

## **INDICADORES TÉCNICOS PARA PRIORIZAR EL ORDEN DE ACTUACIÓN EN LA REHABILITACIÓN INTEGRAL DE VIVIENDAS SOCIALES**

<sup>1</sup>López Mesa, B.; <sup>2</sup>Gairín Alastuey, M.; <sup>3</sup>Monzón Chavarrías, M.; <sup>4</sup>Rubio del Val, J.

<sup>1y2</sup>Unidad predepartamental de Arquitectura, Universidad de Zaragoza  
c/ María de Luna 3, Edificio Torres Quevedo. 50018 Zaragoza.

<sup>3</sup>Esehache, consultoría acústica, Zaragoza.

<sup>4</sup>Area Rehabilitación Urbana, Sociedad Municipal Zaragoza Vivienda  
San Pablo, 61. 50003 Zaragoza.

e-mail: <sup>1</sup>belinda@unizar.es; <sup>2</sup>mgairin@unizar.es; <sup>3</sup>marta@esehache.com;  
<sup>4</sup>jrubio@zaragozavivienda.es

### **RESUMEN**

Para abordar la rehabilitación integral del parque edificatorio de vivienda social española, cuya necesidad se ha puesto de manifiesto en varios informes recientes, es preciso desarrollar indicadores de apoyo en la toma de decisiones sobre el orden de actuación. Sería de gran utilidad para la Administración contar con indicadores grafiables en planos que permitan identificar, en función del presupuesto disponible en cada momento, los conjuntos de viviendas que con mayor urgencia requieren rehabilitación tanto por su nivel de vulnerabilidad física como social.

Tras la realización de un estado del arte de los informes existentes aplicables a la priorización de la rehabilitación de la vivienda social y su análisis crítico, observamos que es necesario crear nuevos indicadores de vulnerabilidad física, dado que esta dimensión se encuentra insuficientemente desarrollada, particularmente en lo referente a indicadores sobre la eficiencia energética y la calidad acústica de los edificios.

Para la propuesta de nuevos indicadores en estos ámbitos, nos apoyamos en el modelo de indicadores ambientales denominado Presión-Estado-Respuesta (PER), propuesto por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), que distingue entre indicadores de presión, que describen las variables que causan los problemas (por ejemplo, viviendas sin calefacción), indicadores de estado, que describen el estado del medio ambiente (por ejemplo, emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de calefacción) e indicadores de respuesta, que demuestran los esfuerzos de la sociedad para solucionar los problemas (por ejemplo, la tentativa que existió de penalizar el exceso de consumo de luz). Basado en este modelo, cuya lógica de causalidad redefinimos para su aplicación al caso de la edificación, decidimos la conveniencia de desarrollar indicadores de estado sobre consumos energéticos y nivel de molestia acústica. Estos indicadores requerirán asimismo el desarrollo de otros indicadores de presión previos, que son asimismo enunciados en la presente ponencia.

Keywords: rehabilitación integral, vivienda social, indicadores de vulnerabilidad física, esquema Presión-Estado-Respuesta (PER), eficiencia energética, protección frente al ruido.

## **1.- La necesidad de desarrollar indicadores de apoyo en la priorización del orden de actuación en la rehabilitación de la vivienda social.**

Es en el marco más amplio y general de los derechos que todos los ciudadanos tenemos a un medio urbano cuyos usos se basen en el principio del desarrollo sostenible, recogidos por la actual Ley del Suelo (Artículos 1 y 2 del Texto Refundido 2/2008), en desarrollo de los derechos básicos sobre este tema recogidos en los artículos 45 a 47 de la Constitución española, en el que se debe inspirar la necesidad de hacer efectivos estos derechos en todas las partes de la ciudad.

*“La Constitución se ocupa de la regulación de los usos del suelo en su artículo 47, a propósito de la efectividad del derecho a la vivienda y dentro del bloque normativo ambiental formado por sus artículos 45 a 47, de donde cabe inferir que las diversas competencias concurrentes en la materia deben contribuir de manera leal a la política de utilización racional de los recursos naturales y culturales, en particular el territorio, el suelo y el patrimonio urbano y arquitectónico, que son el soporte, objeto y escenario necesario de aquéllas al servicio de la calidad de vida” [1].*

Por razones históricas y de origen, muchas áreas construidas en nuestro país en las décadas de los años cincuenta y sesenta del siglo pasado, adolecen de los atributos y condiciones de calidad ambiental y urbanística, que otras, urbanizadas en épocas más recientes, sí disponen. Así lo expresaba el preámbulo de la Ley sobre la mejora de barrios, áreas urbanas y villas que requieren una atención especial [2], aprobada por la Generalitat de Cataluña el 2 de junio de 2004, reguladora del conocido Plan de Barrios desarrollado durante más de siete años continuados en esa región española, que han incluido a 141 barrios de toda Cataluña, movilizado más de 1.300 millones de euros en subvenciones de varias administraciones y beneficiado a casi 1.000.000 de habitantes.

*“Entre estos espacios, destacan algunas áreas donde se concentran procesos de regresión urbanística, problemas demográficos (causados por la pérdida o el excesivo crecimiento de la población) y carencias económicas y sociales. Son, en muchos casos, barrios viejos o cascos antiguos, extensiones suburbanas realizadas sin una planificación ni dotación de equipamientos apropiados, polígonos de viviendas o áreas de urbanización marginal. En estas zonas, confluyen a menudo problemas de diferente naturaleza, que afectan en muchos casos el estado de conservación de las edificaciones, la urbanización y las redes de servicios; la existencia de espacios públicos; la dotación de equipamientos; la concentración de grupos de ciudadanos con necesidades especiales; la accesibilidad viaria y en transporte público; el desarrollo económico; la actividad comercial, y la seguridad ciudadana. Estas circunstancias afectan negativamente el bienestar de los ciudadanos que residen en estas áreas y son un impedimento para la cohesión social y el desarrollo económico” [2].*

No parecen admitir dudas los datos destacados por varios informes y estudios recientemente, entre otros [3] y [4], de que el parque edificado español necesita intervenciones de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas que permitan hacer efectivo para todos, el derecho constitucional a una vivienda digna y adecuada, así como la exigencia del deber de sus propietarios de mantener los inmuebles en adecuadas condiciones de conservación.

Más del 58% de dicho parque edificado es anterior al año 1980 y existen, aproximadamente 25 millones de viviendas, de las que la mitad tienen más de 30 años y cerca de 6 millones cuentan con más de 50 años. El único instrumento que actualmente permite determinar el grado de conservación de los inmuebles, la inspección técnica de edificios, no sólo es insuficiente para garantizar dicho objetivo, y así se pone de manifiesto desde los más diversos sectores relacionados con la edificación, sino que ni siquiera está establecido en todas las Comunidades Autónomas, ni se exige en todos los municipios españoles.

En la UE-15, el peso medio de la rehabilitación y mantenimiento de edificios sobre el total de la construcción era en 2009 del 36%, porcentaje que en los últimos años se ha intensificado. Sin embargo, en España, la rehabilitación y el mantenimiento de edificios existentes representan tan sólo el 25% de la producción total. Esta diferencia se pone de manifiesto en la Tabla 1, en la que se relaciona la inversión en obra nueva con la aplicada a la rehabilitación, en los principales países de la Unión Europea (UE) [5].

País	Alemania	Italia	Reino Unido	Francia	España	Total UE-5
<b>Inversión</b>	1,81 €	1,56 €	0,91 €	1,15 €	0,77 €	1,26 €

Tabla 1. Inversión en rehabilitación por cada € en nueva planta en 2009 en los cinco grandes países de la UE (fuente de los datos: ITeC – Euroconstruct, diciembre 2009) [5]

A ello hay que unir la gran distancia que separa nuestro parque edificado de las exigencias europeas relativas a la eficiencia energética de los edificios y, a través de ellos, de las ciudades. Casi el 58% de nuestros edificios se construyó con anterioridad a la primera normativa que introdujo en España unos criterios mínimos de eficiencia energética: la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 (sobre Condiciones Térmicas en los Edificios) del año 1979. La UE ha impuesto como objetivo para el año 2020 reducir el 10% de las emisiones de los sectores difusos, entre los que se encuentra el de la edificación, con respecto al año 2005.

El esfuerzo que deben hacer los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir estos compromisos, implica en España, una reducción de 26 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que significa que la edificación debe adaptarse cuanto antes a las nuevas pautas de comportamiento de lo que se conoce como “economía baja en carbono”. Por otra parte, si la carga del sector residencial en su conjunto, sobre el CO<sub>2</sub>, es muy importante, más lo es aún en las viviendas de baja calidad, que en España se sitúan entre las construidas en las décadas de los 50, 60 y 70.

Además, en la estrategia “Europa 2020”, se han incluido como objetivos 20/20/20, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, al menos en un 20 % en comparación con los niveles de 1990, el incremento del porcentaje de las fuentes de energía renovables en el consumo final de energía, hasta un 20 % y la mejora en un 20 %, de la eficiencia energética. España está, por tanto, lejos de poder atender sus compromisos internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de mejora de la eficiencia energética.

Para abordar la rehabilitación integral del parque edificatorio de vivienda social española, cuya necesidad se ha puesto de manifiesto en varios informes recientes, como acabamos de ver, se hace necesario a nuestro juicio desarrollar indicadores de apoyo en la toma de decisiones sobre el orden de actuación. Sería de gran utilidad para las administraciones contar con indicadores grafiables en planos que permitan identificar, en función del presupuesto disponible en cada momento, las áreas o los conjuntos de viviendas que con mayor urgencia requieren rehabilitación tanto por su nivel de vulnerabilidad física como socioeconómica.

De hecho, en el proyecto de Ley de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas, aprobado por el Consejo de Ministros del día 5 de abril de 2013 se alude a la *“información al servicio de las políticas públicas para un medio urbano sostenible”* como una parte importante de los futuros instrumentos al servicio de las nuevas políticas de rehabilitación urbana que se quieren impulsar y favorecer con la nueva Ley, y así se señala en la disposición adicional primera:

*Para asegurar la obtención, actualización permanente y explotación de la información necesaria para el desarrollo de las políticas y las acciones a que se refieren los artículos 3, 4 y 5, la Administración General del Estado, en colaboración con las Comunidades Autónomas y las Administraciones Locales, definirá y promoverá la aplicación de los criterios y principios básicos que posibiliten, desde la coordinación y complementación con las administraciones competentes en la materia, la formación y actualización permanente de un sistema informativo general e integrado, comprensivo, al menos, de los siguientes instrumentos:*

*a) Censos de construcciones, edificios, viviendas y locales desocupados y de los precisados de mejora o rehabilitación.*

*b) Mapas de ámbitos urbanos deteriorados, obsoletos, desfavorecidos o en dificultades, precisados de regeneración y renovación urbanas, o de actuaciones de rehabilitación edificatoria.*

Queda, por tanto, de manifiesto que el desarrollo de indicadores para el apoyo en la priorización del orden de actuación en la rehabilitación de la vivienda social es una línea de investigación que nuestra sociedad requiere para poder contribuir a que el ciudadano acceda a un medio urbano cuyos usos se inspiren en el principio del desarrollo sostenible, así como para alcanzar los compromisos que nuestro país ha adquirido en materia de reducción de gases de efecto invernadero. El objetivo de esta ponencia es explorar las líneas de investigación necesarias para el desarrollo de indicadores que resulten útiles en la priorización de las viviendas sociales a rehabilitar.

## **2.- Metodología de investigación.**

Con el objetivo de definir líneas de investigación necesarias en el marco del desarrollo de indicadores para el apoyo en la priorización del orden de actuación en la rehabilitación de la vivienda social, en esta ponencia realizamos un estado del arte y análisis crítico del estado actual de la cuestión, estudiando:

a) En primer lugar, los trabajos recientes aplicables a la priorización de la rehabilitación de la vivienda social, para concluir en la necesidad de creación de nuevos indicadores de vulnerabilidad referidos a las condiciones físicas,

dado que esta dimensión como defenderemos posteriormente se encuentra insuficientemente desarrollada.

- b) A continuación, analizamos los pros y contras de posibles estrategias de obtención de nuevos indicadores de vulnerabilidad física.

### **3.- Estado del arte y análisis crítico de indicadores aplicables a la priorización de la rehabilitación de la vivienda social**

Los indicadores son una guía muy importante para la toma de decisión al trasladar conocimiento a unidades manejables de información [6]. Podemos distinguir entre indicadores simples e indicadores sintéticos o índices. Los primeros hacen referencia a valores obtenidos de la realidad directamente y los sintéticos o índices resultan de combinar varios indicadores simples, mediante un sistema de ponderación. Dos tipos de indicadores han tenido un desarrollo importante en la toma de decisiones políticas: los indicadores ambientales, desarrollados para medir y calibrar el progreso hacia la mejora del desarrollo sostenible, y los indicadores de vulnerabilidad, desarrollados como señales de alarma para prevenir daños económicos, sociales y ambientales.

Los indicadores ambientales surgieron como respuesta a la creciente preocupación social por los aspectos ambientales, herederos de la dilatada experiencia existente en el campo de los indicadores socioeconómicos. La definición que propuso la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente para un indicador ambiental fue la de “variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medioambiente” [7]. Así por ejemplo un indicador ambiental podrían ser las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente asociadas a una determinada actividad, que proporciona una información sintética sobre el fenómeno conocido como cambio climático.

La publicación “Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies” [8] desarrollada por la Comisión para el Desarrollo Sostenible (CSD) de la Organización para las Naciones Unidas (UN) es considerada el punto de partida para el desarrollo nacional de indicadores de sostenibilidad. Existen diversos modelos para organizar los conjuntos de indicadores. El esquema más completo es el DPSIR (en inglés, “Driving forces – Pressure – State – Impact – Response”), con cinco categorías de indicadores:

- D: Indicadores de causa, son los factores que influyen las variables relevantes como el número de habitantes por vivienda.
- P: Indicadores de presión, describen las variables que directamente causan los problemas ambientales. Por ejemplo, viviendas sin calefacción.
- S: Indicadores de estado, muestran el estado actual del medio ambiente. Por ejemplo, emisiones de CO<sub>2</sub>.
- I: Indicadores de impacto, describen los últimos efectos de los cambios de estado. Por ejemplo, el número de personas afectadas por las pérdidas en las cosechas debido al cambio climático.
- R: Indicadores de respuesta, demuestran los esfuerzos de la sociedad para solucionar los problemas. Por ejemplo la tentativa que existió de penalizar el exceso de consumo de luz.

El modelo DPSIR es una extensión del modelo PSR (Pressure-State-Response), ambos desarrollados por Anthony Friend desde los años 70, adoptados en los informes del Estado del Medio Ambiente (SoE) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) como herramienta para la gestión medioambiental [9].

Los indicadores de vulnerabilidad y riesgo introducen el principio de prevención a la toma de decisiones. Se comenzaron a desarrollar como herramienta de prevención de las consecuencias de los desastres naturales y tecnológicos [10], y continuaron su desarrollo en diversos campos, entre ellos, el de las políticas medioambientales y en el ámbito social. El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas ofrece la siguiente definición del concepto vulnerabilidad: “un estado de alta exposición a ciertos riesgos e incertidumbres, en combinación con una habilidad reducida para protegerse a uno mismo contra aquellos riesgos e incertidumbres y hacer frente a sus consecuencias negativas (...) afectando tanto al individuo como a la sociedad como un todo”. La cuantificación de la vulnerabilidad suele realizarse teniendo en consideración diversas dimensiones, la física y estructural, la social y económica, y la ecológica y ambiental. Aplicado al análisis urbanístico de barrios, el Ministerio de Fomento utiliza el término vulnerable para indicar que “el espacio se encuentra frente a una posible situación crítica, de forma que, de no actuarse sobre las bases del conflicto, el área entrará en crisis, pudiéndose producir una degradación funcional y social del ámbito que lo conduzca a la marginación” [11], poniendo énfasis en la dimensión social de la vulnerabilidad de los barrios.

Tres iniciativas recientes españolas han abordado el desarrollo de indicadores para el diagnóstico de barrios:

a) El Análisis urbanístico de Barrios Vulnerables [11] y el Atlas de la Vulnerabilidad Urbana en España [12] del Ministerio de Fomento, que contaron como antecedente el primer Informe sobre Barrios Desfavorecidos realizado por el Ministerio de Fomento, el INE y el Instituto Juan de Herrera, que identificó y delimitó las Áreas Vulnerables en el Estado Español según el Censo de 1991.

La idea de partida en el Análisis urbanístico de Barrios Vulnerables [11] y el posterior Atlas de la Vulnerabilidad Urbana en España [12] es que la vulnerabilidad de un territorio tiene que ver con dos dimensiones. Por un lado, la constituida por condiciones de desfavorecimiento social y estructural para desarrollar proyectos vitales. Por otro lado, la vulnerabilidad es también un estado psicosocial que afecta a la percepción que los ciudadanos tienen del territorio en donde viven y de sus propias condiciones sociales, que puede derivar en procesos de malestar que no se correspondan con indicadores objetivos de vulnerabilidad.

Por este motivo, se plantean los indicadores en torno a cuatro grandes ejes: la vulnerabilidad sociodemográfica (5 indicadores relativos al envejecimiento demográfico, complejización de la estructura de los hogares, inmigración extranjera proveniente de países no desarrollados), la vulnerabilidad socioeconómica (6 indicadores relativos al desempleo, precariedad laboral, bajos niveles formativos), la vulnerabilidad residencial (5 indicadores) y la vulnerabilidad subjetiva (6 indicadores). El Atlas permite el uso de índices sintéticos según criterios sociodemográficos, socioeconómicos, residenciales y subjetivos. De los 21 indicadores, se consideran Indicadores Básicos de Vulnerabilidad Urbana (IBVU):

porcentaje de población en paro, porcentaje de población sin estudios y porcentaje de población en viviendas sin servicio o aseo. El Atlas ofrece asimismo dos grandes índices sintéticos de Desigualdad, calculados a partir de los IBVU: el IDS (Índice de Desigualdad Socioeconómica) y el IDU (Índice de Desigualdad Urbana).

Para el estudio se utiliza como fuente principal el Censo de Población y Vivienda de 2001, que ya incorporaba un bloque referente a la percepción que las personas de referencia de cada hogar tienen sobre el entorno residencial, con lo que el Atlas permite analizar la vulnerabilidad objetiva y la subjetiva a nivel de sección censal. Además, permite comparar los indicadores e índices sintéticos de cada sección censal con el valor del indicador en el contexto municipal, regional o nacional.

Los indicadores de vulnerabilidad física en este Atlas corresponden a los de vulnerabilidad residencial y a algunos de los de vulnerabilidad subjetiva. Concretamente, los indicadores de vulnerabilidad residencial empleados son:

- Porcentaje de viviendas con una superficie útil menor a 31 metros cuadrados.
- Superficie media de la vivienda por ocupante.
- Porcentaje de personas residentes en viviendas sin servicio y aseo.
- Porcentaje de viviendas situadas en edificios en mal estado de conservación.
- Porcentaje de viviendas situadas en edificios construidos antes de 1951.

Los indicadores de vulnerabilidad subjetiva están basados en el porcentaje de viviendas cuya persona de referencia tiene una percepción negativa de la delincuencia o del espacio físico del barrio, referida a:

- Ruidos exteriores.
- Contaminación y malos olores provocados por la industria, el tráfico, etc.
- Malas comunicaciones.
- Zonas verdes en su proximidad (parques, jardines, etc.).

b) El Diagnóstico de las necesidades de intervención en la renovación del parque edificado de la Comunidad Autónoma del País Vasco [13].

Este trabajo, realizado por TECNALIA, contando con la colaboración de los grupos de investigación *giu+s* de la UPM y *caviar-calidad* de vida en arquitectura de la UPV, ha derivado en la confección de un Mapa de Áreas Vulnerables, cuya metodología y resultados, constituyen un referente y un buen camino a seguir, en nuestra opinión, para este tipo de trabajos en nuestro país. El estudio analiza hasta un total de 65 indicadores diferentes (4 de estabilidad, 16 de habitabilidad, 13 de accesibilidad, 29 de vulnerabilidad social y 3 de eficiencia energética), referidos a diferentes parámetros de vulnerabilidad física y socioeconómica, posteriormente reducidos a 41 mediante un proceso de depuración.

Como en el mismo informe se reconoce, al haber estado la elección de los indicadores condicionada por la disponibilidad de datos estadísticos, los parámetros de estabilidad y eficiencia energética cuentan con un número reducido de indicadores en comparación con los focos de habitabilidad, accesibilidad y vulnerabilidad social.

De los 41 indicadores propuestos, finalmente 10 factores se han obtenido mediante el método de Análisis Factorial de Componentes Principales, que explican el 69% de

la varianza, para detectar y visualizar en los 250 municipios y 1698 secciones censales de esa Comunidad Autónoma, las áreas con mayor o menor vulnerabilidad física y social. Estos factores son, según el método de Análisis Factorial, variables hipotéticas que resumen varias variables observables [15], es decir, índices que combinan varios indicadores simples, y comprenden:

1. Densidad.
2. Vulnerabilidad socioeconómica.
3. Vulnerabilidad por estado del edificio.
4. Vulnerabilidad por envejecimiento.
5. Vulnerabilidad por malas comunicaciones y servicios.
6. Vulnerabilidad por distancia al trabajo.
7. Baja ocupación de viviendas.
8. Vulnerabilidad por inmigración.
9. Vulnerabilidad por no eficiencia en la calefacción.
10. Vulnerabilidad por entorno urbano deteriorado.

Para el análisis de la vulnerabilidad de barrios se pueden usar los 10 factores (o índices) de vulnerabilidad o los indicadores más relevantes obtenidos a través del análisis factorial, que quedan reducidos a 23, recogidos en la Tabla 2.

c) Trabajos sobre la identificación y medición de indicadores de la calidad y cualidad urbanas por la prestigiosa y conocida Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, a cuyo frente se encuentra Salvador Rueda desde su fundación en el año 2000 [14].

Esta línea de trabajo destacable, que ya tiene algunos años de investigación y de aplicación a ciudades y áreas urbanas de nuestro país, ha dado lugar al desarrollo de un conjunto de 53 indicadores para gestionar la sostenibilidad urbana:

- Ocupación del suelo (compacidad, densidad)
- Habitabilidad del espacio público (11 indicadores sobre calidad del aire, acústica, confort térmico, accesibilidad, etc.)
- Movilidad sostenible (7 sobre proximidad a redes públicas de transporte, reparto del viario público, etc.)
- Complejidad urbana (4 sobre diversidad de funciones, proximidad de actividades comerciales, o equilibrio entre actividad y residencia)
- Metabolismo urbano (14 sobre el uso de recursos energéticos, residuos, contaminación lumínica y otros)
- Biodiversidad urbana (6 sobre superficies verdes, calidad arbolado, ocupación de suelo, etc.)
- Cohesión social (6 sobre envejecimiento, segregación social, vivienda pública o de protección oficial, equipamientos públicos y accesibilidad a los mismos, etc.)

<b>Vulnerabilidad social</b>	
Inmigración	Porcentaje de población NO española
Tipología de hogares	Porcentaje de hogares monoparentales
	Porcentaje de hogares con 1 o 2 personas solas mayores de 65 años
Nivel económico	Índice de status bajo
Régimen tenencia vivienda	Porcentaje de hogares de vivienda en NO propiedad
<b>Habitabilidad</b>	
<i>Superficie útil vivienda</i>	<i>Porcentaje de viviendas de menos de 45 m<sup>2</sup> en la sección</i>
<i>Sup. útil viv./hab. en la sección</i>	<i>Índice inverso de m<sup>2</sup> por ocupante en la vivienda</i>
<i>Instalaciones en la vivienda</i>	<i>Porcentaje de viviendas sin calefacción</i>
	<i>Porcentaje de viviendas sin WC</i>
<i>Estado del edificio</i>	<i>Porcentaje de edificios ruinosos o en mal estado</i>



<i>Entorno urbano</i>	<i>Porcentaje de población que se queja de entorno urbano</i>
<i>Densidad servicios comerciales</i>	<i>Porcentaje de locales comerciales vacíos</i>
<b>Accesibilidad</b>	
<i>Acceso a edificio</i>	<i>Porcentaje de edificios SIN portal accesible y SIN ascensor</i>
<i>Tiempo de desplaz. al trabajo</i>	<i>Porcentaje de personas a más de 30 min del trabajo</i>
<i>Malas comunicaciones</i>	<i>Porcentaje de población que se queja de malas comunicaciones</i>
<b>Estabilidad</b>	
<i>Año de construcción</i>	<i>Porcentaje de edificios construidos antes de 1980</i>
<i>Estructura del edificio</i>	<i>Valor de escala de la estabilidad de la estructura</i>
Eficiencia energética	
<i>Instalaciones de la vivienda</i>	<i>Porcentaje de edificios SIN instalación de gas natural</i>
	<i>Porcentaje de viviendas con calefacción individual</i>
<b>Densidad de la sección</b>	
<i>Densidad de viviendas</i>	<i>Media de viviendas por edificio</i>
<i>Densidad de población</i>	<i>Densidad de población (habitantes/hectárea)</i>
<i>Ocupación de vivienda</i>	<i>Porcentaje de vivienda principal</i>
<i>Tipo de edificio</i>	<i>Tasa de edificios para uso de vivienda</i>

Tabla 2. Indicadores de vulnerabilidad de barrios en el estudio del País Vasco (en cursiva los de vulnerabilidad física) [13]

Coincidimos con los estudios anteriores, en que la reducción del análisis del parque de viviendas existente a exclusivamente factores físicos del mismo (edad, estado de conservación, etc.) o sobre la componente energética del mismo, por muy importante que sea ésta, es un planteamiento reduccionista, que se ha demostrado insuficiente. Deben tenerse en cuenta otros factores e indicadores además de la vulnerabilidad física, teniendo especial importancia la dimensión socio-económica de las áreas en las que dicho parque residencial se encuentra, si se quieren acometer políticas serias y rigurosas en nuestro país de estímulo de la rehabilitación edificatoria y por extensión de regeneración urbana.

No obstante, cabe señalar que si bien la dimensión socio-económica se cubre suficientemente bien desde el uso de información estadística a escala de sección censal proveniente fundamentalmente de los Censos de Población y Vivienda, las cualidades físicas, sobre todo las referidas al comportamiento energético, acústico y a la estabilidad, puede diferir significativamente de un edificio a otro situado en el mismo barrio, por lo que la escala a aplicar debería ser diferente, y por tanto también los métodos de obtención de datos. Con nuevos métodos se podrá ampliar el número de indicadores de vulnerabilidad física referidos a las cuestiones energéticas y de estabilidad, considerados escasos por los propios estudios analizados. Por ello, a continuación realizamos una propuesta de indicadores de vulnerabilidad física.

#### **4.- Propuesta de indicadores de vulnerabilidad física**

Para analizar los indicadores de vulnerabilidad física referidos al ahorro de energía, la acústica y la estabilidad de los edificios en los estudios anteriormente mencionados, vamos a aplicar el modelo simplificado de indicadores de sostenibilidad denominado PSR, en castellano PER (Presión-Estado-Respuesta). El esquema PER, aplicado a los indicadores ambientales, está basado en una lógica de causalidad: las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente (presión) y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales (estado). Asimismo, la sociedad responde a estos cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas). Este modelo puede plantearse bajo otra lógica de causalidad a la edificación: los edificios residenciales y sus entornos urbanos ejercen presiones tanto sobre el ambiente como sobre las personas (presión) y cambian la calidad y cantidad de los recursos naturales, así como el nivel de confort, gastos y salud de las personas (estado). La sociedad responde a estos

cambios a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas). En este esquema de organización, los indicadores se clasificarán en tres grupos: presión, estado y respuesta. En la tabla 3, reflejamos los indicadores relativos a eficiencia energética (E), acústica (A), y estabilidad (S) propuestos en los informes estudiados, clasificados en cada una de estos grupos del esquema PER.

Estudio	Presión	Estado	Respuesta
MFOM	- % viv. situadas en edificios en mal estado de conservación (S) - % viv. situadas en edificios construidos antes de 1951 (S)	- % viv. cuya persona de referencia tiene una percepción negativa de los ruidos exteriores (A)	No hay
CAPV	- % edif. ruinosos o en mal estado (S) - % edif. construidos antes de 1980 (S) - % edif. SIN instalación de gas natural (E) - % viv. con calefacción individual (E) - Media de alturas de los edif. (E) - Tasa nº edif. de PB+3 o menos (E)	- Valor de escala de estabilidad estructura (S) - Valor de escala tipo de envolvente (S) - % de viv. que se queja de ruido exterior (A)	No hay
BCNecología	No hay	No hay	No hay

Tabla 3. Clasificación PER de indicadores relativos a eficiencia energética (E), acústica (A), y estabilidad (S) de los edificios en los estudios del Ministerio de Fomento (MFOM), Gobierno Vasco (CAPV) y Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (BCNecología)

A partir de la clasificación de la tabla 3, podemos observar que no existen indicadores de estado sobre eficiencia energética, y que los únicos indicadores acústicos usados son de percepción subjetiva de los usuarios. Con las herramientas actualmente a disposición para la simulación energética y la acústica, entendemos que los indicadores energéticos y acústicos podrían mejorarse significativamente, y por ello realizamos en el siguiente apartado una propuesta de indicadores que creemos deberían desarrollarse, y un análisis de las metodologías que podrían usarse con tal fin.

Por otro lado, cabe señalar que no existen indicadores de respuesta. Considerando el modelo más extenso, el DPSIR, la mayor parte de los indicadores desarrollados en los informes estudiados son del tipo causa (por ejemplo, número medio de personas por vivienda ocupada) y del tipo presión, pocos son del tipo estado y no existen de los tipos impacto y respuesta, dado que la aplicación de los indicadores a la priorización de la rehabilitación de la vivienda social ha comenzado a abordarse recientemente en comparación con otros campos como el transporte con mayor recorrido [6].

#### 4.1- Indicadores relativos al ahorro de energía.

Las viviendas actuales seguirán existiendo en 2050, por lo tanto, los objetivos de eficiencia energética y reducción de emisiones establecidos por las directivas europeas no podrán alcanzarse sin la mejora significativa en la eficiencia energética de estas viviendas. Por ello debe proponerse una metodología de evaluación que permita estimar el consumo energético (térmico y eléctrico) anual, expresado en términos de energía primaria (kW·h/año·m<sup>2</sup>), y su potencial de ahorro, para priorizar la rehabilitación de unas viviendas frente a otras. Podrían también utilizarse otros indicadores de estado, como emisiones de CO<sub>2</sub>/año·m<sup>2</sup> o calificación energética. Sin embargo, se elige un indicador de consumo energético puesto que estos últimos dependen del primero.

Han sido varios estudios los que han abordado esta temática desde diferentes niveles de aproximación. Todos ellos seleccionan unas muestras que consideran representativas del parque edificatorio a caracterizar y las extrapolan al resto de edificios. Los podemos englobar en dos grandes grupos:

a) Los que realizan el estudio de consumos energéticos a partir de las estadísticas de consumo de edificación residencial y posteriormente reparten dichos consumos totales entre las viviendas, fundamentalmente en función de parámetros relativos a la morfología edificatoria, las características constructivas –que dependen del año de construcción– y de la zona climática.

El informe “Europe’s buildings under the microscope” [15] realizaba una aproximación a la eficiencia energética del parque de viviendas europeo con enormes simplificaciones. Dividía Europa en tres zonas parecidas respecto a características climáticas, tipología constructiva y mercados (centro y este, norte y oeste, sur), resolviendo el consumo medio de las viviendas a partir de dividir proporcionalmente –en función del año de construcción y tipología edificatoria por zona– los datos de consumo oficiales agregados al sector residencial.

En el informe “Una visión-país para el sector de la edificación” [3] del GTR, se utilizaba un sistema similar, pero al bajar de escala –España– permitía profundizar en el estudio. Así, a través de los datos del Censo de 2001, y proporcionalmente a la demanda de las viviendas principales, extraídas del informe publicado por WWF en 2011 [16], mejorándolo mediante la consideración de los grados-día para cada zona climática considerada en el Código Técnico de la Edificación (CTE), realizaba la segmentación del consumo de calefacción para el parque residencial español.

Para la realización del informe de WWF [16] se empleó la Opción General propuesta por el Documento Básico HE1 del CTE, basada en el uso de un programa de simulación (Lider para la demanda, y Calener VyP para el consumo). Se consideraron tres tipologías de edificios (vivienda unifamiliar aislada, vivienda unifamiliar adosada y vivienda colectiva –bloque–), tres zonas climáticas y las características de la envolvente según la fecha de construcción.

El *Domestic Energy and Carbon Model* (DECM) [17] utiliza también la simulación energética de las tipologías representativas de edificios para la caracterización energética del parque edificatorio inglés. La base del modelo energético del edificio se basa en el procedimiento de evaluación estándar del Gobierno de Reino Unido (SAP-2005), con algunas modificaciones para mejorar las estimaciones del programa, incorporando, por ejemplo, datos regionales de clima y calculando simulaciones mensuales para iluminación, ACS y calefacción. Las tipologías se escogen en base a los datos -actualizados anualmente- de la *English House Condition Survey 2007* (EHCS). La distribución energética realizada se compara con las estadísticas nacionales que publica el Department of Energy and Climate Change (DECC) a escala de distrito.

Otros modelos ingleses empleados para caracterizar el sector –el BREHOMES, empleado por BRE, y el Domestic Energy and Carbon (DECARB)- usan el mismo modelo de cálculo energético, pese a ser creados para estudios diferentes [18].

b) Los que detectan los edificios más característicos a partir de las estadísticas de consumo de edificación residencial para posteriormente estudiar los consumos de estos edificios a través de entrevistas.

Así, en el proyecto Sech-Spahousec del IDAE [19] se recurre a encuestas y entrevistas –de los hogares seleccionados estadísticamente más representativos del sector residencial español-, validadas con la información de las empresas suministradoras y comercializadoras de energía, las asociaciones nacionales de administradores de fincas y las mediciones “in situ”, para conocer el consumo energético.

La realización tanto de encuestas como de mediciones son tareas exhaustivas en recursos, tanto humanos como técnicos, con el consiguiente gasto económico asociado. Todo ello condiciona la realización anual y periódica de estudios del tipo Spahousec, como el propio IDAE reconoce en su informe.

Los resultados que presentan todos los estudios analizados no nos permiten localizar los edificios en un mapa, de modo que a nuestro entender, si bien sirven para tener una perspectiva generalizada de la situación del parque, no nos informan a nivel local de cuáles son los edificios que primero debemos rehabilitar.

Otro inconveniente que presentan dichos estudios es que, debido a que su cálculo está basado en la repartición proporcional de los consumos energéticos oficiales por viviendas en la sección censal para cada tipología considerada, dejan que la dispersión generada por otros factores –como el efecto de los ocupantes del edificio- quede absorbida por su distribución uniforme sobre el parque. Por ejemplo, hay usuarios afectados por pobreza energética que no consumirán la energía por no poder pagarla, quedando este problema de pobreza energética oculto en la repartición proporcional. Otros usarán la energía de forma más o menos eficiente que la media. El uso afecta aproximadamente al 4,2% del consumo energético frente al 42% que suponen las características del edificio [20], por lo que parece aceptable obviarlo para una primera aproximación, sin embargo sería necesario detectar los consumos no realizados por pobreza energética, ya que esta afecta a un 10% de los hogares españoles [21], y presumiblemente representará un porcentaje mayor en la vivienda social.

Proponemos, por un lado, afinar más en los consumos energéticos de los edificios que en los estudios existentes, para poder bajar la escala a nivel edificio, lo que requerirá desarrollar un indicador de estado que aporte datos del consumo energético a partir de indicadores de presión -aún no desarrollados- que definan de forma objetiva las características de los edificios que determinan la demanda energética y los consumos para alcanzar el confort térmico, y por otro lado, proponemos combinar este indicador de consumo energético con otros indicadores socio-económicos para constituir un índice de pobreza energética, que nos permita dar respuesta a la población afectada por la misma. El indicador de consumo energético representaría una metodología simplificada para la obtención de consumos energéticos, que habría que contrastar con los datos arrojados por simulaciones energéticas más complejas.

#### **4.2- Indicadores relativos a la protección frente al ruido.**

Una prioridad a la hora de escoger el edificio a rehabilitar debe ser el ruido que soportan sus usuarios. Las viviendas sociales antiguas no cumplen con los niveles

exigidos por las normativas actuales frente al ruido exterior ni entre vecinos, aunque aquí sólo nos centraremos en las primeras porque las rehabilitaciones actuales tienden a actuar únicamente en la envolvente del edificio y no en la separación entre viviendas.

Para definir el indicador tomamos en consideración la normativa estatal actual, el Documento Básico de Protección frente al Ruido (DB-HR) del CTE. El aislamiento acústico a ruido aéreo respecto del exterior se limita a los recintos protegidos (estancias, sin tener en cuenta baños y cocinas) y viene definido por  $D_{2m, nT, Atr}$  (diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles). Dicho índice calcula el aislamiento acústico a ruido aéreo de un recinto respecto del exterior, para lo cual necesitamos saber su geometría, dimensiones, todos sus elementos constructivos y el nivel de ruido exterior. Entendemos que es innecesario, al tiempo que arduo, calcular el aislamiento acústico de la totalidad de los recintos de todos los edificios, para estimar el comportamiento acústico de los edificios de vivienda social. Un indicador necesita datos que puedan ser conseguidos de forma relativamente fácil y sean significativos.

Como indicadores acústicos fácilmente deducibles y significativos consideramos el índice de ruido día exterior y el índice de reducción acústica de la fachada,  $R_{A, tr}$ , siendo ambos indicadores de presión. Por separado, ninguno de ellos es suficiente para estimar la molestia acústica en el interior de las viviendas. Por ejemplo, algunos edificios presentan más fachadas a vías más ruidosas que otros, pudiendo variar significativamente el número de viviendas afectadas por mayor ruido dependiendo de su posición exacta en el barrio. Por ello creemos que habría que conjugar ambos en un indicador de estado que realice dicha estimación. Los indicadores a desarrollar serían:

a) El indicador de presión “índice de ruido día medio”, que se basaría en la exposición de las fachadas del edificio al índice de ruido día asociado a la molestia durante el período día entre 7 a 19 horas, medido en dBA ( $L_d$ ). A iguales niveles de aislamiento de las fachadas, los edificios que tengan sus viviendas sometidas a un mayor nivel acústico exterior, entendemos deben tener prioridad a la hora de rehabilitar. Este valor  $L_d$  lo podemos obtener de los mapas de ruido de las ciudades. Según la ley del ruido 37/2007 del 17 de noviembre, todos los municipios de más de 100.000 habitantes tienen la obligación de realizar un mapa de ruido. Será necesario tener en consideración el porcentaje de fachada expuesto a diferentes niveles de  $L_d$  en el mismo edificio.

b) El indicador de presión “aislamiento de fachada” se podría determinar mediante el parámetro  $R_{A, tr}$ , índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior dominante de automóviles, aplicable según el CTE a los elementos de la envolvente en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos). El conjunto de la fachada comprende la parte ciega, la ventana y el aireador si lo hubiese. En las viviendas sociales sin rehabilitar no existirá aireador. Por tanto, para determinar este indicador será necesario tener en cuenta: i) el  $R_{A, tr}$  de la parte ciega, que dependerá de la composición de fachada; ii) el  $R_{A, tr}$  de los huecos, que dependerá del tipo de ventana, vidrio, marco y elemento de sombreamiento; iii) y el porcentaje de huecos. Con esta información se podrá calcular un  $R_{A, tr}$  del conjunto mediante cálculo del aislamiento acústico de elementos constructivos mixtos, determinado en el Anejo G del DB-HR. La composición de partes ciegas de fachada, tipos de huecos, y

porcentaje de huecos están relacionados con la época, tipología edificatoria y climatología de la región. La recolección de estos datos deberá ser un paso previo a la obtención de los valores  $R_{A,tr}$ .

c) El indicador de estado “molestia acústica en el interior de las viviendas” consistiría en el desarrollo de un sistema de calificación acústica que dependiese de los indicadores de presión “índice de ruido día” y “aislamiento de fachada”, y que otorgase una calificación u otra en función de los valores objetivo que marca la normativa. Los resultados de este método simplificado deberían contrastarse para varios casos de estudio con los datos arrojados por la herramienta de simulación que desarrolla la Opción General para el cálculo del aislamiento acústico a ruido aéreo y ruido de impactos descrita en el DB-HR, basada en el modelo simplificado para la transmisión acústica estructural de la UNE 12354-1, realizado por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC) para el Ministerio de Vivienda [22].

## 5.- Conclusiones.

Los trabajos realizados por el Ministerio de Fomento [12], TECNALIA en colaboración con los grupos de investigación giau+s de la UPM y caviar-calidad de vida en arquitectura de la UPV [13] y por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona [14] representan un importante avance en el desarrollo de indicadores para la priorización de la rehabilitación de la vivienda social en España, y constituyen un buen referente y camino a seguir.

No obstante, tras su análisis crítico hemos observado que los indicadores de estado usados relativos a la eficiencia energética y a la acústica son insuficientes, por estar basados en datos estadísticos disponibles. Con la disponibilidad actual de herramientas para la simulación energética y acústica, entendemos que estos indicadores podrían mejorarse, y por ello se ha propuesto el desarrollo de:

- a) Un indicador de estado, a nivel edificio, sobre consumo energético a desarrollar a partir de indicadores de presión que caractericen de forma objetiva la demanda energética y el consumo energético necesario para alcanzar el confort térmico, así como un índice de pobreza energética que combine este indicador de estado con otros indicadores socio-económicos, de manera que se pueda dar respuesta al creciente problema de incapacidad de un hogar de satisfacer una cantidad mínima de servicios de la energía para sus necesidades básicas.
- b) Un indicador de estado de nivel de molestia acústica en las viviendas, a desarrollar a partir de dos indicadores de presión sobre índice de ruido día medio e índice de reducción acústica de la fachada.

## REFERENCIAS.

- [1] Real Decreto 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de suelo, apartado II de la Exposición de Motivos.
- [2] Ley 2/2004, de 4 de junio, de mejora de barrios, áreas urbanas y villas que requieren una atención especial, páginas 11094 y ss. del DOGC 4151-10.6.2004.
- [3] 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 la Vivienda*. Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación, Green Building Council España y Fundación Conama, Madrid.
- [4] Martin, C. (Ed.) (2010) *Potential Energy Savings and CO<sub>2</sub> Emissions Reduction from Spain's existing residential buildings in 2020*. WWF, Madrid.

- [5] MVIV (2010) *Informe sobre la situación del sector de la vivienda en España*. Ministerio de la Vivienda, Madrid.
- [6] Vidal, R., López-Mesa, B., Mulet, E., Garraín, D. (2007) Indicadores de impacto y vulnerabilidad de las infraestructuras de transporte. *Estudios de Construcción y Transporte*. 106, 179-204.
- [7] DGCEA (1996) *Indicadores Ambientales*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- [8] CSD (2001) *Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies*. United Nations Commission of Sustainable Development, New York.
- [9] OECD (2003) *Environmental Indicators - development, measurement and use*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.
- [10] Menoni, S., Molinari, D., Parker, D., Ballio, F., Tapsell, S. (2012) Assessing multifaceted vulnerability and resilience in order to design risk-mitigation strategies. *Natural Hazards*. 64, 2057–2082.
- [11] MFOM (2010) *Análisis urbanístico de Barrios Vulnerables en España. Introducción al Informe General 2001: Metodología, Estructura del Catálogo y Créditos*. Ministerio de Fomento, Madrid.
- [12] MFOM (2012) *Atlas de la Vulnerabilidad Urbana en España. Metodología, contenidos y créditos*. Ministerio de Fomento, Madrid.
- [13] TECNALIA (2011) *Diagnóstico de las necesidades de intervención en la renovación del parque edificado de la CAPV. Inventario*. Gobierno Vasco, Vitoria.
- [14] BCNecología (2013) Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. <http://bcnecologia.net/es> Acceso el 23.03.2013
- [15] Economidou, M. y otros (2011). Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
- [16] WWF España (2010). *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del parque residencial existente en España en 2020*. WWF/Adena, Madrid.
- [17] Cheng, V., Steemers, K. (2012) Modelling domestic energy consumption at district scale: A tool to support national and local energy policies. *Environmental Modelling & Software*. 26, 1186-1198.
- [18] Natarajana, S., Padgett, J., Elliott, L. (2011) Modelling UK domestic energy and carbon emissions: an agent-based approach. *Energy and Buildings*. 43, 2602–2612.
- [19] IDAE (2011). *Proyecto Sech-Spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, Madrid.
- [20] Guerra, O., Itard, L., Visscher, H. (2009) The effect of occupancy and building characteristics on energy use for space and water heating in Dutch residential stock. *Energy and Buildings*. 41, 1223–1232.
- [21] Asociación de Ciencias Ambientales (2012) *Estudio de Pobreza Energética: Potencial de generación de empleo derivado de la rehabilitación energética de viviendas*.
- [22] Sobreira Seoane, M.A., Rodríguez Molares, A., Romero Fernández, A., Carrascal García, T., Tenorio Ríos, J.A. (2008) Validación de la herramienta oficial del DB HR del CTE frente a la UNE 12354-1. En *Congreso Acústica 2008*, pp. 1-10, Coimbra, Portugal.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradecemos el apoyo económico recibido por la Universidad de Zaragoza y el Banco Santander, proyecto UZ2012-TEC-03.