

05-023

INFLUENCE OF THE POLICY FRAMEWORK ON THE ENERGY CONSUMPTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS. CASE STUDY IN THE AUTONOMOUS COMMUNITY OF ANDALUSIA

Piñero-Vilela, José María ⁽¹⁾; Cerezo-Narváez, Alberto ⁽¹⁾; Sánchez-De-La-Flor, Francisco José ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidad de Cádiz

Residential buildings built in the middle of the last decade, at the height of the real estate bubble, must fulfil the global thermal transmission coefficient of the building (Kg) according to the Basic Building Standard (NBE) CT-79 about thermal conditions in buildings, previous to the implementation of the Basic Document of Energy Saving of the Technical Building Code (CTE DB-HE) in 2006. This policy framework has been updated in Royal Decree 732/2019 on energy, introducing a new global coefficient of heat transmission through the building's thermal envelope (Klim). Using the case study methodology, the energy efficiency of a typical single-family building in each of the 785 municipalities of the Autonomous Community of Andalusia is analysed, comparing the differences found in the insulation requirements resulting from compliance with both coefficients. Furthermore, the results obtained from the official climate data of the corresponding climate zones provided by the Ministry for Ecological Transition and Demographic Challenge in its Unified Tool LIDER-CALENER (HULC) are compared with the real data extracted from the nearest weather stations of the Agroclimatic Information System for Irrigation (SiAR).

Keywords: thermal insulation; thermal envelope; energy efficiency; nearly zero-energy-building; global coefficient of heat transmission; technical building code

INFLUENCIA DEL MARCO REGULADOR EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS RESIDENCIALES. ESTUDIO DE CASOS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA.

Las edificaciones residenciales construidas a mediados de la década pasada, en plena burbuja inmobiliaria, han de cumplir el coeficiente de transmisión térmica global del edificio (Kg) de la Norma Básica de la Edificación (NBE) CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios, anterior a la entrada en vigor del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HE) en 2006. Este marco normativo ha sido actualizado en el Real Decreto 732/2019 en materia de energía, introduciendo un nuevo coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio (Klim). Mediante la metodología de estudio de casos, se analiza la eficiencia energética de una vivienda unifamiliar adosada tipo en cada uno de los 785 municipios de la Comunidad Autónoma de Andalucía, comparando las diferencias encontradas en los requisitos de aislamiento procedentes del cumplimiento de ambos coeficientes. Asimismo, se comparan los resultados obtenidos a partir de los datos climáticos oficiales de las correspondientes zonas climáticas suministrados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en su Herramienta Unificada Líder Calener (HULC) con los datos reales extraídos de las estaciones meteorológicas más próximas del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR).

Palabras clave: Aislamiento térmico; envolvente térmica; eficiencia energética; edificio de consumo casi nulo; coeficiente global de transmisión de calor; código técnico de la edificación

Correspondencia: José María Piñero Vilela josemaria.pinerovilela@mail.uca.es



©2020 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

Los edificios son grandes consumidores de energía y materiales, e importantes productores de residuos y emisiones. El consumo de energía en el sector de la construcción, especialmente en las fases de construcción, demolición y uso, está ganando interés por su relación directa con la economía de la energía y el desarrollo sostenible. El diseño y elección de los materiales de construcción y de los sistemas térmicos evolucionan muy rápidamente. Como reto energético, la edificación se encuentra entre los mayores consumidores de energía en la zona de la Unión Europea (Lolli y Hestnes, 2014). A este respecto, las viviendas se encuentran ante el desafío de conseguir una gestión energética que les permita contribuir al crecimiento económico, bienestar social y sostenibilidad de los recursos no renovables y a la preservación del medio natural (Duarte, Sánchez y Sarasa, 2018). En este ámbito, el coste y la optimización del espacio exigen la disminución del material empleado en las nuevas construcciones. Sin embargo, esta reducción afecta en gran medida la inercia térmica de la envolvente y hace que sea insuficiente para amortiguar eficazmente las oscilaciones debidas a la variación de la temperatura exterior (Laaouatni et al., 2019). En estas condiciones, la optimización del espesor del aislamiento desempeña un papel importante para alcanzar un compromiso viable entre el confort térmico, el coste de la construcción del edificio y el consumo de energía –que repercute tanto en las emisiones derivadas como en su correspondiente coste a lo largo de su vida útil–.

A nivel europeo, las Directivas de Eficiencia Energética en Edificios –EPBD– tienen como objetivo lograr un gran ahorro energético, potenciando el uso de energías renovables y mejorando la eficiencia energética de los edificios en Europa. El impacto energético y medioambiental de su aplicación en el sector edificatorio, y más concretamente en el sector residencial, ha sido ya analizado en la mayoría de los países del sur de Europa, como Grecia (Gaglia et al., 2017), Italia (Salvalai, Masera, y Sesana, 2015), Grecia (Gaglia et al., 2018), Portugal (Magalhães y Leal, 2014) y Turquía (Kalaycioğlu & Yılmaz, 2017), así como en España, tanto en sus climas fríos (López et al., 2017) como en los templados y cálidos (López et al., 2018), contribuyendo entre todos a la definición del concepto de edificio de consumo de energía casi nulo –ECCN–.

La EPBD 2002/91/CE (Comunidad Europea, 2002) se transpone en España en la primera versión del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación –CTE-DB-HE–, aprobada por el Real Decreto 314/2006 (Gobierno de España, 2006). A pesar de que la Ley Orgánica de la Edificación 38/1999 (Gobierno de España, 1999) exigía la aprobación de un Código Técnico de la Edificación en el plazo de 2 años a partir de su entrada en vigor –06/05/2000–, éste acaba siendo publicado con 4 años de demora, en 2006. Antes de su entrada en vigor, en 2008, el CTE-DB-HE se actualiza en el Real Decreto 1371/2007 (Gobierno de España, 2007) y en una ulterior corrección de errores (Gobierno de España, 2008). A continuación, sufre una nueva actualización en la Orden Ministerial VIV/984/2009 (Gobierno de España, 2009), con el CTE ya en vigor.

Posteriormente, la EPBD 2010/31/UE (Parlamento Europeo, 2010) se transpone, parcialmente en una primera fase, mediante la actualización de la Orden FOM/1635/2013 (Gobierno de España, 2013a), su corrección de errores (Gobierno de España, 2013b), y la Orden FOM/588/2017 (Gobierno de España, 2017). Estas actualizaciones se centran, entre otras, en la actualización de las demandas energéticas y la limitación de los consumos energéticos. La segunda fase de la transposición se desarrolla con la reciente publicación de la enésima versión del CTE-DB-HE en el Real Decreto 732/2019 (Gobierno de España, 2019), en el que, entre otras actualizaciones, se vuelven a modificar las condiciones para el control de la demanda energética y limitar el consumo energético. Esta última versión incorpora además las modificaciones de la EPBD 2018/844/UE (Parlamento Europeo, 2018), con el objetivo general de reducir la energía necesaria para satisfacer la demanda energética asociada al uso típico de los edificios.

Por otra parte, el crecimiento urbano desde la burbuja inmobiliaria ha ido bajando, tanto en Andalucía como en el resto de España, las densidades edificatorias, hasta situarse por debajo de las 35 viviendas por hectárea (Pozueta, 2015). De acuerdo con la Tabla 1, extraída de la Agencia Europea de Estadística –EuroStat– y del Instituto Nacional de Estadística –INE–, si bien la cuota de viviendas unifamiliares ha ido creciendo tanto en Andalucía como en España frente a las plurifamiliares, del 25% al 40%, todavía se sitúa muy por debajo de la media europea, con casi el 60%. Dado que la entrada en vigor del CTE se produjo a mediados de 2008 y que el plazo promedio para la construcción de una vivienda se sitúa en torno a 2 años (Fuentes, 2009), se ha considerado una primera década desde la entrada en vigor de la LOE 38/1999 hasta la entrega de las últimas construcciones anteriores al CTE y una segunda desde entonces hasta la publicación de la última actualización del CTE-DB-HE. En paralelo a este desarrollo disperso de la sociedad urbana, despoblando los núcleos interiores metropolitanos, expandiendo las infraestructuras de transporte y generalizando el modelo unifamiliar (Catalán, Saurí y Serra, 2008; Gil, Bayona y Pujadas, 2013), crece la tendencia alcista de los precios de la energía (Faiella y Mistretta, 2018), lo que hace necesaria la aplicación de medidas orientadas a la optimización de la demanda y fomento del ahorro y eficiencia energética (Merini et al., 2019).

Tabla 1. Cuota de Viviendas de Nueva Planta en Andalucía, España y Unión Europea 2000-2019

Año	TV AND	TV ESP	VP AND	VP AND	VP ESP	VP UE	VU AND	VU AND	VU ESP	VU UE
2000-2009	853.547	18,47%	627.312	73,49%	75,70%	36,42%	226.235	26,51%	24,30%	63,58%
2010-2019	120.467	20,12%	74.405	61,32%	65,67%	42,37%	46.062	38,68%	34,33%	57,63%

Nota: TV: Total Viviendas, VP: Viviendas Plurifamiliares, VU: Viviendas Unifamiliares

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar el triple impacto económico, energético y medioambiental en una vivienda unifamiliar adosada que deja de ser construida cumpliendo la normativa anterior al CTE, previa a la trasposición de las EPBD, y pasa a ser construida siguiendo las prescripciones de la última versión del CTE-DB-HE. De esta manera se muestran las implicaciones, en materia de ahorro, emisiones y eficiencia energética, asociadas a la aplicación del nuevo CTE-DB-HE hacia el ECCN. Mediante la metodología de estudio de casos, se analiza la eficiencia energética de la edificación en cada uno de los 785 municipios de la Comunidad Autónoma de Andalucía, comparando las diferencias encontradas en los requisitos de aislamiento procedentes del cumplimiento de ambas normativas. Asimismo, se comparan los resultados obtenidos a partir de los datos climáticos oficiales de las correspondientes zonas climáticas suministrados por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en su Herramienta Unificada Líder Calener –HULC– con los datos reales extraídos de las estaciones meteorológicas más próximas a cada localidad del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío –SiAR–. Los resultados de este estudio pueden ayudar a los profesionales del sector de la construcción –diseñadores, arquitectos e ingenieros, constructores e incluso legisladores– a establecer las mejores condiciones para minimizar las emisiones de CO₂ y maximizar el ahorro económico en la fase de uso.

3. Metodología

La vivienda unifamiliar adosada objeto de estudio presenta una superficie útil de 111,25 m², consta de 2 plantas habitables y acondicionadas, con azotea transitable y un programa de 4 dormitorios, 2 baños, salón y cocina, como se muestra en la Figura 1. Con una superficie exterior de 222,68 m², la vivienda aloja un volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio de 300,72 m³, por lo que presenta una compacidad de 1,35. La Tabla 2 resume la composición de las superficies de intercambio térmico a definir.

Figura 1. Plantas Baja y Alta del Caso de Estudio

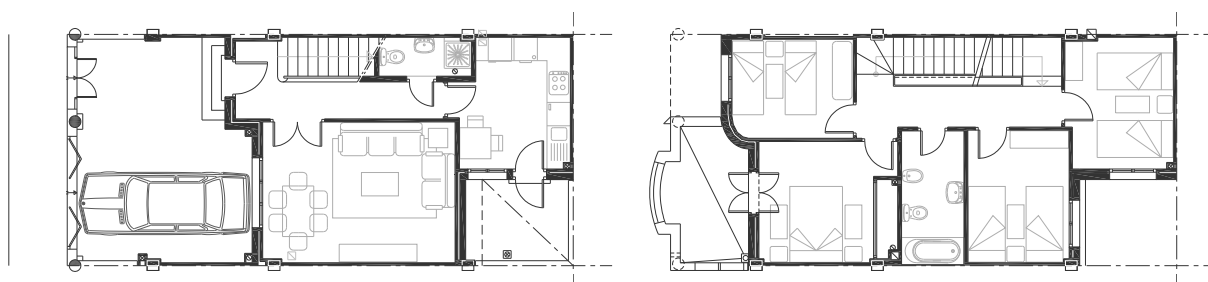


Tabla 2. Superficies (m²) de la Envolvente Térmica del Caso de Estudio

	Fachada	Cubierta	Suelo Exterior	Suelo Terreno	Huecos	Total
Superficie Envolvente	84,11	60,42	44,21	16,20	17,74	222,68

Las viviendas construidas a mediados de la década pasada, en plena burbuja inmobiliaria, han de cumplir el coeficiente de transmisión térmica global del edificio $-K_G-$ de la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios $-NBE CT-79-$ (Gobierno de España, 1979), anterior a la entrada en vigor del primer CTE DB-HE aprobado en el Real Decreto 314/2006. La actualización del marco normativo contenido en el Real Decreto 732/2019 en materia de energía $-CTE DB-HE-19-$, introduce nuevamente un coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica del edificio $-K_{lim}-$. Una vez definida la vivienda objeto de estudio, se procede a abordar las siguientes etapas:

- Definición arquitectónica de los elementos de la envolvente térmica, en función de las zonas climáticas establecidas por cada estándar de referencia $-NBE CT-79, CTE DB-HE-19-$ a las que pertenece cada una de las 785 localidades de Andalucía.
- Determinación de la estación agroclimática de la red SiAR más cercana a cada localidad.
- Configuración del año meteorológico típico $-TMY-$ de cada estación SiAR.
- Simulación energética de cada uno de los 8 escenarios base -2 estándares normativos, 2 datos climáticos, 2 orientaciones $-$ en cada localidad, mediante la herramienta unificada LIDER-CALENER $-HULC-$ (Gobierno de España, 2020), herramienta oficial para la evaluación de demandas, consumos y emisiones de CO₂ mediante una simulación horaria considerando un régimen de transición y el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes y su inercia térmica.
- Evaluación económica, energética y emisiones de los 6.280 escenarios obtenidos.

4. Definición de la Envolvente Térmica

Las Tablas 3–4 recopilan las transmitancias térmicas de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio. Se deja como incógnita el espesor de aislante PUR, a dimensionar en función del estándar de referencia y zona climática correspondiente.

Tabla 3. Definición de la Fachada y Cubierta del Caso de Estudio

Fachada	Espesor	λ / U_f	Cubierta	Espesor	λ / U_c
Mortero Cemento	20	1,300	Baldosa Cerámica	20	1,000
1/2 Pie L.P. Métrico	120	0,512	Mortero Cemento	20	1,300
Mortero Cemento	10	1,300	Geotextil + Lámina Elastómera	10	0,230
Espuma PUR Proyectada	Ef	0,028	Mortero Cemento	20	1,300
Cámara Aire Ventilada	100-Ef	0–0,090	Hormigón Arcilla Expandida	190-Ec	0,350
Tabique L.H. Doble	50	0,445	Espuma PUR Proyectada	Ec	0,028
Guarnecido-Enlucido Yeso	20	0,570	Hormigón Armado	50	2,300
			Entrevigado F.U.H.A.	250	1,020
			Cámara Aire Ventilada	140	0,180
			Escayola	20	0,250
Espesor / Uf	320	0,241–1,504	Espesor / Uc	720	0,223–0,831

Tabla 4. Definición de los Suelos en contacto con el Exterior y Terreno del Caso de Estudio

Suelo Exterior	Espesor	λ / Us	Suelo Terreno	Espesor	λ / Ut
Baldosa Terrazo	20	3,500	Baldosa Terrazo	20	3,500
Mortero Cemento	20	1,300	Mortero Cemento	20	1,300
Arena	30	2,000	Arena	30	2,000
Hórmigon Armado	50	2,300	Hormigón Armado	180	2,300
Entrevigado F.U.H.A.	250	1,020	Espuma PUR Proyectada	Et	0,028
Espuma PUR Proyectada	Es	0,028	Film Polietileno	–	0,230
Cámara Aire NO Ventilada	150-Es	0,180	Grava	240-Et	2,000
Escayola	20	0,250	Hormigón Masa	50	1,650
Espesor / Us	540	0,230–1,2938	Espesor / Ut	540	0,330–0,640

Nota: Espesor en mm, λ en W/m·K, U en W/m²·K

Tanto la NBE CT-79 como el CTE DB-HE-19 fijan los valores máximos de transmitancia U según tipo de cerramiento, así como los coeficientes K_G y K_{lim} . Además, el estándar NBE CT-79 no limita la transmitancia de los huecos ni de los suelos en contacto con el terreno. No obstante, las zonas climáticas –ZC– de cada estándar pueden variar para una misma localidad de una norma a otra. Las Tablas 5–6 muestran la configuración de la envolvente para cada ZC, resolviendo el espesor de aislamiento para cada tipo de cerramiento que, cumpliendo tanto U como K, minimiza el volumen de aislamiento empleado. Procediendo de esta manera se garantiza el cumplimiento de todos los parámetros minimizando el coste y las emisiones, al reducir al mínimo la cantidad de aislamiento utilizado.

Tabla 5. Configuración de Envolvente por Zona Climática según NBE CT-79

ZC	Cumplimiento Normativo						Configuración Envolvente				
	K_G max	U_f max	U_c max	U_s max	U_t max	U_h max	Ef	Ec	Es	Et	Uh
AW *	1,523	1,8	1,4	1,0	–	–	0	0	15	0	2,7
AW–AX **	1,523	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	0	0	15	0	2,3
AW ***	1,523	1,8	1,4	1,0	–	–	0	0	15	0	2,1
AW–AX	1,523	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	0	0	15	0	1,8
BW–BX *	1,001	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	5	5	30	5	2,7
BW–BX **	1,001	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	5	5	20	0	2,3
BW–BX ***	1,001	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	5	0	20	5	2,1
BW–BX	1,001	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	5	0	20	0	1,8
BY **	1,001	1,4	0,9	0,80	–	–	5	5	20	5	2,3
BY	1,001	1,4	0,9	0,80	–	–	5	5	20	0	1,8
CW *	0,740	1,8	1,4	1,0	–	–	20	20	40	10	2,7
CW–CX–CY **	0,740	1,8–1,6–1,4	1,4–1,2–0,9	1,0–0,9–0,8	–	–	15	20	40	15	2,3
CW–CX–CY ***	0,740	1,8–1,6	1,4–1,2	1,0–0,9	–	–	15	15	40	15	2,1
CW–CX–CY	0,740	1,8–1,6–1,4	1,4–1,2–0,9	1,0–0,9–0,8	–	–	15	15	25	10	1,8
DY ***	0,653	1,4	0,9	0,80	–	–	20	25	45	15	2,1
DW–DX–DY	0,653	1,8–1,6–1,4	1,4–1,2–0,9	1,0–0,9–0,8	–	–	20	25	45	10	1,8
EW–EX–EY	0,566	1,8–1,6–1,4	1,4–1,2–0,9	1,0–0,9–0,8	–	–	30	35	50	15	1,8

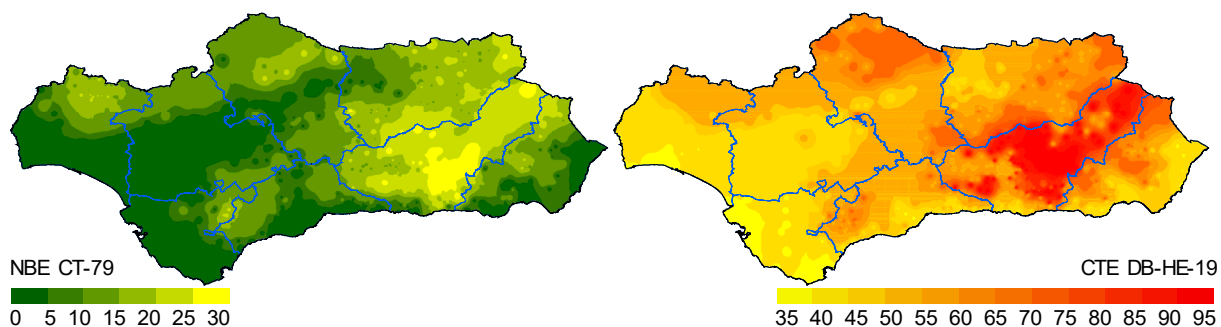
Tabla 6. Configuración de Envolvente por Zona Climática según CTE DB-HE-19

ZC	Cumplimiento Normativo						Configuración Envolvente				
	K_{lim} max	U_f max	U_c max	U_s max	U_t max	U_h max	Ef	Ec	Es	Et	Uh
A *	0,623	0,70	0,50	0,70	0,80	2,7	65	55	70	25	2,7
A	0,623	0,70	0,50	0,70	0,80	2,7	45	45	55	15	1,8
B **	0,602	0,56	0,44	0,56	0,75	2,3	60	55	65	25	2,3
B	0,602	0,56	0,44	0,56	0,75	2,3	50	45	50	25	1,8
C ***	0,552	0,49	0,40	0,49	0,70	2,1	70	65	75	30	2,1
C	0,552	0,49	0,40	0,49	0,70	2,1	65	55	70	25	1,8
D	0,502	0,41	0,35	0,41	0,65	1,8	80	70	85	40	1,8
E	0,452	0,37	0,33	0,37	0,59	1,8	100	100	100	65	1,8

Nota: * U_h max para ZC A. ** U_h max para ZC B. *** U_h max para ZC C. ■ Simulación: U_h max para ZC D, E

La Figura 2 muestra los espesores promedio de los cerramientos –fachada, cubierta, suelo exterior y suelo en contacto con el terreno– de la envolvente para cada situación normativa, produciéndose un incremento entre 25 y 75 milímetros, con un promedio de 44 ± 11 .

Figura 2. Espesores de Aislamiento para cada Configuración de Envolvente

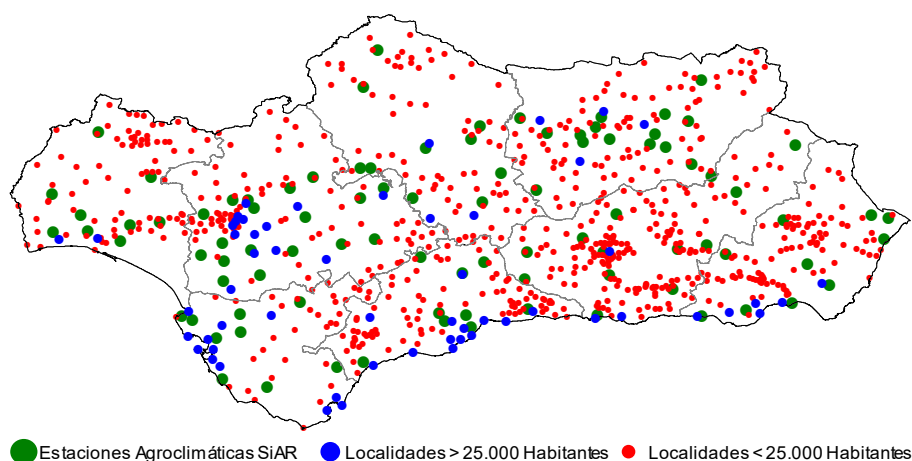


5. Red de Estaciones Agroclimáticas SiAR

El Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, al amparo de la Iniciativa Comunitaria INTERREG II-C, desarrolló durante los años 1998–2001 en casi toda España –salvo Asturias, Cantabria, Cataluña, La Rioja y País Vasco–, un proyecto consistente en la instalación de un Sistema de Información Agroclimática para el Regadío –SiAR– con el objeto de proporcionar información de base para calcular necesidades de riego y mejorar la eficiencia en la utilización del agua. Se trata de una infraestructura que captura, registra y transmite los datos necesarios para el cálculo de la demanda hídrica: temperatura y humedad del aire, velocidad y dirección del viento, radiación solar y precipitación, de forma que se puedan extraer conclusiones basadas en datos reales de las propias zonas.

Actualmente, existen 101 estaciones activas en Andalucía. A continuación, se localiza la estación más cercana a cada uno de los 785 municipios andaluces. Tras este cálculo, 93 estaciones distintas resultan ser las más próximas, a una distancia entre 1 y 54 kilómetros, con un promedio de 15 ± 8 . Una vez seleccionadas, se configura el TMY para cada estación, utilizando los años 2010-2019 para su elaboración. La Figura 2 muestra la ubicación de las 785 localidades, distinguiendo las mayores de 25 mil habitantes, y las 93 estaciones SiAR.

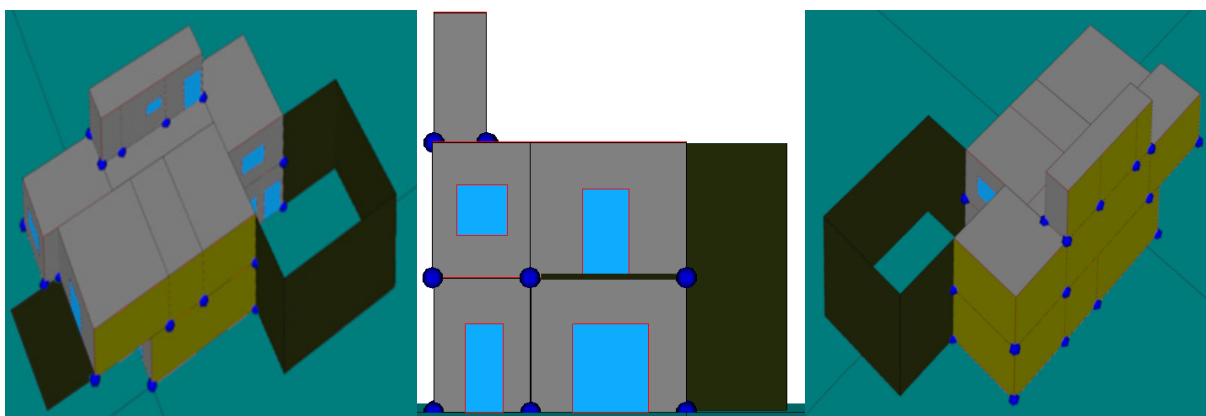
Figura 2. Distribución de Localidades y Estaciones Agroclimáticas de Andalucía



6. Simulación Energética

La Figura 3 muestra el modelo de simulación empleado en HULC de la vivienda unifamiliar adosada utilizada como caso de estudio.

Figura 3. Modelo de Simulación Energética en HULC

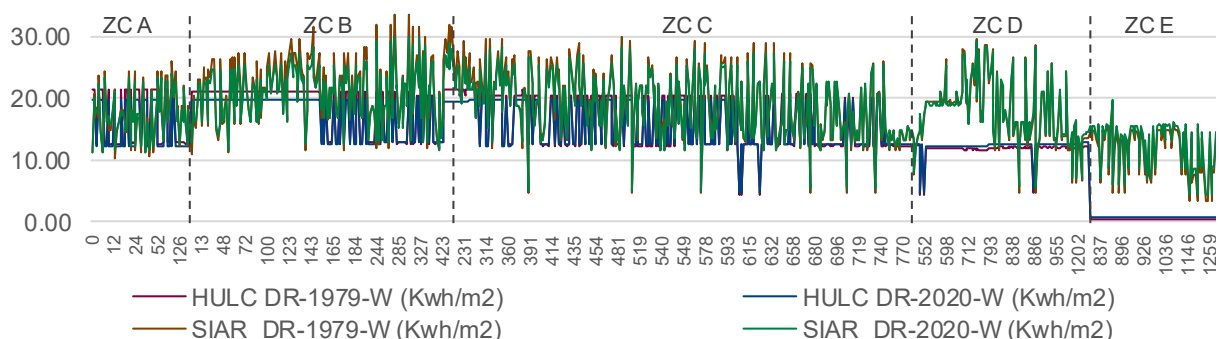


Dado que se pretenden obtener las demandas energéticas, tanto de calefacción como de refrigeración, se estudia en primer lugar las orientaciones necesarias para obtener los valores máximos. La máxima demanda de calefacción se obtiene en la orientación Norte y la máxima demanda de refrigeración en la orientación Oeste. Estas 2 orientaciones serán las estudiadas. Por tanto, se estudian para cada una de las 785 localidades, 2 configuraciones de envolvente –NBE CT-79 y CTE DB-HE-19–, 2 datos climáticos –oficiales del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y SiAR– y 2 orientaciones, dando un total de 6.280 escenarios calculados.

7. Resultados

En primer lugar, se estudian las demandas energéticas obtenidas de refrigeración –DR, orientación oeste–, con las configuraciones de las normas de 1979 y 2019 y datos climáticos oficiales –HULC– y del SiAR. Para una mejor comprensión, la Figura 4 muestra estas demandas por ZC –de la A a la E–, ordenadas de modo que se incrementa de izquierda a derecha la altitud de cada localidad. De acuerdo con los datos climáticos oficiales, estas demandas pasan de estar comprendidas entre 0,3 y 21,4 con un promedio de $14,1 \pm 6,4$ kWh/m² para la NBE CT-79 a estar entre 0,6 y 19,9 con un promedio de $13,8 \pm 5,8$ kWh/m² para el CTE DB-HE-19. Si se utilizan los datos de las estaciones SiAR, estas demandas pasan de estar entre 3,4 y 33,5 con un promedio $18,4 \pm 5,9$ kWh/m² a estar entre 4,3 y 29,8 con un promedio de $18,2 \pm 5,2$ kWh/m². Por tanto, si bien apenas hay diferencia entre las dos situaciones normativas, sí que existe cierta diferencia en relación con los datos climáticos utilizados, incrementándose un promedio de 4,4 con picos de hasta 10,9 kWh/m².

Figura 4. DR para los 4 Escenarios en Orientación Oeste

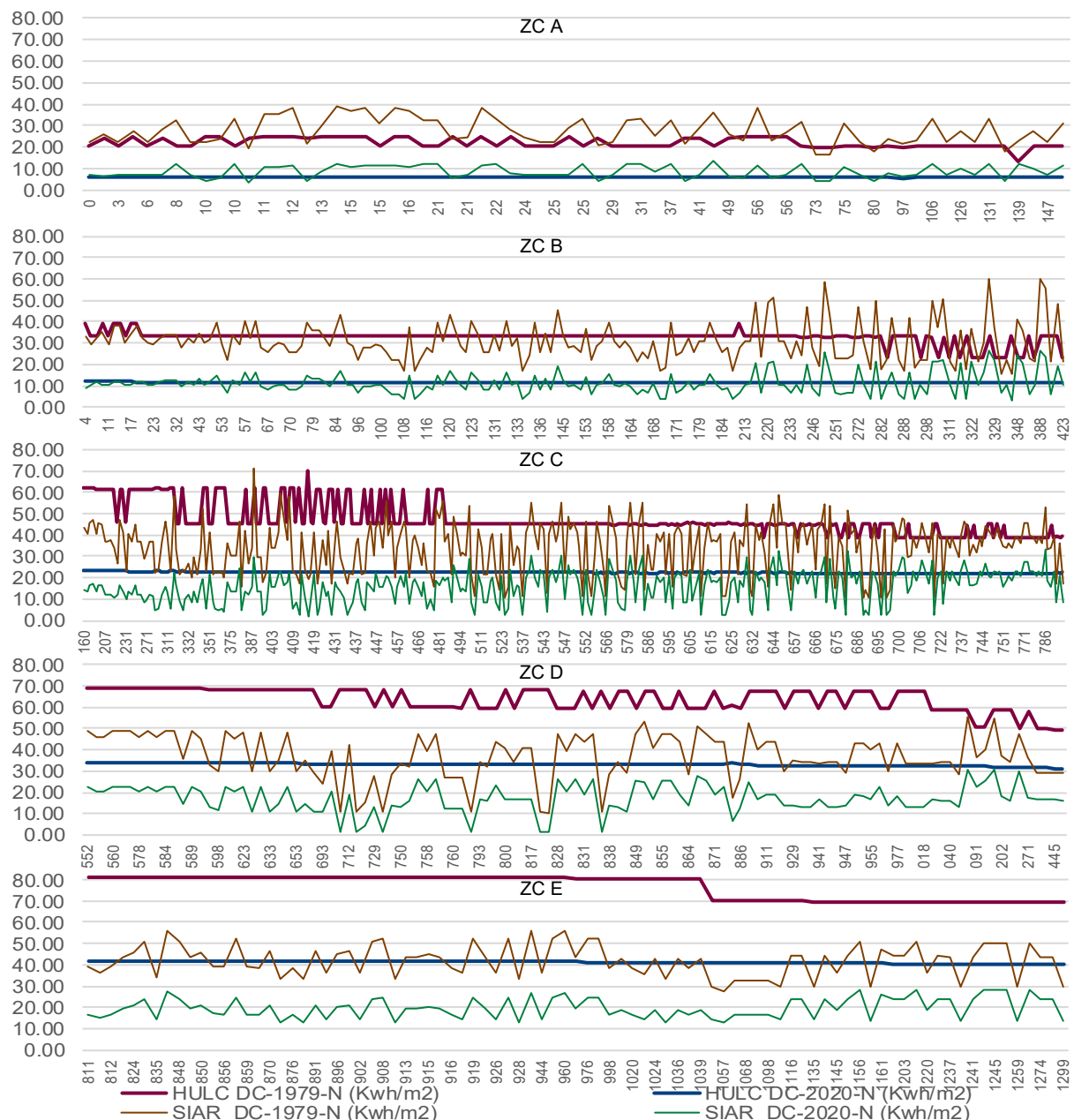


En segundo lugar, se estudian las demandas energéticas obtenidas de calefacción –DC, orientación norte–, análogamente a lo realizado con las DR, comparando tanto los marcos normativos como los datos climáticos. En esta ocasión, debido a las diferencias encontradas, estas demandas se presentan en una gráfica por cada ZC.

De acuerdo con los datos climáticos oficiales, estas DC pasan de estar comprendidas entre 13,4 y 81,3 con un promedio de $47,5 \pm 16,6$ kWh/m² para la NBE CT-79 a estar entre 5,9 y 42,0 con un promedio de $22,3 \pm 10,3$ kWh/m² para el CTE DB-HE-19. Si se utilizan los datos de las estaciones SiAR, estas demandas pasan de estar entre 10,4 y 71,5 con un promedio $34,2 \pm 10,8$ kWh/m² a estar entre 1,5 y 32,9 con un promedio de $14,9 \pm 7,0$ kWh/m². Por tanto, el cambio normativo ha implicado una disminución de 25,2 kWh/m² –un 53%– si se utilizan los datos climáticos oficiales y de 19,3 kWh/m² –un 56%– si se utilizan los datos del SiAR. Asimismo, comparando los datos climáticos se obtiene una diferencia de 13,3 kWh/m² –un 28%– con la NBE CT-79 y de 7,4 kWh/m² –un 33%– con el CTE DB-HE-19.

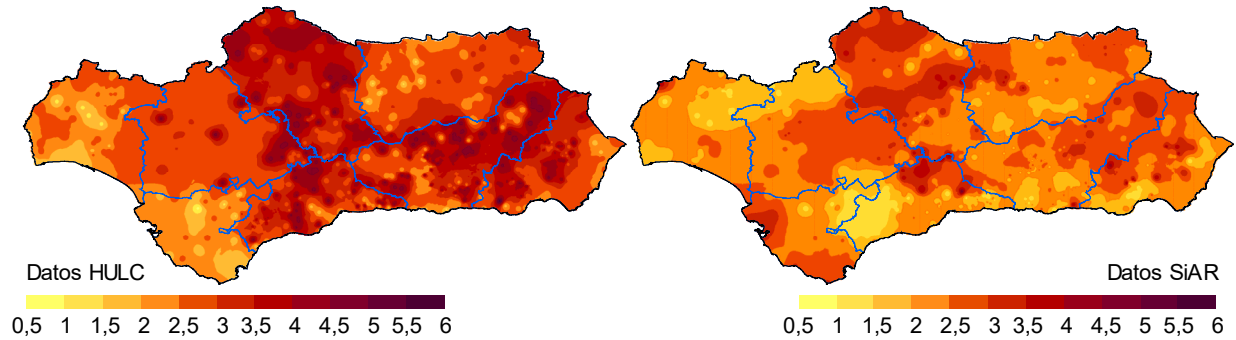
Por ZC, puede apreciarse en la Figura 6 como en la ZC A los datos climáticos oficiales subestiman claramente los resultados obtenidos con los datos del SiAR. Asimismo, en la ZC B los resultados son bastante equilibrados. Por el contrario, a partir de la ZC C en adelante, D y E, los datos climáticos oficiales sobrestiman, cada vez con mayor claridad, los resultados obtenidos con los datos del SiAR, llegando a duplicarse.

Figura 6. DC para los 4 Escenarios en Orientación Norte



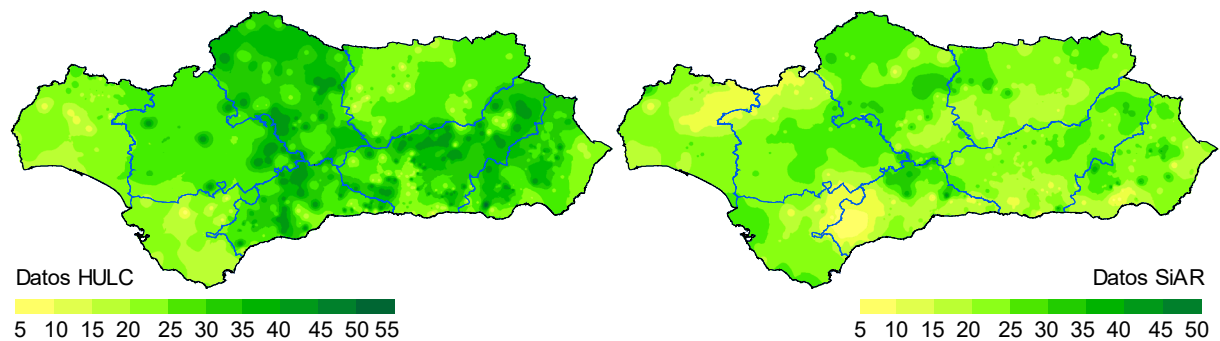
En relación con el consumo eléctrico, considerando el rendimiento nominal de los sistemas del CTE DB-HE-19 –0,92 para producción de calor y 2,60 para producción de frío–, el cambio normativo ahorra entre 0,9 y 5,7 con un promedio de $3,1 \pm 0,9$ MWh/año, de acuerdo con los datos climáticos oficiales. Si se utilizan los datos del SiAR, este oscila entre 0,9 y 5,1 con un promedio de $2,3 \pm 0,6$ MWh/año –un 23,34% menos–, como muestra la Figura 7.

Figura 7. Ahorro de Consumo Eléctrico Anual: NBE CT-79 – CTE DB-HE-19



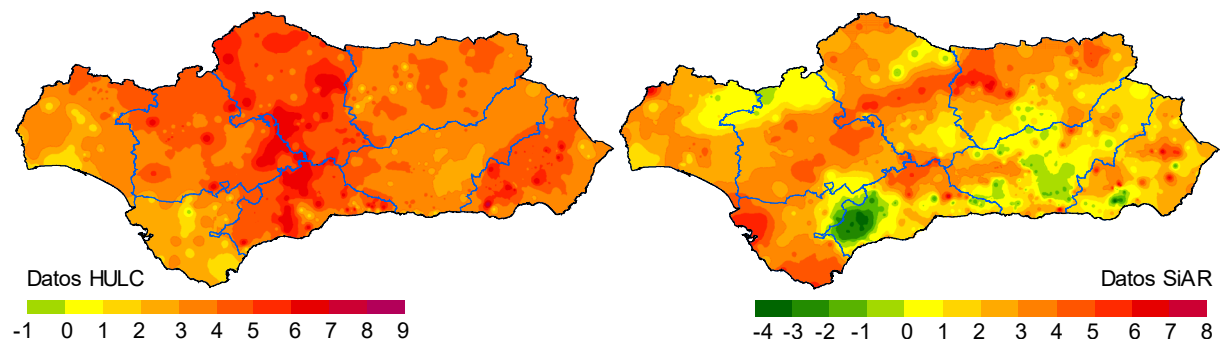
En relación con las emisiones, considerando un factor de emisión de CO₂ de 0,331 kgCO₂/kWh, el cambio normativo ahorra entre 8,1 y 53,6 con un promedio de $28,3 \pm 8,6$ t CO₂ de acuerdo con los datos climáticos oficiales, en el período de 2020 a 2050 y una vez descontado el incremento de emisiones debido al aumento de aislamiento –tomando una densidad de 40 kg/m³ y una emisión de 3,2 kg CO₂ por m³ para la espuma de poliuretano PUR–. Si se utilizan los datos del SiAR, este oscila entre 7,8 y 47,8 con un promedio de $21,4 \pm 6,1$ t CO₂ –un 24,42% menos–, como muestra la Figura 8.

Figura 8. Ahorro de Emisiones 2020-2050: NBE CT-79 – CTE DB-HE-19



En relación con el ahorro económico, considerando un precio de aislamiento de $0,90 + 1,25 \cdot E$, de acuerdo a la Base de Costes de la Construcción de Andalucía, y un precio de la energía de 0,240 €/kWh en 2020, 0,201 en 2030, 0,199 en 2040 y 0,197 en 2050, según el escenario base propuesto por la UE, el cambio normativo genera una tasa interna de retorno –TIR– entre -4,0% y 7,8% con un promedio de $2,0 \pm 2,1$ % de acuerdo a los datos climáticos oficiales, en el período de 2020 a 2050. Si se utilizan los datos del SiAR, este oscila entre -0,5% y 8,4% con un promedio de $4,0 \pm 1,2$ %, como muestra la Figura 9.

Figura 9. Ahorro Económico: TIR 2020-2050: NBE CT-79 – CTE DB-HE-19



La Tabla 7 sintetiza los principales resultados encontrados en relación con la configuración de la envolvente –espesores de aislamiento– y consumos energéticos anuales para los escenarios planteados –marcos normativos NBE CT-79 y CTE DB-HE-79, datos climáticos oficiales y del SiAR, orientaciones N para calefacción y O para refrigeración–.

Tabla 7. Resultados Obtenidos: Localidades mayores de 25.000 habitantes. Parte 1-2

P	MUNICIPIO	H	ZC79	ZC19	E79	E19	ΔE	C1-79	C1-19	ΔC1	SiAR	D	ΔH	C2-79	C2-19	ΔC2	ΔC
AL	Adra	11	AW	A4	1	39	38	3866	1560	-2306	AL10	2692	-9	3073	1180	-1893	413
	Almería	27	AW	A4	1	39	38	3864	1558	-2306	AL02	5850	-22	3498	1486	-2012	293
	Ejido (El)	80	BW	A4	4	39	36	3362	1554	-1808	AL01	9746	57	3092	1420	-1672	136
	Níjar	353	BW	B3	4	43	39	4560	1942	-2618	AL11	4623	-184	3811	1744	-2067	550
	Roquetas de Mar	12	AW	A4	1	39	38	3866	1560	-2306	AL01	8369	125	3562	1425	-2138	169
	Vícar	276	BW	B3	4	43	39	4574	1952	-2622	AL01	7377	-139	3069	1379	-1690	932
CA	Algeciras	22	BW	A3	4	39	36	3038	1257	-1781	CA07	32080	28	4736	2157	-2579	-798
	Arcos de la Frontera	139	CW	A3	15	39	25	2156	1248	-908	CA01	18264	-100	3426	2154	-1271	-363
	Cádiz	15	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CA10	13645	-12	5404	2203	-3200	-925
	Chiclana de la Frontera	13	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CA05	9706	9	4055	1556	-2499	-224
	Jerez de la Frontera	56	AW	A3	1	39	38	3527	1255	-2273	CA10	9632	-53	5397	2198	-3199	-926
	Línea de la Concepción, La	10	BW	A3	4	39	36	3039	1258	-1781	CA07	28253	40	4738	2158	-2579	-798
	Puerto de Santa María, El	15	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CA10	5072	-12	5404	2203	-3200	-925
	Puerto Real	12	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CA10	8570	-9	5404	2204	-3201	-925
	Rota	14	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CA11	11612	15	5299	2112	-3187	-912
	San Fernando	21	AW	A3	1	39	38	3532	1257	-2275	CA10	15586	-18	5403	2203	-3200	-926
San Roque	106	BW	A3	4	39	36	3027	1251	-1777	CA07	22673	-56	4721	2145	-2577	-800	
Sanlúcar de Barrameda	11	AW	A3	1	39	38	3533	1258	-2275	CAX1	5127	-4	4873	1967	-2907	-631	
CO	Córdoba	132	BX	B4	4	43	39	4917	2269	-2648	CO06	3721	-38	6181	3125	-3056	-408
	Lucena	494	CW	C4	15	54	39	6330	3559	-2771	COX1	11055	49	4445	2453	-1992	779
	Puente Genil	219	CW	C4	15	54	39	6405	3630	-2775	CO07	17841	-23	4151	2374	-1777	998
GR	Almuñécar	24	BW	A4	4	39	36	3369	1559	-1811	GR11	2197	5	3451	1424	-2027	-217
	Granada	697	CY	C3	15	54	39	5979	3228	-2751	GRX1	3634	-67	6100	3441	-2659	92
	Motril	41	AW	A4	1	39	38	3862	1557	-2305	GR11	14487	-12	4002	1422	-2580	-275
H	Huelva	21	BW	A4	4	39	36	3370	1559	-1811	H11	8190	22	4517	2078	-2439	-628
	Lepe	25	BX	A4	4	39	36	3369	1559	-1811	H02	6425	20	3410	1592	-1818	-7
J	Andújar	215	BX	B4	4	43	39	4902	2258	-2644	J12	10604	42	7156	3644	-3512	-868
	Jaén	576	CW	C4	15	54	39	6308	3538	-2770	J15	13979	-277	5837	3455	-2382	388
	Linares	411	CX	C4	15	54	39	6352	3580	-2772	J17	4056	21	6100	3655	-2445	327
	Úbeda	737	CX	C4	15	54	39	6266	3499	-2768	J08	9389	-394	6122	3534	-2588	179
	MA	Alhaurín de la Torre	56	AW	A3	1	39	38	3527	1255	-2273	MA07	4482	-39	3881	1703	-2179
Antequera		519	CX	C3	15	54	39	6026	3271	-2755	MA10	1650	-79	5391	3046	-2345	410
Benalmádena		246	BW	B3	4	43	39	4579	1956	-2623	MA07	10750	-229	3402	1660	-1742	881
Cártama		103	BW	A3	4	39	36	3028	1251	-1777	MA09	4279	-25	3871	1886	-1985	-208
Estepona		10	AW	A3	1	39	38	3534	1258	-2275	MA04	6221	175	3635	1461	-2175	101
Fuengirola		10	AW	A3	1	39	38	3534	1258	-2275	MA07	18484	7	3887	1706	-2181	95
Málaga		21	AW	A3	1	39	38	3532	1257	-2275	MA07	8997	-4	3886	1705	-2180	95
Marbella		24	AW	A3	1	39	38	3532	1257	-2274	MA09	29574	54	4408	1894	-2514	-239
Mijas		421	BW	C3	4	54	50	7991	3296	-4695	MA09	13955	-343	3829	1640	-2190	2505
Rincón de la Victoria		4	AW	A3	1	39	38	3534	1259	-2276	MA02	15627	29	4059	1634	-2425	-149
SE	Ronda	721	CW	D3	15	69	54	8750	4558	-4193	MA04	33285	-536	2273	1168	-1105	3088
	Torremolinos	52	AW	A3	1	39	38	3528	1255	-2273	MA07	5790	-35	3882	1703	-2179	94
	Vélez-Málaga	56	AW	A3	1	39	38	3527	1255	-2273	MA02	3374	-23	4052	1630	-2422	-149
	Alcalá de Guadaíra	56	BW	B4	4	43	39	4931	2279	-2652	SE12	14986	-31	4414	2121	-2293	358
	Camas	11	BW	B4	4	43	39	4939	2285	-2654	SE12	11392	14	4421	2126	-2295	359
	Carmona	218	BW	C4	4	54	50	8356	3630	-4726	SEX1	9172	-143	5168	2245	-2923	1803
	Coria del Río	13	BW	B4	4	43	39	4939	2285	-2654	SE07	9786	-10	4318	1974	-2344	310
	Dos Hermanas	48	BW	B4	4	43	39	4933	2280	-2652	SE21	10981	-38	4555	2118	-2437	215
	Écija	109	BW	B4	4	43	39	4921	2272	-2649	SE09	5788	0	5741	2845	-2895	-246
	Lebrija	36	BW	B4	4	43	39	4935	2282	-2653	SE03	7642	-35	4447	2031	-2417	236
SE	Mairena del Aljarafe	68	BX	B4	4	43	39	4929	2278	-2651	SE07	14498	-65	4310	1968	-2341	310
	Morón de la Frontera	231	CW	C4	15	54	39	6401	3626	-2775	SE18	13913	-38	3744	2166	-1578	1197
	Palacios y Villafranca, Los	9	BW	B4	4	43	39	4940	2286	-2654	SE21	3635	1	4561	2123	-2439	215
	Rinconada, La	12	AX	B4	1	43	42	5606	2285	-3320	SE19	3060	0	5576	2425	-3151	169
	Sevilla	8	BW	B4	4	43	39	4940	2286	-2654	SE12	10387	17	4421	2126	-2295	359
	Tomares	69	BX	B4	4	43	39	4929	2278	-2651	SE12	14062	-44	4412	2120	-2293	358
	Utrera	49	BW	B4	4	43	39	4932	2280	-2652	SE16	9634	28	5553	2594	-2958	-306
	Andalucía > 25 Mil Habitantes	140	-	-	5	44	39	4531	2035	-2496	-	10875	-42	4501	2104	-2397	99
Andalucía < 25 Mil Habitantes	538	-	-	13	58	45	6489	3385	-3103	-	14812	-112	4950	2614	-2336	767	
Andalucía Total	509	-	-	13	57	44	6344	3285	-3058	-	14520	-107	4917	2576	-2341	717	

Nota: H Altura en metros E Espesor en milímetros C1 Consumo con Datos HULC, C2 Consumo con Datos SiAR

Para finalizar, la Tabla 8 sintetiza los principales resultados encontrados en relación con las emisiones de CO₂ y variables económicas –PB, VAN y TIR– para los escenarios planteados –marcos normativos NBE CT-79 y CTE DB-HE-79, datos climáticos oficiales y del SiAR, orientaciones N para calefacción y O para refrigeración– en el período 2020-2050.

Tabla 8. Resultados Obtenidos: Localidades mayores de 25.000 habitantes. Parte 2-2

P	MUNICIPIO	GΔE	G1	ΔG1	G2	ΔG2	ΔG	PB1	PB2	ΔPB	VAN1	VAN2	ΔVAN	TIR1	TIR2	ΔTIR
AL	Adra	1,00	-22,28	-21,28	-18,23	-17,23	4,06	19	24	5	3,00	0,74	-2,25	2,99	1,52	-1,47
	Almería	1,00	-22,27	-21,27	-19,42	-18,42	2,86	19	22	3	2,99	1,39	-1,60	2,99	1,96	-1,03
	Ejido (El)	0,94	-17,48	-16,55	-16,14	-15,20	1,34	23	26	3	0,89	0,15	-0,74	1,67	1,11	-0,55
	Níjar	1,10	-25,24	-24,14	-19,96	-18,86	5,28	18	23	5	4,35	1,35	-3,00	3,72	1,90	-1,82
	Roquetas de Mar	0,94	-22,28	-21,35	-20,62	-19,69	1,66	19	21	2	2,99	2,08	-0,92	2,99	2,41	-0,58
	Vícar	1,04	-25,28	-24,24	-16,30	-15,26	8,98	17	28	11	4,37	-0,71	-5,08	3,73	0,50	-3,24
CA	Algeciras	0,65	-17,18	-16,53	-24,88	-24,23	-7,70	24	16	-8	0,74	5,10	4,36	1,55	4,45	2,90
	Arcos de la Frontera	0,65	-8,76	-8,12	-12,26	-11,61	-3,50	>31	23	-10	-1,23	0,75	1,98	-0,45	1,81	2,26
	Cádiz	0,94	-21,94	-21,01	-30,86	-29,92	-8,92	20	13	-7	2,82	7,87	5,05	2,88	5,80	2,92
	Chiclana de la Frontera	0,65	-21,94	-21,30	-24,05	-23,41	-2,11	20	18	-2	2,82	4,04	1,22	2,88	3,63	0,75
	Jerez de la Frontera	1,00	-21,92	-20,92	-30,84	-29,84	-8,92	20	13	-7	2,81	7,86	5,05	2,87	5,79	2,92
	Línea de la Concepción, La	0,94	-17,19	-16,25	-24,88	-23,95	-7,70	24	16	-8	0,75	5,10	4,35	1,56	4,45	2,89
	Puerto de Santa María, El	0,94	-21,94	-21,01	-30,86	-29,92	-8,92	20	13	-7	2,82	7,87	5,05	2,88	5,80	2,92
	Puerto Real	1,00	-21,94	-20,94	-30,86	-29,86	-8,92	20	13	-7	2,82	7,87	5,05	2,88	5,80	2,92
	Rota	0,94	-21,94	-21,01	-30,71	-29,78	-8,77	20	14	-6	2,82	7,80	4,97	2,88	5,76	2,88
	San Fernando	0,94	-21,94	-21,00	-30,86	-29,92	-8,92	20	13	-7	2,82	7,87	5,05	2,88	5,80	2,92
	San Roque	0,94	-17,14	-16,21	-24,86	-23,92	-7,71	24	16	-8	0,72	5,08	4,36	1,54	4,44	2,90
Sanlúcar de Barrameda	0,94	-21,94	-21,01	-27,99	-27,06	-6,05	20	15	-5	2,82	6,27	3,44	2,88	4,92	2,03	
CO	Córdoba	1,04	-25,56	-24,53	-29,53	-28,49	-3,96	17	15	-2	4,52	6,74	2,23	3,82	5,05	1,23
	Lucena	1,32	-26,74	-25,42	-19,20	-17,89	7,53	16	23	7	5,29	1,03	-4,25	4,28	1,70	-2,58
	Puente Genil	1,32	-26,78	-25,46	-17,14	-15,82	9,64	16	26	10	5,31	-0,14	-5,45	4,29	0,90	-3,39
GR	Almuñécar	0,65	-17,51	-16,86	-19,53	-18,89	-2,03	23	21	-2	0,91	2,09	1,18	1,67	2,51	0,83
	Granada	1,03	-26,52	-25,49	-25,64	-24,61	0,88	16	17	1	5,18	4,67	-0,50	4,22	3,93	-0,29
	Motril	0,65	-22,27	-21,62	-24,85	-24,21	-2,58	19	17	-2	2,99	4,49	1,50	2,98	3,89	0,91
H	Huelva	0,94	-17,51	-16,57	-23,52	-22,58	-6,01	23	17	-6	0,91	4,34	3,43	1,68	3,98	2,30
	Lepe	0,94	-17,50	-16,57	-17,51	-16,57	0,00	23	23	0	0,91	0,94	0,04	1,67	1,70	0,03
J	Andújar	1,04	-25,52	-24,49	-33,93	-32,89	-8,40	17	13	-4	4,49	9,23	4,74	3,80	6,36	2,55
	Jaén	1,03	-26,73	-25,70	-23,01	-21,98	3,72	16	19	3	5,28	3,16	-2,12	4,28	3,04	-1,23
	Linares	1,03	-26,75	-25,72	-23,61	-22,58	3,14	16	19	3	5,29	3,51	-1,79	4,28	3,25	-1,03
	Úbeda	1,03	-26,70	-25,68	-24,98	-23,95	1,73	16	18	2	5,27	4,29	-0,98	4,27	3,71	-0,56
MA	Alhaurín de la Torre	0,65	-21,92	-21,27	-21,03	-20,38	0,89	20	21	1	2,81	2,30	-0,51	2,87	2,55	-0,32
	Antequera	1,03	-26,55	-25,53	-22,61	-21,58	3,94	16	20	4	5,20	2,96	-2,23	4,23	2,92	-1,31
	Benalmádena	0,75	-25,29	-24,55	-16,82	-16,07	8,48	17	27	10	4,38	-0,43	-4,81	3,74	0,70	-3,04
	Cártama	0,65	-17,14	-16,50	-19,18	-18,53	-2,04	24	21	-3	0,72	1,86	1,14	1,54	2,35	0,81
	Estepona	0,65	-21,94	-21,30	-20,97	-20,32	0,97	20	21	1	2,83	2,28	-0,55	2,88	2,54	-0,35
	Fuengirola	0,47	-21,94	-21,47	-21,05	-20,58	0,90	20	21	1	2,83	2,31	-0,52	2,88	2,56	-0,33
	Málaga	0,47	-21,94	-21,47	-21,04	-20,57	0,89	20	21	1	2,82	2,31	-0,52	2,88	2,55	-0,33
	Marbella	0,65	-21,94	-21,29	-24,28	-23,63	-2,34	20	18	-2	2,82	4,13	1,31	2,88	3,68	0,80
	Mijas	0,85	-45,27	-44,41	-21,14	-20,29	24,12	12	28	16	13,00	-0,67	-13,67	6,86	0,63	-6,23
	Rincón de la Victoria	0,47	-21,95	-21,48	-23,38	-22,91	-1,43	20	18	-2	2,83	3,64	0,81	2,88	3,38	0,50
Ronda	1,42	-40,41	-38,99	-10,63	-9,21	29,78	15	>31	47	9,27	-7,58	-16,85	5,06	-3,80	-8,87	
SE	Torremolinos	0,47	-21,92	-21,45	-21,03	-20,56	0,89	20	21	1	2,81	2,30	-0,51	2,87	2,55	-0,32
	Vélez-Málaga	0,65	-21,92	-21,27	-23,36	-22,71	-1,44	20	18	-2	2,81	3,63	0,82	2,87	3,38	0,50
	Alcalá de Guadaíra	0,57	-25,60	-25,03	-22,13	-21,55	3,48	17	20	3	4,54	2,58	-1,96	3,83	2,67	-1,16
	Camas	0,57	-25,62	-25,05	-22,14	-21,57	3,48	17	20	3	4,55	2,59	-1,96	3,83	2,68	-1,16
	Carmona	0,85	-45,61	-44,75	-28,23	-27,37	17,38	12	20	8	13,16	3,33	-9,83	6,93	2,70	-4,23
	Coria del Río	0,57	-25,62	-25,05	-22,58	-22,01	3,04	17	20	3	4,55	2,86	-1,69	3,83	2,84	-0,99
	Dos Hermanas	0,57	-25,60	-25,03	-23,48	-22,91	2,12	17	19	2	4,54	3,36	-1,17	3,83	3,14	-0,68
	Écija	0,57	-25,58	-25,00	-27,97	-27,40	-2,40	17	16	-1	4,52	5,86	1,34	3,82	4,57	0,75
	Lebrija	0,57	-25,61	-25,04	-23,28	-22,71	2,33	17	19	2	4,54	3,25	-1,29	3,83	3,08	-0,75
	Mairena del Aljarafe	0,57	-25,59	-25,02	-22,56	-21,99	3,04	17	20	3	4,53	2,84	-1,69	3,83	2,83	-0,99
	Morón de la Frontera	0,85	-26,77	-25,92	-15,22	-14,36	11,56	16	30	14	5,31	-1,22	-6,53	4,29	0,11	-4,18
	Palacios y Villafranca, Los	0,57	-25,62	-25,05	-23,50	-22,93	2,12	17	19	2	4,55	3,37	-1,18	3,83	3,15	-0,68
	Rinconada, La	0,35	-32,04	-31,70	-30,40	-30,05	1,64	14	15	1	7,57	6,64	-0,92	5,26	4,79	-0,47
Sevilla	0,35	-25,62	-25,27	-22,14	-21,79	3,48	17	20	3	4,55	2,59	-1,96	3,83	2,68	-1,16	
Tomares	0,35	-25,59	-25,25	-22,12	-21,77	3,47	17	20	3	4,53	2,58	-1,96	3,83	2,67	-1,16	
Utrera	0,35	-25,60	-25,25	-28,52	-28,17	-2,92	17	15	-2	4,54	6,21	1,67	3,83	4,76	0,93	
Andalucía > 25 Mil Habitantes		0,80	-24,09	-23,29	-23,12	-22,32	0,97	18,80	20,08	1,28	3,85	3,31	-0,54	3,33	3,10	-0,23
Andalucía < 25 Mil Habitantes		1,19	-29,93	-28,74	-22,53	-21,34	7,40	16,94	24,27	7,33	5,72	1,54	-4,18	4,02	1,94	-2,09
Andalucía Total		1,16	-29,49	-28,34	-22,57	-21,41	6,92	17,07	23,96	6,89	5,58	1,67	-3,91	3,97	2,02	-1,95

Nota: G Emisiones PB PayBack VAN Valor Actual Neto TIR Tasa Interna Retorno 1 Datos HULC 2 Datos SiAR

9. Conclusiones

En este trabajo se ha estudiado, a nivel energético, medioambiental y económico, la evolución sufrida por el marco normativo en el período comprendido entre la entrada en vigor de la LOE 38/1999 en el año 2000 y la transposición de las EPBD 2002/91/CE, 2010/31/UE y 2018/844/UE en el nuevo CTE-DB-HE de 2019, que hace realidad en España las condiciones a cumplir para los ECCN. Para ello, se analiza una vivienda unifamiliar adosada tipo en las 785 localidades de la Comunidad Autónoma de Andalucía, utilizando los datos climáticos oficiales y contrastándolos con los datos de las estaciones agroclimáticas SiAR, lo que supone el análisis de 6.280 casos.

El cambio normativo supone un ahorro energético anual del 48,66%. Además, de acuerdo con los datos del SiAR, este ahorro se sitúa en el 47,82%. En ambos casos, se confirma un ahorro de casi el 50%. De igual manera, a nivel medioambiental, esto supone un ahorro anual de emisiones del 47,93% con los datos climáticos oficiales y del 47,14% con los datos del SiAR. En consecuencia, a nivel energético y medioambiental, se han cumplido con creces las intenciones legislativas – las EPBD 2002/91/CE y 2010/31/UE perseguían un ahorro en emisiones y eficiencia del 20% de para 2020 y la EPBD 2018/844/UE del 40% en emisiones y del 27% en eficiencia para 2030–. Sin embargo, a nivel económico, los resultados positivos no son generales. El retorno de la inversión que supone mejorar la envolvente térmica mediante el ahorro en la factura eléctrica se logra en 784 de las 785 localidades con los datos oficiales, pero en 645 con los datos del SiAR, lo que supone que en 140 localidades no se obtiene todavía un retorno positivo para 2050.

Referencias

- Catalán, B., Saurí, D., y Serra, P. (2008). Urban sprawl in the Mediterranean? *Landscape and Urban Planning*, 85(3-4), 174-184. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.11.004.
- Comunidad Europea. (2002). Directiva 2002/91/CE: Eficiencia Energética en Edificios. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 65-71.
- Duarte, R., Sánchez, J., y Sarasa, C. (2018). Consumer-side actions in a low-carbon economy: A dynamic CGE analysis for Spain. *Energy Policy*, 118, 199-210. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.03.065.
- Faiella, I., y Mistretta, A. (2018). *Energy costs and competitiveness in Europe*. Rome: Banco de Italia.
- Fuentes, D. (2009). Una nota sobre el exceso de oferta de viviendas y la duración del ajuste del sector. *Boletín económico de ICE, Información Comercial Española*, 2958, 15-24.
- Gaglia, A.G., Tsikaloudaki, A.G., Laskos, C.M., Dialynas, E.N., y 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. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.09.008.
- Gil, F., Bayona, J., y Pujadas, I. (2013). From boom to crash: Spanish urban areas in a decade of change (2001–2011). *European Urban and Regional Studies*, 23(2), 198-216. DOI: 10.1177/0969776413498762.
- Gobierno de España. (1979). Norma Básica de Edificación sobre Condiciones Térmicas NBE-CT-79. *Boletín Oficial del Estado*, 253, 24524-24550.
- Gobierno de España. (1999). Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 266(BOE-A-1999-21567), 1-21.
- Gobierno de España. (2006). Real Decreto 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 74, 11816-11831.
- Gobierno de España. (2007). Real Decreto 1371/2007 por el que se modifica el Real Decreto 314/2006. *Boletín Oficial del Estado*, 254, 42992-43045.
- Gobierno de España. (2008). Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006.

- Boletín Oficial del Estado*, 22, 4764-4771.
- Gobierno de España. (2009). Orden Ministerial VIV/984/2009 por la que se modifican los Reales Decretos 314/2006 y 1371/2007. *Boletín Oficial del Estado*, 99, 36395-36450.
- Gobierno de España. (2013a). Orden FOM/1635/2013 por la que se actualiza el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 219, 67137-67209.
- Gobierno de España. (2013b). Corrección de errores de la Orden FOM/1635/2013. *Boletín Oficial del Estado*, 268, 89944-89945.
- Gobierno de España. (2017). Orden FOM/588/2017 por la que se modifica el Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 149, 51621-51626.
- Gobierno de España. (2019). Real Decreto 732/2019 por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación. *Boletín Oficial del Estado*, 311, 140488-140674.
- Gobierno de España. (2020). Herramienta Unificada LIDER CALENER (HULC). Madrid.
- Kalaycıoğlu, E., y Yılmaz, A.Z. (2017). A new approach for the application of nearly zero energy concept at district level to reach EPBD recast requirements through a case study in Turkey. *Energy and Buildings*, 152, 680-700. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.07.040.
- Laaouatni, A., Martaj, N., Bennacer, R., Lachi, M., El Omari, M., y El Ganaoui, M. (2019). Thermal building control using active ventilated block integrating phase change material. *Energy and Buildings*, 187, 50-63. DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.01.024
- Lolli, N., y Hestnes, A.G. (2014). The influence of different electricity-to-emissions conversion factors on the choice of insulation materials. *Energy and Buildings*, 85, 362-373. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.09.042.
- López, L.M., Las Heras, J., López, L.M., y García, 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. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.06.023.
- López, L.M., Las Heras, J., López, L.M., y Olasolo, 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. DOI: 10.1016/j.energy.2018.07.104.
- Magalhães, S.M.C., y Leal, V.M.S. (2014). Characterization of thermal performance and nominal heating gap of the residential building stock using the EPBD-derived databases: The case of Portugal mainland. *Energy and Buildings*, 70, 167-179. DOI: 10.1016/j.enbuild.2013.11.054.
- Merini, I., Molina, A., García, M.S., y Ahachad, M. (2019). Energy Efficiency Regulation and Requirements: Comparison Between Morocco and Spain (Vol. 914, pp. 197-209). Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-12065-8_19.
- Parlamento Europeo. (2010). Directiva 2010/31/UE: Eficiencia Energética en Edificios. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 13-35.
- Parlamento Europeo. (2018). Directiva 2018/844/UE por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 156, 75-91.
- Pozueta, J. (2015). Rasgos urbanísticos del crecimiento residencial asociado a la burbuja inmobiliaria, 1995-2006. *Cuadernos de Investigación Urbanística*, 100, 87-94. DOI: 10.20868/ciur.2015.100.3170.
- Salvalai, G., Maserà, G., y 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. DOI: 10.1016/j.rser.2014.10.038.

Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

