

05-012

ENERGY AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF THE CTE-DB-HE EVOLUTION ON A SINGLE-FAMILY HOUSE IN LOGROÑO (LA RIOJA)

López Ochoa, Luis María; Las Heras Casas, Jesús; López González, Luis María; Sagredo Blanco, Enrique

Universidad de La Rioja

The 2002 Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) was implemented in Spain through the 2009 Basic Energy-Saving Document of the Technical Building Code (CTE-DB-HE). The 2010 EPBD was initially implemented through the 2013 CTE-DB-HE and, later, through the future CTE-DB-HE. The 2009 CTE-DB-HE required the thermal envelope to comply with thermal transmittance limits and a minimum solar contribution for domestic hot water (DHW). The 2013 CTE-DB-HE requires, in addition to a minimum DHW solar contribution, compliance with certain limits on energy demand for heating and cooling and on the consumption of non-renewable primary energy. Finally, the future CTE-DB-HE requires a certain global heat transfer coefficient and solar control for the thermal envelope, a minimum contribution of renewable energy for DHW and a limit on the consumption of both non-renewable primary energy and primary energy. In this paper, the energy and environmental impact on a single-family house in Logroño (La Rioja) built in compliance with the different building regulations is studied. Thus, the implications, in terms of energy savings and efficiency, associated with the evolution of these regulations towards nearly zero-energy buildings are described.

Keywords: EPBD; CTE-DB-HE; nearly zero-energy building; residential sector; energy savings; energy efficiency

IMPACTO ENERGÉTICO Y MEDIOAMBIENTAL DE LA EVOLUCIÓN DEL CTE-DB-HE EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LOGROÑO (LA RIOJA)

La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD) 2002 se transpuso en España mediante el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) 2009; mientras que la EPBD 2010 se transpuso inicialmente mediante el CTE-DB-HE 2013 y posteriormente mediante el futuro CTE-DB-HE. Principalmente, el CTE-DB-HE 2009 exigía cumplir unas transmitancias térmicas límites para la envolvente térmica y una contribución solar mínima para agua caliente sanitaria (ACS). El CTE-DB-HE 2013 exige cumplir, además de una contribución solar mínima para ACS, unas demandas energéticas límite de calefacción y refrigeración, así como un consumo límite de energía primaria no renovable. Finalmente, el futuro CTE-DB-HE exige cumplir un coeficiente global límite de transmisión de calor y un control solar para la envolvente térmica, una contribución mínima de energías renovables para ACS y unos consumos límite tanto de energía primaria no renovable como de energía primaria. En este trabajo se estudia el impacto energético y medioambiental en una vivienda unifamiliar construida cumpliendo las diferentes normativas constructivas en Logroño (La Rioja). De esta forma, se muestran las implicaciones, en materia de ahorro y eficiencia energética, asociadas a la evolución de estas normativas hacia el edificio de consumo de energía casi nulo.

Palabras clave: EPBD; CTE-DB-HE; edificio de consumo de energía casi nulo; sector residencial; ahorro energético; eficiencia energética

Correspondencia: Luis María López González luis-maria.lopez@unirioja.es lmlopez@teneco.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD) (Comisión Europea, 2002; Unión Europea, 2010) busca mejorar la eficiencia energética, lograr grandes ahorros energéticos y potenciar el uso de energías renovables en el sector edificatorio europeo. El impacto energético y medioambiental de su aplicación en el sector residencial fue analizado en numerosos países mediterráneos como España (López-Ochoa et al., 2017; López-Ochoa et al., 2018), Italia (Salvalai et al., 2015), Grecia (Gaglia et al, 2018) y Chipre (Fokaides et al., 2017), avanzando con estos estudios en la definición del edificio de consumo de energía casi nulo.

La EPBD 2002 (Comunidad Europea, 2002) se transpuso en España mediante el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-HE) 2009 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009). Los documentos básicos del CTE-DB-HE 2009 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009) de aplicación en el sector residencial son el CTE-DB-HE1 2009, correspondiente a la limitación de la demanda energética, y el CTE-DB-HE4 2009, correspondiente a la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS).

Posteriormente, la EPBD 2010 (Unión Europea, 2010) se transpuso en una primera fase mediante el CTE-DB-HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) y en una segunda fase mediante el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018). El CTE-DB-HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017), en su aplicación para el sector residencial, actualizó el CTE-DB-HE1 2013, correspondiente a la limitación de la demanda energética, y el CTE-DB-HE4 2013, correspondiente a la contribución solar mínima de ACS, e introdujo el CTE-DB-HE0 2013, correspondiente a la limitación del consumo energético. Mientras que, el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) exige el cumplimiento de los siguientes documentos básicos en el sector residencial:

- Futuro CTE-DB-HE1: Condiciones para el control de la demanda energética.
- Futuro CTE-DB-HE4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de ACS.
- Futuro CTE-DB-HE0: Limitación del consumo energético.

El futuro CTE-DB-HE1 exige controlar la demanda energética de los edificios asegurando que la envolvente térmica del edificio limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática donde se ubique el edificio. Por ello, limita las transmitancias térmicas de los elementos de la envolvente térmica y de las diferentes particiones interiores, la permeabilidad al aire de los huecos de la envolvente térmica y las condensaciones tanto superficiales como intersticiales.

Para lograr cumplir las exigencias establecidas por el futuro CTE-DB-HE1, el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio no debe superar el coeficiente global límite de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio, en función de la compactidad y la zona climática de invierno, y el parámetro de control solar para julio no debe superar el valor de 2,00 kWh/m²·mes.

Anteriormente, el CTE-DB-HE1 2013 exigía que la demanda energética de calefacción no superase una demanda energética límite de calefacción en función de la zona climática de invierno y de la superficie habitable, y que la demanda energética de refrigeración no superase una demanda energética límite de refrigeración en función de la zona climática de verano. Mientras que el CTE-DB-HE1 2009 exigía que la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto no superase la correspondiente demanda energética conjunta del edificio de referencia, en función de la zona climática donde se ubicaba el edificio. Además, los diferentes elementos que constituían el edificio no podían superar unos valores

de transmitancias térmicas determinados, ni permitir que se produzcan condensaciones superficiales ni intersticiales.

El futuro CTE-DB-HE4 exige que parte de la demanda energética de ACS sea cubierta por energía renovable. Mientras que el CTE-DB-HE4 2009 y el CTE-DB-HE4 2013 exigían que parte de la demanda energética de ACS fuera cubierta por energía solar térmica en función de la demanda total de ACS y de la zona climática solar, permitiendo el CTE-DB-HE4 2013 poder sustituir el sistema solar térmico por una instalación alternativa que asegurasen similares ahorros en energía primaria no renovable y en emisiones de CO₂ que el sistema solar térmico correspondiente.

El futuro CTE-DB-HE0 exige que el consumo de energía primaria no renovable no supere un consumo límite de energía primaria no renovable en función de la zona climática de invierno y que el consumo de energía primaria total no supere un consumo límite de energía primaria total en función de la zona climática de invierno. Mientras que el CTE-DB-HE0 2013 exigía que el consumo de energía primaria no renovable no superase un consumo límite de energía primaria no renovable en función de la zona climática de invierno y de la superficie habitable.

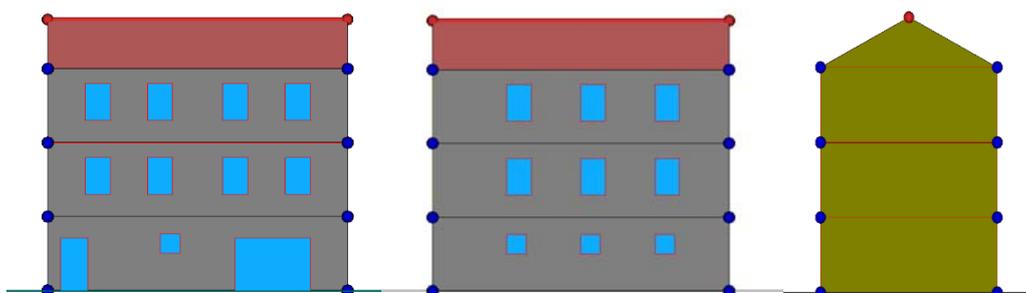
2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar el impacto energético y medioambiental en una vivienda unifamiliar construida cumpliendo las diferentes normativas constructivas en Logroño (La Rioja). De esta forma, se muestran las implicaciones, en materia de ahorro y eficiencia energética, asociadas a la evolución del CTE-DB-HE hacia el edificio de consumo de energía casi nulo.

3. Metodología

La vivienda unifamiliar objeto de estudio se muestra en la Figura 1. Está formada por planta baja y dos alturas, con una base de 84,00 m² y está ubicada en Logroño (La Rioja), correspondiéndole la zona climática D2 según el CTE-DB-HE. La fachada principal está orientada al sur y limita tanto al este como al oeste con otras viviendas unifamiliares con las que forman un conjunto homogéneo. La planta baja no está acondicionada, estando utilizada como garaje y almacén-trastero. Tanto la primera planta como la segunda están acondicionadas, teniendo un salón-comedor, cocina, salita y un baño en la primera planta, y cuatro dormitorios y un baño en la segunda planta, sumando una superficie habitable de 168,00 m². El volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio es de 840,00 m³ y la superficie de intercambio térmico de dicha envolvente es de 396,74 m², resultando su compacidad de 1,91 m³/m².

Figura 1: Cara sur, cara norte y caras este y oeste de la vivienda unifamiliar objeto de estudio.



Para el estudio del impacto energético y medioambiental del futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) se evaluarán los coeficientes globales de transmisión de calor a través de la

envolvente térmica de los edificios, las demandas energéticas, los consumos de energía final, los consumos de energía primaria no renovable, los consumos de energía primaria total y las emisiones de CO₂, para la vivienda unifamiliar objeto de estudio en los siguientes casos:

- Caso 1: Edificio de referencia, cuyas demandas energéticas corresponden con las de las viviendas unifamiliares existentes antes de 2008 (IDAE, 2011).
- Caso 2: Edificio construido de acuerdo al CTE-DB-HE 2009 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009).
- Caso 3: Edificio construido de acuerdo al CTE-DB-HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017).
- Caso 4: Edificio construido de acuerdo al futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018).

En la Tabla 1 se presentan las transmitancias térmicas de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, así como de las medianeras y de las particiones interiores, junto con el espesor de aislante EPS (cuya conductividad térmica es de 0,029 W/m·K) requerido para el Caso 2, el Caso 3 y el Caso 4. El factor solar de las ventanas es 0,57 y el de las puertas es 0,05 para dichos casos. Además las ventanas de las plantas primera y segunda disponen de persianas.

Tabla 1: Transmitancias térmicas (U) de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio, en W/m²·K y espesor (e) de aislante requerido, en mm, para cada caso.

Elemento	Caso 2		Caso 3		Caso 4	
	U (W/m ² ·K)	e (mm)	U (W/m ² ·K)	e (mm)	U (W/m ² ·K)	e (mm)
Cubierta	0,34	70	0,22	115	0,21	125
Muro	0,63	30	0,27	90	0,26	95
Solera	0,62	30	0,27	90	0,26	95
Medianera	0,88	20	0,76	25	0,55	40
Particiones interiores verticales entre espacios del mismo uso	1,17	10	1,17	10	1,17	10
Forjado entre espacios del mismo uso	1,17	10	1,17	10	0,97	15
Forjado entre espacios de distinto uso	0,83	20	0,83	20	0,73	25
Ventana	2,97	-	1,87	-	1,38	-
Puerta	2,20	-	1,80	-	1,80	-

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio, K , en W/m²·K, se calcula según la siguiente ecuación:

$$K = \sum_x b_{tr,x} \cdot [\sum_i A_{x,i} \cdot U_{x,i} + \sum_k l_{x,k} \cdot \Psi_{x,k} + \sum_j x_{x,j}] / \sum_x \sum_i b_{tr,x} \cdot A_{x,i} \quad (1)$$

donde $b_{tr,x}$ es el factor de ajuste para los elementos de la envolvente, siendo su valor 1 excepto para elementos en contacto con edificios o espacios adyacentes donde toma el valor 0; $A_{x,i}$ es el área de intercambio del elemento de la envolvente térmica considerado; $U_{x,i}$ es el valor de

la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado; $l_{x,k}$ es la longitud del puente térmico considerado; $\Psi_{x,k}$ es el valor de la transmitancia térmica lineal del puente térmico considerado; y $x_{x,j}$ es la transmitancia puntual del puente térmico considerado.

Las áreas de intercambio y las transmitancias térmicas de los elementos que constituyen la envolvente térmica del edificio para cada caso se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Factores de ajuste (b_{tr}), áreas de intercambio (A) y transmitancias térmicas (U) de los elementos que constituyen la envolvente térmica del edificio objeto de estudio para cada caso.

Elemento	b_{tr} (-)	A (m ²)	Caso 2	Caso 3	Caso 4
			U (W/m ² ·K)	U (W/m ² ·K)	U (W/m ² ·K)
Cubierta	1	96,74	0,34	0,22	0,21
Muro	1	183,62	0,63	0,27	0,26
Medianera	0	77,00	0,88	0,76	0,55
Solera	1	84,00	0,62	0,27	0,26
Ventana	1	23,56	2,97	1,87	1,38
Puerta	1	8,82	2,20	1,80	1,80

Las longitudes y las transmitancias térmicas lineales de los puentes térmicos del edificio para cada caso se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Factores de ajuste (b_{tr}), longitudes (l) y transmitancias térmicas lineales (Ψ) de los puentes térmicos del edificio objeto de estudio para cada caso.

Puentes térmicos	b_{tr} (-)	l (m)	Caso 2 y Caso 3	Caso 4
			Ψ (W/m·K)	Ψ (W/m·K)
Frentes de forjados	1	48,00	0,97	0,11
Cubiertas-Forjado	1	36,00	0,96	0,22
Alfeizar	1	21,30	0,44	0,08
Dinteles/Capialzados	1	21,30	0,82	0,09
Jambas	1	57,00	0,53	0,03
Pilares	1	1,00	1,20	0,00
Muro-Terreno	1	19,90	0,57	0,39

Se emplea una caldera mixta convencional de gas natural con un rendimiento de 0,92 para cubrir las necesidades de calefacción y ACS, y un sistema de refrigeración eléctrico con un rendimiento de 2,00 para cubrir las necesidades de refrigeración. Además, se apoya la caldera empleada con un sistema solar térmico para cubrir parte de las necesidades de ACS para cumplir las exigencias establecidas por los correspondientes CTE-DB-HE4: Se ha considerado una demanda de ACS a 60°C de 180 l/día y una contribución solar del 50% para el Caso 2, se ha considerado una demanda de ACS a 60°C de 140 l/día y una contribución solar del 40% para el Caso 3 y se ha considerado una demanda de ACS a 60°C de 140 l/día y una contribución de energía renovable mediante el sistema solar térmico del 50% para el Caso 4.

Los parámetros energéticos y medioambientales, así como las calificaciones de eficiencia energética, se evalúan mediante la herramienta de simulación térmica HULC (2017).

Los factores de paso de energía final a energía primaria total, a energía primaria no renovable y a emisiones de CO₂ se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Factores de paso empleados por HULC

Factor de paso de energía final	Vector energético	
	Gas natural	Electricidad
a energía primaria total (kWh _{EPT} /kWh _{EF})	1,195	2,368
a energía primaria no renovable (kWh _{EPNR} /kWh _{EF})	1,190	1,954
a emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /kWh _{EF})	0,252	0,331

4. Resultados

En la Tabla 5 se presentan todos los parámetros energéticos y medioambientales, así como las calificaciones de eficiencia energética, obtenidos para todos los casos de estudio.

El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio es de 1,11 W/m²·K en el Caso 2, de 0,77 W/m²·K en el Caso 3 y de 0,41 W/m²·K en el Caso 4.

El Caso 2 cumple el CTE-DB-HE 2009 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009) debido a que la demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración del edificio objeto es inferior a la demanda energética conjunta correspondiente a su edificio de referencia; y que la contribución solar coincidente con la contribución solar mínima exigida.

El Caso 3 cumple el CTE-DB-HE 2013 (Ministerio de Fomento, 2013a, 2013b, 2017) debido a que la demanda energética de calefacción es de 37,60 kWh/m²·año, inferior a su correspondiente demanda energética límite de calefacción, que es de 38,90 kWh/m²·año; que la demanda energética de refrigeración es de 6,78 kWh/m²·año, inferior a su correspondiente demanda energética límite de refrigeración, que es de 15,00 kWh/m²·año; que la contribución solar coincidente con la contribución solar mínima exigida; y que el consumo de energía primaria no renovable es de 68,34 kWh/m²·año, inferior a su correspondiente consumo límite de energía primaria no renovable, que es de 77,86 kWh/m²·año.

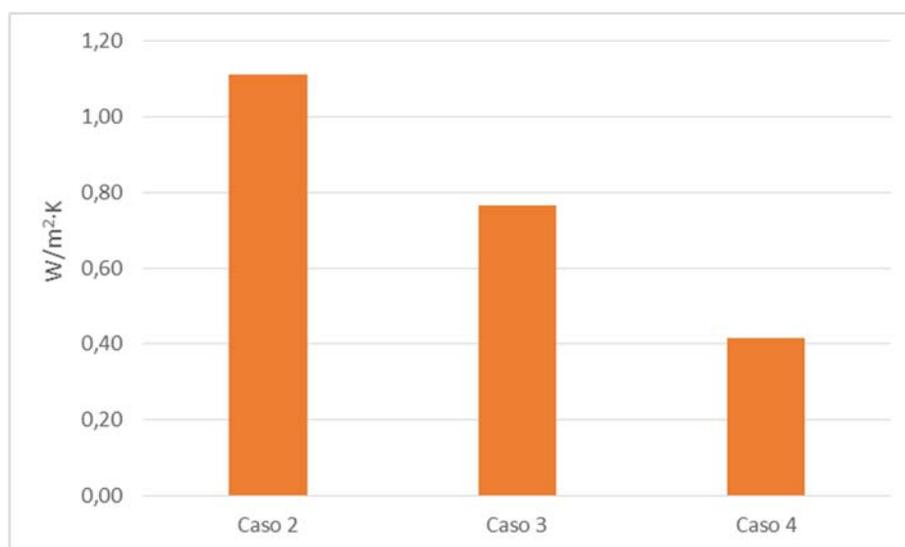
El Caso 4 cumple el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) debido a que el coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio es de 0,41 W/m²·K, inferior a su correspondiente coeficiente global límite, que es de 0,55 W/m²·K; que el parámetro de control solar para julio no supera el valor límite exigido, gracias a la colocación de persianas en todas las ventanas de las plantas primera y segunda; que la contribución de energía renovable, obtenida empleando un sistema solar térmico, coincide con la contribución mínima de energía renovable exigida; que el consumo de energía primaria no renovable es de 37,92 kWh/m²·año, inferior a su correspondiente consumo límite de energía primaria no renovable, que es de 38,00 kWh/m²·año; y que el consumo de energía primaria total es de 39,52 kWh/m²·año, inferior a su correspondiente consumo límite de energía primaria total, que es de 76,00 kWh/m²·año.

Tabla 5: Resultados de los parámetros energéticos y medioambientales evaluados en todos los casos de estudio.

Parámetro	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Demanda energética de calefacción (kWh/m ² ·año)	166,00	60,62	37,60	15,52
Demanda energética de refrigeración (kWh/m ² ·año)	15,90	5,60	6,78	7,11
Demanda energética de ACS (kWh/m ² ·año)	17,90	21,67	16,85	16,85
Consumo de energía final de calefacción (kWh/m ² ·año)	180,43	65,89	40,87	16,87
Consumo de energía final de refrigeración (kWh/m ² ·año)	7,95	2,80	3,39	3,56
Consumo de energía final de ACS (kWh/m ² ·año)	19,46	11,78	10,99	9,16
Consumo de energía final (kWh/m ² ·año)	207,84	80,47	55,25	29,58
Consumo de energía primaria no renovable de calefacción (kWh/m ² ·año)	214,72	78,41	48,63	20,07
Consumo de energía primaria no renovable de refrigeración (kWh/m ² ·año)	15,53	5,47	6,62	6,95
Consumo de energía primaria no renovable de ACS (kWh/m ² ·año)	23,15	14,01	13,08	10,90
Consumo de energía primaria no renovable (kWh/m ² ·año)	253,40	97,90	68,34	37,92
Calificación en consumo de energía primaria no renovable (-)	E	C	B	A
Consumo de energía primaria total de calefacción (kWh/m ² ·año)	215,62	78,74	48,84	20,16
Consumo de energía primaria total de refrigeración (kWh/m ² ·año)	18,83	6,63	8,03	8,42
Consumo de energía primaria total de ACS (kWh/m ² ·año)	23,25	14,07	13,13	10,94
Consumo de energía primaria total (kWh/m ² ·año)	257,70	99,44	70,00	39,52
Emisiones de CO ₂ de calefacción (kg CO ₂ /m ² ·año)	45,47	16,60	10,30	4,25
Emisiones de CO ₂ de refrigeración (kWh/m ² ·año)	2,63	0,93	1,12	1,18
Emisiones de CO ₂ de ACS (kg CO ₂ /m ² ·año)	4,90	2,97	2,77	2,31
Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /m ² ·año)	53,00	20,50	14,19	7,74
Calificación en emisiones de CO ₂ (-)	E	C	B	A

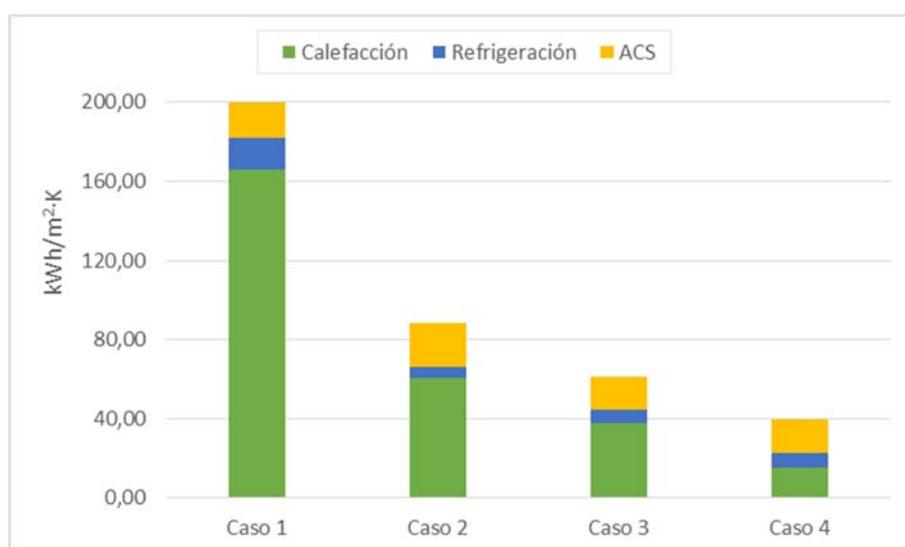
El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio en el Caso 4 es un 62,66% inferior al coeficiente correspondiente en el Caso 2 y un 45,90% inferior al coeficiente correspondiente en el Caso 3 (Figura 2).

Figura 2: Coeficientes globales de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio para cada caso.



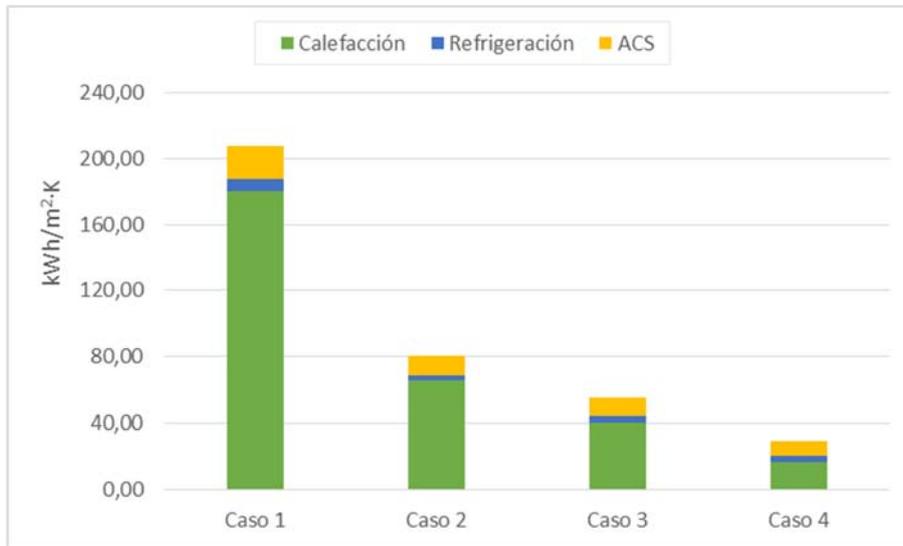
La demanda energética de calefacción se reduce en el Caso 4, un 90,65% respecto a la del Caso 1, un 74,40% respecto a la del Caso 2 y un 58,72% respecto a la del Caso 3; la demanda energética de refrigeración se reduce en el Caso 4, un 55,28% respecto a la del Caso 1; mientras que aumenta un 26,96% respecto a la del Caso 2 y un 4,87% respecto a la del Caso 3; y la demanda energética de ACS se reduce en el Caso 4, un 5,87% respecto a la del Caso 1 y un 22,24% respecto a la del Caso 2; mientras que se mantiene igual a la del Caso 3 (Figura 3).

Figura 3: Demandas energéticas de calefacción, refrigeración y ACS para los diferentes casos estudiados.



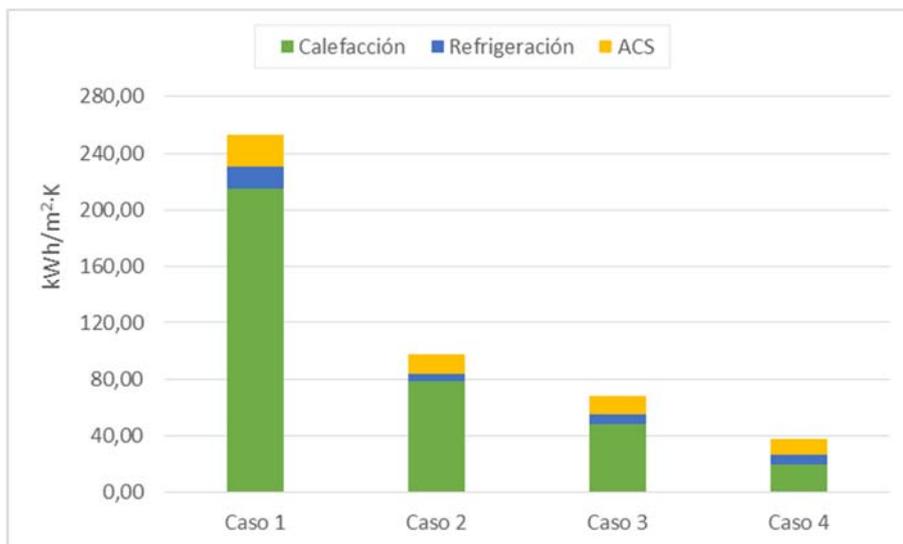
El consumo de energía final se reduce en el Caso 4, un 85,77% respecto al del Caso 1, un 63,24% respecto al del Caso 2 y un 46,46% respecto al del Caso 3 (Figura 4).

Figura 4: Consumo de energía final de calefacción, refrigeración y ACS para los diferentes casos estudiados.



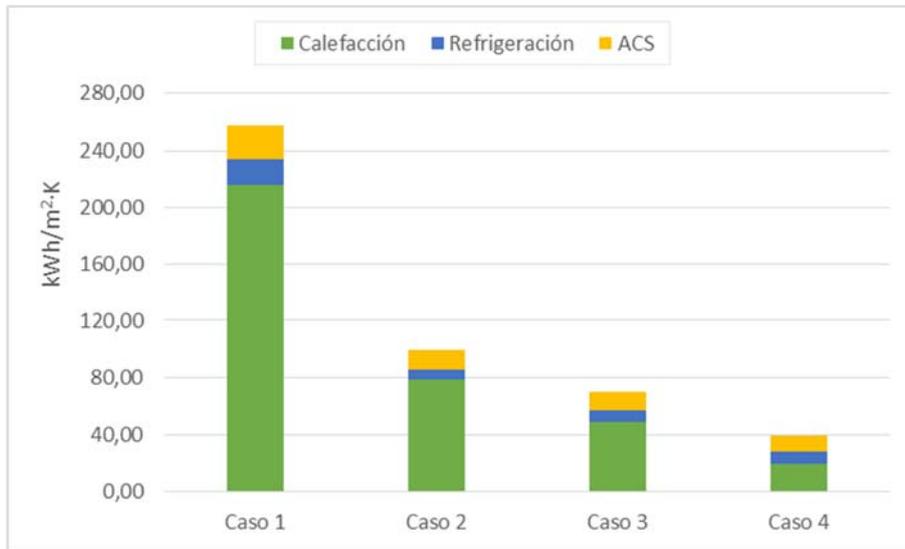
El consumo de energía primaria no renovable se reduce en el Caso 4, un 85,04% respecto al del Caso 1, un 61,27% respecto al del Caso 2 y un 44,51% respecto al del Caso 3 (Figura 5). Además, en el Caso 4 se logra una calificación en consumo de energía primaria no renovable cuatro letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 1, dos letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 2 y una letra mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 3.

Figura 5: Consumo de energía primaria no renovable de calefacción, refrigeración y ACS para los diferentes casos estudiados.



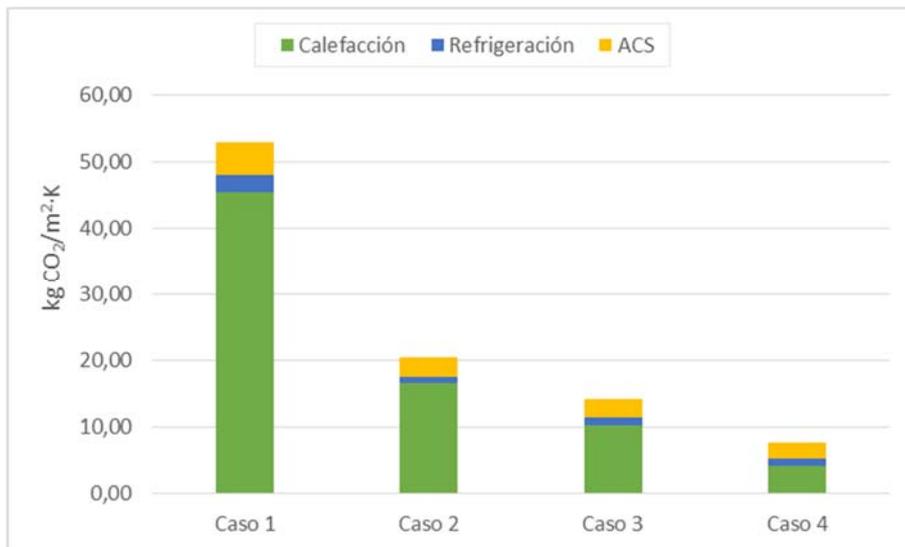
El consumo de energía primaria total se reduce en el Caso 4, un 84,66% respecto al del Caso 1, un 60,26% respecto al del Caso 2 y un 43,54% respecto al del Caso 3 (Figura 6).

Figura 6: Consumo de energía primaria total de calefacción, refrigeración y ACS para los diferentes casos estudiados.



Las emisiones de CO₂ se reducen en el Caso 4, un 85,41% respecto a las del Caso 1, un 62,26% respecto a las del Caso 2 y un 45,49% respecto a las del Caso 3 (Figura 7). Además, en el Caso 4 se logra una calificación en emisiones de CO₂ cuatro letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 1, dos letras mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 2 y una letra mejor que la correspondiente obtenida en el Caso 3.

Figura 7: Emisiones de CO₂ de calefacción, refrigeración y ACS para los diferentes casos estudiados.



5. Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado, a nivel energético y medioambiental, la evolución sufrida por el CTE-DB-HE en una vivienda unifamiliar ubicada en Logroño (La Rioja).

Este trabajo supone un interesante caso de estudio de lo avanzado por López-Ochoa et al. (2019) y confirma que la dirección apuntada por López-Ochoa et al. (2017) para los edificios de consumo de energía casi nulo es una realidad en el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018).

Respecto a los edificios construidos antes del CTE-DB-HE 2009 (Ministerio de Vivienda, 2006, 2007, 2009), con el futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018), se logran ahorros en consumo de energía final de 178,26 kWh/m²-año, en consumo de energía primaria no renovable de 215,48 kWh/m²-año y en consumo de energía primaria total de 218,18 kWh/m²-año; así como una reducción en las emisiones de CO₂ de 45,26 kg CO₂/m²-año. Además, se mejora la calificación de eficiencia energética, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂, en cuatro letras, obteniéndose una calificación A en ambos aspectos. Queda demostrado que cumpliendo las exigencias del futuro CTE-DB-HE (Ministerio de Fomento, 2018) se logran edificios de consumo de energía casi nulo.

Las nuevas viviendas serán de una calidad muy superior a las actuales existentes, con un ahorro energético significativo y una mejora medioambiental muy importante, contribuyendo al ahorro y a la eficiencia energética, mejorando la sostenibilidad y el medio ambiente, y los beneficios asociados para la propia salud y calidad de vida.

Referencias

- Comunidad Europea (2002). Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=ES>.
- Fokaidis, P.A., Polycarpou, K. & Kalogirou, S. (2017). The impact of the implementation of the European Energy Performance of Buildings Directive on the European building stock: The case of the Cyprus Land Development Corporation. *Energy Policy*, 111, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.009>.
- Gaglia, A.G., Tsikaloudaki, A.G., Laskos, C.M., Dialynas, E.N. & Argiriou, A.A. (2017). The impact of the energy performance regulations' updated on the construction technology, economics and energy aspects of new residential buildings: The case of Greece. *Energy and Buildings*, 155, 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.008>.
- HULC (2017). Herramienta Unificada LIDER-CALENER, Versión 1.0.1564.1124 [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>.
- IDAE (2011). Escala de calificación energética: Edificios existentes [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_Edif_Existentes_2011_accesible_c762988d.pdf.
- López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L. M., & García-Lozano, C. (2017). Environmental and energy impact of the EPBD in residential buildings in cold Mediterranean zones: The case of Spain. *Energy and Buildings*, 150, 567–582. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.023>.
- López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L. M., & Olasolo-Alonso, P. (2018). Environmental and energy impact of the EPBD in residential buildings in hot and temperate Mediterranean zones: The case of Spain. *Energy*, 161, 618–634. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.104>.

- López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., López-González, L. M., & Olasolo-Alonso, P. (2019). Towards nearly zero-energy buildings in Mediterranean countries: Energy Performance of Buildings Directive evolution and the energy rehabilitation challenge in the Spanish residential sector. *Energy*, 176, 335–352. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.122>.
- Ministerio de Fomento (2013a). Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/09/12/pdfs/BOE-A-2013-9511.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2013b). Corrección de errores de la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/11/08/pdfs/BOE-A-2013-11688.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2017). Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE “Ahorro de energía” y el Documento Básico DB-HS “Salubridad”, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2017/06/23/pdfs/BOE-A-2017-7163.pdf>.
- Ministerio de Fomento (2018). Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentos-complementarios/357-proyecto-modificacion-cte-julio-2018.html>.
- Ministerio de Vivienda (2006). Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf>.
- Ministerio de Vivienda (2007). Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2007/10/23/pdfs/A42992-43045.pdf>.
- Ministerio de Vivienda (2009). Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2009/04/23/pdfs/BOE-A-2009-6743.pdf>.
- Salvalai, G., Maserà, G. & Sesana, M.M (2015). Italian local codes for energy efficiency of buildings: Theoretical definition and experimental application to a residential case study, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1245–1259. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.038>.
- Unión Europea (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 (refundición) [consultado en 12.04.2019]. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=ES>.