

Herramienta urbanZEB. Hacia el desarrollo de estrategias urbanas de transición energética de edificios

Joaquim Arcas-Abella ¹ | Anna Pagès-Ramon ² | Ander Bilbao ³

Recibido: 28-11-2020 | en su versión final: 20-05-2021

Resumen

La Unión Europea ha sentado las bases para la mejora de la eficiencia energética del parque construido con objetivos de descarbonización del 80-95% en 2050, avanzando hacia edificios de consumo energético casi nulo (nZEB). La planificación a escala estatal existente, como la ERESEE 2020, tiene que derivar en una planificación a escala urbana y metropolitana, pues esta es la escala apropiada para realizar diagnósticos acertados, planificar estrategias efectivas, y ejecutar las acciones necesarias de la mano del tejido social y productivo. A esta escala se ha desarrollado el proyecto urbanZEB, que engloba estrategias de rehabilitación energética desde escala municipal hasta escala regional. UrbanZEB es una herramienta de planificación capacitada para diagnosticar y realizar un plan de acción global para un área urbana, evaluando y representando su estado actual, definiendo objetivos ambientales en el tiempo, y generando una hoja de ruta de transición a escala urbana. La herramienta dispone de un innovador software basado en técnicas Big Data capaz de determinar las características específicas de cada edificio, realizar una simulación energética y valorar los efectos energéticos y económicos de una rehabilitación particularizada del inmueble. Los resultados proporcionados a nivel arquitectónico, energético y económico, así como los criterios de intervención, son consultables edificio a edificio y, de forma agregada, para unidades superiores -sección censal, barrio, municipio-, a través de una plataforma on-line dirigida a la ciudadanía, a profesionales e investigadores, y a técnicos de la administración y equipos políticos.

Palabras clave: Urban Building Energy Model; rehabilitación energética; regeneración urbana; descarbonización

Citación

Arcas-Abella, J. *et al.* (2021). Herramienta urbanZEB. Hacia el desarrollo de estrategias urbanas de transición energética de edificios. *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(46), 9888. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.16.46.9888>

UrbanZEB Tool. Towards the Development of Urban Strategies for Energy Transition of Buildings

Abstract

The European Union has laid the foundations for the improvement of the energy efficiency of its building stock with decarbonisation targets of 80-95%, transforming existing into near-zero energy consumption buildings (nZEB). The existing state planning, such as ERESEE 2020 (the Spanish LTRS), has to lead to planning at the urban and metropolitan scale because this is the appropriate scale for making accurate diagnoses, planning effective strategies, and executing the necessary actions together with the social and productive network. This is the scale on which urbanZEB project has been developed, encompassing energy renovation strategies from local to regional scale. urbanZEB is a planning tool developed to diagnose and carry out a global action plan for urban areas, evaluating and representing their current situation, defining environmental objectives over time, and generating a transition roadmap at urban scale that specifies where, when and which actions need to be implemented as well as which monitoring indicators need to be established. The tool includes an innovative software based on Big Data techniques able to determine the specific characteristics of each building, perform an hour-by-hour energy simulation from a multi-zone thermal model, and assess the energy and economic effects of a specific building renovation. The results provided at the architectural, energetic, and economic level, as well as the intervention criteria, can be consulted building by building as well as in an aggregate way, for higher units -census section, neighborhood, municipality-, through an online platform addressed to citizens, professionals and researchers, technicians of the administration and political teams.

Keywords: Urban Building Energy Model; energy renovation; urban regeneration; decarbonisation

¹ Doctor Arquitecto, Ciclica [space · community · ecology], ² Doctora Arquitecta, Profesora Agregada, Escola d'Arquitectura del Vallès, *Universitat Politècnica de Catalunya* (ETSAV-UPC) (ORCID: [0000-0003-3507-8492](https://orcid.org/0000-0003-3507-8492), ResearcherID: [1-4646-2017](https://orcid.org/1-4646-2017), Scopus Author ID: [50861767300](https://orcid.org/50861767300)), ³ Arquitecto, Ciclica [space · community · ecology]. Correo de contacto: joaquim.arcas@ciclica.eu

1. Introducción

1.1 *Sostenibilidad, cambio climático y edificación*

La sociedad global y, con especial conciencia, la europea, se enfrenta a un reto ineludible: la demanda de sostenibilidad.

La constatación científica y la percepción social de la profunda crisis ambiental generada a raíz del sistema productivo industrial, ha desencadenado una reacción en forma de acciones orientadas hacia la progresiva restricción de la capacidad emisora de residuos contaminantes al medio y, esencialmente, de gases de efecto invernadero, pues sus efectos suponen la principal problemática global: el cambio climático.

Simultáneamente, la sociedad global se adentra en una crisis paralela de disponibilidad de recursos energéticos claves para el desarrollo social, pues el petróleo, fuente que constituye más de un tercio de la energía primaria mundial, ha superado el punto máximo de producción y su disponibilidad se va reduciendo progresivamente, tal y como M. K. Hubbert predijo anunciando el pico del petróleo en el cambio de siglo (Hubbert, 1956).

Ante este escenario, la sociedad europea y su sector de la edificación se encuentra ante un reto profundamente transformador: ¿cómo conjugar el compromiso social de generar las condiciones de habitabilidad socialmente necesarias con el deber de reducir el consumo de recursos y la emisión de gases de efecto invernadero?

En el marco de una Unión Europea focalizada en un modelo de economía limpia que fija ambiciosos objetivos ambientales como base para sostener la competitividad de todos los sectores en un escenario de aumento del precio de la energía y, al mismo tiempo, mitigar los efectos del cambio climático, será necesario planificar y emprender grandes esfuerzos para reducir el consumo de los edificios que supone el 40% del uso de la energía a escala europea y cerca del 30% en España (Ministerio de Fomento, 2020).

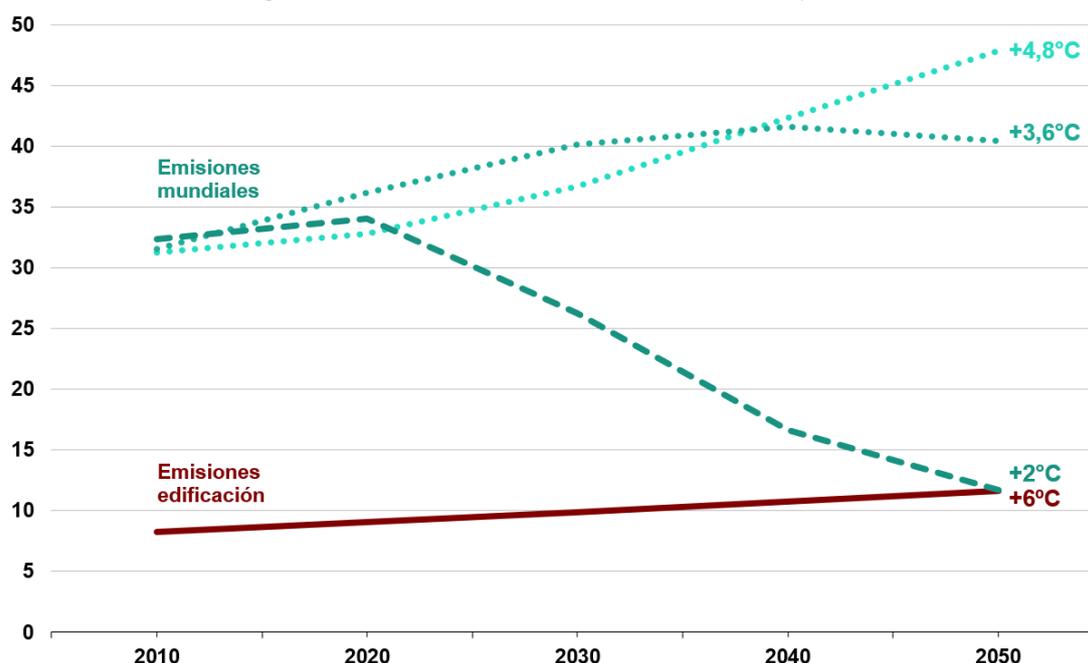
De lo contrario, no será posible alcanzar los escenarios más deseables de cambio climático con el actual sector de la edificación.

A escala global, si se satisface la demanda de habitabilidad generada hasta 2050, según datos de la Agencia Internacional de la Energía (2013), y se siguen las tendencias actuales de consumo energético del sector de la edificación, el sector produciría en ese horizonte 11,6 GtCO₂/año. Justamente –como se puede observar en la Figura 1– la totalidad de las emisiones globales de gases de efecto invernadero mundiales que el IPCC (2014) considera que permitirían alcanzar el escenario límite del Acuerdo de París –Escenario RCP2.6 con un aumento de 2°C en la temperatura media terrestre respecto a los niveles pre-industriales– (Cuchí *et al.*, 2014).

En síntesis, no es posible alcanzar los escenarios más deseables de cambio climático con el actual sector de la edificación; hecho que lo convierte en un agente clave a nivel global.

Siendo conscientes del reto global que supone la demanda de sostenibilidad y, con especial urgencia, la lucha contra el cambio climático, la comunidad internacional ha emprendido numerosas iniciativas enfocadas al papel que deben jugar las ciudades en la superación de este reto; entre las más destacadas la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (Naciones Unidas, 2015), y la *Nueva Agenda Urbana* (Naciones Unidas, 2016).

Figura 1. Evolución de las emisiones de CO₂ anuales mundiales y del sector de la edificación (GtCO₂/año) según distintos escenarios de aumento de la temperatura 2010-2050



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Internacional de la Energía IEA (2013) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (2014)

A escala europea es indudable el compromiso de la Unión Europea con la mitigación del cambio climático. Empezando por el nivel administrativo más cercano a la ciudadanía, es muy remarcable el *Covenant of Mayors for Climate & Energy* (Gobiernos locales de la UE, 2008), que establece compromisos a nivel local. Y terminando por el eslabón final, entre los últimos compromisos que apuntan en esta dirección, la Comisión Europea ha impulsado el paquete de medidas *Clean Energy for All Europeans* (Comisión Europea, 2019), que prevé la descarbonización del conjunto de las viviendas del parque residencial antes de 2050 con nuevos impulsos a la inversión en eficiencia energética.

En este marco reglamentario, el conjunto de directivas europeas exige la elaboración de una estrategia nacional para cada país enfocada a la mejora de la eficiencia energética de su parque construido, paralelamente a la definición de un edificio de casi nula energía (nZEB) para ser aplicado antes de 2020 en todos los edificios nuevos y extendido progresivamente a la edificación existente.

Iniciativa que viene refrendada por la publicación de la Directiva (UE) 2018/844, de 30 de mayo de 2018 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 (Comisión Europea, 2018). Donde de nuevo se refuerza el papel de las estrategias nacionales: “En su estrategia de renovación a largo plazo, cada Estado miembro establecerá una hoja de ruta con medidas e indicadores de progreso mensurables establecidos nacionalmente, con vistas al objetivo a largo plazo de 2050 de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión en un 80-95 % en comparación con 1990, para garantizar un parque inmobiliario nacional altamente eficiente en términos energéticos y descarbonizado, y facilitar la transformación económicamente rentable de los edificios existentes en edificios de consumo de energía casi nulo” (Comisión Europea, 2018).

En este mismo sentido se ha expresado más recientemente la Unión Europea en el marco del *New Green Deal* a través de la iniciativa *Renovation wave* y de manera todavía más urgente una alianza surgida en el seno del Parlamento europeo que exige la llamada *Green recovery*, para enfocar la recuperación de la crisis de la covid-19 en la construcción de un nuevo modelo de prosperidad basado en la sostenibilidad.

Las consecuencias de obviar estos compromisos pueden ser profundamente negativas, pues la no intervención generará costes sociales y económicos mayores que los derivados de emprender desde ahora una política activa. Dicho de otra manera: la inacción ya no es una alternativa.

Y, más allá de las repercusiones climáticas y económicas globales, el no enfrentamiento de la situación afectará en primer lugar a la ciudadanía, especialmente la más vulnerable. El deterioro del parque y, principalmente, el aumento progresivo y continuo de la factura energética de los combustibles fósiles, conducirá inexorablemente a la expansión de la pobreza energética hacia nuevas capas sociales hasta ahora no afectadas. Haciendo insostenible una política de ayudas centrada sólo en el pago público de unos costes de la energía que no pararán de aumentar y que cada vez requerirán más hogares.

1.2 Nuevas acciones en el ámbito de la edificación

En este escenario, mantener las condiciones de vida y el nivel de habitabilidad socialmente necesario implicará disponer de forma urgente de instrumentos que permitan la elaboración de estrategias con eficiencia social y económica con el fin de abordar este reto.

El desarrollo de este marco estratégico en todos los niveles administrativos de España debería determinar los objetivos estatales, alineados con los compromisos internacionales y las políticas de redistribución social y calidad de la edificación (como confirma la Directiva Europea de Eficiencia Energética de 2012 y su revisión de 2018 que ya se ha mencionado); los objetivos autonómicos, expresados sobre el alcance a conseguir en el parque residencial en ejercicio de sus competencias en vivienda; y los objetivos municipales, sincronizados con los de ámbito superior y articulados a través de estrategias y planes locales de regeneración urbana enfocados a la escala de barrio (Casanovas *et al.*, 2018).

Disponer de una planificación a escala urbana y metropolitana es, por este motivo y sin lugar a dudas, determinante en la planificación de la rehabilitación. Pues esta es la escala apropiada para realizar diagnósticos acertados, planificar estrategias efectivas, y ejecutar colaborativamente con el tejido social y productivo las acciones necesarias. La apuesta por una política pública de vivienda enfocada desde lo social y desarrollada desde los niveles más cercanos a la ciudadanía es crucial (Gaja, 2015). De ahí la relevancia del ya mencionado *Covenant of Mayors for Climate & Energy* que se compromete a reducir el 40% de las emisiones de CO₂ en 2030 y adoptar un enfoque integral para abordar la atenuación del cambio climático y la adaptación al mismo.

Tiene pues la administración local –y, si existe, la metropolitana–, como primera autoridad del territorio y puente de enlace con la ciudadanía, un papel preeminente en la impulsión de políticas a nivel municipal de rehabilitación y de lucha contra la pobreza energética. De manera que se establezcan las condiciones para poner en marcha la rehabilitación del parque residencial a través de colaboraciones público-privadas y público-comunitarias.

La exigencia europea expresada en la Directiva (UE) 2018/844 (Comisión Europea, 2018) es meridianamente clara: para cumplir de manera rentable las ambiciones de la Unión en materia de eficiencia energética sería necesario realizar la rehabilitación a una tasa media anual del 3%.

Sin olvidar que la intervención en cada edificio del parque residencial debe estar basada en renovaciones profundas orientadas al objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 80-95% en comparación con 1990, mediante un equilibrio rentable entre descarbonizar el suministro de energía y reducir el consumo final de energía pero, al mismo tiempo, aplicando el principio "primero, la eficiencia energética" -incluida la consideración de los factores de uso y gestión por parte de los usuarios- y estudiando, en segunda instancia, el despliegue de las energías renovables.

1.3 Modelización para la rehabilitación de edificios a escala urbana

A pesar de la importancia de precipitar en cascada el marco estratégico hasta alcanzar la escala urbana, las metodologías desarrolladas hasta la mitad de la década pasada, en el ámbito español, presentan disfunciones importantes a nivel metodológico y de escala.

Sin ir más lejos, tanto la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España de 2014 y sus actualizaciones posteriores (ERESEE) (Ministerio de Fomento, 2014, 2017 y 2020), como la Estrategia catalana para la renovación energética de edificios (ECREE) (Generalitat de Catalunya, 2014) parten de datos estadísticos de poca granularidad y no geolocalizables. Además, presentan periodos de actualización demasiado amplios como el Censo de Población y Viviendas del Instituto Nacional de Estadística, que se realiza cada 10 años. En el sentido inverso, el trabajo *bottom-up* que se pudiera realizar con softwares de simulación energética de edificios tenía una barrera clara en la escalabilidad del procedimiento, dado que un área urbana significativa cuenta como mínimo con cientos de edificios.

Con el fin de superar estas deficiencias se han desarrollado recientemente nuevas herramientas basadas en los *Urban Building Energy Models* (UBEM):

"De cara a gestionar y reducir notablemente esas emisiones, tanto en los barrios nuevos como en los ya existentes, las ciudades necesitan comprender mejor no sólo qué sectores y edificios causan actualmente esas emisiones, sino también qué efectos futuros podrían tener los programas integrales de rehabilitación energética y los cambios en la infraestructura de suministro de energía. El análisis de los flujos energéticos globales actuales puede realizarse mediante modelos energéticos "top-down" del parque de edificios, que parten de la demanda energética de los edificios de una región y subdividen cada vez más el parque existente en subsecciones más pequeñas. Los modelos "top-down" pueden proporcionar estimaciones de lo que ocurriría si se construyeran más edificios de un determinado tipo o se convirtieran en otro tipo. Pero estos modelos extrapolan necesariamente el *status quo* y, por tanto, son menos adecuados cuando se investigan escenarios más integrados de oferta y demanda de energía o cuando un análisis se centra en un barrio concreto. En esta meta-escala -que abarca desde varias docenas hasta miles de edificios- se espera que los Modelos Energéticos Urbanos de Edificios (UBEM) "bottom-up" se conviertan en una herramienta de planificación clave para las administraciones públicas, los municipios, los planificadores urbanos e incluso los arquitectos que trabajan en proyectos a nivel de campus" (Reinhart *et al.*, 2016, 196-197).

En este marco de referencia y conscientes de las limitaciones de las metodologías existentes hasta la fecha; en 2015 se inició el desarrollo de una nueva generación de estrategias de rehabilitación energética de edificios; esta vez, sí, de escala urbana, metropolitana y hasta regional.

Fruto de este trabajo realizado en los últimos 5 años ha tomado forma el proyecto urbanZEB, que se presenta en este artículo. Por el momento, engloba el desarrollo de estrategias de rehabilitación energética en los municipios de la Provincia de Barcelona de Sant Cugat del Vallès, Santa Coloma de Gramenet y Sant Boi del Llobregat y, recientemente, el trabajo a escalas superiores como el Área Metropolitana de Barcelona y la Comunidad Autónoma del País Vasco.

2. Metodología urbanZEB

En esencia, urbanZEB -estrategias urbanas de transición energética de edificios- es una herramienta de planificación capacitada para diagnosticar y realizar un plan de acción global para un área urbana, evaluando y representando su estado actual, definiendo objetivos ambientales en el tiempo, y generando una hoja de ruta de transición a escala urbana que precisa dónde, cuándo y qué acciones hay que implementar y qué indicadores de seguimiento hay que monitorizar.

La herramienta dispone de un innovador software basado en técnicas *Big Data* capaz de determinar las características específicas de cada edificio, realizar una simulación energética hora a hora a partir de un modelo térmico multi-zonal, y valorar los efectos energéticos y económicos de una rehabilitación particularizada del inmueble.

Los resultados proporcionados a nivel arquitectónico, energético y económico, así como los indicadores transversales, son consultables edificio a edificio y, de forma agregada, para unidades superiores -sección censal, barrio, municipio-, a través de una plataforma en línea dirigida a la ciudadanía, a profesionales e investigadores, y a técnicos de la administración y equipos políticos.

2.1 Caracterización arquitectónica

El objetivo de la primera caracterización del parque residencial es definir cada uno de los edificios que lo componen a nivel arquitectónico, y, principalmente, en relación con las variables que tienen mayor incidencia en su comportamiento energético y/o en las posibilidades que presenta para ser rehabilitado energéticamente.

A nivel metodológico urbanZEB representa una clara superación de las barreras metodológicas que llevaban aparejadas los estudios de escala urbana, como por ejemplo las anteriormente mencionadas ERESEE y ECREE, puesto que trasciende el uso de estadísticas del sector residencial -como el Censo de Población y Vivienda de 2011-, para iniciar el camino de la determinación inmueble a inmueble de sus características mediante el empleo de tecnología GIS y el desarrollo de un software propio de análisis de datos.

Las fuentes de datos utilizadas para hacer posible este elevado nivel de granularidad han sido el Catastro -en formato de base de datos alfanumérica y de información gráfica georeferenciada- y, en determinados casos, la ordenación urbanística. Hecho que ha requerido un esfuerzo muy importante de comprensión, depuración y transformación de los datos para construir un *dataset* apropiado para la finalidad del proyecto.

Proceso que, en determinadas aplicaciones de la metodología, como el estudio *Identificació de les necessitats de rehabilitació energètica del parc residencial de l'àrea metropolitana de Barcelona, per a generar criteris de prioritització a l'hora de desenvolupar instruments d'impuls* (Arcas-Abella et al., 2018) o la *Estrategia de intervenció a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi* (Cuchí et al., 2019), ha sido verificado mediante revisiones por ortofotografía y/o visitas in situ.

Esta fase se basa, principalmente, en la extracción y procesado de los datos catastrales y urbanísticos. Se generan hasta más de 300 variables relacionadas con la localización, usos y superficies, tipo de propiedad residencial, año de construcción, número de plantas, y número de viviendas.

También se realiza la modelización geométrica del inmueble, entendiendo como tal la definición de las características geométricas de cada una de las plantas del edificio a nivel de superficie de fachada,

de cierre a patio, de medianera exterior, de medianera en contacto con otros edificios, de cubierta, de forjados exteriores, y de solera en contacto con el terreno.

Asimismo, en esta fase se hace una descripción de los sistemas constructivos de cada inmueble inferidos a partir de la clasificación en clústeres, en como mínimo dos escenarios: el escenario edificatorio actual y en los posibles escenarios edificatorios post-intervención resultantes de la aplicación de cada menú de intervención.

La realización de esta hipótesis constructiva resulta necesaria ante la falta de información concreta al respecto, y es una característica compartida con la ERESEE y, a lo sumo, con el resto de metodologías UBEM que trabajan sobre el parque existente. En el caso de urbanZEB, la definición de sistemas constructivos e intervenciones se ha basado en las propuestas de la ERESEE, si bien ha contado también con estudios específicos realizados, bien por equipos académicos, como la Universitat Politècnica de Catalunya o la Universidad del País Vasco, bien por equipos técnicos con experiencia en el área de estudio.

Entre todas ellas, el estudio proporciona la información más relevante en forma de 12 parámetros (P) y 3 indicadores (I):

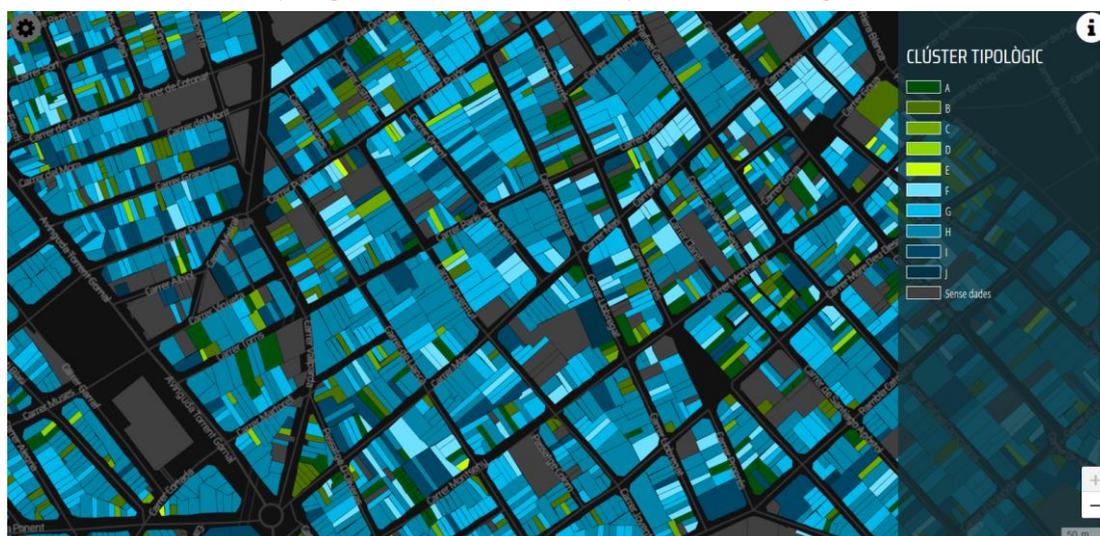
- Uso principal del inmueble (P)
- Tipo de inmueble residencial (P)
- Tipo de propiedad residencial (P)
- Número de viviendas por inmueble (P)
- Tipo de ordenación urbanística (P)
- Año de construcción de la parte residencial (P)
- Número de plantas de la parte residencial (P)
- Superficie de envolvente horizontal por vivienda (P)
- Superficie de envolvente vertical por vivienda (P)
- Clúster tipológico (P)
- Segmentación tipológica (P)
- Características constructivas según escenario edificatorio (P)
- Compacidad del inmueble (I)
- Transmitancia térmica global de la envolvente según escenario edificatorio (I)
- Intercambio por transmisión por unidad de superficie residencial según escenario edificatorio (I)

Cabe destacar que en este listado se incluyen, junto con datos habituales en los estudios urbanos, parámetros e indicadores altamente innovadores, como las superficies de envolvente horizontal y vertical por vivienda –que permiten una detallada definición morfológica de los edificios–, o la compacidad del edificio y los valores de Transmitancia térmica global de la envolvente –incluidos en la última modificación del Código Técnico de la Edificación de 2019 bajo el término K_{G-} .

Por su parte, el Clúster tipológico –representado en la Figura 2– es una agrupación del parque residencial en 12 conjuntos –de la A a la L– en base únicamente a 2 variables: Tipo de propiedad residencial y Año de construcción de la parte residencial.

Y la Segmentación tipológica –representada en la Tabla 1– es un análisis más pormenorizado que considera hasta 108 fragmentos generados a partir de la ampliación a 4 variables: Tipo de propiedad residencial, Año de construcción de la parte residencial, Tipo de ordenación urbanística y Número de plantas de la parte residencial.

Figura 2. Mapa de caracterización arquitectónica correspondiente al parámetro Clúster tipológico de una zona de L'Hospitalet del Llobregat



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Segmentación tipológica del parque residencial

		Inmueble con vivienda Unifamiliar			Inmueble con vivienda Plurifamiliar		
		Aislada	En medianera	Indeterminada	Aislada	En medianera	Indeterminada
Inmuebles anteriores a 1900	PB - PB+2	A1	A2	A3	G1	G2	G3
	PB+3 - PB+8	A4	A5	A6	G4	G5	G6
	>= PB+9	A7	A8	A9	G7	G8	G9
Inmuebles de 1901 a 1940	PB - PB+2	B1	B2	B3	H1	H2	H3
	PB+3 - PB+8	B4	B5	B6	H4	H5	H6
	>= PB+9	B7	B8	B9	H7	H8	H9
Inmuebles de 1941 a 1960	PB - PB+2	C1	C2	C3	I1	I2	I3
	PB+3 - PB+8	C4	C5	C6	I4	I5	I6
	>= PB+9	C7	C8	C9	I7	I8	I9
Inmuebles de 1961 a 1980	PB - PB+2	D1	D2	D3	J1	J2	J3
	PB+3 - PB+8	D4	D5	D6	J4	J5	J6
	>= PB+9	D7	D8	D9	J7	J8	J9
Inmuebles de 1981 a 2007	PB - PB+2	E1	E2	E3	K1	K2	K3
	PB+3 - PB+8	E4	E5	E6	K4	K5	K6
	>= PB+9	E7	E8	E9	K7	K8	K9
Inmuebles de 2008 en adelante	PB - PB+2	F1	F2	F3	L1	L2	L3
	PB+3 - PB+8	F4	F5	F6	L4	L5	L6
	>= PB+9	F7	F8	F9	L7	L8	L9

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuchí *et al.* (2011 y 2012) y Ministerio de Fomento (2014).

Esta propuesta de análisis, que emana de la metodología empleada en los informes GTR (Cuchí *et al.*, 2011 y 2012) y la ERESEE, es especialmente relevante por cuanto permite la comprensión del

parque residencial a partir de la fragmentación en grupos de viviendas que presentan condiciones y problemáticas similares y que, por tanto, requieren conjuntos de actuaciones también similares en la vertiente energética.

2.2 Caracterización energética

El objetivo de la segunda caracterización del parque residencial es definir cada uno de los edificios que lo componen a nivel energético en su estado actual y en el potencial de reducción de la demanda y el consumo energético que presenta al ser rehabilitado energéticamente, así como la valoración de las emisiones de CO₂ vinculadas a cada uno de los escenarios edificatorios.

Para la incorporación de criterios de pobreza energética y poder atender tanto situaciones de uso habitual de la energía como situaciones de vulnerabilidad, se definen dos umbrales de habitabilidad:

En primer lugar, se define el “umbral confort” para el uso energético de calefacción en base a las condiciones que permiten garantizar los niveles de habitabilidad fijados en el Código Técnico de la Edificación. Para ello, se toman como referencia la temperatura de consigna baja y los perfiles de uso normalizados de este documento. La determinación de los denominados usos no climáticos -acceso y disponibilidad de agua caliente sanitaria, uso de electrodomésticos, cocción de alimentos y mantenimiento de unas condiciones adecuadas de iluminación-, en el caso del umbral confort, se ha establecido a partir del consumo medio por vivienda descrito en el Estudio de los usos energéticos de las viviendas no vinculadas a la climatización de la *Universidad Politècnica de Catalunya* y el Área Metropolitana de Barcelona (Puig *et al.*, 2016), entendiéndose que permiten garantizar unas condiciones de habitabilidad socialmente aceptables.

En segundo lugar, se define el “umbral salud” para el uso energético de calefacción en base a las condiciones que permiten garantizar los niveles mínimos exigibles de habitabilidad desde el punto de vista de la salud de los ocupantes de un hogar. Para determinar la temperatura interior mínima a partir de la cual se considera que puede existir un riesgo sobre la salud del ocupante, se ha empleado como referencia el artículo *Low indoor temperatures and morbidity in the elderly* (Collins, 1986), donde se establece que la exposición prolongada a temperaturas inferiores a 16°C puede ocasionar problemas respiratorios a sus ocupantes. De forma complementaria, se determina el consumo mínimo por vivienda vinculado a los usos no climáticos a partir del mismo estudio ya mencionado, pero tomando como referencia el “consumo zócalo mínimo” (Puig *et al.*, 2016) y matizando ciertas consideraciones a partir de información propia más actualizada que la disponible en dicho estudio.

A nivel metodológico urbanZEB representa un paso hacia adelante respecto a la metodología empleada en la ERESEE, y, en general, respecto a la mayoría de estudios energéticos a escala urbana en el ámbito español como, por ejemplo el *Observatori de l'estat energètic dels edificis a Catalunya* (Institut Català de l'Energia, 2020), la *Estratègia de rehabilitació energètica d'edificis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona* (Pla Estratègic Metropolità de Barcelona, 2011) o el *Estudio técnico sobre pobreza energética en la ciudad de Madrid* (Ayuntamiento de Madrid, 2016).

Principalmente porque la demanda energética no se limita a los datos disponibles mediante los certificados energéticos, ni es la extrapolación de los resultados de unos pocos inmuebles tipo (arquetipos) sino que se determina en base a cálculos caso a caso que reproducen las condiciones específicas de cada inmueble y permiten generar una imagen precisa del conjunto del parque residencial.

Estos cálculos son llevados a cabo mediante un programa de simulación energética a escala urbana desarrollado específicamente para realizar esta tarea en base a la ISO 52016-1:2017, capaz de estimar

hora a hora y a partir de un modelo térmico multi-zonal el comportamiento térmico y la demanda energética anual asociada a la calefacción y a la refrigeración de la parte residencial de cada planta de cada inmueble incluido en el ámbito de estudio.

El procedimiento tiene en cuenta las ganancias y las pérdidas debidas a la transmisión a través de los cerramientos en contacto con el medio aéreo y terrestre, y con otros espacios construidos climatizados o no climatizados; los intercambios asociados a la ventilación higiénica y por infiltración; y las cargas internas de iluminación, electrodomésticos y uso. El comportamiento térmico también considera la inercia térmica a partir del calor específico de los materiales que componen el edificio. Las ganancias solares se pueden incorporar. Sin embargo, la herramienta todavía no tiene en cuenta de forma directa la geometría del entorno urbano; aunque se están dando pasos para poder valorar el efecto de las sombras proyectadas por los elementos circundantes y/o el propio edificio. En lo referente a las instalaciones, la definición de las cuales resulta necesaria para poder realizar una aproximación al consumo energético teórico y a las emisiones de CO₂, la metodología emplea dos hipótesis basadas en los dos vectores dominantes del mercado y que permiten la climatización del conjunto del espacio de la vivienda, la electricidad y el gas natural.

La fiabilidad del algoritmo de cálculo ha sido comprobada y mejorada mediante la comparación de resultados de urbanZEB para 63 casos resultantes de combinar distintas opciones de morfología, porcentaje de aperturas en fachada, sistema constructivo y exposición solar, con los generados por una herramienta de referencia como DesignBuilder (Cunill *et al.*, 2019).

Para alimentar todo este complejo sistema de simulación, la metodología prevé 3 tipos de datos de entrada: características arquitectónicas y constructivas procedentes de la fase anteriormente descrita; resto de características relacionadas con las temperaturas exteriores y de consigna, las cargas internas, los flujos de ventilación, sistemas activos y rendimientos, factores de emisión y de energía final-primaria, así como consumos del resto de usos energéticos –no climáticos- de una vivienda. Para la determinación de este conjunto de inputs, se emplea tanto los valores de referencia de los informes GTR y de la ERESEE, como los definidos por el Código Técnico de la Edificación (CTE) y, en determinados casos, las publicaciones del Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía (IDAE).

Para el cálculo de los costes energéticos y en emisiones de CO₂ de los procesos de fabricación, transporte y puesta en obra de los materiales –*embodied energy*- vinculados a la aplicación de los menús de intervención relacionados con cada inmueble según su pertenencia a un clúster tipológico, el procedimiento utiliza por una parte el dimensionado de cada superficie a intervenir realizado en la fase anterior y, por otra, y si no se dispone de información propia del territorio, datos procedentes de la base de datos BEDEC del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC).

A nivel de resultados, para cada una de las combinaciones de escenario edificatorio, umbral de habitabilidad e hipótesis de vector energético, el estudio proporciona la información más relevante en forma de 20 indicadores, a nivel de comportamiento térmico, demanda, consumo, emisiones de CO₂, impacto ambiental y eficacia de la intervención, organizados en 3 grupos:

Comportamiento de la edificación

- Tiempo de autonomía térmica en régimen libre por inmueble.
- Salto térmico en régimen libre por inmueble.
- Temperatura interior media en régimen libre por inmueble.
- Demanda energética de calefacción por m².
- Demanda energética de refrigeración por m².
- Demanda energética de climatización por m².

- Calificación energética de la demanda energética de calefacción (Figura 3).
- Calificación energética de la demanda energética de refrigeración.

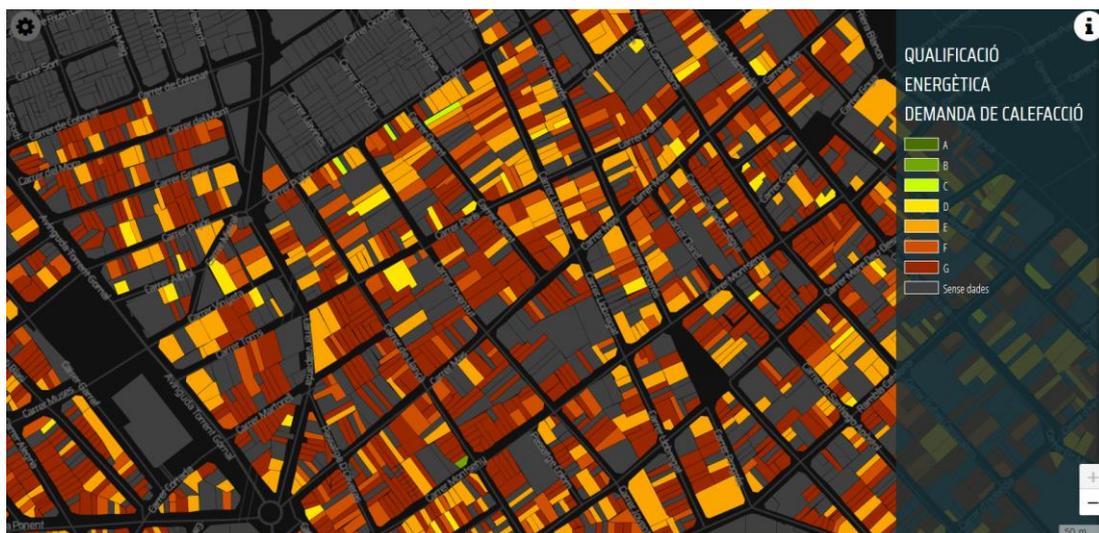
Comportamiento de la vivienda

- Demanda energética de calefacción por vivienda.
- Demanda energética de refrigeración por vivienda.
- Consumo teórico de energía final de calefacción por vivienda.
- Consumo teórico de energía final de refrigeración por vivienda.
- Consumo teórico de energía final de climatización por vivienda.
- Consumo teórico de energía final total por vivienda.
- Consumo teórico de energía primaria de calefacción por vivienda.
- Emisiones de CO₂ vinculadas al consumo teórico de energía final de calefacción por inmueble, vivienda y m².
- Emisiones de CO₂ vinculadas al consumo teórico de energía final de refrigeración por inmueble, vivienda y m².

Intervención de rehabilitación

- Energía gris invertida en la intervención por vivienda y m².
- Emisiones de CO₂ invertidas en la intervención por vivienda y m².
- Eficacia energética en la reducción del consumo teórico de energía primaria de calefacción.

Figura 3. Mapa de caracterización energética correspondiente al indicador Calificación energética de la demanda energética de calefacción de una zona de L'Hospitalet del Llobregat



Fuente: Elaboración propia.

2.3 Caracterización económica

El objetivo de la tercera caracterización del parque residencial es definir cada uno de los edificios que lo componen a nivel económico, tanto en relación con la afectación económica que conlleva el consumo energético para un hogar y el riesgo de sufrir pobreza energética, como en el coste económico de una intervención profunda en su vivienda o inmueble, y el impacto en términos de lugares de trabajo creados.

A nivel metodológico urbanZEB ofrece aportaciones innovadoras por cuanto proporciona resultados edificio a edificio y realiza aproximaciones a grados de vulnerabilidad energética, siendo posible el cálculo de la factura teórica vinculada al mantenimiento de la habitabilidad normativa y/o

socialmente aceptable en el interior de las viviendas y su contraste con el nivel de renta media de los hogares de cada Sección Censal, a falta de disponer de datos más precisos de ingresos que permitan cotejar con el mismo nivel de granularidad. Así mismo, la metodología empleada también permite el cálculo del coste económico de las intervenciones edificio a edificio, mediante datos de superficies intervenidas y costes unitarios de cada una de las operaciones de rehabilitación.

Para el cálculo de los importes económicos del consumo energético, la metodología emplea el sistema tarifario vigente de la energía eléctrica y el gas natural basado en el término de consumo, el término de potencia, los conceptos fijos –alquileres y mantenimientos- y los conceptos variables – impuestos-. Los valores que nutren dicho sistema se obtienen por su parte de ofertas publicadas por comercializadoras a escala estatal a través de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Para la valoración de la pobreza energética, como se observa en la Figura 4, se emplea por un lado el enfoque de ingresos y gastos que considera que un hogar se encuentra en cierto grado de pobreza energética económica según el valor de la carga energética, es decir, según el porcentaje de gastos de energía doméstica (calefacción y refrigeración, producción de agua caliente sanitaria, iluminación, equipos y cocina) sobre el total de ingresos de la unidad familiar (Asociación de Ciencias Ambientales ACA, 2018). Concretamente se define el umbral de vulnerabilidad energética a partir del 5%, de pobreza energética leve a partir del 10% y de pobreza energética severa del 20% de carga energética. Por el otro lado, como ya se ha mencionado en la caracterización energética, se realiza un análisis en el eje de las condiciones de habitabilidad de las viviendas, considerando para la simulación energética y la generación de resultados dos umbrales de habitabilidad, el de confort, que emplea como referencia la temperatura establecida por el Código Técnico de la Edificación (CTE) para el uso térmico y unas condiciones medias de consumo para los otros usos energéticos; y el de salud, basado en temperaturas a partir de las que existe un riesgo para la salud de las personas habitantes, y consumos mínimos para los demás usos de energía de la vivienda.

Si bien los resultados no tienen la finalidad de detectar casos particulares, sino proveer de valores orientativos sobre qué facturas energéticas son esperables para niveles de habitabilidad normativos, qué niveles de renta familiar se debería disponer para no sufrir pobreza energética, y como éstas se combinan con los niveles de renta familiar reales de la zona; informando a todos los agentes de igual manera que lo hace el certificado energético.

Para el cálculo de los costes económicos y los lugares de trabajo creados a raíz de la aplicación de los menús de intervención relacionados con cada inmueble según su pertenencia a un clúster tipológico, el procedimiento incorpora a los datos generados en las fases anteriores datos procedentes de la base de datos BEDEC del Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITeC) –para los estudios realizados en el Área Metropolitana de Barcelona-, relacionados con el coste unitario y las horas de trabajo de cada solución constructiva.

A nivel de resultados, y a partir del procesamiento de los datos arquitectónicos y energéticos previos más los nuevos valores económicos, urbanZEB proporciona la información más relevante en forma de 10 indicadores, a nivel de coste económico, pobreza energética, impacto económico y eficacia de la intervención organizados en 2 grupos:

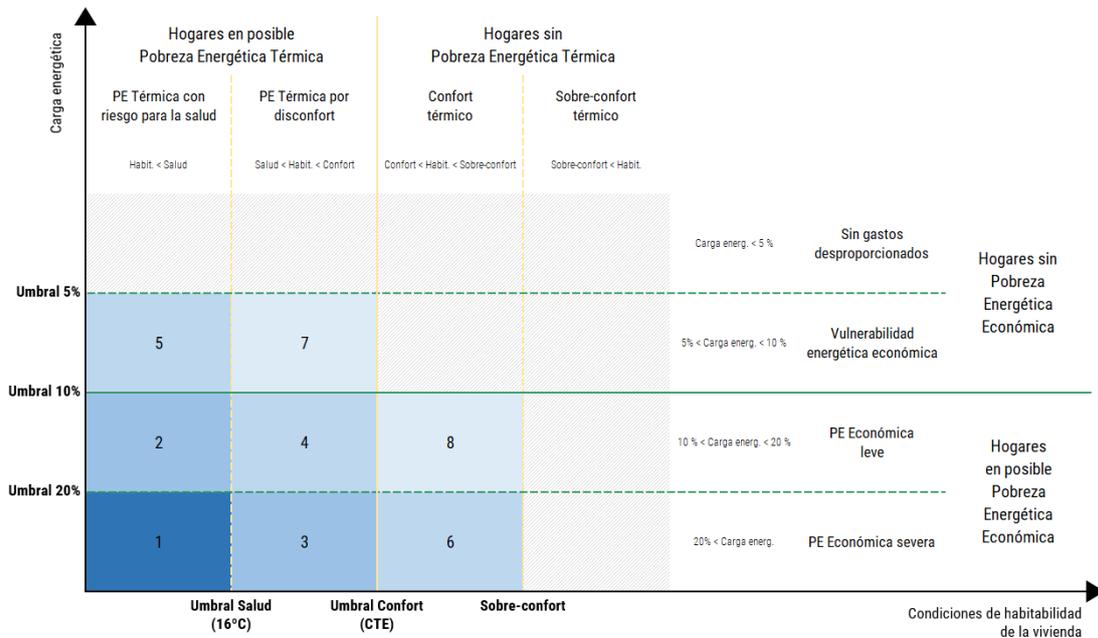
Comportamiento de la vivienda

- Coste económico del consumo teórico de calefacción para vivienda.
- Coste económico del consumo teórico de refrigeración por vivienda.
- Importe de la factura energética del consumo teórico total por vivienda.
- Renta mínima para evitar pobreza energética del hogar (Figura 5).
- Riesgo de sufrir pobreza energética del hogar.

Intervención de rehabilitación

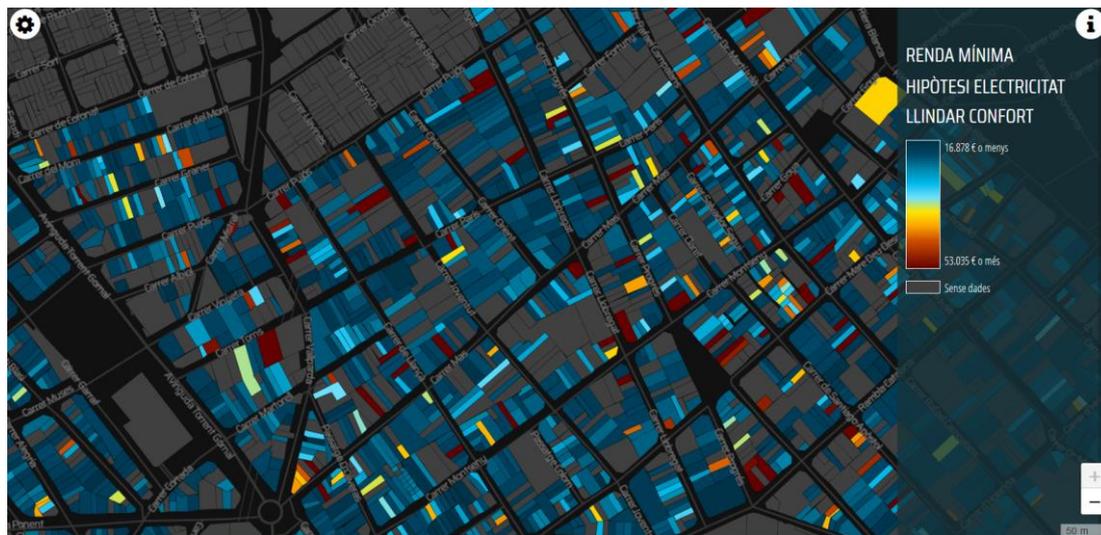
- Inversión económica en la intervención.
- Creación de puestos de trabajo para la intervención.
- Eficacia económica en la reducción del consumo teórico de energía primaria de calefacción.
- Eficacia económica en la mejora de calificación energética.
- Eficacia económica en la reducción del importe de la factura energética.

Figura 4. Esquema de tipos y umbrales de pobreza energética



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Mapa de caracterización económica correspondiente al indicador Renta mínima para evitar pobreza energética del hogar de una zona de L'Hospitalet del Llobregat



Fuente: Elaboración propia.

2.4 Directrices de intervención

Finalmente, a partir del trabajo previo de caracterización arquitectónica, energética y económica del parque residencial, el estudio concluye con una última fase de directrices que está enfocada a proporcionar el conocimiento estratégico para la toma de decisiones que han de impulsar las acciones de rehabilitación energética de los edificios.

La definición de directrices está fundamentada en la generación de un sistema de criterios de intervención que permitan priorizar las acciones inmediatas, de manera que los recursos disponibles -normalmente insuficientes para abordar el conjunto del parque- puedan destinarse a aquellos inmuebles o áreas urbanas que, dadas sus características, presentan bien mayores necesidades de intervención desde el punto de vista térmico, energético o económico, bien proporcionan resultados más óptimos en la actualidad desde el punto de vista de la eficacia de la intervención.

Cabe recordar en este punto que la metodología empleada se sustenta en la modelización teórica del parque residencial en los tres ejes de caracterización, y que por lo tanto resulta una aproximación a las características y comportamiento de los edificios. En este sentido, se antepone el enfoque sobre el objeto construido y sus posibilidades de mejora al que se centra en los habitantes y su comportamiento, siendo conscientes que existe cierta distancia entre la demanda teórica y el consumo real de energía debido a múltiples factores. Aunque resultaría altamente oportuno incorporar al análisis datos de comportamiento real -de perfiles de ocupación de las viviendas y de consumos reales de energía- y esta es una de las barreras a superar, a nivel de planificación estratégica, e incluso de regulación normativa, los resultados y valores teóricos que permiten generar el sistema de directrices de intervención de urbanZEB se encuentran plenamente alineados con la visión de la Comisión Europea. Puesto que en estos momentos se emplea la mejora de la calificación energética (basada en la demanda y emisiones teóricas del edificio) como elemento principal de juicio sobre la bondad y la oportunidad de una intervención de rehabilitación energética en un inmueble. Asumiendo que una mejora en las características del edificio y, por lo tanto, de su demanda energética, permite una ulterior reducción del consumo energético en aquellos casos que no se incurriera en pobreza energética.

A nivel de resultados, como se observa en la Figura 6, el estudio puede proporcionar la priorización del parque residencial -el orden óptimo de intervención- para la unidad espacial que sea de mayor interés -inmueble, distrito, barrio, etc.-, y según los parámetros o indicadores arquitectónicos, energéticos y económicos definidos en las fases anteriores que resulten claves para el ámbito de estudio. Asimismo, y a modo de síntesis, el estudio proporciona la priorización del parque residencial según 6 índices, organizados en 3 grupos:

Comportamiento de la edificación

- Índice de Prestaciones de la envolvente. Ordenación según el coeficiente de transmisión térmica global de los edificios analizados, como variable representativa de las prestaciones de la envolvente. Permite detectar aquellos casos donde la calidad constructiva y las dimensiones de los cerramientos más críticos de la envolvente presentan una relación más desfavorable.
- Índice de Calificación energética. Ordenación según la calificación energética de los edificios analizados, como variable representativa del comportamiento térmico de la edificación. Permite detectar aquellos casos con una mayor demanda energética de calefacción por m², considerando las condiciones climáticas del lugar donde se emplaza.

Comportamiento de la vivienda

- Índice de Comportamiento de la vivienda. Ordenación según el consumo energético de calefacción por vivienda, como variable representativa del comportamiento energético y ambiental de la vivienda y de los costes económicos asociados a éste. Permite detectar aquellos

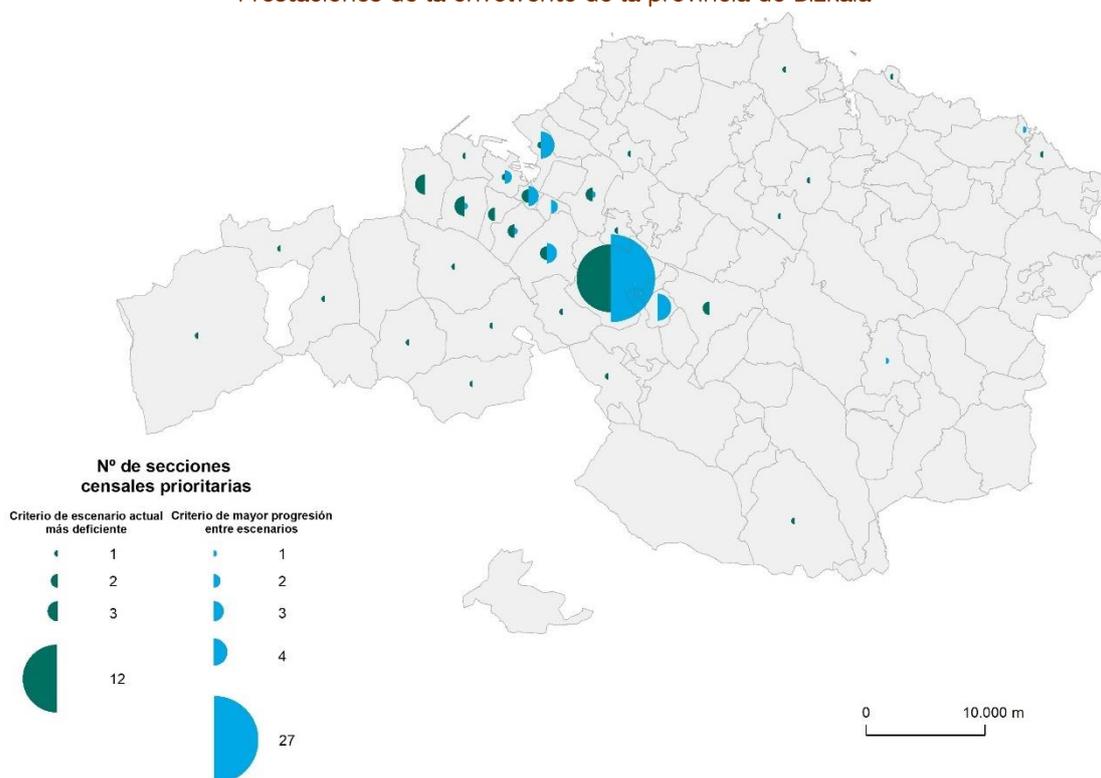
casos que el alcance de las condiciones de habitabilidad en un hogar implica mayores impactos energéticos, ambientales y económicos.

- Índice de Pobreza energética. Ordenación según el riesgo de sufrir pobreza energética por parte de un hogar conjugando la renta mínima necesaria para mantener ciertas condiciones de habitabilidad derivada de las características de la vivienda, con la renta disponible en el área urbana o municipio donde se emplaza. Permite detectar aquellos casos con mayor vulnerabilidad energética.

Intervención de rehabilitación

- Índice de Eficacia energética de la intervención. Ordenación según la eficacia energética en la reducción del consumo de calefacción. Permite detectar aquellos casos con mayor rendimiento energético, teniendo en cuenta la energía invertida en las operaciones de rehabilitación.
- Índice de Eficacia económica de la intervención. Ordenación según la eficacia económica en la reducción del importe de la factura energética, como variable representativa del rendimiento económico de la intervención. Permite detectar aquellos casos con mayores capacidades de amortización económica.

Figura 6. Mapa de representación de directrices de intervención correspondiente al índice de Prestaciones de la envolvente de la provincia de Bizkaia

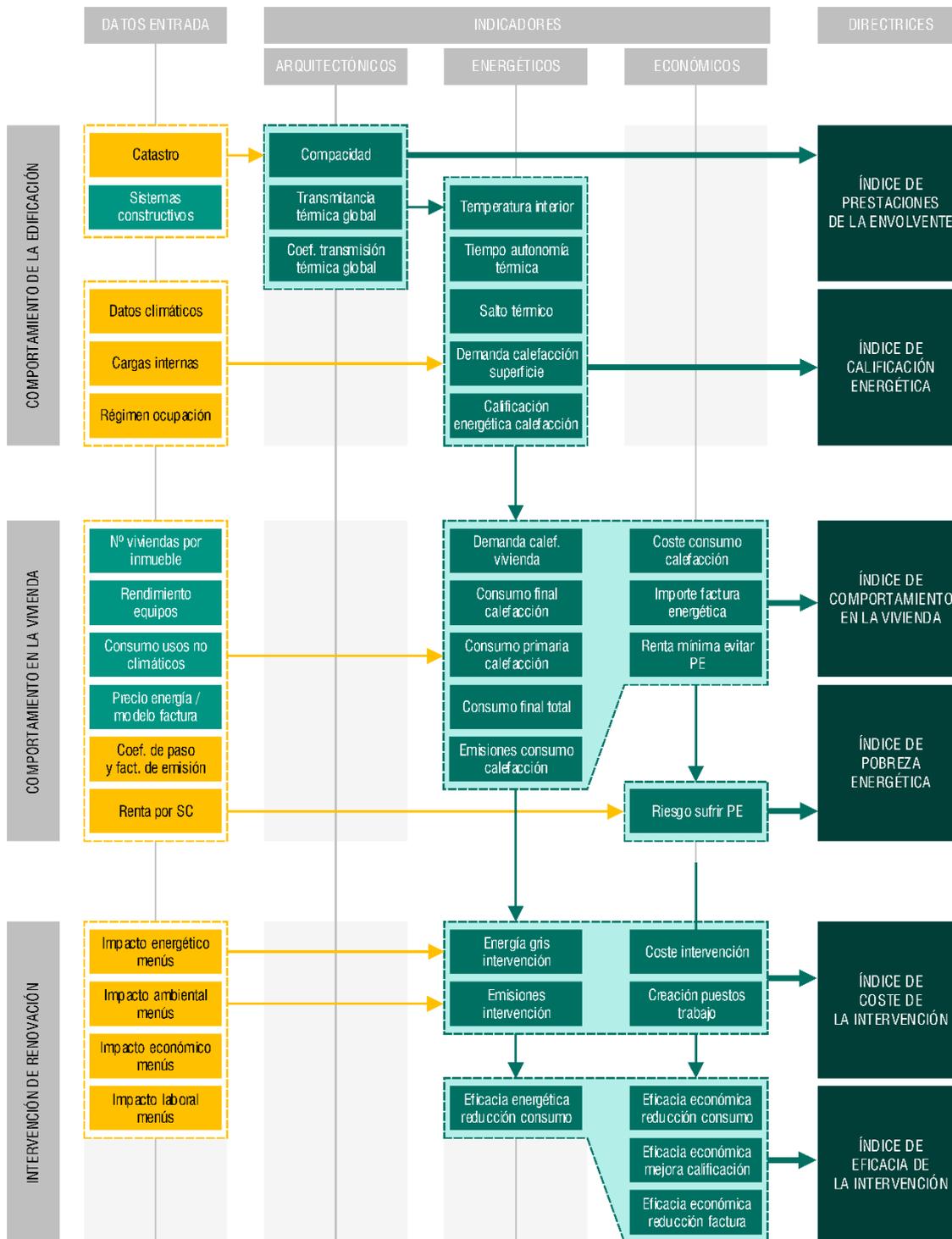


Fuente: Elaboración propia.

En este escenario, mantener las condiciones de vida y el nivel de habitabilidad socialmente necesario implicará disponer de forma urgente de instrumentos que permitan la elaboración de estrategias con eficiencia social y económica con el fin de abordar este reto.

Como resumen de la metodología, la Figura 7 muestra de forma esquematizada las relaciones entre parámetros, indicadores e índices que se han explicado en el apartado 2.

Figura 7. Esquema de relaciones entre parámetros, indicadores e índices



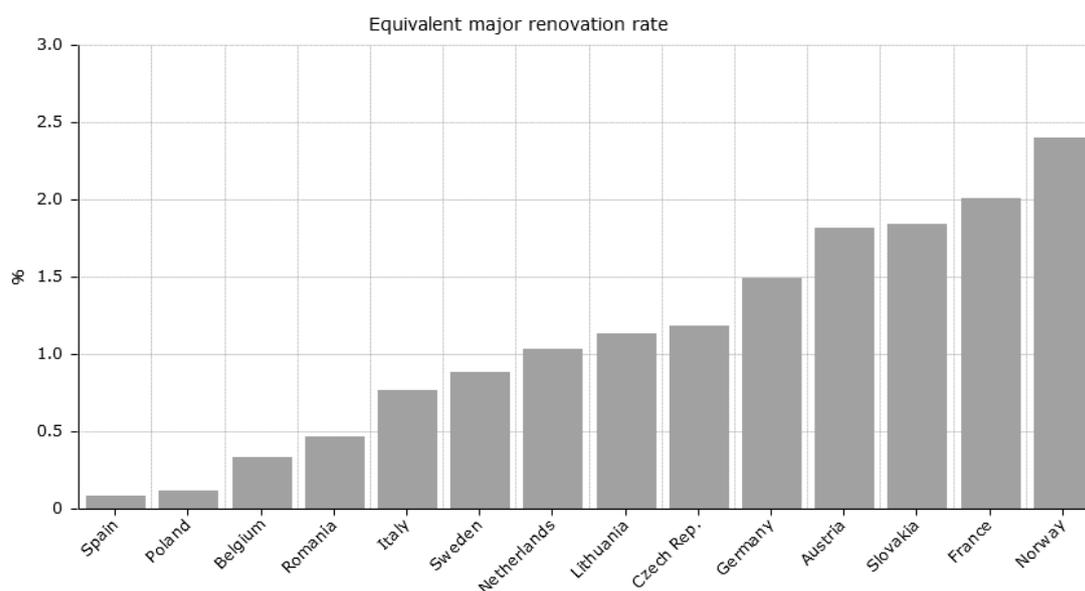
Fuente: Elaboración propia.

3. Conclusiones

UrbanZEB tiene la intención de dar un importante paso hacia adelante en la planificación estratégica de la rehabilitación energética del parque residencial, en la línea de esfuerzos requeridos, ya reiteradamente, por la Unión Europea.

Para alcanzar el objetivo de la descarbonización en el horizonte 2050 es necesario intervenir mediante renovaciones profundas en los inmuebles residenciales con tasas anuales del 3%; pero dicha dinámica no se pondrá en marcha de forma espontánea, como demuestra el hecho que a pesar de las estrategias hasta ahora desarrolladas el sector de la rehabilitación no ha despegado aún. Y, de hecho, España presenta una de las tasas de renovación más bajas de la Unión Europea (Figura 8).

Figura 8. Tasa de renovación equivalente del parque construido



Fuente: Zebra2020 (2016).

Para revertir esta situación es necesario disponer de nuevos instrumentos de planificación que aporten nueva, más variada y más precisa información acerca de las condiciones actuales del parque construido y su potencial de rehabilitación. Y, esta es una de las principales innovaciones de urbanZEB respecto a metodologías empleadas por estudios anteriores. Siendo ahora posible disponer, gracias al procesado masivo de datos, de información precisa para cada inmueble en el campo arquitectónico, energético y económico.

Así mismo, resulta también esencial descender de la escala estatal para acercarse a niveles donde el diagnóstico sea más acertado y la implantación sea más operativa, como la escala municipal o metropolitana. Siendo conscientes que el actual marco competencial y de financiación no permite la autonomía de estos niveles más bajos de la administración, motivo por el cual será necesario tejer el sistema que permita que los fondos europeos y estatales puedan llegar a las áreas urbanas que las estrategias locales prioricen en cada momento.

En el transcurso de la elaboración de los distintos estudios que conforman urbanZEB ha sido posible concretar en todas las zonas urbanas objeto de estudio el potencial de rehabilitación que presentan,

pero al mismo tiempo se ha revelado la necesidad de seguir profundizando en el conocimiento del tejido construido, pues existen importantes lagunas sobre las ciudades de hoy en día.

3.1 *Definir las lagunas de información*

Empezando por el final: Si se pretende seguir profundizando en la calidad de la planificación estratégica, debemos encontrar soluciones a corto plazo para solucionar la ausencia y/o deficiencia de los datos disponibles sobre los entornos urbanos.

El análisis de la información urbana disponible a gran escala, pone de relieve cierta inconsistencia en la información catastral española, con una parte no menospreciable de inmuebles que presentan falta de precisión en los datos o con contradicciones entre datos alfanuméricos y la información gráfica georeferenciada. En esta misma línea de argumentación, sería altamente oportuno avanzar hacia un sistema que permita la definición de cada propiedad dentro del edificio (cada vivienda), como en el sistema catastral vizcaíno, hecho por el momento inexistente a nivel gráfico.

Por otra parte, a raíz de la posibilidad de disponer de información a nivel de inmueble a través de la metodología de urbanZEB, resulta oportuno reclamar progresos similares en otros campos de información esencial para la evaluación de las posibilidades de rehabilitación energética del parque residencial:

- Ocupación de las viviendas. Si bien el padrón municipal dispone de datos precisos de ocupación de cada vivienda, por el momento no es posible el acceso a dicha información.
- Consumo energético. Si bien las compañías distribuidoras disponen de información acerca del consumo energético real del conjunto de hogares españoles (para garantizar la competencia en el mercado energético), hasta la fecha dichos datos no son accesibles ni para la administración ni para los centros de investigación, aunque el fin por el cual se pretende su explotación sea de interés público.
- Renta familiar. Si bien el Ministerio de Hacienda dispone de una base de datos altamente precisa de las rentas disponibles para cada hogar, su acceso por parte de otros ministerios y organismos públicos no está hasta ahora previsto más allá de la unidad de sección censal.

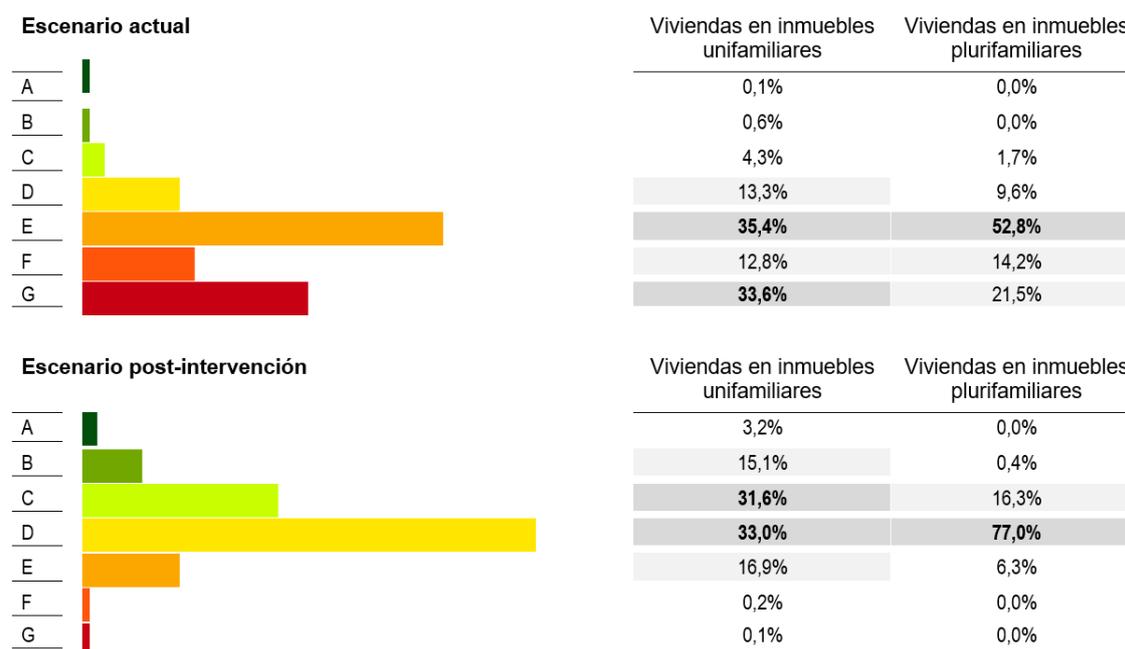
Parece claro que el avance hacia metodologías más completas y precisas que permitan el desarrollo de las estrategias necesarias para abordar los retos ambientales que se derivan de la demanda de sostenibilidad, es posible en el campo del conocimiento del parque construido mediante herramientas como urbanZEB. Pero dicho esfuerzo debe ir acompañado por la superación de barreras al acceso a la información actualmente disponible, superación que solamente es posible con una apuesta política decidida por la construcción de bases de datos fiables y abiertas a la investigación e innovación.

3.2 *Concretar el potencial de mejora energética*

El proyecto urbanZEB permite destapar el potencial de mejora del parque residencial de nuestras ciudades (Figura 9), poniendo de relieve la viabilidad del objetivo europeo en el campo edificatorio: descarbonizar nuestra sociedad.

Sin embargo, el interés del estudio pormenorizado de cada edificio del tejido construido no se fundamenta en esta demostración macro –ya enunciada por otros estudios previos–, sino en la posibilidad de concretar este potencial de mejora en dos sentidos.

Figura 9. Cambio en la calificación energética debido a la intervención energética en 22 municipios de l'AMB



Fuente: Elaboración propia.

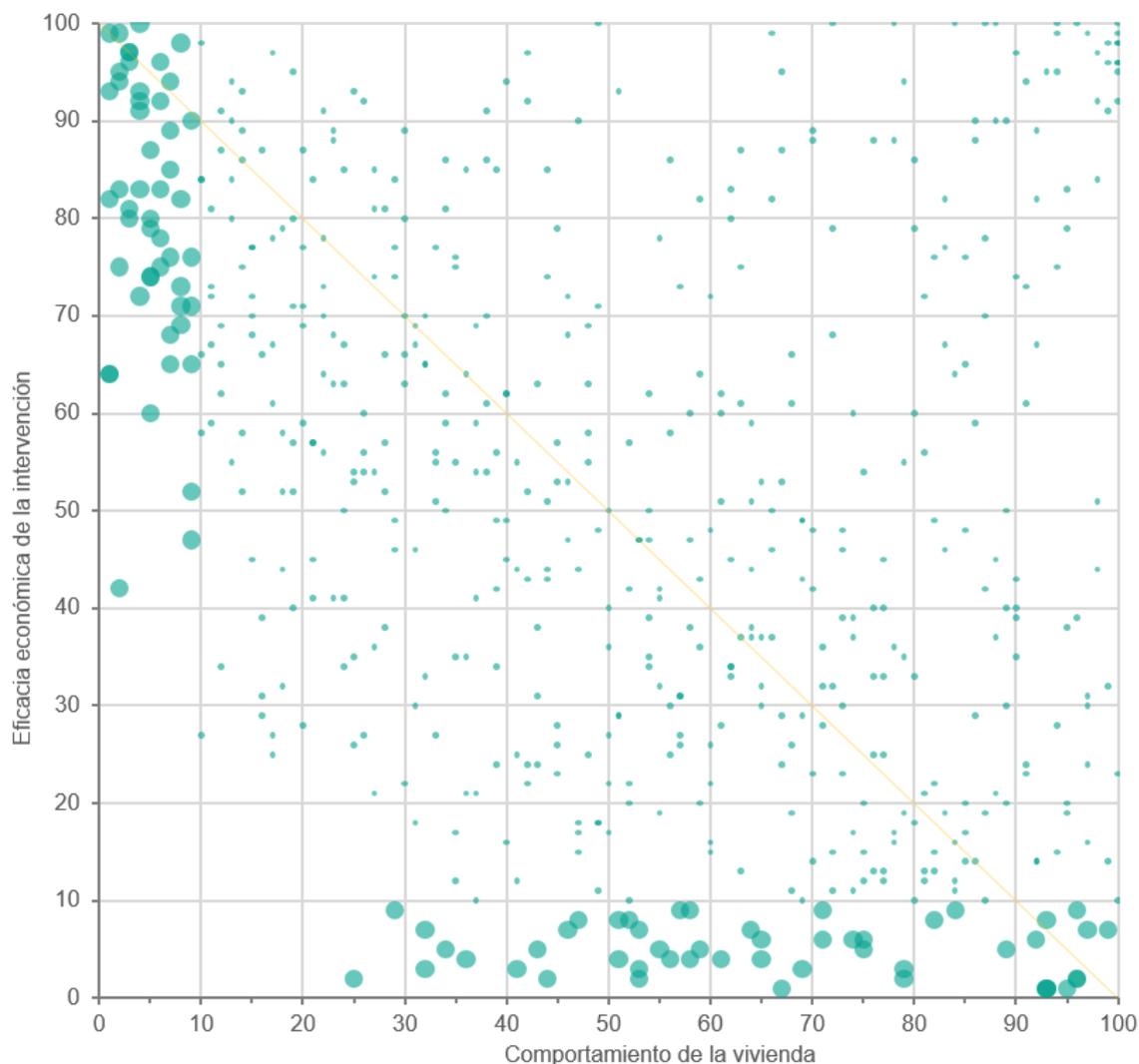
Por un lado, la amplitud de parámetros e indicadores que sustentan el sistema de criterios de intervención permite una mirada sobre la ciudad desde distintas perspectivas que, a su vez, proporcionan resultados y conclusiones alternativos. Hecho que exige la implicación de la administración en el proyecto de rehabilitación, pues sin una intencionalidad política no es posible priorizar la intervención sobre la ciudad.

La mayoría de estudios realizados indican que, por ejemplo, nada tiene que ver la ciudad que se dibuja en una cartografía que prioriza las intervenciones en los edificios con formas y sistemas constructivos más desfavorables con la que se revela si focalizamos el análisis en las viviendas que más energía demandan para alcanzar las condiciones de habitabilidad socialmente exigibles o, como pone de relieve la Figura 10, con la que deberíamos rehabilitar si el criterio fuese la mayor eficacia económica de la inversión. Porque la primera se limita a parámetros morfológicos y tecnológicos de los edificios, la segunda incluye cuestiones como el clima o la superficie del domicilio, del hogar de cada unidad de convivencia, y la tercera incorpora el coste de la intervención. La cuestión es que con la consideración de cada nueva capa de información se reformula el procedimiento dando lugar a nuevas prioridades. Nuevas prioridades que exigen de la implicación de lo público.

Para concretar el potencial de mejora necesitamos una política pública que disponga de sus propias directrices, para poderlas aplicar sobre las características del parque construido y definir planes de actuación.

Por el otro, la metodología desarrollada no se conforma con la construcción de informes de diagnóstico del estado actual y pronóstico sobre las posibilidades de mejora del parque, sino que toma forma también como base de datos accesible mediante un visor (Figura 11).

Figura 10. Grafica de representación de 564 secciones censales de la AMB según la correlación entre el índice de Comportamiento de la vivienda y el índice de Eficacia económica de la intervención



Fuente: Elaboración propia

La plataforma en línea desarrollada permite interactuar con el conjunto de información generada a través de varias funcionalidades:

- Visualizar parámetros e indicadores de carácter arquitectónico, energético y económico, e índices de priorización en una base cartográfica.
- Comparar los resultados del estado actual del parque edificatorio con cualquiera de los escenarios de rehabilitación que se hayan podido definir en el proyecto.
- Filtrar valores mediante selecciones geográficas –a través del parcelario, delimitaciones administrativas como secciones censales, barrios o municipios, o de áreas geográficas poligonales-, o selecciones temáticas basadas en la batería de parámetros, indicadores e índices –por ejemplo, todos los inmuebles anteriores a 1981-.
- Agregar datos en unidades superiores al inmueble, como por ejemplo secciones censales.
- Generar y editar sub-ámbitos de estudio a través de la funcionalidad de filtro.
- Consultar la base de datos subyacente.

- Generar consultas estadísticas del ámbito estudio y de unidades de análisis concretas, como un inmueble particular o una determinada sección censal.

Figura 11. Plataforma interactiva en línea



Fuente: Elaboración propia.

La finalidad es trascender los objetivos iniciales del estudio, a menudo centrados en el conjunto del ámbito de estudio, y poner a disposición de la administración toda la información disponible para que pueda operar con ella mediante aproximaciones sucesivas a las intervenciones.

De esta manera el conocimiento generado no sirve únicamente al propósito inicial, sino que es posible profundizar en él una vez el análisis global está realizado; permitiendo realizar planes específicos para determinadas áreas geográficas, como una manzana, una calle o un barrio, o para determinadas tipologías, como por ejemplo los edificios con ciertas deficiencias energéticas o con antigüedades concretas.

Hecho que dota a la metodología de cierta flexibilidad en la interpretación de resultados y pone al alcance de los equipos técnicos la posibilidad de multiplicar los usos del *dataset* urbano generado.

Agradecimientos

Este proyecto ha sido desarrollado gracias a la implicación de un amplio grupo de personas, entre las cuales queremos destacar a Albert Cuchí, Doctor Arquitecto y profesor de la *Escola d'Arquitectura del Vallès* de la *Universitat Politècnica de Catalunya* (ETSAV-UPC), y al equipo de programación y GIS de Cíclica [space · community · ecology]. También ha sido posible gracias a la subvención del programa *Projectes Singulares d'Arcoop del Departament de Treball, Afers Socials i Famílies* de la Generalitat de Catalunya.

Autoría

Este trabajo ha sido conceptualizado y coordinado por Joaquim Arcas-Abella, con la colaboración y validación científica de Anna Pagès-Ramon y la aplicación en casos de estudio concretos de Ander Bilbao.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses

Bibliografía

Arcas-Abella, J., Cuchí, A. (2018). Identificació de les necessitats de rehabilitació energètica del parc residencial de l'àrea metropolitana de Barcelona, per a generar criteris de prioritització a l'hora de desenvolupar instruments d'impuls. Barcelona, España: Consorci Metropolità de l'Habitatge CMH-AMB.

Asociación de Ciencias Ambientales ACA (2018). Pobreza Energética en España. Hacia un sistema de indicadores y una estrategia de actuación estatal. Madrid, España: Asociación de Ciencias Ambientales ACA.

Ayuntamiento de Madrid (2016). Estudio técnico sobre pobreza energética en la ciudad de Madrid. Recuperado de <https://www.ecologistasenaccion.org/112362/informe-estudio-tecnico-sobre-pobreza-energetica-en-la-ciudad-de-madrid/>

Casanovas, X., Cuchí, A., Mas, J., Rubio del Val, J. (2018). Por un cambio en las políticas públicas de fomento de la rehabilitación residencial: los municipios, pieza clave en un marco de cooperación institucional. Madrid, España: Grupo de Trabajo sobre rehabilitación GTR.

Collins, K.J. (1986). Low indoor temperatures and morbidity in the elderly. *Age and ageing*, 15(4).

Comisión Europea (2018). Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, 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. *Official Journal of the European Union*, núm. 156, de 16 de junio de 2018, pp. 75-91. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>

Comisión Europea (2019). Clean Energy for All Europeans. Recuperado de https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en

Cuchí, A., Arcas-Abella, J. (2019). Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi. Bilbao, España: Gobierno Vasco.

Cuchí, A., Arcas-Abella, J., Casals-Tres, M., Fombella, G. (2014). Building a common home. Building sector. A Global vision report. Barcelona, España: Green Building Council España GBCe.

Cuchí, A., Sweatman, P. (2011). Informe GTR 2012. Una visión-país para el sector de la edificación en España: Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda. Madrid, España: Grupo de Trabajo sobre rehabilitación GTR.

Cuchí, A., Sweatman, P. (2012). Informe GTR 2012. Una visión-país para el sector de la edificación en España: Plan de acción para un nuevo sector de vivienda. Madrid, España: Grupo de Trabajo sobre rehabilitación GTR.

Cuchí, A., de la Puerta, I. (2016). Informe GTR 2016. Diagnóstico de la rehabilitación en las comunidades autónomas. Madrid, España: Grupo de Trabajo sobre rehabilitación GTR.

Cunill, L., Pagès-Ramon, A., Rosas, M. (2019). Validació de l'eina de simulació energètica de l'urbanZEB. Sant Cugat del Vallès, España: Universitat Politècnica de Catalunya UPC.

Gaja, F. (2015). La regeneración urbana en la encrucijada. *ACE: Architecture, City and Environment*, 9(27), 11-26. DOI: <http://dx.doi.org/10.5821/ace.9.27.2803>

Generalitat de Catalunya (2014). Estrategia catalana para la renovación energética de edificios. Recuperado de http://icaen.gencat.cat/es/plans_programes/ecree/

Gobiernos locales de la UE (2008). Covenant of Mayors for Climate & Energy. Recuperado de <https://www.covenantofmayors.eu/>

Hubbert, M. K. (1956). Nuclear energy and the fossil fuels. Houston, Estados Unidos de América: Shell Development Company.

Institut Català de l'Energia ICAEN (2020) Observatori de l'estat energètic dels edificis a Catalunya. Recuperado de <http://icaen.gencat.cat/ca/detalls/publicacio/Observatori-de-lestat-energetic-dels-edificis-a-Catalunya-00002>

Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC 5th Assessment Report – Changes to the underlying Scientific/Technical Assessment. Recuperado de <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

International Energy Agency IEA (2013). Transition to Sustainable Buildings. Strategies and Opportunities to 2050. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/transition-to-sustainable-buildings>

Ministerio de Fomento (2014). Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España ERESEE 2014. Recuperado de https://www.mitma.gob.es/ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana/eresee_2014

Ministerio de Fomento (2017). Actualización de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España ERESEE 2017. Recuperado de <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana>

Ministerio de Fomento (2020). Actualización de la Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España ERESEE 2020. Recuperado de https://www.mitma.gob.es/ministerio/planes-estrategicos/estrategia-a-largo-plazo-para-la-rehabilitacion-energetica-en-el-sector-de-la-edificacion-en-espana/eresee_2017

Naciones Unidas (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

Naciones Unidas (2017). Nueva Agenda Urbana. Recuperado de <https://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>

Pla Estratègic Metropolità de Barcelona PEMB (2011). Estratègia de rehabilitació energètica d'edificis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. Recuperado de https://pemb.cat/ca/publicacions/projecte_estrategic_de_rehabilitacio_energetica_dels_edificis_de_l_area_metropolitana_de_barcelona/67/

Puig, D., Pagès-Ramon, A. Romero, A. (2016). Estudi dels usos energètics dels habitatges no vinculats a la climatització. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya UPC y Àrea Metropolitana de Barcelona AMB.

Reinhart, C.F., Cerezo Davila, C. (2016). Urban building energy modeling - A review of a nascent field. *Building and Environment*, 97, 196–202. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.001>

Zebra2020 (2016). Energy efficiency trends in buildings. Data tool. Recuperado de <https://zebra-monitoring.enerdata.net>