

73. Evaluación ambiental y calificación energética de una rehabilitación sostenible de un edificio de viviendas tradicional

Rodríguez-Liñán, Carmen ^{(1)(*)}; **Morales-Conde, M^a Jesús** ⁽¹⁾; **Pérez-Gálvez, Filomena** ⁽¹⁾; **Rubio-de Hita** ⁽¹⁾; **Paloma; López-Alonso, Silvia** ⁽¹⁾

(1)(*) Universidad de Sevilla, rlinan@us.es

Resumen

En este artículo se presenta el estudio realizado en un edificio residencial localizado en el centro histórico de la ciudad de Sevilla, España. Se trata de un ejemplo típico de arquitectura doméstica datado de los siglos XVII-XIX. Para ello se analizan dos propuestas de rehabilitación (Modelos B y C) desde el punto de vista de la sostenibilidad y la ecoeficiencia. El Modelo B es la propuesta de rehabilitación desarrollada y ejecutada por los arquitectos encargados del proyecto en cumplimiento con la normativa obligatoria, mientras que el Modelo C es una propuesta alternativa de rehabilitación desde criterios de sostenibilidad y ecoeficiencia, tanto en la elección adecuada de materiales y soluciones constructivas.

En ambos casos, se realiza un estudio de materiales y eficiencia energética mediante la cuantificación de las emisiones de KgCO₂/m². Los resultados muestran que los materiales y las soluciones constructivas aplicadas en el Modelo C reducen las emisiones de KgCO₂/m² desde 21.9 hasta 14.4, mejorando el nivel de certificación del edificio desde E a D. Como conclusión, se señala que cualquier proyecto de rehabilitación debe ser considerado como una oportunidad para conservar los sistemas constructivos originales y promover un modelo de construcción en el que la sostenibilidad sea el eje central de la rehabilitación arquitectónica.

Palabras clave Evaluación ambiental, Certificación energética, Sostenibilidad, Eco-eficiencia, Rehabilitación

1 Introducción

El sector de la edificación representa una cuota significativa dentro del consumo energético global. Así, el creciente interés por un desarrollo sostenible y un uso eficiente de la energía han generado que, a nivel europeo, se hayan puesto en marcha diversas políticas para incentivar una reducción del consumo energético de las

edificaciones (Parlamento Europeo, 2002) (C.E. Parlamento Europeo, 2010) (U.E. 2012). En el caso de España, estas Directivas se trasponen en legislaciones a nivel estatal y en normativas, como el Documento Básico Ahorro de Energía (HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE, 2006) y el Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE) (Ministerio Industria, Comercio y Turismo, 2007). Asimismo, para la aplicación de estas normativas y con el objetivo de evaluar el consumo energético de los edificios a través del Certificado de Eficiencia Energética (Gobierno de España, 2013) se han desarrollado varias herramientas informáticas (Lider y Calener VyP) con las que cuantificar dicho consumo energético y las emisiones de CO₂ y la necesidad, por tanto, de acometer medidas correctoras y el alcance necesario de éstas. Cada una de estas herramientas va dirigida a evaluar una tipología edificatoria otorgando una calificación del edificio desde el punto de vista energético.

Sin embargo, para evaluar las incidencias ambientales que tiene un proyecto de edificación no debe solo considerarse su consumo energético y emisiones de CO₂ durante su fase de uso, sino que debe evaluarse su impacto global sobre el medio ambiente. El edificio debe ser entendido como un elemento que tiene capacidad para contribuir a obtener un entorno más favorable evaluando todas sus etapas desde el diseño, la elección de materiales, su construcción, explotación y demolición (Llatas et al., 2010). En este sentido, numerosos organismos tanto públicos como privados, están desarrollando instrumentos que establecen las pautas para “producir” edificios de bajo impacto ambiental, como el ecoetiquetado de productos, las guías para la construcción sostenible o las herramientas de análisis y valoración del impacto ambiental de una edificación como LEED (de origen americano y de gran desarrollo en EEUU), BREEAM (de origen británico) o VERDE (de origen español), entre otras.

Estas herramientas tratan de fomentar el desarrollo de las edificaciones basadas en criterios sostenibles y de alta eficiencia evaluando para ello varios parámetros. LEED evalúa cinco áreas clave de la salud humana y el medio ambiente: emplazamiento sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética, la selección de materiales y la calidad medioambiental. BREEAM evalúa según 9 categorías: gestión, salud y bienestar, energía, transporte, materiales, residuos, agua, uso del suelo y ecología, y contaminación. Finalmente, VERDE se basa en la metodología del Análisis del Ciclo de Vida evaluando el edificio en toda su vida útil, desde la extracción de las materias primas hasta su reutilización, reciclado o transporte a vertedero una vez que el edificio es demolido al final de su vida útil. Para ello se estudia el emplazamiento, la energía y atmósfera (abarcando la producción de materiales y su traslado a obra), los recursos naturales, la calidad del espacio interior, calidad del servicio y el impacto socioeconómico. El estudio de cada una de las variables se emplea para puntuar el grado de cumplimiento en cada caso y obtener una evaluación ambiental del edificio según la escala.

En el presente trabajo se pretende evaluar, desde el punto de vista energético y ambiental, un proyecto de rehabilitación llevado a cabo en el centro histórico de la ciudad de Sevilla (Modelo B). Este proyecto responde a un proyecto estándar de

rehabilitación, desarrollado de acuerdo a las normativas de obligado cumplimiento existentes y a un presupuesto limitado. Frente a esta rehabilitación se propone desarrollar un proyecto alternativo (Modelo C) para mejorar la eficiencia energética del edificio y reducir su impacto ambiental mediante la elección de materiales más sostenibles.

Para la evaluación y elección de materiales más sostenibles se han elaborado unas tablas donde se puntúan algunos de los materiales utilizados en los modelos de estudio. Los criterios de puntuación considerados afectan solo a algunas de las cuestiones que definen la sostenibilidad. En este caso no se han puntuado todos los aspectos que consideran las herramientas de evaluación citadas como Leed, Breeam o Verde, pues sería imposible por falta de datos y, además, está fuera del alcance planteado en este trabajo. Sin embargo se han considerado aquellos ítem de valoración de materiales más representativos de la sostenibilidad y aplicables en este ejemplo y que por otra parte son contemplados en la mayoría de las herramientas de evaluación citadas.

2 Edificio estudiado

En este trabajo se establecen 3 modelos de estudio para el mismo edificio: el modelo A correspondiente al edificio en su estado original, el modelo B que es la propuesta realizada por los arquitectos en base a las normativas existentes y un presupuesto limitado y el modelo C que es la propuesta alternativa realizada por los autores de este trabajo.

Modelo A (Estado original del edificio):

El edificio de estudio se localiza en el centro histórico de Sevilla y constituye un ejemplo característico de la arquitectura doméstica sevillana de los siglos XVII-XIX. Se trata de un edificio de viviendas de 4 plantas cuya planta baja se destina a uso comercial. En planta, el edificio se distribuye en 3 crujías entre medianeras con un pequeño patio interior para iluminación y ventilación en la segunda crujía. La composición de la fachada sigue el mismo ritmo en las plantas primera, segunda y tercera, con 3 huecos por planta y respetando la simetría de la misma. El ancho de la fachada es 8.60 m y cota de coronación 14.23 m.

El sistema constructivo del edificio es de muros de carga de fábrica de ladrillo tradicional, pilares de fundición y forjados de madera con escuadrías de vigas de 15x40 cm y viguetas de 7x15 cm. Igualmente, el entrevigado es de tablazón de madera relleno de alcatifa. La cimentación se ejecuta con un relleno de cascotes y cal.

Se han detectado algunas modificaciones en el forjado de planta baja, derivadas del cierre del patio en etapas posteriores a la construcción del edificio. En este caso, aparece una estructura metálica en la segunda y tercera crujías. El cerramiento

que conforma el patio no constituye un muro de carga, luego todo el sistema portante que llega al mismo queda en voladizo.

La cubierta del edificio es una cubierta plana tradicional a la andaluza con solado cerámico.

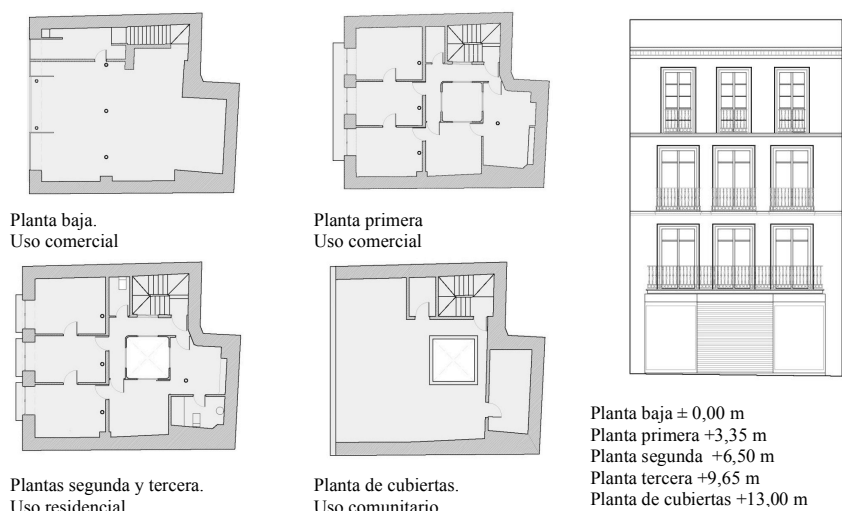


Fig. 1 Modelo A. Estado original del edificio previo a la rehabilitación.

Modelo B (propuesta ejecutada):

El creciente interés de las autoridades públicas por conservar la imagen del centro histórico de la ciudad, conlleva a que los arquitectos estén obligados a preservar las fachadas originales de los edificios del centro, tal es el caso del edificio de estudio. Se permiten llevar a cabo tareas de refuerzo y consolidación de la fachada pero sin realizar modificaciones en cuanto a la composición de huecos y estética. De este modo, la propuesta ejecutada presenta un programa similar al edificio en su estado original, edificio de cuatro plantas, cuya planta baja se destina a uso comercial. Además, en esta propuesta parte de la cubierta se ocupa con una vivienda que presenta una mayor superficie. Igualmente se desarrolla en 3 crujías, con un patio central en la segunda crujía para iluminación y ventilación.



Fig. 2 Modelo B. Propuesta ejecutada por los arquitectos.

Al margen de la mera conservación estética de la fachada, la legislación actual no contempla la obligatoriedad de conservar el sistema constructivo, independientemente de su estado de conservación lo cual actúa contra los principios actuales de la sostenibilidad y la ecoeficiencia. Se plantea respetar, por tanto, la fachada original y el resto del sistema constructivo se proyecta como una losa de cimentación que recoge y arriestra la cimentación original del muro de fachada y los muros medianeros con un forjado sanitario reticular tipo Caviti de 25+5 cm. Con este forjado y empleando la mínima proporción de hormigón, se genera un forjado sanitario en cumplimiento de la normativa municipal que así lo establece. Los muros de fachada y medianeros, aunque se respetan, son trasdosados con una cámara de aire y un tabicón de fábrica de ladrillo. Los dinteles de los huecos no se modifican. El resto de la estructura, se resuelve con estructura metálica de pilares, desechando los originales pilares de fundición, y forjados de chapa colaborante y hormigón.

Modelo C (propuesta de estudio por los autores):

A diferencia del Modelo B, la propuesta que se plantea desde el presente trabajo (Modelo C) pretende recuperar los sistemas constructivos tradicionales de la edificación en aras de minimizar la producción de residuos y apostar por un proyecto sostenible y eco-eficiente. Además, al igual que el Modelo B se debe atender a los requisitos normativos.

Los elementos que se plantean conservar son:

- La estructura vertical de muros de carga y pilares de fundición.
- La estructura horizontal de los forjados. Se propone la recuperación de la estructura de madera de los forjados pues, salvo las cabezas que están embebidas en los muros de fábrica, las vigas y pares presentan en general un buen estado de conservación no detectándose ataques por hongos o insectos xilófagos de importancia. Asimismo, no se observa deformaciones mecánicas que cuestionen la estabilidad/funcionalidad de la estructura. Si se plantea la sustitución de los elementos de entrevigado, tablazón, pues presentan un alto grado de deterioro.

Además de conservar los elementos constructivos mencionados, el diseño de la nueva propuesta se realiza atendiendo a criterios de sostenibilidad. Para ello se trata de aportar iluminación natural al local de planta baja a través de un cristal coplanario con el forjado de planta primera en la zona del patio central. En planta cubierta se propone crear una cubierta colectiva accesible para dotar a todos los vecinos de un espacio privado al aire libre y a todas las viviendas se las dota de una zona de almacén o trastero. Todo ello se realiza cuidando la orientación de estas construcciones para evitar proyectar sombras sobre el patio central. Asimismo, en planta cubierta se construye una zona cubierta y ventilada para la disposición de los tendederos. Estos se colocan de forma que no ocupen la zona de esparcimiento comunitario ni sean visibles desde el viario.

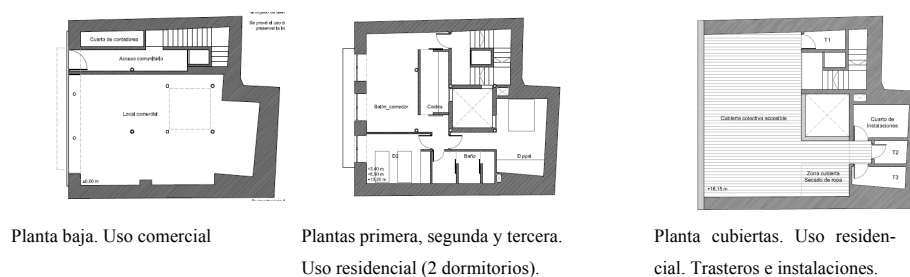


Fig. 3 Modelo C. Propuesta ejecutada por los autores de este trabajo

3 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental de las propuestas (Modelos B y C) se realiza a través de un estudio de los materiales definidos en la fase de proyecto. El estudio de materiales es una variable común que emplea todas las herramientas de evaluación actuales (Breeam, Leed, Verde...). Asimismo, aunque no se ha evaluado de forma específica, se han tenido en cuenta, como se especifica en el apartado anterior, criterios de diseño que fomentan la sostenibilidad del edificio (dotar al edificio de iluminación natural en planta baja, potenciar la ventilación natural, proporcionar espacios al aire libre, cuidar la orientación de los volúmenes en cubierta para favorecer la iluminación natural o incorporar zonas de secado para las viviendas). Las variables restantes, o bien no son comunes entre todas las herramientas o no son de aplicación por intervenir en otras etapas del proceso constructivo, tal es el caso de la gestión o los residuos (ambas variables evaluadas por Breeam). Asimismo, las variables de emplazamiento o contaminación (evaluadas en Breeam o Verde), son variables que ya están definidas previamente por la situación de la obra al tratarse de una rehabilitación.

Con todo ello se evalúa el impacto ambiental causado por la elección de materiales. Para ello se realiza un estudio previo evaluando la huella ecológica de los mismos mediante el estudio de los siguientes parámetros (CTAV) (Agenda de la Construcción Sostenible, 2002):

- Lugar de producción (LP): Se establece una serie de radios de proximidad desde la ubicación de la obra hasta los diversos lugares de producción.
- Materia prima renovable (MPR): Se valora positivamente que la materia prima de la cual se obtiene el material definitivo sea renovable y explotada de forma responsable, siendo reparada tras cada explotación.
- Material reciclado (MR).

- Material reciclable (MRB): Se valora positivamente que el material pueda reciclarse total o parcialmente.
- Estabilidad del material (E): En este factor se valoran la vida útil del elemento así como la seguridad a la hora de la puesta en obra, ya que esta puede afectar a la salud de los operarios que trabajan con él.

Estos parámetros se evalúan de acuerdo al siguiente criterio:

Tabla 1 Baremo de la evaluación ambiental de materiales

Puntuación	2.5	2	1.5	1	0.5	0
Lugar de Producción (LP)	Provincia	<250 Km	<500 Km	<750 Km	<1000 Km	>1000 Km
Materia Prima Renovable (MPR)	-	>75%	-	>50%	-	<50%
Material reciclado (MR)	-	>75%	-	>50%	-	<50%
Material reciclable (MRB)	-	>75%	-	>50%	-	<50%
Estabilidad del material (E)	-	-	Muy buena	Buena	Regular	Mala

Teniendo en cuenta el baremo establecido se realiza un estudio de materiales en el que se puntúa la sostenibilidad de los mismos sobre 10. El estudio se realiza a partir de la clasificación de los materiales distinguiendo entre materiales destinados a cimentación y estructura, fábrica, aislantes, acabados e instalaciones.

Tras el estudio de materiales, la evaluación del Modelo B se realiza tomando los materiales ya definidos en el proyecto proporcionado por los arquitectos autores del encargo (losa de hormigón, muros de fábrica de ladrillo, estructura metálica de pilares y forjados de chapa colaborante y hormigón, cubiertas con aislamiento de XPS y láminas impermeabilizantes de betún, y acabados de baldosas de gres y enlucidos de yeso como revestimientos en interiores). Por el contrario, la definición de materiales en el Modelo C opta por un proceso de rehabilitación sostenible seleccionando materiales de bajo impacto ecológico (EPS reciclado como aligerante para hormigón ligero, hormigones con 50% de árido de machaqueo procedente de elementos reciclados, viguetas de madera reutilizadas de la propia obra o procedentes de bosques gestionados de manera responsable, bloque cerámico de cáñamo tomado con cal hidráulica, planchas de aislamiento de corcho natural y/o planchas de aislamiento de cáñamo). Atendiendo a los materiales seleccionados en el Modelo B se obtiene una puntuación de 29 mientras que seleccionando materiales de bajo impacto ecológico en el Modelo C se obtiene una puntuación de 57.5 si consideramos además una mejora de las instalaciones conforme a los sistemas seleccionados este porcentaje subiría hasta 77.5. Como podemos ver solo actuando en algunos de los materiales que definen la materialidad constructiva del edificio se obtiene una importante mejora de la sostenibilidad según la baremación utilizada.

Tabla 2 Estudio de Materiales

	Material	LP		MPR		MR		MRB		E		Puntuación total	
		Dato	Puntos	D	P	D	P	D	P	D	P	B	C
CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA	Hormigón	Sevilla	2.5	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5	5	5
	Acero estructural*	Sevilla	2	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5	5.5	
	Bloque cerámico celdilla *	Castellón	1	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5	3.5	
	Mortero cemento*	Sevilla	2.5	<50	0	<50	0	<50	0	MB	1.5	4	
	EPS reciclado para hormigones ligeros**	Cádiz	2	<50	0	>75	2	>50	1	MB	1.5		6.5
	Viguetas madera **	Sevilla	2.5	>75	2	<50	0	>75	2	MB	1.5		8
	Protectores naturales para madera **	Sevilla	2.5	>75	2	<50	0	<50	0	MB	1.5		6
	Mortero cal **	Sevilla	2.5	<50	0	<50	0	<50	0	MB	1.5		4
	Bloque cerámico cáñamo**	Granada	2	>75	2	<50	0	>75	2	MB	1.5		7.5
AISLAMIENTOS	Paneles EPS *	Cádiz	2	<50	0	>50	1	>75	2	MB	1.5	6.5	
	Corcho **	Granada	2	>75	2	<50	0	>75	2	MB	1.5		7.5
ACABADOS	Baldosa gres *	Jaén	2	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5	4.5	
	Vidrio reciclado**	Barcelona	0.5	<50	0	>75	2	>75	2	MB	1.5		6
	Pavimento de biosuro **	Cáceres	2	>75	2	<50	0	>75	2	B	1		7
INSTALACIONES	Aislamiento. Espuma de caucho **	Barcelona	0.5	<50	0	>50	1	>50	1	MB	1.5		4
	Bajantes insonorizados**	Barcelona	0.5	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5		3
	Cables libres halógenos**	Barcelona	0.5	<50	0	<50	0	>75	2	MB	1.5		4
	Cisterna bajo consumo**	Valencia	1	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5		3.5
	Grifería bajo consumo **	Valencia	1	<50	0	<50	0	>50	1	MB	1.5		3.5
	Reciclaje aguas grises**	Cataluña	0.5	<50	0	<50	0	<50	0	MB	1.5		2
Total modelo B											29		
Total modelo C												77.5	

*Materiales Modelo B. ** Materiales Modelo C.

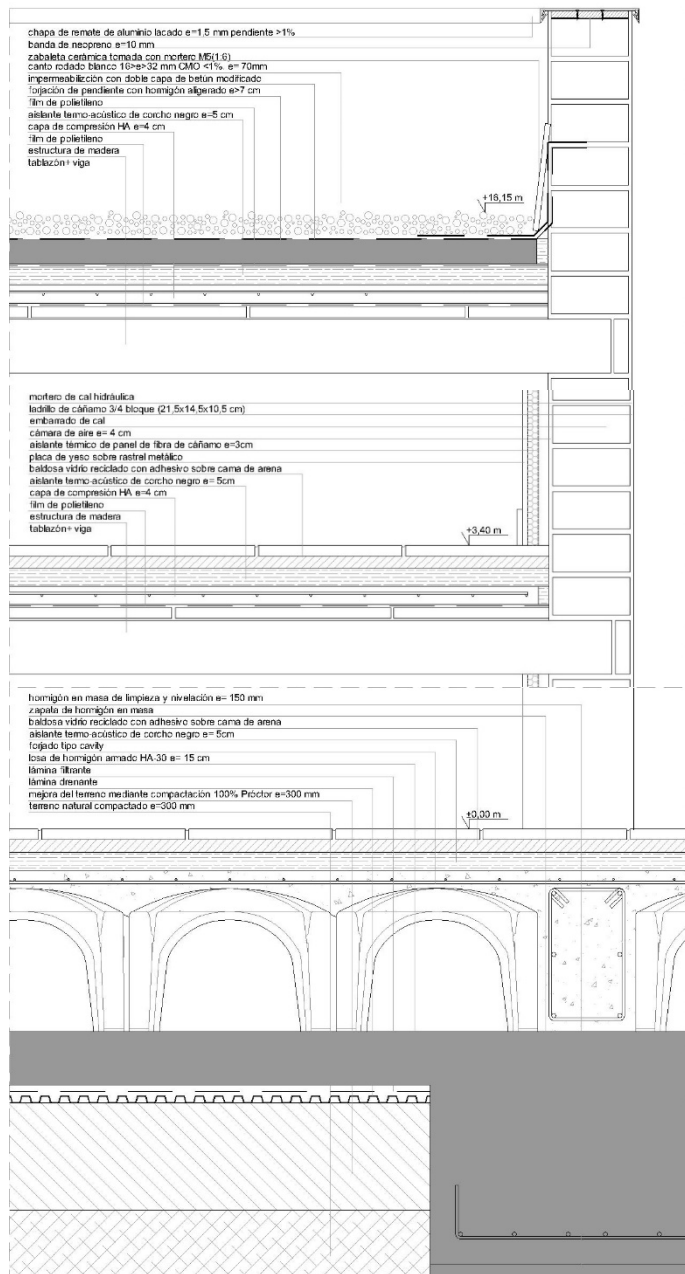


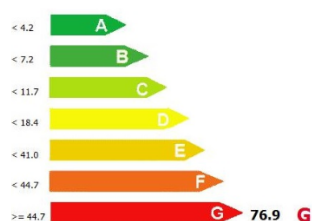
Fig. 4 Sección Constructiva. Modelo C.

4 Análisis Energético

Con el objetivo de evaluar la eficiencia energética de los modelos de estudio se realiza un análisis energético empleando la herramienta informática Calener Vyp. Esta herramienta realiza una calificación energética de un edificio proporcionando los KgCO₂/m² como indicador. De esta forma se cuantifican las emisiones de CO₂ procedentes del calentamiento y enfriamiento del edificio así como las emisiones de CO₂ derivadas de la producción de agua caliente sanitaria. Los resultados se muestran en las Tablas 3, 4 y 5.

Modelo A. Análisis energético

Tabla 3 Calificación energética obtenida en el Modelo A en Calener Vyp.



Modelo B. Análisis energético

Tabla 4 Calificación energética obtenida en el Modelo B en Calener Vyp.

Calificación energética KgCO ₂ /m ²	Edificio de estudio		Edificio de referencia			
<4.1 A						
4.1-7.2 B						
7.2-11.7 C						
11.7-18.4 D						
18.4-42.6 E		21.3 E		20.8 E		
42.6-46.4 F						
>46.4 G						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	E	44,9	10.761,7	E	33,3	7.998,3
Demanda refrigeración	D	26,0	6.246,7	D	22,8	5.470,8
Emisiones CO2 calefacción	E	12,2	2.926,0	E	10,7	2.566,2
Emisiones CO2 refrigeración	D	8,0	1.918,7	E	8,7	2.086,6
Emisiones CO2 ACS	B	1,1	263,8	D	1,4	340,5
Consumo energía primaria (CEP) calefacción	E	51,5	12.354,4	E	48,4	11.597,5
CEP refrigeración	D	32,2	7.715,6	E	35,6	8.534,4
CEP ACS	C	5,6	1.338,9	D	5,9	1.406,7

Modelo C. Análisis energético

Tabla 5 Calificación energética obtenida en el Modelo C en Calener Vyp.

Calificación energética KgCO ₂ /m ²	Edificio de estudio			Edificio de referencia		
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
<4.1 A						
4.1-7.2 B						
7.2-11.7 C						
11.7-18.4 D						
18.4-42.6 E						
42.6-46.4 F						
>46.4 G						
			14,4 D			20,4 E
Demanda calefacción	E	29,6	6.709,9	E	32,0	7.248,8
Demanda refrigeración	D	28,0	6.335,8	D	23,1	5.244,3
Emissiones CO2 calefacción	D	5,0	1.132,7	E	10,2	2.310,7
Emissiones CO2 refrigeración	E	8,4	1.902,9	E	8,8	1.993,5
Emissiones CO2 ACS	B	1,0	226,5	D	1,4	321,6
Consumo energía primaria (CEP) calefacción	D	22,4	5.072,5	E	46,4	10.510,8
CEP refrigeración	D	33,8	7.657,9	E	36,1	8.181,0
CEP ACS	C	5,1	1.147,7	D	5,9	1.328,7

El análisis energético refleja que el edificio original está en la escala más alta en cuanto a emisiones de KgCO₂/m² con un valor de 79.6 (calificación G). La rehabilitación realizada (Modelo B) mejora esta calificación y disminuye notablemente el valor de las emisiones hasta 21.0 KgCO₂/m² (calificación E) pero todavía se encuentra por encima del valor del edificio de referencia (20.4). Por el contrario la rehabilitación propuesta (Modelo C) permite reducir las emisiones hasta 14.4 KgCO₂/m² (calificación D), valor que es inferior al edificio de referencia.

Si el análisis lo realizamos de una manera más detallada teniendo en cuenta la demanda de energía en refrigeración y calefacción se observa que la mayor mejora conseguida está en la demanda de energía para calefacción pasando de 44,9 KWh/m² en el modelo B a 29,6 en el Modelo C. En el caso de la demanda en refrigeración el consumo es muy similar.

5 Conclusiones

Dada la importancia actual del impacto ambiental del sector de la construcción en el consumo energético es necesario realizar estudios que contemplen una reducción del mismo, no solo desde el punto de vista de la reducción del consumo energético sino también de la sostenibilidad de la propuesta proyectual.

En el trabajo presentado se ha estudiado la rehabilitación de un edificio histórico analizando dos propuestas (Modelos B y C). El modelo B responde a la rehabilitación realizada cumpliendo exclusivamente las normas urbanísticas en vigor mientras que en el modelo C se actúa con criterios de sostenibilidad en la elección de materiales y en el respeto a los sistemas constructivos originales del edificio. El

análisis de la sostenibilidad de la propuesta se ha realizado mediante un estudio previo de materiales evaluando la huella ecológica de los mismos mediante el estudio de los siguientes parámetros: Lugar de producción, Materia prima renovable, Material reciclado, Material reciclable y Estabilidad del material. El análisis energético se ha realizado empleando la herramienta informática Calener Vyp.

De los estudios realizados se puede concluir que abordar el diseño bajo parámetros de sostenibilidad reduce considerablemente el consumo energético para un mismo edificio, como demuestra la propuesta efectuada (Modelo C), y permite mejorar la calificación energética. Por otra parte, la puntuación de sostenibilidad obtenida incorporando materiales a la rehabilitación, elegidos con criterios de menor huella ecológica, es significativa. En este caso la puntuación de la Propuesta C es un 1.98 más sostenible que la puntuación del Modelo B.

6 Referencias

- Parlamento Europeo. (2002). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 diciembre 2002 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Comité Económico Parlamento Europeo. (2010) Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios.
- Unión Europea. (2012). Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE Diario Oficial de la Unión Europea, (315), 1-56.
- C.T.E (2006). Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE Ahorro de Energía.
- Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE).
- España, G. (2013). Real Decreto 235/2013, de 5 abril, por el que se aprueba el procedimiento para la certificación de la eficiencia energética de edificios. Boletín Oficial del Estado.
- Lider y Calener Vyp. Aplicaciones informáticas para estudio de la demanda energética y la calificación de acuerdo con el cumplimiento con el CTE-DB-HE1.
- Llatas et al. (2010). Una aproximación a la eco-eficiencia en edificios. Herramientas básicas. En SB10mad Sustainable Building Conference.
- Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia. ICARO.
- Agenda, D. L. C. S. (2002). El Impacto Ambiental de los Edificios.

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España con el proyecto BIA2013-43061-R. También la autora M^a Jesús Morales Conde agradece la financiación del V Plan Propio de la Universidad de Sevilla. Asimismo, los autores agradecen a los arquitectos Marta Barranco y Adolfo Pérez su especial colaboración en este trabajo.