

DRIVERS OF CONSTRUCTION AND REFURBISHMENT OF BUILDINGS THAT MEET THE PASSIVE HOUSE (PH) STANDARD IN SPAIN

Itziar Martínez-de-Alegría¹, Enara Zarrabeitia-Bilbao¹, Ana Fernández-Sainz² e Izaskun Alvarez Meaza²

¹UPV/EHU. ETSII. Dpto. Organización Empresarial. xxx

²UPV/EHU. Universidad de Económicas y Estudios Empresariales.

Received: DD/MM/YY - Reviewing: DD/MM/YY-Accepted: DD/MM/YY -DOI: <http://dx.doi.org/10.6036> (To be completed by Editor)

IMPULSORES DE LA CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS QUE CUMPLEN CON EL ESTÁNDAR PASSIVE HOUSE (PH) EN ESPAÑA

ABSTRACT:

Considering their potential to reduce Greenhouse Gas (GHG) emissions, the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) recast set the objective that by December 2020 all new buildings shall be nearly Zero-Energy Buildings (NZEB). This study gives an overview of those buildings that follow the Passive House (PH) certification standard in Spain, focusing on the analysis of some fundamental driving forces (population, Gross Domestic Product (GDP), climatic zones, Energy Performance Certificates (EPCs) and building construction/refurbishment specialists) that may explain the regional distribution of these type of buildings. Main conclusions illustrate that the "climate zone effect" may have a relevant effect on their geographical location. In contrast, the evolution of the real estate market is not related with their location, and that despite the GDP and the population having a certain effect, the number of PH Constructors is found to be a fundamental variable in explaining the number of buildings in Spanish regions. Therefore, a policy destined to raise awareness and to improve the technical training of these specialists and to extend this standard (or similar ones) to new and refurbished multifamily houses in big cities, may be fundamental to increase the number of NZEBs in this country.

Keywords: nearly Zero-Energy Buildings (NZEB); Passive House (PH); Energy Certification; Spanish Building Code ; Energy performance; Climate Change.

RESUMEN:

Considerando su potencial para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la refundición de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD, por sus siglas en inglés) establece el objetivo de que para diciembre de 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de Energía Casi Cero (NZEB, por sus siglas en inglés). Este estudio ofrece una visión general de los edificios que siguen la norma de certificación del estándar Passive House (PH) en España, centrándose en el análisis de algunos impulsores fundamentales (población, Producto Interior Bruto (PIB), zonas climáticas, Certificados de Eficiencia Energética (EPCs) y especialistas en construcción/remodelación de edificios) que pueden explicar la distribución regional de este tipo de edificios a lo largo de la geografía española. Las principales conclusiones ilustran que el "efecto de la zona climática" puede ser relevante a la hora de explicar su ubicación geográfica. Por el contrario, la evolución del mercado inmobiliario no está relacionada con su ubicación, y que a pesar de que el PIB y la población tienen un cierto efecto, el número de Constructores PH es una variable fundamental a la hora de explicar el número de edificios en las regiones españolas. Por lo tanto, una política destinada a sensibilizar y mejorar la formación técnica de estos especialistas y a extender este estándar (o similares) a las viviendas multifamiliares nuevas y renovadas en las grandes ciudades, puede ser fundamental para aumentar el número de NZEBs en este país.

Palabras clave: Edificios de Consumo de Energía Casi Nula; Passive House (PH); Certificación Energética; Código Técnico de Edificios en España; Eficiencia Energética; Cambio Climático.

1. INTRODUCCIÓN

Los edificios son responsables de alrededor del 40% del consumo energético y el 36% de las emisiones de CO₂ en la Unión Europea (UE). Considerando el alto potencial del sector de la construcción para contribuir a la mitigación del cambio climático, la UE lanzó la Directiva 2010/31/CE (conocida como la Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (Energy Performance of Buildings Directive, (EPBD) por sus siglas en inglés). Esta Directiva establece que para diciembre de 2020 todos los edificios nuevos deben ser edificios de Energía Casi Cero (NZEB, por sus siglas en inglés), 2018 en el caso de edificios públicos. A fin de alcanzar este objetivo, los Estados Miembros de la UE deberán fijar sus propias metas NZEB reflejando sus condiciones nacionales o locales. Esta Directiva define un NZEB como un edificio con un muy alto rendimiento energético, donde la casi cero o muy baja cantidad de energía necesaria debería estar cubierta en gran medida por energía procedente de fuentes renovables, incluyendo aquellas fuentes producida in situ o cerca [1]. Sin embargo, el término NZEB parece estar sujeto a distintas interpretaciones [2].

El objetivo del presente estudio es detectar algunas fuerzas motrices fundamentales que explican las diferentes ubicaciones de los edificios que siguen el estandar Passive House (PH) en España, considerado por muchos como un proxy de los NZEB [3] tal y como propone la directiva EPBD. El presente estudio centra el análisis en las regiones españolas (conocidas como "Comunidades Autónomas"). El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: la sección 2 (Métodos y herramientas) proporciona una descripción general de la muestra seleccionada de los edificios y los criterios de certificación PH y se explica la metodología del análisis. Los resultados y discusión se presentan en la sección 3 y la sección 4 finalmente concluye.

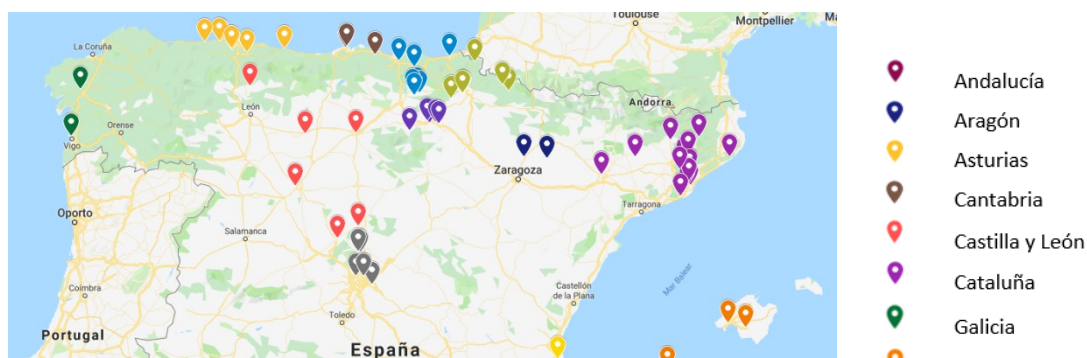
2. MÉTODOS Y HERRAMIENTAS

2.1 Descripción general de la muestra de los edificios seleccionada y los criterios de certificación PH

Los datos sobre las edificaciones españolas se han obtenido de la base de datos Passive House Institute (PHI), que abarca más de 4.000 diferentes edificios de diferentes países de todo el mundo. Para el presente estudio, se han seleccionado los 69 edificios españoles que figuran en la base de datos. Los datos españoles se han verificado y completado a partir de la base de datos obtenidos de la página web de la Plataforma Española de PH [4][5]. El número total de edificios analizados, por lo tanto, es 71. Los 3 primeros edificios fueron registrados en la base de datos del PHI en 2009 en España (más datos y detalles sobre los edificios seleccionados en relación a sus años de construcción/rehabilitación, tipología, segmentos de la población de las ciudades donde se encuentran etc., pueden ser consultados en la Sección: Material adicional # 2.1.).

Como se muestra en la Figura 1, la mayoría de los edificios seleccionados se encuentran en el norte del país, cerca de la costa. Algunos de ellos están ubicados en el centro del país (Madrid y sus alrededores), con muy pocos en el sur.

Figura 1: Distribución geográfica de los edificios que siguen la metodología de certificación PHs en España



2.2 Metodología de análisis

El objetivo es identificar algunas fuerzas motrices fundamentales que explican la distribución regional de los edificios seleccionados. Este análisis se divide en dos partes:

- a) *En primer lugar, después de ofrecer una visión general de la distribución de los edificios seleccionados por regiones, se procede a realizar un análisis de la correlación entre los edificios seleccionados y los potenciales impulsores seleccionados (el Producto Interno Bruto per cápita (GDPpc), los Certificados de Eficiencia Energética (EPC, por sus siglas en inglés) y los especialistas en construcción/renovación de edificios. Se proporcionan más detalles sobre estas variables en la sección # 2.2. del Material adicional). Además, se ha llevado a cabo una Regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) (véase los resultados de la sección 3.1).*

La variable dependiente seleccionada es:

$$\# PH_i = \text{número de edificios seleccionados en cada región.} \quad I=1 \dots 17$$

Las variables explicativas son:

- i. *El producto interno bruto (PIBi), la población (POPi) y el PIB per cápita (PIBi pc) en cada región.*

Los datos del PIB para el 1/1/2016 están medidos en paridad de poder de compra estándar (PPS, por sus siglas en inglés). Los datos de población utilizados son de finales de año anterior a 1/1/2016 [6]. La primera hipótesis (H1) propuesta es:

H1: Existe una correlación positiva significativa entre PIBi; POPi; PIBi per cápita; y # PHi

- ii. *Actores fundamentales.*

Han sido considerados los siguientes especialistas apareciendo como asociados a la Plataforma PH (obtenidos de la página web de la Plataforma Española de PH): 28 Constructores, 79 arquitectos técnicos, y 262 arquitectos [4]. La segunda hipótesis propuesta (H2) es:

H2: Existe una correlación positiva significativa entre el # de constructores en cada región (CONSi), el # de arquitectos técnicos (T.ARCi), el # de arquitectos (ARCi), el # de arquitectos diseñadores de PH (ARCi PHD), y el # de PHi.

- iii. *Certificados de Eficiencia Energética (EPC).*

Los datos sobre los EPC en cada región son obtenidos del Ministerio de Industria, Energía y Turismo [7]. Como la mayoría de los edificios seleccionados son edificios certificados como PH, se espera obtener una "etiqueta tipo A". Por lo tanto, el como tercera hipótesis (H3) se propone:

H3: Existe una relación positiva significativa entre estas regiones ("Comunidades Autónomas") con un alto porcentaje de "etiqueta tipo A" y el # PHi.

Además, teniendo en cuenta los resultados de los análisis de correlación lineal, se ha realizado un análisis de regresión múltiple para medir el impacto de estas variables causales y explicar el número de PH nuevas o rehabilitadas en España. En este análisis, se propone un número de diferentes modelos de regresión lineal para obtener un modelo basado en la ecuación (1):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + u_i \quad I=1, \dots, 17 \quad (1)$$

Donde:

Y_i Es la variable dependiente: Número de edificios nuevos o rehabilitados PH registrados en España en el período 2009-2017 en cada región (# PHi).

X_{1i} Es el PIB per cápita de cada región.

X_{2i} Es el número de constructores en cada región.

X_{3i} Es el número de arquitectos y diseñadores PH en cada región.

X_{4i} Es el número de arquitectos técnicos en cada región.

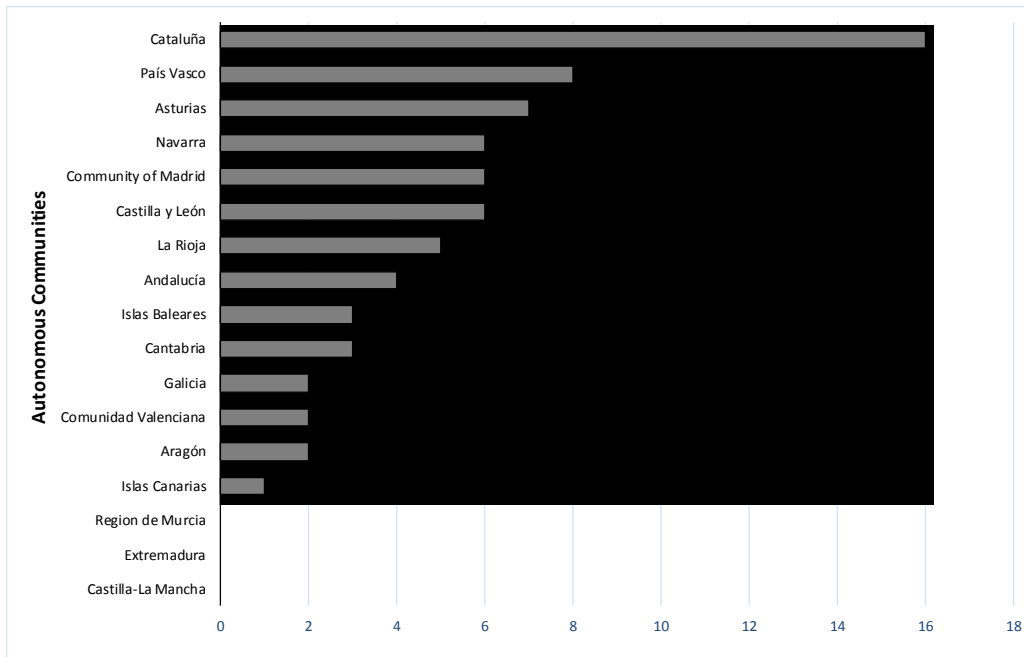
- a) *En segundo lugar, se analiza el posible efecto de otras variables relevantes que también puedan explicar en parte la distribución geográfica general de los edificios (ver sección de resultados 3.2). Este estudio incluye:*
- i. El análisis de la relación entre el aumento de las estimaciones de viviendas para las siete regiones donde están situados los edificios seleccionados y el incremento del stock de edificios en esos lugares. El objetivo es detectar cualquier relación existente entre el mercado inmobiliario y el número de edificios seleccionados en las regiones españolas.
 - ii. La consideración de las condiciones climáticas de la zona donde están situados los edificios, que depende de la ubicación específica y la altitud. Los datos sobre la altitud y la ubicación son obtenidas de Google Earth [8] (Más detalles sobre las zonas climáticas de España pueden ser consultados en la sección # 2.2. del Material adicional).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Distribución de casas pasivas (PH) por regiones: el modelo de correlación y regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO)

La mayor concentración de edificios se encuentra en Cataluña, con un 22,5% del total. Juntas, las Comunidades Autónomas del norte, incluyendo Cataluña, País Vasco, Asturias y Navarra, cuentan con el 52% de los edificios del país (ver figura 1 y 2). Si agregamos las Comunidades Autónomas de Madrid y Castilla y León, esta cifra se eleva a casi el 70% de los edificios seleccionados (véase la figura 2). La región con el PIB per cápita más alto es la Comunidad de Madrid, seguida por el País Vasco, Navarra, y Cataluña. La región con menor renta es Extremadura, seguida de Andalucía, Castilla-La Mancha y la Región de Murcia. La región con la mayor población es Andalucía, seguida de Cataluña, la Comunidad de Madrid y la Comunidad Valenciana. La región con menor población, seguida de La Rioja, Navarra, Cantabria y Asturias (Figuras con detalles sobre el PIB per cápita y la población por comunidades autónomas pueden ser consultados en el material adicional en la sección # 3.1).

Figura 2: Número de PHs por Comunidades Autónoma en España



Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos obtenidos a partir de: [4][5]

La tabla 1 muestra los resultados de los coeficientes de correlación entre el número de PHs en cada comunidad autónoma española y las variables explicativas independientes definidas.

En cuanto a las variables socioeconómicas, los principales resultados del análisis de correlación muestran que:

- ✓ Como era de esperar, hay una correlación positiva significativa (alrededor de 0,62) entre el # PHi y el PIB per cápita. Sin embargo, esta variable no es fundamental para explicar el número de PHs en cada región de España. Algunos casos notables son el de Cataluña que tiene el mayor número de PHs, pero sólo el cuarto PIB per cápita más alto, y la de Asturias, donde el PIB per cápita es inferior a la media española pero el número de PHs construido o reformado es el tercero más alto de España.
- ✓ Existe una correlación positiva (0,42) entre la población de cada región y el # PHi, sin embargo, esta no es estadísticamente significativa. Algunos casos notables son la de Andalucía, que tiene la mayor población, sino que contiene sólo el 5,6% de la PHS, y las comunidades de Madrid y Valencia, que son la tercera y cuarta regiones más importantes en términos de población, pero representan sólo el 8,4% y el 2,5% del # PHi, respectivamente.

Los principales resultados del análisis de correlación de actores seleccionados son como sigue:

- ✓ Existe una significativa correlación positiva (0,78) entre el número de PH y el número de constructores en cada región; esto es considerablemente más marcada que la correlación para el PIB (0,62) y, por lo tanto, es la variable más importante para explicar los diferentes números de PHs en regiones de España.
- ✓ También hay una significativa correlación positiva entre el número de PHs en cada región y el número de los siguientes especialistas en cada comunidad:
 - ✓ Los arquitectos (0,53).
 - ✓ Los arquitectos técnicos (0,53).
 - ✓ Los arquitectos que también son diseñadores de PH (0,59).

Tabla 1: coeficientes de correlación entre el número de PHs en cada región y las variables causales seleccionadas

Media y desviac. stand.	Las correlaciones
-------------------------	-------------------

		# PHi	# ARCi	# ARCi PHD	# CONSi	# T. AR Ci	% De "Una etiqueta EPC"	POPi	PIBi	PIBi pc		
# PHi	7.888 (16,21)	1.00	0,531* **	0.585* **	0,773* **	0,533* **	0.395	0.423	0568** *	0,624* **	# PHi	
# ARCi	29.111 (59.17)		1.00	0,806* **	0.63** *	0.652* **	0.491* **	0,718* **	0.789* **	0.546* **	# ARCi	
# ARCi PHD	0.777 (1,66)			1.00	0,559* **	0,749* **	0,283	0.364	0.55** *	0,659* **	# ARCi PHD	
# CONSi	3.111 (6,48)				1.00	0.45	0.025	0.732* **	0,806* **	0,425	# CONSi	
# T. AR Ci	8.777 (17.801)					1.00	0,372.	0,328	0.485* **	0,559* **	# T. AR Ci	
% De "Una etiqueta EPC"	0,285 (0,22154)								-0.268	-0.236	0.165	% De "Una etiqueta EPC"
POPi	4,684,300 (8,671,000)							1.00	0.94** *	0.096	POPi	
PIBi	124,440 (238,830)								1.00	0.357	PIBi	
PIBi pc	0.025458 (0.005).									1.00	PIBi pc	

Nota: *** significativo al nivel del 5%; valor Crítico al 5% (dos colas) = 0.4821

Así se confirma la hipótesis 2 (H2), especialmente para los constructores, donde se da una correlación del 0,77.

En cuanto a los EPC se refiere, los coeficientes del cuadro 1 muestran que no hay correlación entre las Comunidades Autónomas con una alta proporción de "etiqueta tipo A" en comparación con certificados de nivel inferior (B, C, etc.) y el número de edificios en las comunidades autónomas, por lo que la tercera hipótesis (H3) no está confirmada. Consideramos que la principal razón para explicar estos resultados puede ser debido a la escasez de datos (el certificado EPCs se hizo obligatorio para edificios recién construidos a partir de 2013).

Considerando los resultados de los coeficientes de correlación de la Tabla 1 y de la ecuación (1), se proponen los siguientes modelos de regresión lineal:

$$\text{Modelo 1: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \beta_4 X_{4i} + u_i \quad I=1, \dots, 17$$

$$\text{Modelo 2: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_4 X_{4i} + u_i \quad I=1, \dots, 17$$

$$\text{Modelo 3: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + u_i \quad I=1, \dots, 17$$

$$\text{Modelo 4: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + u_i \quad I=1, \dots, 17$$

La Tabla 2 muestra los resultados de los coeficientes de regresión para las propuestas de modelos de regresión lineal, el coeficiente de determinación y el coeficiente corregido. Como se muestra, las variables cuya correlación no es significativa para explicar la variable "número de PHs" en cada región (# PHi) están excluidos de los modelos propuestos. Se han detectado problemas de co-linealidad entre los especialistas seleccionados (es decir, el coeficiente de correlación entre "# de arquitectos técnicos" y "# de arquitectos que también son diseñadores de PH" es casi 0,75, así como el coeficiente de correlación

entre "# de arquitectos que también son diseñadores de PH" y "#" de constructores, que es casi 0,56). Estos problemas de co-linealidad pueden causar un efecto de distorsión en los modelos de regresión propuestos. De hecho, la variable "# de ARC" ha sido eliminada para evitar este problema.

Tabla 2: Estimación MCO con errores robusto HAC

VARIABLES	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Constante	-4.76* (2,53)	-4.407* (2,71)	-4.68* (2,67)	-4,70* (2,61)
PIBi pc	255.48** (120.20)	239.04* (126.19)	265.38** (121.24)	266.56** (112.19)
# CONSi	1.26*** (0,43)	1.23*** (0,39)	1.27*** (0,45)	1.27*** (0,39)
# ARC PHDi	-0.063 (0,25)	-	0.0026 (0.19)	-
# T.ARCi	0.147 (0,23)	0.1022 (0,15)	-	-
R2	0.7101	0,7083	0.7039	0.7039
\bar{R}^2	0.6134	0.6409	0.6355	0.6616
#DeLas Comunidades Autónomas	17	17	17	17

Nota: Desviación estándar entre paréntesis
Nivel de significación: *(10 %) **(5 %), ***(1 %)

Las distintas especificaciones de los modelos propuestos han sido consideradas con el fin de seleccionar el modelo más adecuado. Con ese objetivo, los distintos indicadores (de significación individual y significación conjunta y coeficientes de determinación) se utilizan para ayudar a evaluar la especificación del modelo en términos de la contribución de las variables explicativas incluidas dentro de él. Además, se han llevado a cabo las pruebas clásicas de multi-colinealidad, variables omitidas y heterocedasticidad. Los cuatro modelos considerados sólo difieren en las variables explicativas incluidas. El modelo 1 es el más general, e incorpora las variables de los demás modelos. Esto significa que el resto de los modelos se obtienen mediante la imposición de una o más restricciones sobre los coeficientes del modelo 1. En este caso son limitaciones de exclusión (es decir, uno o más coeficiente = cero). En los modelos 1, 2 y 3, las variables #ARC PHDi y # T.ARCi no son individualmente significativos en los niveles de significación habituales. Así, una vez que las variables explicativas PIBi pc y #CONSi se controlan, las variables # ARC PHDi y T.ARCi no afectan significativamente al número de casas pasivas en cada región. El contraste de significación conjunta en los modelos 1, 2 y 3 indica no aceptar la hipótesis nula de que todos los coeficientes excepto el término constante son cero, es decir, las variables que se incluyen son conjuntamente significativas. Además, el mejor ajuste de los diferentes modelos, cuando se tiene en cuenta el número de variables explicativas incluidas en el modelo, es el modelo 4, con un coeficiente de determinación corregido de 0.6616. Por todas estas razones, hemos seleccionado la especificación del modelo 1 como la más adecuada teniendo en cuenta las variables seleccionadas.

Por otro lado, los resultados del modelo de regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) propuesto (modelo 4) ilustra que: a) el aumento del PIB per cápita por 100.000 unidades de PPS (1 millones de pps) significaría aproximadamente 266 nuevas casas pasivas; y b) un nuevo constructor representaría 1.270 nuevas viviendas. En cualquier caso, estos resultados sólo se han reflejado a modo de ilustración. De hecho, consideraríamos que sería necesario obtener una mayor cantidad de datos para que estos resultados sean verdaderamente representativas.

3.2. Consideraciones finales sobre la ubicación geográfica global: el mercado inmobiliario y la zona climática

La tabla 3 muestra el aumento del stock de vivienda de las siete comunidades autónomas donde están situados la mayor parte de los edificios seleccionados. Como se muestra, el mayor número de edificios seleccionados parece no estar relacionada con el aumento del stock de viviendas en las regiones españolas, por lo tanto, se puede suponer que una mayor proporción de los edificios seleccionados no tiene porqué estar relacionados con la evolución del mercado inmobiliario español.

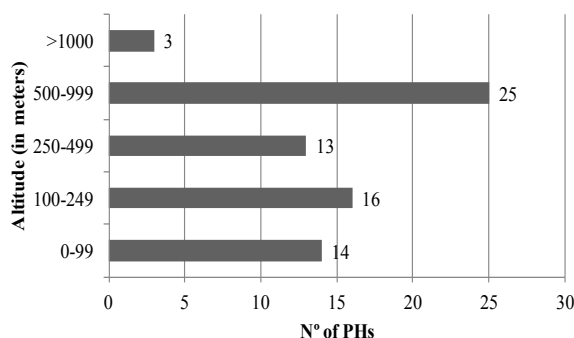
Tabla 3: Incremento del stock de vivienda de varias Comunidades Autónomas

	2002	2006	2010	2014	2016
Asturias	1.56	2.18	1.20	0.09	0.06
Castilla y León	2.02	2.46	0.79	0.23	0.12
Cataluña	1.84	1.80	0.42	0.15	0.15
Extremadura	1.16	1.05	0.88	0.26	0.17
Comunidad de Madrid	1.38	2.48	0.65	0.31	0.35
Navarra	1.88	2.68	0.56	0.56	0.23
Pais Vasco	1.86	1.31	0.93	0,49	0.34
Rioja (La)	2.63	3.31	1.41	0.20	0.21
Promedio de Comunidades Autónomas	2.16	2.47	0.80	0.20	0.17

Fuente: [9].

A pesar de que una gran proporción de los edificios están ubicados en zonas costeras (es decir, generalmente a bajas altitudes), es sorprendente que alrededor del 58% de ellos se encuentran a más de 250 metros, y casi el 40% se encuentra por encima de 500 metros (ver Figura 3), por lo tanto, relativamente a altas altitudes.

Figura 3: Número de PHs por altitud (en metros) en España



Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos obtenidos a partir de: [8] [4][5]

La tabla 4 muestra el número de edificios ubicados en cada zona climática. En lo que respecta a las zonas climáticas, el Código Técnico de la Edificación define doce zonas basadas en severidad climática invernal (WCS por sus siglas in inglés) y severidad climática de verano (SCS por sus siglas in inglés) (más detalles sobre estas zonas climáticas pueden consultarse en la sección de Material adicional #2.2). 26 edificios están situados en zonas de clima de D1 y E1 (36.61% del total). Si añadimos los 11 edificios ubicados en la zona D3, en conjunto constituyen el 52% del total de los edificios. Por lo tanto, la mayoría de los edificios están situados en zonas con inviernos fríos y veranos suaves, que son:

A) Las zonas climáticas correspondientes al norte de España (Figura 1 y 2 muestra que la mayoría de los edificios están situados en esta zona).

B) *Zonas climáticas correspondientes a otras regiones a altitudes elevadas*, como en el caso de los edificios situados en la Comunidad de Madrid y el área circundante (como se ilustra en la Figura 1, correspondiente al centro del país).

Entre algunas de las causas pertinentes que pueden explicar este hecho, podemos mencionar:

- a) El 73% de los edificios analizados en España son viviendas unifamiliares. Este tipo de casa es más probable que se construya en las ciudades pequeñas y medianas, en lugar de en las grandes ciudades, donde hay menos espacio disponible (si bien, no está del todo claro si el hecho de que la mayoría de los edificios son casas individuales, y el hecho de que la tierra es escasa en las grandes ciudades, conduce a que éstos edificios se ubiquen principalmente en las pequeñas y medianas aldeas y ciudades; o si el hecho de que se encuentran en las pequeñas y medianas aldeas o ciudades conduce a que sean en su mayoría casas individuales). En todo caso, es probable que el hecho de que los propietarios sean a menudo los constructores de los edificios (y, por lo tanto, pueden beneficiarse de los ahorros de energía de su uso) sea determinante para explicar la proporción tan importante de viviendas unifamiliares de tipo NZEB, ya que en definitiva parece más fácil construir viviendas unifamiliares en lugares aislados que en pueblos o ciudades, con altitudes más altas, por lo tanto, con mayor WCS.
- b) Algunos autores muestran que el estándar PH se ha concentrado tradicionalmente en nuevas construcciones en climas fríos [3]. Por lo tanto, parece haber un "efecto de zona climática" (es decir, estos tipos de edificios son más populares en las zonas con mayor WCS), como es el caso en el norte del país.

Tabla 4: Número de PHs por zona climática y por nivel de WCS y SCS en España

Las zonas climáticas		WCS		SCS	
Zona climática	# De PHs	WCS	# De PHs	SCS	# De PHs
A3	1	A	1	1	35
B3	4	Un	0	2	15
B4	2	B	6	3	19
C1	9	C	19	4	2
C2	7	D	31	Total	71
C3	3	E	14		
D1	11	Total	71		
D2	8				
D3	11				
E1	15				
Total	71				

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los datos obtenidos a partir de: [10] [4][5]. [11].

4. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

4.1. Conclusiones generales

España muestra un creciente número de edificios que se adaptan a la metodología de PH, especialmente desde 2013. La mayoría de los edificios analizados son viviendas unifamiliares recién construidas, ubicadas principalmente en zonas con elevada severidad climática invernal (WCS). Estos edificios se concentran principalmente en el norte y el centro del país, en ciudades pequeñas y medianas o aldeas de altitudes relativamente altas (es decir, lugares aislados). Esta distribución puede estar determinada, en parte, por el mencionado "efecto de zona climática" para las viviendas ubicadas en el norte del país. Por otro lado, porque los dueños son a menudo también los constructores de los edificios, siendo éstos los que se benefician directamente de los ahorros de energía resultantes de su uso, de modo que tienen un verdadero incentivo para invertir en edificios tipo NZEB. En cualquier caso, la ampliación de este

estandar (o similar) a edificios nuevos y rehabilitados en las grandes ciudades, parece esencial para aumentar el número de NZEBs en el sector de la construcción en España.

En cuanto al análisis por regiones españolas, los resultados muestran que una proporción mayor de los edificios seleccionados no está relacionada con la evolución del mercado inmobiliario en esas regiones, lo que significa que hay otros factores que explican la distribución geográfica de PH proyectos encontrados en las Comunidades Autónomas españolas. La variable explicativa más relevantes encontrada es el número de Constructores de PH. Inesperadamente, el efecto que estos especialistas tienen, es mayor que el efecto de otros especialistas (tales como los arquitectos o los arquitectos técnicos) asociados a la Plataforma Española de PH, y considerablemente mayor que la del PIB pc y la población de cada región. Estos resultados sugieren que una política de difusión y capacitación dirigida a mejorar los conocimientos técnicos de esta norma (o similar) entre los especialistas mencionados anteriormente puede ser un instrumento de política fundamental para aumentar el número de NZEBs en este país. En contraste, no se ha encontrado correlación entre una mayor proporción de este tipo de edificios y los Certificados de Eficiencia Energética (EPC) con “etiquetas tipo A” en las distintas regiones españolas. Consideramos que la principal razón para explicar estos resultados puede ser debido a la escasez de datos (los EPCs se hicieron obligatorios para edificios recién construidos a partir de 2013). Sin embargo, una profundización de la investigación relacionadas con esta cuestión puede ser de gran interés con miras a obtener conclusiones más sólidas.

4.2. Futuras líneas de investigación.

Se sugiere además la profundización sobre los siguientes factores para futuros análisis:

- I) Aquellos factores técnicos que podrían influir en el desarrollo construcción del estándar PH;
- II) Si las técnicas de construcción habituales del país favorecen o no a la construcción de estos edificios;
- III) La existencia de productos PH nacionales certificados para la construcción;
- IV) La relación entre el tipo de energía que abastece a los edificios (también diferenciar entre pueblos y ciudades), el precio de la energía y su evolución;
- V) La ubicación de un gran número de edificios de PH puede depender también de la difusión de las normas y su competitividad en el mercado, como, por ejemplo, comprobando si en la ciudad española donde se celebra el congreso anual relacionado con los NZEB existe un mayor número de edificios PHs.
- VI) Se podría considerar también las posibles diferencias existentes entre el lugar de residencia habitual y segunda residencia;
- VII) El papel desempeñado por las administraciones públicas en la promoción de este tipo de proyectos en las regiones españolas parece ser también fundamental a la hora de explicar el número de estos edificios (véase, por ejemplo, el análisis realizado por [12]). Podría considerarse: (a) las políticas y legislación (nacional, regional o local) relacionadas con la promoción de este tipo de edificios (es decir, la política fiscal, los nuevos requerimientos de eficiencia energética, etc.); o bien (b) a través del análisis de licitaciones de proyectos para construir nuevas NZEBs o para la rehabilitación de edificios existentes y su transformación en NZEB.
- VIII) Considerando el número limitado de datos existentes, el presente estudio podría ser extendido, incluyendo datos más actualizados, pero incluyendo también los edificios que han sido construidos según el estándar de PH, pero que actualmente no están dentro de la base de datos de PH. Además, este análisis podría extenderse a otros países o regiones (como por ejemplo, haciendo bloques separados teniendo en cuenta las distintas zonas climáticas, etc.).
- IX) Finalmente, sería apropiado considerar ambos, la variable dependiente y también algunas variables independientes (por ejemplo, # CONSi) en términos relativos.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] European Union. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. 2010.
- [2] D'Agostino D, Mazzarella L. What is a Nearly zero energy building? Overview, implementation and comparison of definitions. *J Build Eng* 2019;21:200–12. doi://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.10.019.
- [3] Consoli A, Costanzo V, Evola G, Marletta L. Refurbishing an Existing Apartment Block in Mediterranean Climate: Towards the Passivhaus Standard. *Energy Procedia* 2017;111:397–406. doi:10.1016/j.egypro.2017.03.201.
- [4] PEP. Plataforma Edificación Passivehaus (PEP); Pagina web Plataforma Edificación España; base

- de datos edificios en España y base datos profesionales 2017;2017. <http://www.plataforma-pep.org/>.
- [5] PHI. Passive House Institute (PHI): Passive House Database 2017. <https://passivhausprojekte.de/index.php?lang=en>.
- [6] Eurostat. Population on 1 January by NUTS 2 region 2017. <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tps00096>.
- [7] MINETUR. Ministerio de Industria Energía y Turismo: Estado de la certificación energética de los edificios datos CCAA 2015.
- [8] Google. Google Earth 2017.
- [9] Ministerio-de-Fomento. Boletín estadístico online. Estimación del parque de viviendas. vol. 2018. 2018.
- [10] Google. Google Maps 2017;2017. <https://maps.google.es/>.
- [11] Spain. 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 2013.
- [12] Martínez-de-Alegría I, Alvarez-Meaza I, Zarrabeitia-Bilbao E, Bueno-Mendieta G, Vicente-Molina A. The nearly zero-energy building (nzeb strategy in the european union (EU): The Spanish perspective. *Dyna* 2016;91. doi:10.6036/7851.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen la financiación de la investigación desde el Gobierno Vasco IT1359-19 y la IT1259-19. Nos gustaría agradecer a los revisores anónimos por sus comentarios, los cuales han contribuido a mejorar la calidad de este trabajo.