

- Caldera de biomasa: este subsistema es de 168 kW en el caso de Roma, con menor carga térmica, y en torno a 200 kW para los climas más fríos y con menos radiación.
- ORC: El tamaño es similar para todos los climas dado que la demanda eléctrica se ha considerado equivalente. Las pequeñas variaciones se deben a las diferencias en horas de luz por cada clima que influyen ligeramente en el consumo de iluminación artificial.
- Sistema de adsorción: solo es necesario para climas con importante demanda de refrigeración, Roma (271 kW) y Madrid (204 kW). En el caso de Múnich se incluye sistema de refrigeración dado que, aunque tradicionalmente no es necesario refrigerar en este tipo de climas, el aislamiento incluido en la renovación provoca un aumento en la demanda de refrigeración como se ha visto previamente.

En cuanto a los resultados, la Tabla 2 muestra los consumos de energía primaria en el edificio de referencia y en el edificio después de añadir las medidas propuestas. Además, se muestran las reducciones porcentuales en el consumo de energía primaria, emisiones de CO₂ y de los costes. Los mejores resultados se obtienen en el caso de Bruselas, donde la reducción de la energía primaria es de un 65%, lo cual supone una reducción de las emisiones de CO₂ de un 88% y un ahorro económico de un 71%. El caso contrario ocurre en Roma, donde la reducción de la energía primaria es del 38%, casi la mitad que la obtenida en Bruselas. Cabe destacar que esta diferencia no es tan significativa ni en los resultados de las emisiones de CO₂ ni en el de los costes, donde se obtiene una reducción del 83% y 62%, respectivamente.

3. CONCLUSIONES

En este artículo se ha analizado un concepto de renovación integral en una vivienda social multifamiliar en los climas más representativos de Europa. Este concepto se basa en la combinación de un paquete de medidas pasivas (aislamiento de cubierta, fachada ventilada, ventilación mecánica con recuperación de calor) con un sistema de tri-generación renovable, el cual, a partir de la generación por colectores solares parabólicos y caldera de biomasa, combinados con equipos de co-generación de Ciclo Orgánico de Rankine

(ORC) y máquinas de adsorción, cubre las demandas eléctricas y térmicas (calefacción, ACS, y refrigeración) del edificio.

Las simulaciones demuestran que, implementando el paquete de medidas pasivas se podría conseguir reducir la demanda de calor desde un 42% en el clima continental del norte hasta un 59% en el clima continental.

Por otro lado, es importante señalar que mientras en los climas cálidos la demanda de refrigeración se reduce, en los climas más fríos esta demanda se ve aumentada debido al incremento del aislamiento. Aún así, la demanda de refrigeración en estos escenarios sigue siendo baja (inferior a 6kWh/m²), por lo que modificando el patrón de ventilación natural sería suficiente para anular esta necesidad sin aumentar el consumo energético.

En el caso del sistema activo, se ha observado que se debe disipar una gran cantidad de calor cuando se cubre el 100% de la demanda de electricidad con el mismo. Es por ello que se propone una estrategia de operación donde solo el 50% de la electricidad está cubierta por la estrategia propuesta en este trabajo, llegando a conseguir una eficiencia máxima del 59% en el escenario climático de Múnich.

Finalmente, los resultados muestran que una explotación conjunta de las estrategias propuestas supondría una reducción de la energía primaria necesaria entre un 38% en el peor de los escenarios (clima mediterráneo) y un 61% en el mejor (clima continental). En cuanto a las emisiones de CO₂, se consigue una reducción de en torno al 85% en los siete climas europeos analizados en este trabajo. Analizando los costes se puede ver como incluso en los peores casos, los cuales son Roma y Liubliana, se podría conseguir una reducción de la factura energética de un 62%.

Gracias a todo lo anterior, queda demostrado que las estrategias son viables para conseguir edificios de consumo casi nulo y podrían ser una manera efectiva para combatir la pobreza energética que sufren muchas familias residentes en viviendas sociales a lo largo de Europa. Además, también ha quedado demostrado que simplemente adaptando varios subsistemas ligeramente se consiguen resultados similares en todo Europa.

En cuanto al trabajo futuro, y viendo que el rendimiento del sistema aumenta de manera significativa cuando se reducen las necesidades de disipar calor, los autores y la autora aconsejan realizar intervenciones a nivel de distrito buscando una complementariedad energética entre edificios que permita un mayor aprovechamiento del sis-

tema mostrado. Una de las ventajas de actuar a nivel de distrito en lugar de abordar medidas de renovación individuales a nivel de edificio, es la explotación de las sinergias térmicas a través de la conexión de edificios.

Otra de las alternativas y trabajos futuros será incluir estrategias de reducción de la carga eléctrica, de manera que el ORC no tenga una demanda tan alta y se reduzca el calor a disipar.

REFERENCIAS

- [1]. Hegedüs J, Horváth V, Elsinga M, et al. Housing Review 2015 Affordability, Livability, Sustainability. Habitat for Humanity International, 2015. (https://www.habitat.org/sites/default/files/housing_review_2015_full_report_final_small_reduced.pdf)
- [2]. Pye S, Dobbins A. Energy poverty and vulnerable consumers in the energy sector across the EU: analysis of policies and measures. INSIGHT_E, 2015. (http://www.insightenergy.org/static_pages/publications/#?publication=15)
- [3]. García M, Campbell R, Brolis M, et al. Tackling Fuel Poverty in Europe: Recommendations Guide for Policy Makers. 2009. ISBN 978-2-35838-069-0. (http://www.finlombarda.it/c/document_library/get_file?p_l_id=1313844&folderId=1327936&name=DLFE-6278.pdf%20)
- [4]. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- [5]. ISO. Energy performance of buildings - Overarching EPB assessment. ISO 52000-1:2017. Suiza: ISO, 2017.
- [6]. EUROPEAN COMMISSION. Horizon 2020 Work Programme 2018-2020 10. Secure, clean and efficient energy. 2018. (http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-energy_en.pdf)
- [7]. EUROPEAN COMMISSION. EU energy in figures 2018. Publications Office of the European Union, 2018. ISBN 978-92-79-88737-6. (https://www.euneighbours.eu/sites/default/files/publications/2018-10/MJAB18001ENN_en.pdf)
- [8]. PRIETO, Iñaki, IZKARA, Jose Luis, EGUSQUIZÁ, Aitziber et al. BUILDING STOCK CATEGORIZATION FOR ENERGY RETROFITTING OF HISTORIC DISTRICTS BASED ON A 3D CITY MODEL. DYNA, Septiembre 2017, vol. 92, no. 5, p.572-579. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8147>
- [9]. HIPOLITO-OJALVO, Francisco, RONCERO-CLEMENTE, Carlos, HORRILLO-HORRILLO, Luis Alberto et al. NEARLY ZERO ENERGY BUILDING (NZEB). A REVIEW OF DEFINITIONS AND IDENTIFICATION OF THE ENERGY BALANCES BY MEANS OF SIMULATION. DYNA, Enero 2018, vol. 93, no. 1, p.36-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8285>
- [10]. Brichall S, Wallis I, Churcher D, et al. D2.1: Survey on the energy needs and architectural features of the EU building stock. INSPIRe, 2014. (http://inspirefp7.eu/wp-content/uploads/2016/08/WP2_D2.1a_20140523_P18_Survey-on-the-energy-needs-and-architectural-features.pdf)
- [11]. IEE Project TABULA. (<http://episcopo.eu/iee-project/tabula/>)
- [12]. FP7 BRICKER project (<http://www.bricker-project.com/>)
- [13]. Eurostat. Eurostat-Database. (<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>)
- [14]. MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO y MINISTERIO DE FOMENTO. Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España. 20 de julio de 2014.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren reconocer al proyecto BRICKER como marco principal del presente estudio, - proyecto a su vez financiado bajo el programa FP7 de la Comisión Europea, n° contrato 609071, sobre ahorros energéticos en el parque edificado público, y agradecer a todos los miembros de su consorcio las contribuciones técnicas y científicas.

MATERIAL SUPLEMENTARIO

https://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/9276-1.pdf

