



Metodología integrada para la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de células urbanas en climas templados

Tesis doctoral

Doctorado en arquitectura RD 99/2011



Doctorando: **Manuel Ramos Martín**

Directora: **Dra. M.ª del Pilar Mercader Moyano**

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Universidad de Sevilla

Sevilla, septiembre de 2020

Metodología integrada para la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de células urbanas en climas templados

Tesis doctoral

Doctorado en arquitectura RD 99/2011



Doctorando: **Manuel Ramos Martín**

Directora: **Dra. M.^a del Pilar Mercader Moyano**

Dpto. de Construcciones Arquitectónicas I

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Universidad de Sevilla

Sevilla, septiembre de 2020

A la memoria de mi padre

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a Pilar Mercader Moyano su infatigable impulso durante estos años de doctorado, motivando y guiando mis pasos hasta el día de hoy. Sin sus conocimientos y recursos no hubiera podido terminar el viaje.

Estos agradecimientos se hacen extensibles a Fernando Martínez de Aspe, tanto por las facilidades que me ha dado para compaginar la tesis con mi labor a su mando, como por su mentoría.

A Carlos Rubio Bellido por su ayuda a nivel técnico en la dirección del objeto de estudio.

A mi familia, amigos y a todos aquellos que me han acompañado durante esta etapa, deciros que vuestro cariño eterno e incondicional comprensión han sido mi mayor logro.

Resumen

La necesaria reducción de emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero, así como el fomento de energías limpias y la reducción de los consumos energéticos del parque inmobiliario existente, se han consensuado ampliamente como las principales estrategias en favor de minimizar los impactos medioambientales y amortiguar los efectos del cambio climático que se derivan de estos.

Sin embargo, y pese a los esfuerzos a nivel político, observamos en el panorama nacional cómo actuaciones encaminadas a lograr los objetivos referidos sobre el parque inmobiliario existente son insuficientes con relación a los compromisos adquiridos a nivel europeo, siendo aún muy importante el mercado de nueva planta frente al de la rehabilitación.

De esta realidad se deduce el principal propósito con el que habría de abordarse cualquier proyecto de renovación de los edificios a fin de hacerlo más atractivo frente a la nueva construcción: **Generar valor a través de las intervenciones.**

Dicha generación de valor se ha de orientar al fomento de una economía circular que permita un desarrollo duradero de la actividad y que persiga el fomento de la sostenibilidad medioambiental, social y económica, dado que el equilibrio entre dichas dimensiones es el único garante para la consecución de los compromisos medioambientales.

La contextualización de dicho concepto de sostenibilidad en el sector de la construcción implica un cambio de paradigma por el que se han de transformar los materiales empleados, los sistemas constructivos y la gestión de los residuos de construcción y demolición; habiendo de reducirse paulatinamente los impactos medioambientales asociados a todo el ciclo de vida del edificio. La regeneración del parque inmobiliario, como una de las actividades del sector con mayor potencial, ha de integrar todas estas acciones en favor de reducir impactos y cargas al medio, habiendo de procurar la utilización de materiales bajos en carbono que permitan la reducción de los periodos de compensación de emisiones con relación a los ahorros de CO₂ que se consigan a través de las estrategias de regeneración.

A este propósito, conviene destacar que el cambio climático transformará las condiciones internas de los edificios en los cuales se haya renovado la envolvente térmica de los mismos y que responden a una realidad climática actual. Ello implica una pérdida de eficacia de las estrategias pasivas de renovación a lo largo del ciclo de vida del edificio intervenido, lo cual redundará en un aumento de los periodos de compensación de emisiones y en el retorno de la inversión inicial a través de los ahorros en emisiones y económicos que se derivan de las actuaciones.

Tal y como se pone de manifiesto, integrar la sostenibilidad en el sector de la construcción va mucho más allá de reducir los impactos asociados al consumo en fase operacional de nuestros edificios. Del mismo modo, se observa la importancia del enfoque de estas actuaciones desde una perspectiva de análisis de ciclo de vida (ACV) que permita prever desviaciones de los resultados esperados para las actuaciones que sobre los edificios se propongan, las cuales han de responder igualmente al interés socioeconómico de los usuarios, quienes están experimentando la necesidad de adaptar su vivienda a usos no previstos con anterioridad y que han sido puestos de relieve a través de las medidas para la contención de la pandemia por COVID-19.

Resulta adecuado destacar este último aspecto, dado que las actuaciones sobre los edificios habrán de estar orientadas a integrar aquellas transformaciones que los usuarios precisasen realizar en las viviendas (redistribuciones interiores, mejora de las instalaciones, recuperación de los espacios exteriores de terraza y/o ampliación de los

existentes, etc.), formando parte de una intervención unitaria que minimice costes, impactos medioambientales y cargas al vecindario.

Por todo lo expuesto, surge por parte del investigador el interés por el desarrollo de una metodología integrada para evaluar la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de los edificios en climas templados; permitiéndose a través de esta analizar sectores de la ciudad obsoletos donde sea pertinente un estudio a escala urbana de las implicaciones medioambientales, económicas y sociales que tengan su origen en dichas actuaciones.

La presente investigación tiene por objetivo central el establecimiento de la citada metodología. A través de la misma se permite evaluar y cuantificar la sostenibilidad de las intervenciones de renovación de la envolvente de edificios residenciales obsoletos en un clima templado, considerándose aspectos económicos y medioambientales de las soluciones, a partir de la determinación del periodo de retorno de la inversión económica y el periodo de compensación de emisiones a lo largo de la vida útil del edificio. Se considera para la determinación de los citados indicadores tanto los impactos del cambio climático a lo largo del ciclo de vida del edificio, como la tendencia de consumo de los usuarios actuales del edificio.

Los resultados de la investigación son aplicados y transferidos al ámbito profesional, integrándose la estructura de indicadores y los modelos de cuantificación de impactos medioambientales y económicos en un modelo BIM. Con ello se permite la obtención de resultados en base a un proyecto de regeneración de la envolvente térmica óptimo desde una perspectiva económico-ambiental y las transformaciones que sobre este realicen los usuarios en respuesta a sus necesidades a un nivel funcional.

Para la consecución del objetivo principal se parte de la identificación de la ciudad donde se entiende es especialmente relevante el desarrollo de la investigación, su clima presente y futuro, así como del reconocimiento de instrumentos de apoyo y gestión para la regeneración urbana, realizándose con ello un diagnóstico.

En segundo lugar, se define el equivalente funcional sobre el cual se aplica la metodología y que es representativa del contexto en el cual se inserta, lo que permite inferir resultados a escala urbana.

En tercer lugar, se definen las bases de cálculo para la evaluación de la sostenibilidad integrada, para lo que se establecen los escenarios del Análisis de Ciclo de Vida, los indicadores cuantitativos (perspectiva económico-ambiental), los indicadores cualitativos (perspectiva social), así como los métodos de cálculo y las fuentes de datos que se emplean.

Finalmente, se aplica sobre el equivalente funcional seleccionado la metodología a fin de identificar desviaciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto de regeneración de la envolvente térmica, determinándose las relaciones existentes entre los modelos de evaluación cualitativo y cuantitativo desarrollados.

Parte de los resultados permiten verificar que la consideración de las alteraciones provocadas por el cambio climático, así como la inclusión de aspectos sociales con relación a la tendencia actual de consumo, consideradas ambas a lo largo del ciclo de vida, introducen importantes desviaciones en los resultados con relación al periodo de compensación de emisiones y el periodo de retorno de la inversión económica. Destacándose por todo ello el interés del presente trabajo y de las futuras líneas de investigación que abre.

Índices

Índice de contenidos

| | |
|--|-----|
| 1. Introducción..... | 1 |
| a.-Acerca de los antecedentes teóricos..... | 1 |
| b.-Acerca de los antecedentes de campo | 2 |
| c.-Hipótesis | 2 |
| d.-Objetivo | 2 |
| e.-Justificación | 2 |
| f.-Alcance | 6 |
| g.-Metodología y contenido de la tesis | 7 |
| 2. Estado de la cuestión..... | 8 |
| 2.1. Antecedentes: La regeneración de edificios como estrategia central para la consecución de objetivos y compromisos globales en materia medioambiental | 8 |
| 2.2. Estado de la cuestión de los objetivos de la tesis: Sostenibilidad en procesos de regeneración de edificios | 35 |
| 3. Objetivos | 72 |
| 4. Metodología | 74 |
| 5. Desarrollo de la investigación..... | 81 |
| F1. Caracterización del contexto local (Málaga) | 81 |
| 1.1. Justificación de la elección del contexto local. La importancia de la regeneración de la envolvente de edificios en el municipio y análisis de este a través de los principales indicadores urbanos contenidos en su Agenda Local XXI | 83 |
| 1.2. Estudio del clima y requerimientos generales para la reducción de la demanda energética | 95 |
| 1.3. Revisión de estrategia, planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI..... | 104 |
| 1.4. Identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares..... | 131 |
| 1.5. Conclusiones de la fase 1 | 135 |
| F2. Elección del conjunto de células urbanas | 137 |
| 2.1. Establecimiento de un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas..... | 139 |

| | |
|--|-----|
| 2.2. Elección del <i>organismo urbano</i> : 790 viviendas promovidas por la Cooperativa Corazón de María..... | 155 |
| 2.3. Elección del conjunto de células urbanas: Torre de 48 viviendas | 159 |
| 2.4. Contextualización de las actuaciones de regeneración de la envolvente térmica. Claves para la regeneración de las células y <i>organismo urbano</i> desde la perspectiva del rendimiento energético del edificio..... | 167 |
| 2.5. Discusión de resultados obtenidos y propuesta de proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET)..... | 189 |
| 2.6. Conclusiones de la fase 2..... | 193 |
| F3. Bases para la definición de los modelos cuantitativo y cualitativo que permiten la determinación de impactos a lo largo del ACV..... | 194 |
| 3.1. Identificación del propósito y objeto de evaluación..... | 196 |
| 3.2. Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad | 201 |
| 3.3. Conclusiones de la fase 3..... | 239 |
| F4. Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores a través de los modelos cuantitativo y cualitativo | 242 |
| 4.1. Cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5..... | 244 |
| 4.2. Discusión de resultados de evaluación integradas y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación | 275 |
| 4.3. Conclusiones de la Fase 4 | 283 |
| 6. Conclusiones..... | 284 |
| 6.1. Conclusiones con relación a la metodología propuesta | 284 |
| 6.2. Conclusiones con relación a la aplicación de la metodología | 286 |
| 6.3. Futuras líneas de investigación | 288 |
| 6.4. Transferencia y aplicación al ámbito profesional | 289 |
| 7. Nomenclaturas..... | 298 |
| 8. Definiciones..... | 302 |
| 9. Bibliografía | 308 |
| Bibliografía consultada | 308 |
| Bibliografía generada..... | 326 |

Índices de Figuras, Fórmulas y Tablas

Figuras

1. Introducción

Figura 1.1. Áreas de impacto e identificación del ámbito específico en el que se centra la investigación..... 4

Figura 1.2. Concepto de análisis vinculado a la evaluación de la sostenibilidad en actuaciones de regeneración de la envolvente de los edificios..... 6

2. Estado de la cuestión

Figura 2.1. Relación de conferencias internacionales, acuerdos europeos y normativa a nivel español 14

Figura 2.2. Esquema de organización de organismos de normalización..... 21

Figura 2.3. Objetivos y principios generales de la norma ISO 15392:2008 22

Figura 2.4. Número de calificaciones energéticas de edificios existentes por emisiones para el conjunto de comunidades autónomas españolas (diciembre 2018) 33

Figura 2.5. Número de calificaciones energéticas de edificios existentes por emisiones para la comunidad de Andalucía (diciembre 2018) 34

Figura 2.6. Esquema de fases de Análisis de Ciclo de vida según ISO 14040:2006 47

Figura 2.7. Esquema de procedimiento simplificado para el análisis de inventario..... 48

Figura 2.8. Contenidos del informe y comunicación según UNE-EN 15643-1:2011 56

Figura 2.9. Esquema de nociones generales de UNE-EN 15643-1:2011 56

Figura 2.10. Esquema de requisitos del método para cálculo de evaluación de comportamiento ambiental según UNE-EN 15643-2 57

Figura 2.11. Esquema del proceso de evaluación ambiental según UNE-EN 15978:2012 58

Figura 2.12. Esquema de identificación del propósito de la evaluación según UNE-EN 15978:2012..... 58

Figura 2.13. Esquema de especificación del objeto de la evaluación según UNE-EN 15978:2012..... 59

3. Objetivos

Figura 3.1. Esquema jerárquico de objetivos 72

4. Metodología

Figura 4.1. Esquema de objetivos y metodología 74

5. Desarrollo de la investigación

| | |
|--|-----|
| Figura 5.1. Mapa de España con indicación de clasificación de zonas climáticas según IDAE | 86 |
| Figura 5.2. Evolución de la población ocupada por sectores para la provincia de Málaga entre los años 2004 y 2019 | 88 |
| Figura 5.3. Evolución del precio medio de la vivienda nueva por áreas entre los años 2000 y 2018 | 89 |
| Figura 5.4. Número de habitantes por distritos municipales | 90 |
| Figura 5.5. Esquema de estructura de participación ciudadana a través de organismos municipales | 94 |
| Figura 5.6. Clasificación bioclimática de la provincia de Málaga, periodo 1961-2000, según Modelo de Circulación General (MCG) CNCM3 para escenario A1b | 96 |
| Figura 5.7. Clasificación bioclimática de la provincia de Málaga, periodo 2041-2070, según Modelo de Circulación General (MCG) CNCM3 para escenario A1b | 98 |
| Figura 5.8. Evolución climática anual transformada para el año 2020 | 101 |
| Figura 5.9. Evolución climática anual transformada para el año 2050 | 101 |
| Figura 5.10. Evolución climática anual transformada para el año 2080 | 102 |
| Figura 5.11. Objetivos y escenarios de la UE | 104 |
| Figura 5.12. Esquema de arquitectura del nuevo sistema energético..... | 105 |
| Figura 5.13. Líneas de actuación del Plan Municipal de Vivienda de Málaga en materia de rehabilitación | 115 |
| Figura 5.14. Conjuntos protegidos (del 1 al 13) y no protegidos (del 14 al 29) susceptibles de rehabilitación identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda y el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio de Málaga | 132 |
| Figura 5.15. Distritos municipales y barrios protegidos y no protegidos identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda..... | 146 |
| Figura 5.16. Identificación de los Organismos Urbanos de mayor repercusión en el Polígono Carretera de Cártama, perteneciente al Distrito 6 de la ciudad | 151 |
| Figura 5.17. Volumetría y planta tipo del conjunto de células urbanas..... | 160 |
| Figura 5.18. Sección constructiva de la envolvente | 161 |
| Figura 5.19. Imagen del modelo de cálculo con indicación de elementos de modelado según la orientación 2 | 163 |
| Figura 5.20. Calificación parcial de la demanda del edificio sin intervención sobre su envolvente | 166 |
| Figura 5.21. Carta solar para localización de la tipología objeto de estudios..... | 174 |
| Figura 5.22. Resultado para la demanda del edificio objeto tras la implementación del PRET1 con relación a la demanda del edificio de referencia | 191 |
| Figura 5.23. Resultado para la demanda del edificio objeto tras la implementación del PRET2 con relación a la demanda del edificio de referencia | 192 |
| Figura 5.24. (a) Evolución anual para el total de los consumos, emisiones y temperatura operativa. (b) Evolución mensual del consumo y emisiones calculado para los distintos años..... | 254 |

| | |
|--|-----|
| Figura 5.25. (a) Resultados del indicador GWP para las 108 combinaciones de actuaciones aplicadas sobre el edificio. (b) Resultados del indicador GWP para la combinación 043 (opción de diseño con menor emisión de carbono) y la combinación 102 (opción de diseño con mayor emisión de carbono) en relación con la evaluación de las reducciones de emisiones durante el PER para un PRET que considera las alteraciones del cambio climático en el consumo..... | 259 |
| Figura 5.26. (a) Resultados para los indicadores Coste inicial (CO_{INIT}) y Coste de Mantenimiento (CO_{MA}) para las 108 combinaciones de opciones de diseño aplicadas (COOD). (b) Evolución del Valor Actual Neto (VAN) y Valor Anual Equivalente (VAE) a lo largo del PER para la COOD 029 | 272 |
| Figura 5.27. Periodo de compensación de emisiones para las combinaciones de opciones de diseño (COOD) 043, 001, 029 y 102..... | 278 |
| Figura 5.28. Evolución del Valor Actual Neto (VAN) y Valor Anual Equivalente (VAE) a lo largo del PER para la combinación 029 considerando aspectos sociales | 279 |
| Figura 5.29. Comparación de los Costes Iniciales y emisiones asociadas (GWP) para cada una de las opciones de diseño | 280 |
| Figura 5.30. Sección constructiva tipo de la combinación de opciones de diseño 001 | 282 |
| 6. Conclusiones | |
| Figura 6.1. Organigrama de agentes para la definición del proyecto (en rojo), agentes para la validación de los mismos y apoyo (en negrita), herramientas (sin alteraciones sobre la tipografía) y flujos de información | 294 |
| Figura 6.2. Diagrama de flujos de trabajo y agentes intervinientes en el desarrollo de cada fase del proyecto (en rojo) | 295 |
| Figura 6.3. Perspectiva isométrica del modelo del edificio en su estado actual (izquierda) y conforme a un PRET que integra indicadores sociales en las decisiones proyectuales (derecha) | 297 |

Fórmulas

5. Desarrollo de la investigación

| | |
|---|-----|
| Fórmula 5.1. Expresión matricial del cálculo de los indicadores medioambientales en las distintas etapas del ciclo de vida de las actuaciones de regeneración del edificio 205 | |
| Fórmula 5.2. Expresión matemática para el cálculo del Valor Actual Neto | 236 |
| Fórmula 5.3. Expresión matemática para el cálculo de la inversión inicial | 236 |
| Fórmula 5.4. Expresión matemática para el cálculo del Valor Anual Equivalente..... | 237 |
| Fórmula 5.5. Expresión matemática para el cálculo del Coste Global..... | 237 |
| Fórmula 5.6. Expresión matemática para el cálculo del Valor residual (final) | 238 |
| Fórmula 5.7. Expresión matemática para el cálculo del factor de descuento | 238 |
| Fórmula 5.8. Expresión matemática para el periodo de retorno de la inversión | 239 |

Tablas

2. Estado de la cuestión

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1. Normalización con relación a la sostenibilidad en la construcción actualizada a fecha de agosto de 2020 | 23 |
| Tabla 2.2. Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [$kW \cdot h/m^2 \cdot año$] para uso residencial privado | 25 |
| Tabla 2.3. Tabla comparativa de valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [$W/m^2.K$] | 26 |
| Tabla 2.4. Valor límite K_{lim} [$W/m^2.K$] para residencial privado en edificios con cambio de uso o reformas en las que se intervenga en más del 25% de la envolvente del edificio | 26 |
| Tabla 2.5. Tabla comparativa de valores límite de permeabilidad al aire de la envolvente térmica, Q_{100lim} | 27 |
| Tabla 2.6. Tabla con valores de transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} [$W/m^2.K$]..... | 27 |
| Tabla 2.7. Características de las herramientas de evaluación/calificación de la sostenibilidad y estándares con relación las etapas del ciclo de vida que las mismas abarcan y sus detalles | 51 |
| Tabla 2.8. Características de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el ACV y sus detalles | 52 |
| Tabla 2.9. Características de las herramientas de evaluación del comportamiento energético y sus detalles | 54 |
| Tabla 2.10. Clasificación de sistemas y soluciones sobre elementos de la envolvente térmica según el tipo de estrategia | 64 |
| Tabla 2.11. Comparativa materiales aislantes con relación al impacto medioambiental en términos de emisiones asociadas a su etapa de producción | 67 |

4. Metodología

| | |
|--|----|
| Tabla 4.1. Relación de fases, subfases, tareas y medios para la realización del trabajo de investigación..... | 80 |
|--|----|

5. Desarrollo de la investigación

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.1. Emisiones totales de CO ₂ por principales fuentes asociadas al sector residencial (TnCO ₂ equiv) | 85 |
| Tabla 5.2. Emisiones totales de CO ₂ por sector de edificios (TnCO ₂ equiv) | 85 |
| Tabla 5.3. Estructura productiva según porcentaje de población activa conforme a sectores productivos a nivel municipal y provincial..... | 88 |
| Tabla 5.4. Tipos de entidades colaboradoras reconocidas por la Agencia Andaluza de la Energía para el municipio de Málaga | 90 |
| Tabla 5.5. Evolución del número de habitantes y compacidad neta por áreas urbanas | 92 |
| Tabla 5.6. Valores medios de las variables climáticas y bioclimáticas más importantes durante el periodo 1961-2000 para la distribución de grupos climáticos de Andalucía | 96 |
| Tabla 5.7. Parámetros climáticos promedio de observatorio del Aeropuerto de Málaga-Costa del sol..... | 97 |
| Tabla 5.8. Temperatura/Precipitación media anual en la provincia de Málaga según los escenarios A1b, A2 y B1, bajo el Modelo de Circulación General (MCG) CNM3 | 98 |
| Tabla 5.9. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2020 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC)..... | 100 |
| Tabla 5.10. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2050 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC)..... | 100 |
| Tabla 5.11. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2080 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC)..... | 100 |
| Tabla 5.12. Indicadores de seguimiento con relación al "Territorio y Configuración de la Ciudad" propuestos por la Agenda XXI de Málaga y tipo de relación con los procesos de regeneración urbana | 118 |
| Tabla 5.13. Indicadores de seguimiento con relación a la "Gestión de los recursos naturales" propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos..... | 122 |
| Tabla 5.14. Indicadores de seguimiento con relación a la "Cohesión Social y Desarrollo Económico" propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos..... | 125 |
| Tabla 5.15. Índice de Gini por macroáreas de la ciudad correspondientes al año 2011 (último dato disponible) | 128 |
| Tabla 5.16. Indicadores de seguimiento con relación al "Gobierno de la Ciudad" propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos | 129 |
| Tabla 5.17. Desarrollo de indicadores de seguimiento con relación al "Gobierno de la Ciudad" que guardan relación con los niveles de implicación y participación de la ciudadanía en la gestión local para el año 2017..... | 130 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.18. Análisis del programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas | 107 |
| Tabla 5.19. Análisis del programa para la rehabilitación energética de edificios existentes. Programa PAREER-CRECE | 108 |
| Tabla 5.20. Análisis de ayudas adicionales basadas en criterios sociales, de eficiencia energética o actuación integrada para tipología 1 de actuación para viviendas . | 109 |
| Tabla 5.21. Análisis de los principales programas de rehabilitación de viviendas y edificios a nivel de la comunidad autónoma | 110 |
| Tabla 5.22. Análisis del Programa para el desarrollo energético sostenible de Andalucía | 112 |
| Tabla 5.23. Porcentaje de costes de ejecución cubiertos para estrategias definidas dentro del catálogo de soluciones del Programa de incentivos | 113 |
| Tabla 5.24. Datos de financiación por parte de la administración de actuaciones en materia de rehabilitación | 116 |
| Tabla 5.25. Conjuntos protegidos susceptibles de rehabilitación identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio de Málaga | 133 |
| Tabla 5.26. Conjuntos no protegidos susceptibles de rehabilitación identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga | 134 |
| Tabla 5.27. Evaluación de indicadores urbanos (soporte de evaluación) de Agenda Local XXI de Málaga 2019 | 141 |
| Tabla 5.28. Evaluación de indicadores (dimensión medioambiental) de Agenda Local XXI de Málaga 2019 | 142 |
| Tabla 5.29. Evaluación de indicadores (dimensión económica-social con relación a la ciudadanía) de Agenda Local XXI de Málaga 2019 | 143 |
| Tabla 5.30. Evaluación de indicadores (dimensión económica-social con relación a la administración local) de Agenda Local XXI de Málaga 2019 | 144 |
| Tabla 5.31. Distritos municipales y barrios protegidos y no protegidos identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda..... | 147 |
| Tabla 5.32. Relación entre superficie obsoleta con el tipo de protección de cada uno de los tres distritos seleccionados | 147 |
| Tabla 5.33. Indicadores desarrollados a nivel de barrio por la AXXI y aplicados en los distritos y conjuntos seleccionados..... | 148 |
| Tabla 5.34. Conjuntos de viviendas de protección pública de los sectores preseleccionados..... | 150 |
| Tabla 5.35. Desarrollo de indicadores sociales, ambientales y económicos a nivel de subgrupo y grupo de células urbanas residenciales | 153 |
| Tabla 5.36. Comparativa de resultados de evaluación de cada una de las orientaciones de los conjuntos de células que integran el <i>organismo urbano</i> | 164 |
| Tabla 5.37. Resultados para la evaluación del estado actual de las células y conjuntos de células urbanas según la orientación 2..... | 165 |
| Tabla 5.38. Resultados para las distintas evaluaciones del conjunto de células urbanas sin intervenciones según la orientación 2 en los años 2020, 2050 y 2080 conforme al MCG HADCM3-A2..... | 166 |
| Tabla 5.39. Clasificación de actuaciones generales a nivel de la envolvente y selección de aquellas que son evaluadas informáticamente | 168 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.40. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-B1 a nivel de células urbanas..... | 169 |
| Tabla 5.41. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-B2 a nivel de células urbanas..... | 170 |
| Tabla 5.42. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B4 a nivel de células urbanas | 171 |
| Tabla 5.43. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B6 a nivel de células urbanas | 172 |
| Tabla 5.44. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B7 a nivel de células urbanas | 173 |
| Tabla 5.45. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-B1 a nivel de células urbanas | 175 |
| Tabla 5.46. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-B2 a nivel de células urbanas | 176 |
| Tabla 5.47. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C1 a nivel de células urbanas | 177 |
| Tabla 5.48. Comparativo de medidas regenerativas basadas en la transformación bioclimática de la envolvente | 178 |
| Tabla 5.49. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C1 a nivel de células urbanas | 179 |
| Tabla 5.50. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C2 a nivel de células urbanas | 180 |
| Tabla 5.51. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C3 a nivel de células urbanas | 181 |
| Tabla 5.52. Comparativo de las medidas de regeneración basadas en cambios y/o combinaciones por/con nuevos sistemas constructivos | 182 |
| Tabla 5.53. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-M1 a nivel de células urbanas..... | 183 |
| Tabla 5.54. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHT-M1 a nivel de células urbanas..... | 184 |
| Tabla 5.55. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M1 a nivel de células urbanas..... | 185 |
| Tabla 5.56. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M2 a nivel de células urbanas..... | 186 |
| Tabla 5.57. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M3 de las células y conjuntos de células urbanas según la orientación 2 del conjunto | 187 |
| Tabla 5.58. Resultados para la evaluación de la actuación EVPT-M1 a nivel de células urbanas..... | 188 |
| Tabla 5.59. Comparativo de medidas regenerativas basadas en la transformación bioclimática de la envolvente | 189 |
| Tabla 5.60. Información general del edificio a regenerar..... | 197 |
| Tabla 5.61. Evaluación de la sostenibilidad y módulos ensayados..... | 199 |
| Tabla 5.62. Información general del edificio a regenerar..... | 200 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.63. Límites del sistema/escenarios/indicadores/fuentes y herramientas para evaluación medioambiental..... | 203 |
| Tabla 5.64. Módulos de información evaluación con relación a los dos escenarios considerados | 207 |
| Tabla 5.65. Selección de los 32 indicadores para el módulo de información B1 conforme al escenario “Estado actual del edificio” (EA) | 213 |
| Tabla 5.66. Asignación de influencias con relación a los indicadores seleccionados.. | 216 |
| Tabla 5.67. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B2 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado | 217 |
| Tabla 5.68. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B3 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado | 218 |
| Tabla 5.69. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B4 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado | 219 |
| Tabla 5.70. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B5 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado | 222 |
| Tabla 5.71. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B6 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado | 223 |
| Tabla 5.72. Formulario para encuesta telemática y presencial con relación a los indicadores a evaluar desde la perspectiva social para el módulo B1 | 226 |
| Tabla 5.73. Límites del sistema/escenarios/indicadores/fuentes y herramientas para evaluación económica..... | 227 |
| Tabla 5.74. Cuantificación y aplicabilidad de los costes e ingresos asociados al proyecto de regeneración de la envolvente térmica del caso de estudio | 228 |
| Tabla 5.75. Umbrales para el incremento de las ayudas | 229 |
| Tabla 5.76. Cálculo de tasas municipales para la rehabilitación de inmuebles | 230 |
| Tabla 5.77. Precios voluntarios para el pequeño consumidor (PVPC)..... | 233 |
| Tabla 5.78. Estudio evolución del Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor mensual y anual desde fecha de registros existentes | 234 |
| Tabla 5.79. Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño (OOD) para la estrategia EVF-B4+M1 | 245 |
| Tabla 5.80. Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño para la estrategia EHCP B2+M1 a nivel de cubierta..... | 247 |
| Tabla 5.81. Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño para la estrategia EVH C3 a nivel de huecos..... | 249 |
| Tabla 5.82. Simulación de consumos, emisiones de CO ₂ ^{equiv} y temperatura operativa durante diferentes años para las proyecciones climáticas basadas en el Modelo de Circulación General HadCM3-A2 para el EA y el PRET | 253 |
| Tabla 5.83. Evaluación medioambiental de módulos A1-A5 y C2 del PRET por unidad de superficie de sistemas y opciones a implementar | 251 |
| Tabla 5.85. Resultados de encuestas personales, definición de datos de partida..... | 261 |
| Tabla 5.86. Resultados de encuestas personales, análisis de adaptabilidad (I) | 263 |
| Tabla 5.87. Resultados de encuestas personales, análisis de adaptabilidad (II) | 263 |
| Tabla 5.88. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (I) | 264 |
| Tabla 5.89. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (II) | 265 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 5.90. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (III) | 266 |
| Tabla 5.91. Resultados de encuestas personales, análisis de seguridad | 267 |
| Tabla 5.92. Resultados de encuestas personales, análisis de información económica y medioambiental complementaria | 268 |
| Tabla 5.93. Evaluación económica de módulos A, C y D _{B2-B4} del Proyecto de Regeneración por unidad de superficie de sistemas y opciones a implementar | 270 |
| Tabla 5.94. Determinación de datos financieros para el cálculo del CCV | 273 |
| Tabla 5.96. Determinación del coste global del estado actual (sin regeneración de la envolvente) | 274 |
| Tabla 5.97. Relación de indicadores medioambientales y económicos contextualizados a través de resultados de encuesta para cada una de las 3 opciones de diseño óptimas desde una perspectiva económica (029), medioambiental (043) y de respuesta equilibrada a ambas dimensiones (001) y sus diferencias..... | 277 |

Índice de material adicional de la investigación [CD]

I. Desarrollo de la investigación

F2. Elección del conjunto de células urbanas.

I. Material original del proyecto de ejecución del *Organismo Urbano* (OU).

II. Modelo térmico en DesignBuilder (DB) del EA.

III. Modelos térmicos en DesignBuilder (DB) con las distintas estrategias regenerativas.

IV. Modelos térmicos en HULC.

V. Modelo térmico en DB transformado conforme a escenarios climáticos futuros

F4. Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores a través de los modelos cuantitativo y cualitativo.

I. Modelos cuantitativos (MCT, MCI y MCF)

II. Modelo cualitativo

II. Conclusiones

I. Planos del PRET con transformaciones funcionales (TF)

II. Modelo BIM del PRET con transformaciones funcionales (TF)

- Disciplinas de archivos:
 - **28-001-MES-R19-MAS-EDI.** Archivo central al cual se vinculan los restantes archivos. Permite la cuantificación de los indicadores económicos y medioambientales.
 - **28-001-MES-R19-ARQ-EDI.** Archivo con el modelado de las soluciones a nivel de arquitectura. Permite transformar y modelar las soluciones a nivel de arquitectura.
 - **28-001-MES-R19-EST-EDI.** Archivo con el modelado de las soluciones a nivel de estructura. Permite transformar y modelar las soluciones a nivel de estructura.
 - **28-001-MES-R19-REF-EDI.** Archivo con los niveles y rejillas definidos para el modelo. Permite transformar los niveles y/o rejillas definidos para ulteriores alteraciones en las soluciones a nivel de arquitectura e instalaciones.

**No se ha generado una disciplina para instalaciones.*

1. Introducción

El empleo eficaz de sistemas constructivos para la mejora de la envolvente de los edificios obsoletos energéticamente comporta una optimización del impacto económico y medioambiental que debe ser analizada a lo largo del ciclo de vida del edificio regenerado y puesto en relación con distintos indicadores sociales que permitan determinar el grado de adecuación funcional de la intervención. El análisis a nivel local, a través del estudio de tipologías arquetípicas, permitirá inferir la repercusión de distintas combinaciones de opciones de diseño a nivel urbano, consiguiendo orientar la toma de decisiones para sectores de la ciudad.

En línea con esta perspectiva de Análisis de Ciclo de vida de las estrategias de renovación de la envolvente térmica, se hace preciso que se contemplen escenarios climáticos futuros que reflejen realidades climáticas con arreglo con las proyecciones realizadas por el Intergovernmental Panel on Climate Change Data Distribution Centre (En adelante IPCC) durante la vida útil del edificio, a fin de precisar la adecuación de la solución a dichas realidades.

Por todo ello, y bajo una perspectiva integradora, en la presente investigación se propone una identificación y evaluación de criterios e indicadores que intervienen en la renovación de la envolvente, así como su integración mediante software para el modelado de edificios (Building Information Modeling, BIM), permitiendo la optimización del diseño de las soluciones, la colaboración de distintos profesionales y la evaluación de dichos indicadores.

A través de esta herramienta y conforme a los protocolos de colaboración vigentes en el ámbito profesional en el cual desarrolla el doctorando su actividad, se han desarrollado aplicaciones específicas a partir de las conclusiones y resultados de esta investigación, los cuales son señalados a lo largo del documento y resumidos al término del mismo.

a.- Acerca de los antecedentes teóricos

En el estado de la cuestión se analiza el contexto normativo y de normalización (a nivel europeo y nacional) en torno a la renovación de edificios, al tiempo que se reconocen distintas herramientas e investigaciones precedentes en las que se apoyan diversos sistemas para la evaluación de la sostenibilidad.

Así mismo, se profundiza en el concepto de edificio de consumo casi nulo (ECCN) que introduce la reciente actualización del CTE (Código Técnico de la Edificación) y las implicaciones para con aquellas intervenciones en las que se renueve la envolvente de los edificios.

Finalmente, se caracterizan las distintas estrategias pasivas para la mejora del rendimiento energético de los edificios, al tiempo que se establece la relación entre construcción sostenible y regeneración de edificios obsoletos energéticamente.

b.-Acerca de los antecedentes de campo

En las fases 1 y 2 se presenta el contexto urbano que se investiga, al tiempo que se destaca la importancia de la representatividad del "conjunto de células urbanas", cuya definición se amplía en el apartado "e" de esta introducción, con relación a la pertinente evaluación de la sostenibilidad de las estrategias pasivas potencialmente implementables. Para ello, se establece un sistema de aproximación al estudio de caso a través de los indicadores recogidos en la Agenda Local XXI, al tiempo que se contextualizan los mismos en aquellos sectores de la ciudad sobre los que se considera pertinente la intervención, dado su grado de obsolescencia.

c.-Hipótesis

La hipótesis del trabajo se centra en la evaluación de la sostenibilidad integral de las actuales estrategias de renovación de la envolvente térmica de edificios residenciales obsoletos a través de un modelo de análisis de ciclo de vida que integre las proyecciones climáticas a partir de los datos resumidos del tercer informe de evaluación del IPCC del conjunto de experimentos HadCM3 A2 (Hadley Centre Coupled Model versión 3) disponibles en el "Centro de distribución de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" (IPCC DDC, 2020)

d.-Objetivo

En coherencia con lo expresado, el objetivo principal de la investigación es establecer una metodología integrada para evaluar y cuantificar la sostenibilidad de las intervenciones de renovación de la envolvente de edificios residenciales obsoletos en un clima templado. Considerando para ello aspectos económicos y medioambientales de las soluciones, a partir de la determinación del periodo de retorno de la inversión económica y el periodo de compensación de emisiones a lo largo de la vida útil del edificio; analizando tanto los impactos del cambio climático a lo largo del ciclo de vida del edificio, como las tendencias de consumo de los usuarios.

e.-Justificación

Conviene señalar una serie de consideraciones conceptuales que permiten comprender la perspectiva desde la que se aborda la renovación de la envolvente de los edificios, la cual es entendida como una más de las actuaciones de regeneración urbana que contribuyen eficazmente a la sostenibilidad de las ciudades y a la consolidación de una economía circular.

Para ello, se parte de la idea de la ciudad como un ecosistema (Higueras, 2009) conformado antropomórficamente por diversos "organismos urbanos" (Garrido-Piñero, 2015), que se caracterizan por ser sistemas ordenados que desempeñan unas funciones de intercambios de materia, energía e información con el medio y presentan potencial para su autorregulación. A través de dicha idea, se establece el concepto de "célula urbana" como elemento espacial irreductible en la comprensión de la ciudad en sus distintas escalas, siendo estas los locales donde se desarrolla la actividad humana. Dichas células urbanas se ordenan de distintos modos en la ciudad, dando lugar a tipologías edificatorias muy diversas que, bajo esta visión fractal, se entienden en la investigación como conjunto de células urbanas que podrán compartir o no entre si distintas funciones.

Dentro de los múltiples y diversos *conjuntos de células urbanas* o edificios que pueden conformar una ciudad y las distintas funciones que puedan desempeñar, el estudio se centra en aquellas de uso residencial que no responden a los requerimientos medioambientales y/o funcionales que hemos de exigir a los espacios en los que nuestra actividad se desarrolla y que, por ende, consideramos obsoletas. Dicha obsolescencia

está directamente relacionada con la antigüedad de los edificios y con un modo de proyectar las edificaciones que resulta inadecuado desde la perspectiva actual. En línea con ello, la investigación se centra en los polígonos residenciales que se consolidaron entre finales de los años treinta y mediados de los setenta en la ciudad de Málaga y que fueron promovidos mayoritariamente por el Ministerio de la Vivienda, dando pie a la aparición de múltiples organismos urbanos que se replicaban en diferentes ecosistemas y que han sufrido procesos degenerativos muy similares.

Estos procesos se relacionan principalmente con la baja eficiencia energética de las edificaciones y, paralelamente, con la inadecuada respuesta del programa funcional de dichas viviendas y la falta de flexibilidad de las mismas para readaptarlas a las demandas sociales actuales (García-Vázquez, 2015), lo cual influye igualmente en su devaluación económica.

De esta lectura de la ciudad como un sistema de distintas escalas, dirime una suerte de visión iterativa sobre la evaluación de los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad, que nos permite identificar una consecución de comportamientos en cada uno de los distintos ámbitos y en las distintas escalas, posibilitando prever actuaciones consensuadas para la implementación de mejoras. Para ello es preciso acotar en qué ámbito específico habrían de incidir estas mejoras, por lo que es imprescindible identificar en qué áreas de los distintos organismos urbanos podemos actuar y qué operaciones son prioritarias. Una vez hayamos identificado estas actuaciones, será necesario evaluar la sostenibilidad integral de las mismas.

Para la identificación del área susceptible de mejora de los organismos urbanos bajo criterios de reducción del impacto ambiental nos apoyamos en la investigación anteriormente referida (Garrido-Piñero, 2015), la cual identifica las siguientes áreas: energía, agua, atmósfera, y materiales y residuos. La presente tesis plantea centrarse en el área de energía, en la mejora de la eficiencia energética de edificios (Según Directiva 2010/20/UE). La Figura 1.1 conceptualiza dicha información a nivel de cada *organismo urbano*, indicando la evaluación de las tres dimensiones de la sostenibilidad sobre los mismos, identificando en las áreas ambientales aquella rama en la que nos centraremos, y entendiendo que abordamos una de las múltiples posibilidades que se plantean. De igual modo, no son objeto de esta investigación aquellas actuaciones orientadas a una mejora de la sostenibilidad de lo que se ha identificado en el gráfico como tejidos urbanos, o lo que es lo mismo, aquellos espacios de la ciudad que entrelazan las distintas células/conjuntos de células urbanas y que físicamente se traducen en espacios de oportunidad tales como extensiones de aparcamiento en superficie, los viales de acceso, las calles, etc.

En síntesis, y habiendo establecido sucintamente el marco conceptual a nivel urbano del trabajo, nos centraremos en la reducción de la demanda y el consumo a través de técnicas pasivas y mediante el empleo de materiales eficientes, bajo la premisa esencial de optimizar ulteriores estrategias activas para satisfacer la nueva demanda de los edificios.

2. Comportamiento social.

- a. Impacto al tejido productivo local.
- b. Grado de satisfacción de los usuarios con sus inmuebles y alteraciones producidas sobre los mismos.
- c. Grado de flexibilidad de las viviendas para adaptarse a cambios funcionales.
- d. Cargas económicas al vecindario, bajo la premisa de una promoción de las actuaciones por parte de las comunidades de vecinos.
- e. Cargas al vecindario durante el transcurso de las obras.
- f. Mantenimiento de las soluciones implementadas.
- g. Caracterización de la tendencia de consumo energético en climatización de los usuarios para estimación de los ahorros derivados de la intervención.

3. Comportamiento económico.

- a. Establecimiento del volumen de inversión inicial.
- b. Determinación del periodo de retorno de la inversión a través de los ahorros energéticos.
- c. Identificación de la desviación de dichos objetivos para el retorno de la inversión como consecuencia de los efectos del cambio climático.

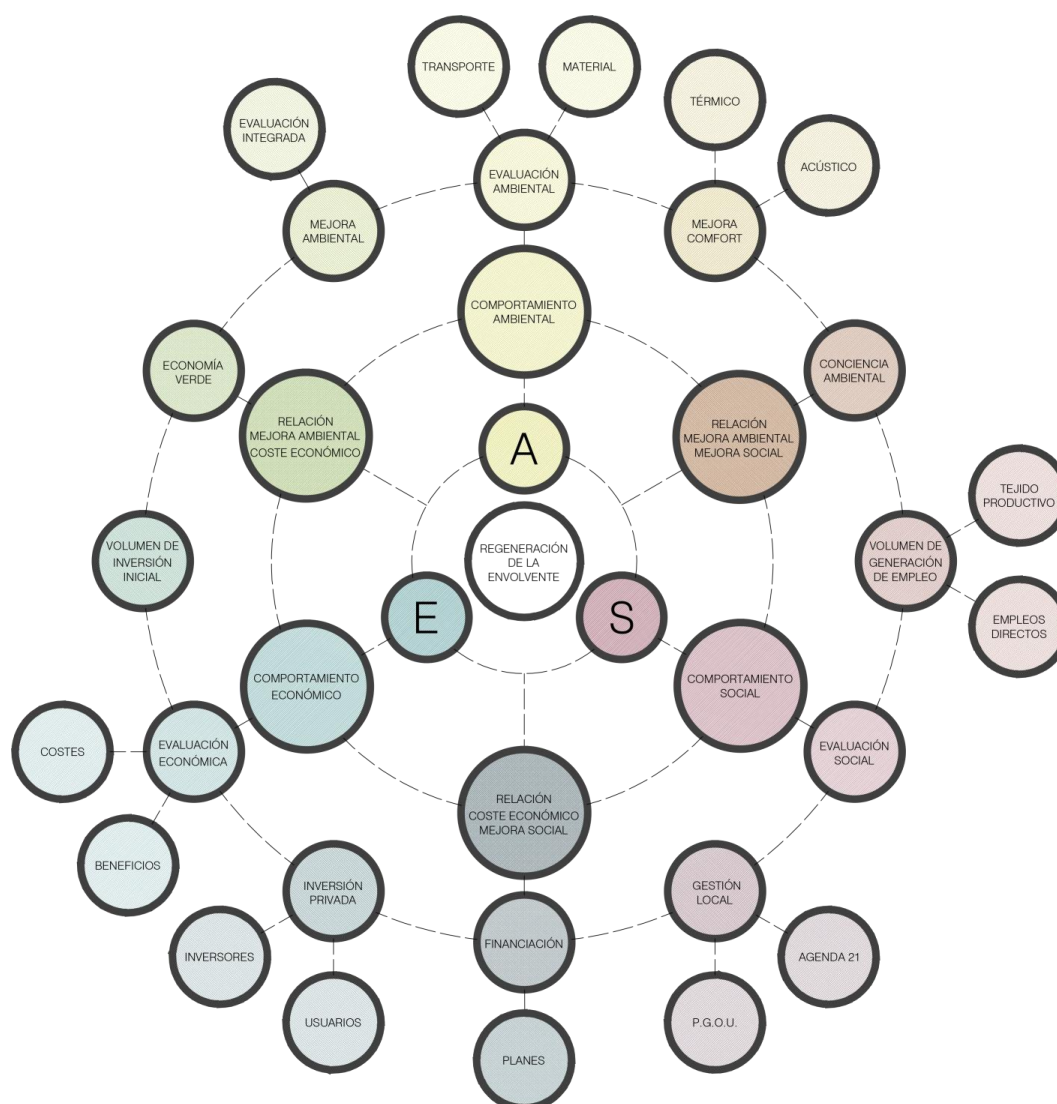


Figura 1.2. Concepto de análisis vinculado a la evaluación de la sostenibilidad en actuaciones de regeneración de la envolvente de los edificios. Fuente: Elaboración propia.

f.-Alcance

El alcance de la investigación se ciñe a un edificio de viviendas representativo de la realidad urbana de la periferia de la ciudad. En la ciudad de Málaga, según datos del OMAU, los procesos de expansión derivados del éxodo rural supusieron la construcción de un total de 142,609 viviendas, lo cual representa un 56% del parque inmobiliario actual. Este importante volumen de nueva construcción llevado a cabo en la tercera parte del siglo XX, sumado al hecho de una necesaria optimización de los costes de estas viviendas sociales y la escasa preocupación por la demanda energética de los edificios, en la confianza de unos recursos energéticos que se creían ilimitados, comportó la estandarización de soluciones constructivas ineficientes desde un punto de vista energético y que hoy podemos considerar obsoletas. Este paradigma productivo tuvo un gran arraigo en la costa malagueña, debido esencialmente a unas temperaturas templadas durante el invierno que podían ser sobrellevadas por los vecinos mediante el uso puntual de equipos de calefacción portátil, no siendo entonces extendida la utilización de sistemas HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) para climatizar los espacios en los veranos cálidos y secos propios del clima de la zona. Sin embargo, los datos del INE muestran que, en la actualidad, un 44.18% de los hogares malagueños cuentan con equipos individuales de aire acondicionado, en

comparación con el 35.5% de la media nacional (Pérez-Galaso, 2015). La consideración de escenarios climáticos futuros en los que se prevé un aumento de las temperaturas que conlleva una pérdida de confort en las viviendas, así como un aumento de los consumos por refrigeración, justifican la elección de contextos climáticos como el seleccionado para una necesaria profundización sobre los efectos del cambio climático en las actuaciones actuales de regeneración de la envolvente de los edificios desde una perspectiva socioeconómica y medioambiental.

En este sentido, la premisa esencial de una intervención mediante estrategias pasivas sobre una tipología edificatoria con una iteración representativa dentro del polígono de viviendas en el cual se inserta permitirá la optimización de recursos para la ejecución de las medidas de rehabilitación energética de dichos organismos urbanos.

g.-Metodología y contenido de la tesis

En línea con lo expresado, se establece para la realización de la investigación un plan de trabajo organizado en 4 fases, en torno a las cuales se articulan distintas subfases a las que se asocian una serie de tareas y medios. En coherencia, el contenido se articula conforme a dichas fases, incorporándose un apartado final donde se indican las conclusiones generales, futuras investigaciones y transferencias al ámbito profesional. A continuación, se resume el contenido principal de cada una de las fases:

- F1. Caracterización del contexto local (Málaga).** Se caracteriza el clima y su evolución a lo largo de los próximos años bajo la hipótesis de evolución del mismo conforme a las proyecciones del IPCC para un escenario A2. Al mismo tiempo se identifican los antecedentes de campo de la investigación a través de fuentes locales y la Agenda Local XXI.
- F2. Elección del conjunto de células urbanas.** Se establece un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas basados en las fuentes locales analizadas en la F1 y los indicadores urbanos que se amplían y relacionan con el objeto de la investigación. En línea con ello, se plantea la elección tanto de un *organismo urbano*, como del conjunto de células que lo integran definiéndose los aspectos morfológicos, funcionales y de rendimiento energético a ambos niveles.
- F3. Desarrollo de metodología para la evaluación de la sostenibilidad.** Se identifica el propósito de la evaluación, al tiempo que se desarrollan los escenarios, la selección de indicadores y métodos de cálculo conforme a las normativas UNE-EN que han servido de referencia para la presente investigación aplicada. Así mismo, se identifican en esta fase las actuaciones más eficientes existentes en la industria local a fin de confeccionar un modelo de evaluación del rendimiento energético del edificio regenerado que integre aquella combinación óptima de actuaciones desde la perspectiva climática actual.
- F4. Cálculo de los indicadores de sostenibilidad.** Finalmente, y conforme al modelo único en el cual se propone un proyecto de regeneración que integra una combinación de actuaciones definidas en la F3, se calcula en esta última fase los indicadores de sostenibilidad para diferentes opciones de diseño a nivel material que nos permiten conocer el grado de adecuación a los requerimientos socioeconómicos y medioambientales que puedan consignarse para la intervención.

2. Estado de la cuestión

2.1. Antecedentes: La regeneración de edificios como estrategia central para la consecución de objetivos y compromisos globales en materia medioambiental

El contexto de crisis internacional actual derivado de la pandemia generada por la COVID-19 resitúa con mayor fuerza el debate en torno a la consolidación de una economía circular basada en la transición ecológica de los modelos productivos actuales. En las siguientes líneas se recogen los distintos consensos y acuerdos internacionales al hilo de dicho debate, al tiempo que se establece una relación de los mismos con las exigencias a nivel normativo español y que son el punto de partida para cualquier actuación en materia de regeneración de la envolvente de edificios.

2.1.1. Escenario y acuerdos internacionales en materia de sostenibilidad medioambiental del sector residencial

A fecha del comienzo de esta investigación, los datos arrojados en Marzo de 2016 por el Oxford Martin Programme on the Future of Food mostraban un panorama sobre los efectos que produce el cambio climático en la producción alimentaria y la salud a nivel mundial y regional (Springmann et al., 2016). Se reflejaba entonces una realidad en la cual se calculaban las consecuencias para el año 2050 en la agricultura que se derivan del aumento de las temperaturas en las próximas décadas, lo cual tiene un impacto directo sobre la salud alimenticia de los seres humanos y se traduce en una importante reducción de la disponibilidad de productos esenciales que los llevó a relacionarlas, a través del modelo de cálculo desarrollado, con 529,000 muertes que por vez primera en nuestra historia estarían relacionadas directamente con el cambio climático.

En el transcurso del desarrollo de esta investigación se han producido una serie de acontecimientos sociales y políticos a nivel internacional que han llevado a cuestionar el amplio consenso que parecía existir en torno a la cuestión climática y al desarrollo de una economía verde que no comportase cargas al medio. No son objeto de la investigación referir los mismos, pero sí enfatizar la debilidad de los acuerdos alcanzados y que han llevado a potencias como Estados Unidos, responsable de la emisión de 5.275.478 kilotoneladas de CO₂equiv (la segunda más contaminante según datos recopilados por Expansión, 2018), a iniciar los trámites para desvincularse del acuerdo de París (Larena, 2019).

Dicho acuerdo de 2015, sin embargo, resultaba entonces poco ambicioso a tenor de las proyecciones que desde el IPCC se recogían en los distintos informes emitidos hasta la fecha. Las partes no plantearon entonces un acuerdo vinculante que estableciese el aumento de las limitadas metas individuales de reducción de CO₂ vigentes en el Protocolo de Kyoto; contrario a esto se apostó por que cada uno de los 195 participantes presentase unos compromisos de reducción de emisiones, con independencia de su nivel de desarrollo. No obstante, según las estimaciones de la ONU, estos compromisos voluntarios quedan lejos de mitigar el aumento de la temperatura mundial al final de siglo, la cual estiman se incrementará como mínimo 2.7 ° C, y de reducir de las emisiones, que se prevé sigan aumentando a menor ritmo hasta 2030.

Hemos de remontarnos al Protocolo de Montreal (1987) para localizar uno de los primeros hitos en materia de identificación y control de algunas de las sustancias responsables del agotamiento y modificación de la capa de ozono. Diez años más tarde, se fijó mediante el Protocolo de Kyoto el objetivo de reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆) en un porcentaje aproximado de un 5% a nivel global respecto de las emisiones de 1990, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012.

El aumento de las emisiones y sus negativas repercusiones son consecuencia directa de los modelos tradicionales de “desarrollo”, que además han conducido a aumentos en términos de pobreza y vulnerabilidad. En contraposición a este modelo de desarrollo, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, en respuesta a la llamada urgente formulada por la Asamblea General de las Naciones Unidas para establecer una agenda global para el cambio climático; ya introdujo mediante la publicación de “Nuestro Futuro Común”, también conocido como Informe Brundtland (1987), el concepto de desarrollo duradero, el cual vino a identificar como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.

Esta definición incluyó inteligentemente el concepto de necesidad, lo cual ineludiblemente establece una serie de limitaciones y exige una distribución de los recursos más equitativa. Esta equidad requiere a su vez de un apoyo de los sistemas políticos que garantice la participación de la ciudadanía y evidencie una voluntad política de cambio que haga posible alcanzar unos niveles de desarrollo sostenible en tres ámbitos correlacionados: ambiental, social y económico.

Tales premisas fueron recogidas y contextualizadas en la Carta de Aalborg, que fue aprobada por los participantes en la Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles celebrada en Aalborg (Dinamarca) en 1994. Esta declaración de consenso de las ciudades europeas hacia la sostenibilidad fue firmada inicialmente por 80 autoridades locales europeas y 253 representantes de organizaciones internacionales, gobiernos nacionales, centros científicos, asesores y particulares (Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994). Con la firma de la Carta, las ciudades, poblaciones menores y unidades territoriales de Europa se comprometieron a participar en las iniciativas locales del Programa 21 (Conferencia sobre el medio ambiente y el desarrollo de Nueva York de 1989) y a desarrollar estrategias a largo plazo hacia un desarrollo sostenible, a la vez que iniciaron la campaña de ciudades europeas sostenibles.

No obstante, no será hasta diez años más tarde, en la IV Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, en la que se concretará explícitamente una serie de objetivos, acciones y herramientas concretas para valorar los avances que se fuesen logrando mediante el uso de indicadores (Vargas-Yáñez, 2014). Las Agendas Locales 21 se presentan en ese momento como una herramienta esencial para recoger dichos objetivos generales y presentar así un documento que refleje a su vez las inquietudes de la sociedad, en favor de conseguir una mejora en la calidad de vida de los ciudadanos, sin que ello repercuta negativamente en el medio ambiente y considerando los recursos e iniciativas locales (Higueras, 2009). Se pone así de manifiesto la importancia de la acción local bajo la perspectiva del desarrollo sostenible global, principio que fue ilustrado inicialmente en la Cumbre de Río bajo el concepto “*Think globally and act locally*”. Dicho principio, al igual que otros relacionados con la sostenibilidad, fue recogido y concretado años más tarde por la norma ISO 15392:2008, que matizó las implicaciones del mismo a propósito de la construcción sostenible.

El objetivo último plasmado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en 1992 fue lograr una estabilización de las concentraciones de gases causantes del efecto invernadero (En adelante GEI) en la atmósfera a un nivel que impidiese interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. A nivel europeo, el Consejo estableció un año más tarde un mecanismo de seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero y de evaluación del progreso en el cumplimiento de los compromisos respecto a dichas emisiones (Decisión 93/389/CEE), de este modo se ayuda a los Estados miembros a determinar la cuota total de derechos de emisión que deben asignar, considerando el potencial de reducción de las emisiones. Así mismo se estableció una serie de limitaciones de las emisiones de dióxido de carbono mediante la eficiencia energética

(SAVE), que exigió a los Estados miembros instaurar y aplicar programas de rendimiento energético en el sector de los edificios e informar sobre su aplicación.

Las implicaciones de los acuerdos más relevantes abordados en este primer apartado son contextualizadas a nivel europeo en el apartado 2.1.2, relacionándose además la vinculación de las políticas adoptadas a nivel de los estados miembros con los instrumentos a nivel nacional que promueven y regulan la actuación sobre edificios existentes.

Por otra parte, y a fin de poner en relación lo visto con el contexto socioeconómico que encontramos al momento en que se finaliza el presente trabajo de investigación, se constata una notable incertidumbre derivada de la pandemia generada por la COVID-19 y que suscita debates entorno al modelo productivo que permitirá hacer frente a un reto de una magnitud histórica. En este sentido, y esto es algo que se amplía en el apartado siguiente, las instituciones europeas ven, entre otras medidas, en el impulso a una transformación sostenible de las ciudades un medio por el cual estimular la economía y generar puestos de empleo que permitan respaldar la resiliencia de las economías de los estados miembros ante la actual crisis.

2.1.2. Escenario y políticas europeas en materia de regeneración de edificios

El Consejo Europeo se adhiere el 25 de abril de 2002 al Protocolo de Kyoto (Decisión 02/358/CE), comprometiéndose de este modo a la Comunidad y a sus Estados miembros a reducir las emisiones de gases anteriormente referidos en un 8% respecto a los niveles de 1990 en el periodo comprendido entre 2008 y 2012. En respuesta a dicha adhesión, y sin que el protocolo fuese de obligado cumplimiento hasta 2005, la Unión Europea inició una serie de medidas encaminadas a cumplir los objetivos.

Atendiendo a la importante repercusión en el consumo final de energía y, por ende, emisiones de CO₂ del sector de la vivienda y de los servicios; se fomenta desde 2002 la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad (Directiva 2002/91/CE), teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requerimientos ambientales interiores y la relación coste-eficacia. Esta directiva define la eficiencia energética de un edificio como la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación. Dicha magnitud debe quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía. Se establece, entre otros, requisitos para el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios, estableciéndose además una serie de requisitos mínimos de eficiencia energética tanto de los edificios nuevos, como de aquellos existentes que sean objeto de reformas importantes. Introduce por primera vez el concepto de certificado energético, como un documento reconocido por el Estado miembro, o por una persona jurídica designada por él, que incluye la eficiencia energética de un edificio calculado con arreglo a la metodología definida.

El Consejo Europeo celebrado en Bruselas los días 8 y 9 de marzo de 2007 sentó las bases sobre una Política Energética Europea (PEE) a corto y medio plazo (Remiro-Brotóns & Fernández-Egea, 2009). Se puso entonces de relieve la necesidad de aumentar la eficiencia energética en la Unión para alcanzar el objetivo de reducir su consumo energético en un 20% y aumentar en el mismo porcentaje el empleo de energía procedente de fuentes renovables para el año 2020. Definiéndose así el compromiso a

largo plazo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2 ° C y de reducir para 2020 las emisiones totales de GEI en un 20% como mínimo con respecto a los niveles de 1990. Esta propuesta fue recogida por la Comisión en una Comunicación de 2010, como uno de los cinco ambiciosos objetivos para el diseño de una estrategia de crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

La Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, refundió la anterior Directiva 2002/91/CE y estableció nuevos objetivos para el periodo 2010-2020 en relación con los requisitos mínimos de eficiencia energética, certificación energética e inspección periódica de las instalaciones térmicas de los edificios. Esta Directiva precisa y completa aspectos ya tratados en la Directiva de 2002, introduce modificaciones y novedades como la metodología de cálculo de los requisitos mínimos de eficiencia energética, que se deben fijar de acuerdo con un "marco metodológico comparativo" común y establecerse en base a un nivel óptimo de rentabilidad donde se tendrán en cuenta los costes de inversión, mantenimiento, operación, energía, etc. calculados para el periodo de vida útil del edificio.

En marzo de 2011 la Comisión confirmó que la Unión no estaba, pese a los progresos en las políticas nacionales, camino de alcanzar su objetivo de eficiencia energética. Tal y como se pusiese de relieve en las conclusiones del Consejo sobre el Plan de Eficiencia Energética 2011, los edificios existentes representan el 40% de consumo de energía final de la Unión, lo cual hacía pensar que los Estados miembros deberían crear una estrategia a largo plazo para después de 2020 destinada a movilizar inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales para mejorar el rendimiento energético del parque inmobiliario.

Con todo ello se adopta en octubre de 2012 una Directiva que establece un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión en un 20% de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética (Directiva 2012/27/UE).

Tal y como se establece en dicha directiva en su artículo 4, los estados miembros tienen la obligación de diseñar una estrategia a largo plazo que vaya más allá del año 2020 y que esté destinada a movilizar inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales para mejorar el rendimiento energético del parque inmobiliario; por ello dicha estrategia abordará renovaciones precisas y adecuadas económicamente que posibiliten una reducción del consumo y energía suministrada.

A fin de facilitar la implementación de medidas en favor de la eficiencia energética y el empleo de energías renovables que den cumplimiento a los compromisos adquiridos internacionalmente, la Unión Europea cofinancia proyectos específicos de los estados miembros mediante fondos de inversión concretos, pertenecientes al Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Más adelante se indican las principales medidas del Ministerio de Fomento español aprobadas y que constituyen uno de los principales apoyos institucionales en materia de regeneración urbana.

Por otra parte, tal y como se ha indicado con anterioridad, la mitigación de los daños socioeconómicos derivados de la crisis sanitaria generada por la COVID-19 se convierte para el Consejo Europeo en el argumento central que respalda la adopción de medidas extraordinarias que contribuyan de un modo eficaz a los intereses medioambientales que hemos visto (Consejo Europeo, 2020). De este modo, a través de la creación de un presupuesto europeo a largo plazo reforzado de 1.1 billones de euros para el periodo 2021-2027, se persigue el fomento de actuaciones que contribuyan eficazmente al Pacto Verde para la transición ecológica de la Unión.

En coherencia con todo lo visto, es pertinente plantear un cambio de paradigma y una reorientación de la economía hacia un modelo circular, que permita, entre otras cuestiones, un más que necesario aumento de la resiliencia de nuestra civilización ante los efectos del constatado cambio climático (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

En línea con lo anterior, la reconversión del entorno construido basándonos en los principios de una economía circular se muestra como una estrategia eficaz para la reducción de emisiones de CO₂ en un 38% para el año 2050 (Ellen MacArthur Foundation, 2019, pp. 31–33). Particularmente, desde el sector de la construcción, la adopción de medidas tales como la prolongación de la vida útil de nuestros edificios, así como la disminución de los residuos asociados a los procesos constructivos en edificación permitirían una reducción global anual de emisiones de 1.2 billones de TnCO_{2equiv} más allá del año 2050. Adicionalmente, las actuaciones sobre la edificación existente orientadas a una mejora de la eficiencia energética, permiten además reducir las emisiones asociadas al consumo energético para la demanda de la climatización de los edificios en fase operacional, lo cual comportará reducciones de la demanda energética final en edificios del 25% respecto de los niveles actuales (Abergel, Dean, & Dulac, 2017). Por tanto, la comprensión de dichas estrategias de mejora de la eficiencia energética en el marco de una más que necesaria economía circular comporta que ineludiblemente las actuaciones sobre los edificios existentes que se produjesen hayan de ser orientadas hacia la utilización de materiales bajos en carbono y hacia la sistematización y prefabricación de los sistemas constructivos, por lo que cabría preguntarse entonces en qué medida las políticas europeas en materia de regeneración urbana se alinean con los principios de sostenibilidad enunciados.

Apuntando a esta cuestión, podemos observar que las políticas europeas han basado hasta la fecha su estrategia para la lucha contra el cambio climático de los edificios en tres líneas principales: el fomento de la producción de energías renovables, la reducción de la demanda de consumo de los edificios y la reducción de las emisiones de CO₂ asociadas a dicho consumo (Unión Europea, 2018, 2010, 2012). La transposición de las recientes directivas europeas al ámbito nacional español han comportado un aumento de las exigencias de ahorro energético de los edificios a través de la reciente actualización del documento básico HE del Código Técnico de la Edificación (España, 2019b), introduciendo como novedad central la limitación conjunta de los consumos de energía primaria no renovable y primaria total, al tiempo que establecen dichas exigencias reglamentarias (HE0) de los edificios de nueva construcción como referencia para la justificación de edificios existentes de consumo casi nulo, lo cual se ve más detalladamente en el apartado 2.1.4 del estado de la cuestión. Con ello se apuesta por una mejora de la eficiencia de los edificios esencialmente en fase operacional. Con relación a esta cuestión, dicha actualización del DB-HE establece unas condiciones de la envolvente térmica de los edificios para cuyos paramentos se proponen unas limitaciones de transmitancia térmica más restrictivos que en versiones anteriores. Habida cuenta de estos requerimientos prestacionales del edificio a nivel normativo y la estrecha relación entre la limitación del consumo y una menor demanda de los edificios, podemos afirmar que la intervención sobre la envolvente de los edificios existentes continúa siendo una apuesta esencial para la consecución de los objetivos de reducción de emisiones establecidos a nivel europeo.

2.1.3. Normativa y normalización en procesos de regeneración urbana

Para comprender adecuadamente las implicaciones de los aspectos regulatorios de la actividad en materia de regeneración urbana conviene, además del análisis pormenorizado de las distintas normas, establecer una clara distinción entre normativa y normalización.

Mientras que a través de la normalización se responde al objetivo de elaborar especificaciones técnicas (normas) que son utilizadas de un modo voluntario y con el fin de demostrar la seguridad y fiabilidad de determinados productos y actividades (AENOR, 2016), la normativa procura una serie de preceptos jurídicos (normas jurídicas) que regulan dicha actividad. Esto no implica en modo alguno que una norma no pueda transformarse en legalmente obligatoria, puesto que se habilitan medios tales como legislar en arreglo a dichas normas o que sean éstas referidas a través de disposiciones legales vigentes.

En este apartado se ven separadamente: el conjunto de normas jurídicas vigentes en España en materia de regeneración urbana, su historia y relación con las políticas europeas, evidenciando el avance que representan a juicio de diversos autores en los procesos de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas; al tiempo que se estudia el conjunto de normas de carácter voluntario a nivel español, reguladas por la Agencia Española de Normalización (AENOR) en relación con sostenibilidad en la construcción y sus métodos de evaluación.

2.1.3.1. Normas de carácter obligatorio, estrategias y planes en el territorio español

2.1.3.1.1. Normativa en materia de regeneración urbana

Con el objetivo de regular una serie de prerequisites que aseguren un desarrollo sostenible y eficiente del medio urbano mediante la incentivación de actuaciones en materia de rehabilitación de edificios y la regeneración de los tejidos urbanos existentes, se aprueba el 27 de junio de 2013 la ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Dicha ley obliga a edificios plurifamiliares con una antigüedad mayor a cincuenta años a solicitar algún tipo de ayuda pública para realizar el Informe de Evaluación de Edificios, compuesto por tres documentos esenciales: (1) Informe de evaluación del estado de conservación del edificio; (2) informe de evaluación de las condiciones básicas de accesibilidad universal y no discriminación de las personas con discapacidad para el acceso y utilización del edificio, estableciendo si el edificio es susceptible o no de realizar ajustes razonables para satisfacer la normativa vigente y (3) la certificación de la eficiencia energética del edificio.

Dos años más tarde, mediante el Decreto Ley 7/2015 se aclara, regulariza y armoniza la terminología y el contenido dispositivo de la citada ley, comúnmente conocida por la ley RRR, y la Ley de Suelo, aprobada por el Real Decreto Legislativo 2/2008.

2.1.3.1.2. Normativa en materia de eficiencia energética

En el año 1969 vio la luz el primer texto legislativo relativo a aislamiento de las viviendas a nivel nacional. Se trataba de la ordenanza 32, que formaba parte de unas ordenanzas provisionales, aprobadas por el Ministerio de la Vivienda, que regularon las características de viviendas de protección oficial. En ella se dividía el país en sólo dos zonas climáticas, estableciéndose unos valores máximos de transmitancia térmica tan elevados, que tan sólo con la inclusión de una cámara de aire en el cerramiento se daba cumplimiento a dicha normativa (España, 2014a, p. 7).

Seis años más tarde se estableció mediante el Decreto 1490/1975 la obligatoriedad de justificar el cumplimiento de ciertas prescripciones técnicas referidas al comportamiento de la envolvente de los edificios. Cuatro años más tarde se publicó el RD 2429/1979, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE CT 79, que tiene por objeto establecer las condiciones térmicas exigibles a los edificios, así como los datos que condicionan su determinación.

A fin de ordenar y relacionar las distintas conferencias internacionales sobre el cambio climático, las directivas europeas promovidas en línea con los acuerdos y las normativas a nivel español, se ha confeccionado la Figura 2.1.

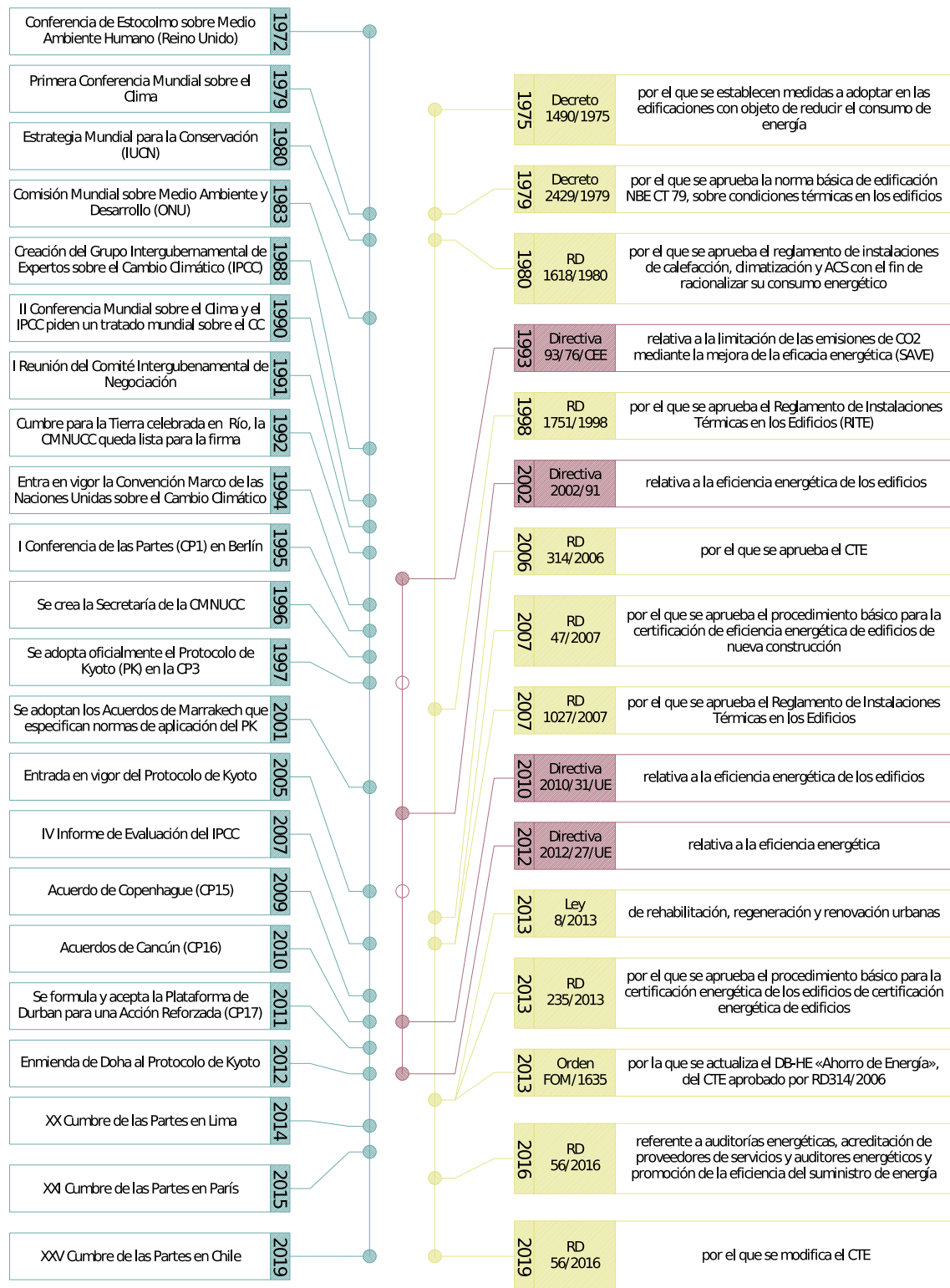


Figura 2.1. Relación de conferencias internacionales, acuerdos europeos y normativa a nivel español. Fuente: Elaboración propia.

La entrada en vigor de la Ley de Ordenación de la Edificación en España (Ley 38/1999) definió la regulación de los aspectos esenciales del proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes intervinientes en dicho proceso, así como las garantías precisas para el adecuado desarrollo de este, a fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios. Mediante esta ley se autoriza al Gobierno para la aprobación de un Código Técnico de la Edificación (En adelante CTE), que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos relativos a seguridad y habitabilidad.

No será hasta marzo de 2006 que se apruebe, mediante Real Decreto 314/2006, el CTE (España, 2006), donde se establece las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios y sus instalaciones para cada uno de los requisitos básicos de: seguridad estructural (DB-SE), seguridad en caso de incendio (DB-SI), seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA), higiene, salud y protección del medio ambiente (DB-HS), protección contra el ruido (DB-HR) y ahorro de energía y aislamiento térmico (DB-HE). Más adelante se analiza en detalle el documento básico HE y sus implicaciones en el proceso de certificación y reducción de la demanda energética del parque inmobiliario existente.

2.1.3.1.3. Estrategia nacional en materia de rehabilitación energética

- **Informe sobre el Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque Residencial existente en España**

Uno de los primeros informes a nivel nacional que aportaron algunas conclusiones que a día de hoy conviene revisar es el realizado por WWF-España (2010). En el mismo se plantean como objetivos proponer un horizonte realista de rehabilitación del parque inmobiliario, mostrar la urgencia de actuar sobre el mismo y analizar el potencial de ahorro energético considerando la aplicación de diferentes soluciones de mejora. La consecución de estos objetivos se realiza a través del análisis de las potenciales actuaciones de mejora sobre tipologías representativas del parque inmobiliario existente, las cuales son evaluadas a través de las herramientas reconocidas entonces (LIDER y CALENER VYP) en tres contextos climáticos distintos (B4, Sevilla; D3, Madrid y E1, Burgos).

Analizado con retrospectiva, el objetivo planteado por el informe para la rehabilitación entre los años 2011 y 2020 de una cifra anual de edificios que oscilase entre el medio millón y el millón queda bastante alejado de lo que reflejan las series mensuales de estadísticas de construcción y rehabilitación de edificios recogidas por el ministerio de fomento (España, 2020) y que cifra el total de edificios rehabilitados entre el año 2000 y 2019 en 584.485 edificios, siendo la media anual entre los años 2011 y 2019 (por no existir a fecha de la consulta datos más actualizados) de 26.966 edificios. No obstante, en la estadística de la construcción no se manifiesta si las intervenciones que se han realizado tienen por objetivo mejorar el rendimiento energético de los edificios.

Por otra parte, la organización ECODES (ECODES, 2019, p. 10) recopila información adicional sobre el número total de viviendas rehabilitadas por programas y aquellas donde se ha intervenido además con criterios de eficiencia energética entre los años 2013-2017. Según esta información, se muestra que el total de edificios sobre los que se habría intervenido durante el periodo de tiempo señalado a fin de mejorar la eficiencia energética de los mismos es de 112.314 edificios, un promedio anual de 28.079, lo que representa tan sólo un 5.6 % del objetivo anual enunciado por el informe de WWF-España.

Contrastar la realidad de los hechos frente a las proyecciones que al inicio de la última década se hicieron, pone de relieve la importancia del objeto de estudio y el

manifiesto retraso en la consecución de los objetivos europeos en materia de rehabilitación de edificios.

- **Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España**

En respuesta al ya citado artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE se plantea a nivel español una estrategia para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España, que incluye los siguientes elementos (España, 2014a, p.3):

- Un panorama del parque inmobiliario nacional basado, según convenga, en un muestreo estadístico;
- Una definición de enfoques rentables de renovación en relación con el tipo de edificio y la zona climática;
- Políticas y medidas destinadas a estimular renovaciones exhaustivas y rentables de los edificios, entre ellas renovaciones profundas por fases;
- Una perspectiva de futuro destinada a orientar las decisiones de inversión de las personas, la industria de la construcción y las entidades financieras;
- Un cálculo fundado en datos reales, del ahorro de energía y de los beneficios de mayor radio que se esperan obtener.

Los datos recogidos por esta estrategia y por sus anexos son contemplados a lo largo de la investigación y son tenidos en cuenta, ajustándose las decisiones a los escenarios y objetivos indicados en el documento.

2.1.3.1.4. Planes nacionales de acción de eficiencia energética

Una de las medidas normativas más relevantes, recogidas dentro de la estrategia a largo plazo analizada con anterioridad, es el plan nacional de acción de eficiencia energética que analizaremos en las siguientes líneas. El propósito de dicho plan es dar cumplimiento a las exigencias del artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE, que exige a partir del 30 de abril de 2014 a cada uno de los Estados miembros la presentación de un plan, que se actualizará cada tres años y que contendrá las medidas que permitan mejorar ostensiblemente la eficiencia energética y la reducción del consumo energético en distintas áreas a fin de alcanzar los objetivos nacionales comprometidos con la Unión Europea (España, 2014b).

De este modo, el Plan Nacional se convierte en una herramienta vertebral para la política en materia energética, orientando e incentivando a través de programas específicos actuaciones en materia de mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad en viviendas. Todo ello se materializa a través de medidas de apoyo económico, además de las medidas legislativas que han sido ya analizadas con anterioridad (España, 2006, 2013b, 2015a), que persiguen incentivar actuaciones en la línea de los objetivos principales del plan.

A continuación, se destacan las principales medidas políticas y de apoyo económico que recoge el Plan de Acción en materia de rehabilitación, regeneración y renovación tanto urbana como de viviendas.

- **Real Decreto 106/2018, de 9 de marzo, por el que se regula el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021 (España, 2018b).**

A través de dicho plan estatal de vivienda se promueve la rehabilitación energética de edificios mediante un programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas (España, 2018b, pp. 23-29). La reactivación del sector de la construcción a través de la renovación urbana y la rehabilitación, entendidas ambas en

términos de sostenibilidad y competitividad, es algo que ya se recogiera en el Plan Estatal 2013-2016 (España, 2013a), lo cual supuso un hito en el enfoque de las ayudas públicas que se habían regulado hasta esta fecha, y que basaban sus preceptos en un paradigma del sector de la construcción completamente distinto a la realidad posterior a la crisis económico-financiera, poniéndose de manifiesto la necesidad de reorientar las políticas en esta materia. Con todo, se aprecian diferencias entre el plan estatal 2013-2016 y el actual plan de 2018-2021, ya que frente al programa de fomento de la rehabilitación edificatoria que planteaba el primero, se ha concretado un programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad en viviendas más preciso y orientado a los objetivos europeos. Dicho Programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad en viviendas es analizado pormenorizadamente en la fase 1 de la investigación, donde se establecen además las diferencias respecto de otros planes y/o incentivos promovidos a nivel de la comunidad autónoma y de las entidades locales.

No obstante, tal y como se reconoce en el Plan nacional de acción de eficiencia energética 2017-2020 remitido a Bruselas, los resultados de estas políticas no han podido cuantificarse hasta la fecha.

- **Líneas ICO para la “Rehabilitación de viviendas y edificios” 2013 y 2014, dentro de la línea “ICO empresas y emprendedores” 2013 y 2014.**

Mediante las líneas que se ofrecen a través del Instituto de Crédito Oficial se define una estrategia de financiación de las actuaciones de regeneración de edificios y viviendas bajo la modalidad de préstamo, leasing, renting o línea de crédito. De este modo, los particulares, comunidades de propietarios, autónomos, emprendedores y todo tipo de empresas, tanto españolas como extranjeras que deseen realizar inversiones y/o llevar a cabo actividades empresariales, cubrir gastos o que tengan necesidades de liquidez dentro del territorio nacional, pueden acceder a un crédito con un máximo de hasta 12.5 millones de euros, en una o varias operaciones, para acometer proyectos de rehabilitación o reforma de viviendas y/o edificios.

La gestión de estas líneas de financiación se realiza a través de las entidades de crédito, quienes recogen la solicitud del cliente, analizan las garantías que éste ofrece para firmar una operación que contará con un plazo de amortización que va de 1 a 20 años. El interés de estas operaciones podrá ser fijo o variable y al mismo se habrán de sumar las cargas económicas que establezcan las entidades en función del plazo de amortización y en concepto de comisiones. A la firma de la operación, el ICO entrega los fondos a las entidades de crédito, quienes, a su vez, y bajo las condiciones particulares que se hayan acordado, facilitan dichos fondos al cliente, responsable último de acometer las actuaciones para las que se ha solicitado el crédito, así como de devolver dichos fondos con los intereses que se hayan devengado.

Mediante este tipo de medidas económicas se abre un importante abanico de posibilidades muy interesantes, ya que se multiplican los agentes implicados en el proceso de regeneración de los edificios, con diversos intereses mutables que van desde lo económico-financiero a lo social, lo cual hace extraordinariamente complejo el análisis de las distintas casuísticas que bajo estas medidas podrían darse. Es por este motivo, unido al hecho de que los intereses de esta investigación quedan lejos de un análisis pormenorizado de todos aquellos modelos económico-financieros y/o de las distintas formas de asociación de los agentes intervinientes en los procesos de regeneración de edificios y/o barrios, por lo que no se analizan en mayor profundidad de lo aquí enunciado estas líneas de crédito.

- **Programa PAREER-CRECE del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE): “Programa de ayuda a proyectos integrales de ahorro y eficiencia energética en edificios de viviendas” (España, 2013c).**

Mediante estas líneas de apoyo económico se incentivan actuaciones que persigan tanto la mejora de la envolvente térmica, la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación y la sustitución de fuentes de energía de sistemas de climatización por otras con menor impacto para el medio ambiente. Las actuaciones sobre los edificios incentivables habrán de garantizar que, a través de estas, se mejore en la escala de emisiones de dióxido de carbono (Kg CO₂/m² año) en, al menos, una letra respecto a la calificación previa.

Los datos recogidos por el IDAE muestran que entre los años 2014 y 2015 se acogieron a estas medidas un total de 333 proyectos, de los cuales más de un 30% no sólo habían conseguido los objetivos de mejora establecidos en las bases para la concesión de ayudas, sino que además habían mejorado una letra más en la escala de emisiones de CO₂ de acuerdo con la metodología definida en el Real Decreto 235/2013, el cual se analiza en mayor profundidad en el estado de la cuestión.

Del mismo modo que se ha enunciado para el programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética, las particularidades de este programa son igualmente detalladas y analizadas con mayor profundidad dentro del apartado 1.3 de la F1, relativo al análisis del contexto local en el cual se enmarca la investigación.

- **Fondo JESSICA-FIDAE Fondo de Inversión para financiar proyectos de eficiencia energética y energías renovables**

El Fondo de Inversión en Diversificación y Ahorro de Energía (FIDAE), perteneciente a la cartera europea de apoyo conjunto a la inversión sostenible en zonas urbanas (Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas) canaliza la financiación a los proyectos elegibles a través de tres Fondos de Desarrollo Urbano (FDU), gestionados por entidades financieras previamente seleccionadas por el Banco Europeo de Inversiones (BEI).

Las entidades públicas, las empresas de servicios energéticos y otras empresas privadas son los principales promotores de los proyectos elegidos y que se pueden llevar a cabo en una serie de Comunidades o Ciudades Autónomas predeterminadas, articulándose dichos proyectos en torno a los sectores elegibles de infraestructura de servicios públicos relacionados con la energía, transporte, industria y edificación. Los temas prioritarios se centran en el apoyo a las energías renovables, la eficiencia energética, cogeneración y gestión de la energía, así como el transporte eficiente.

Por otra parte, se establece en las bases reguladoras que cualquiera de los proyectos que pudiesen ser seleccionados, además de las condiciones anteriores, habrán de estar incluidos en los Planes Integrados de Desarrollo Urbano Sostenible (PIDUS). Por tanto, se exige que los proyectos a plantear hagan referencia directa a los distintos planes, estrategias o programas acordados a diferentes niveles, que van desde el Plan de Acción del Ahorro y la Eficiencia Energética, a nivel nacional, a las Agendas Locales XXI a nivel local, pasando por los planes estratégicos de las distintas comunidades Autónomas de los territorios elegibles designados por esta medida.

Al igual que se ha afirmado para la profundización sobre los aspectos de las líneas ICO, la línea de financiación recogida en este apartado se aleja de los intereses de la investigación, ya que vuelve a aparecer la figura de las entidades financieras en el proceso de concesión de la financiación para acometer las actuaciones. No obstante, el análisis de la guía de elegibilidad de proyectos con cargo al fondo JESSICA FIDAE nos ha permitido ilustrar la importancia a nivel local de las Agendas XXI y la necesidad de

una coherencia de estas con planes, estrategias o programas acordados a un nivel superior (nacional o regional).

- **“Proyecto Clima”, del Ministerio para la transición ecológica (España, 2011).**

El objeto de los Proyectos Clima del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible (FES-CO₂) son proyectos que persiguen la reducción de emisiones de GEI desarrollados en los conocidos como sectores difusos, es decir, que no están sujetos al régimen europeo de comercio de derechos de emisión, o lo que es lo mismo, el sector del transporte, la agricultura y el sector residencial entre otros.

Para la concesión de estos incentivos económicos adscritos al FES-CO₂, se requiere el cumplimiento de una serie de requisitos establecidos legislativamente (España, 2011). De estos requisitos conviene destacar el interés por el que las mejoras en términos de reducción de GEI sean adicionales a las derivadas de las normas sectoriales y de las de la legislación vigente resultantes de aplicación, habiendo de ser medibles y verificables con arreglo a metodologías aprobadas por el Consejo Rector del Fondo.

Una de las principales novedades que introducen estos fondos es que permiten adicionalmente apoyar iniciativas de carácter programático que engloben varios proyectos dentro de un mismo programa. Con esto, se define la figura de programa de actividades mediante el cual se calcula un volumen total de reducción de las emisiones, definiéndose el cálculo mediante la metodología aprobada por el FES-CO₂. De este modo, y tomándose como marco de referencia dicho programa de actividades, se concretan una serie de acciones, las cuales son asimilables a proyectos clima tradicionales, para las que se establece una serie de prerequisites (España, 2019a, pp.2-3).

Los Proyectos Climas pueden ser propuestos tanto por instituciones públicas (Ayuntamientos, Diputaciones Provinciales, Comunidades Autónomas, etc.), como por entidades privadas de distinta índole (proveedores de tecnología, consultoras, empresas de servicios energéticos, etc.). Se abre con esto, junto con el carácter programático de la medida, una puerta a la regeneración urbana de sectores de la ciudad que contarían con actividades programáticas que irían desde la reducción de la demanda de los edificios que lo integrasen hasta el empleo de fuentes renovables de energía que persigan la generación de un modelo energético descentralizado. La compatibilidad de estas medidas con otras, a las que pudiesen acogerse directamente las comunidades de vecinos, comporta una ventaja para la financiación de acciones que persigan la renovación urbana de sectores estratégicos de la ciudad en términos de reducción de GEI. Para tal fin la administración local se convierte en un agente vertebral respecto del planteamiento y designación de dichos sectores estratégicos, actuando de este modo como entidad coordinadora necesaria para la consecución de los objetivos comprometidos para con el FES-CO₂ en la concesión de dichas ayudas.

2.1.3.2. Normas de carácter voluntario

Complementariamente a la normativa de obligado cumplimiento existen en construcción una serie de normas de carácter voluntario referidas al sector de la edificación, las cuales se vinculan a marcas o sellos de calidad que acreditan, además del cumplimiento de los requisitos establecidos por el CTE, haber superado una serie de procesos y controles más exigentes (García-Navarro, 2013, p. 86). Aquellos de mayor repercusión en el sector de la rehabilitación son: La certificación DAPc, sistema de ecoetiquetado regulado por la ISO 14025; la marca N AENOR, para productos de construcción utilizados en edificación y la marca Applus (A+), empleada por ejemplo en unidades de vidrio aislante.

2.1.3.2.1. Normalización de la sostenibilidad en el sector de la construcción

Hasta ahora, nos hemos centrado en identificar las distintas normas y programas existentes que persiguen una mejora de la sostenibilidad (exclusivamente medioambiental) a través de la reducción de las emisiones de los edificios en fase operacional, gracias al fomento de la eficiencia energética a través de edificios con una demanda más baja y/o al empleo de fuentes de energía renovables. Sin embargo, en la actualidad no quedan recogidos a nivel normativo requerimientos respecto de la sostenibilidad social o económica de la implementación de medidas de renovación de la envolvente de los edificios a lo largo de la vida útil restante del mismo.

A este propósito, conviene destacar la importancia de la evaluación de la sostenibilidad a través de metodologías que se sirvan del análisis de ciclo de vida (ACV), dado los destacables impactos asociados a la etapa de uso (80-90%), frente a los impactos de la etapa de construcción (8-12%) y los de los materiales (2-3%) (Alarcón Barrio, 2012) .

A fin de simplificar, unificar y especificar los medios por los cuales una evaluación integral de la sostenibilidad en construcción se puede llevar a cabo, distintas organizaciones ponen a disposición de los agentes intervinientes normas en línea con dichos objetivos.

De los distintos organismos existentes a nivel internacional, se identifican jerárquicamente en este apartado aquellos que han desarrollado las normas en las que se apoya la presente investigación: ISO, Organización Internacional de Estandarización (International Organization of Standardization); CEN, Comité Europeo de Normalización, y AEN, Asociación Española de Normalización.

De manera general, y en cada uno de sus estadios, los distintos organismos de normalización se organizan en torno a comités técnicos (CT o CTN) y subcomités (SC), segregados por áreas de trabajo específicas. Cada uno de estos comités o subcomités se estructuran a su vez en grupos de trabajo (WG) que son los encargados de desarrollar las distintas normas específicas orientadas a la normalización de aspectos relacionados en nuestro caso con la obra civil, la edificación o los materiales. En la Figura 2.2 se ha identificado la relación jerárquica de los distintos grupos de trabajo.

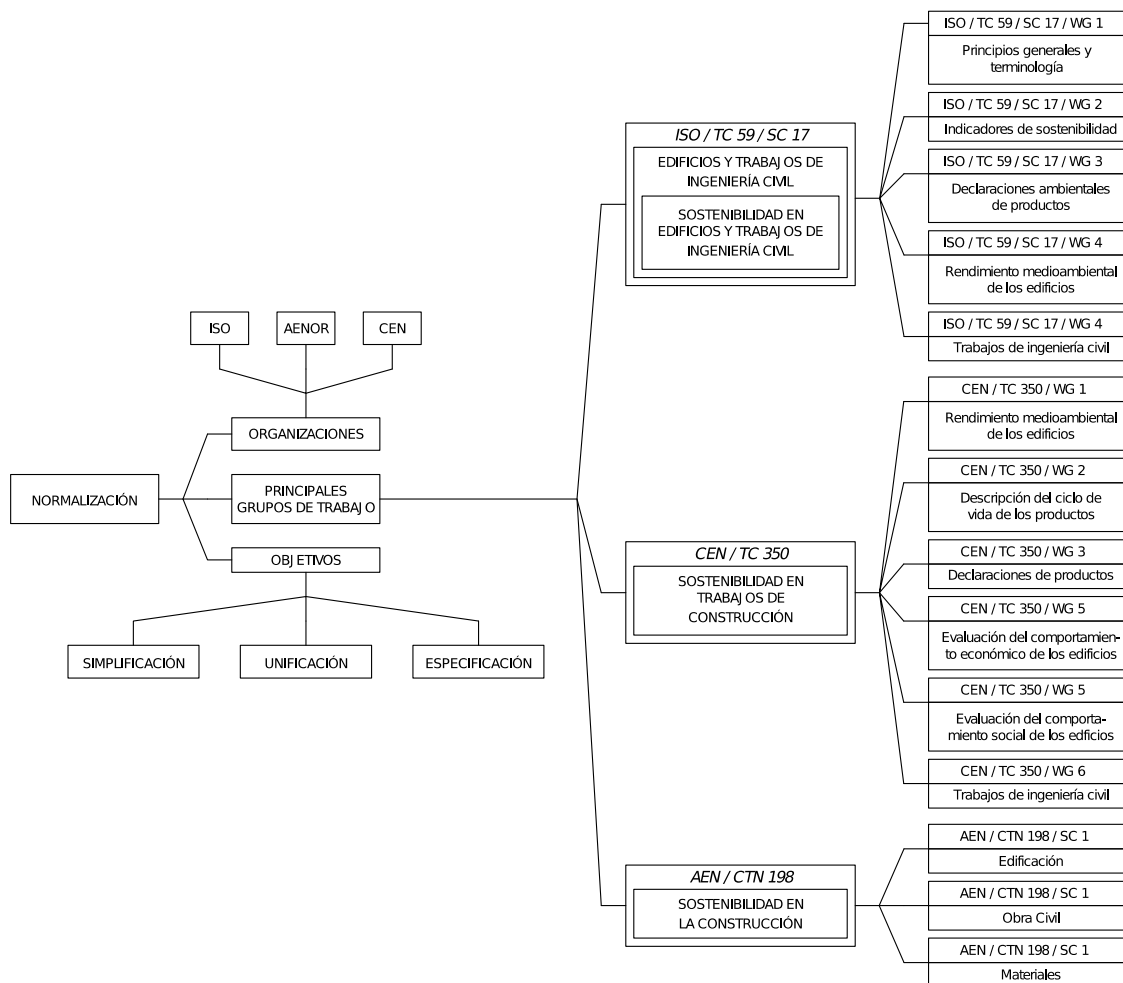


Figura 2.2. Esquema de organización de organismos de normalización. Fuente: elaboración propia.

Atendiendo a la producción de normas de estos organismos, debemos destacar el estándar internacional 15392, a través del cual se introdujo por vez primera los principios para la construcción sostenible en edificación conforme a las dimensiones medioambiental, social y económica. Dicho estándar no establece agendas políticas o proporciona prioridades relacionadas con preocupaciones específicas establecidas por las agendas internacionales, pero comparte los mismos principios, al tiempo que amplía los objetivos (Figura 2.3). La norma UNE-EN 15643:2012 se basa en la citada norma ISO y se apoya en los principios y objetivos señalados para el desarrollo de los distintos marcos generales.

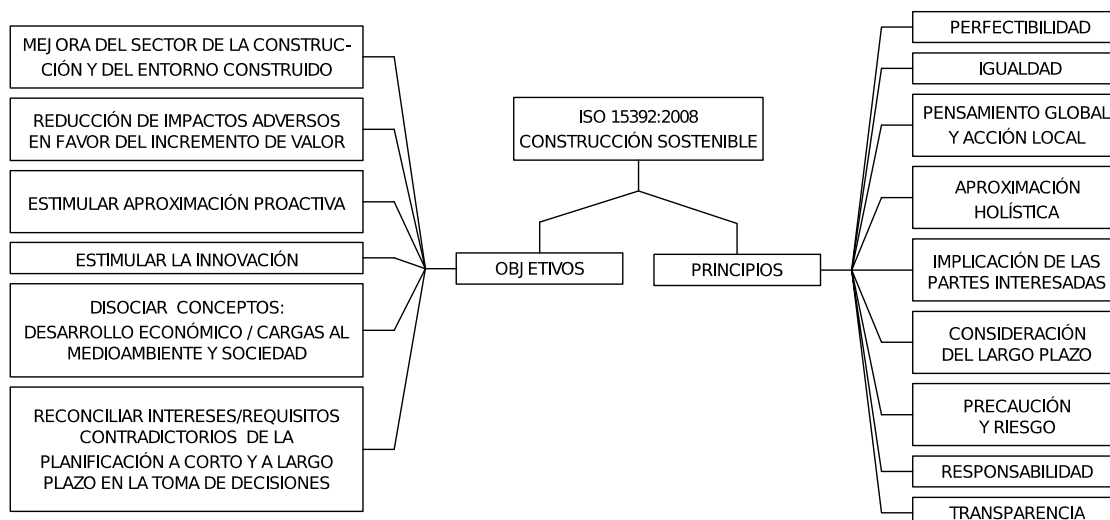


Figura 2.3. Objetivos y principios generales de la norma ISO 15392:2008. Fuente: elaboración propia.

En línea con lo visto, a nivel europeo y nacional, se han editado desde el año 2002 una serie de normas orientadas a la mejora de la sostenibilidad en la construcción. La Tabla 0.2 ha sido completada a partir de la información recogida por García-Navarro en la publicación *Sostenibilidad en construcción* (2013). En ella figuran las distintas normas en materia de sostenibilidad en la construcción elaboradas por los comités técnicos vistos con anterioridad.

| Código | Título | Fecha de edición |
|---------------------------|---|------------------|
| UNE-EN ISO 14020:2002 | <i>Etiquetas ecológicas y declaraciones ambientales. Principios generales. (ISO 14020:2000)</i> | 30-10-2002 |
| UNE-EN ISO 14040:2006 | <i>Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006).</i> | 27-12-2006 |
| UNE-EN ISO 14044:2006 | <i>Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. (ISO 14044:2006)</i> | 27-12-2006 |
| UNE-EN ISO 14025:2010 | <i>Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos. (ISO 14025:2006)</i> | 13-10-2010 |
| UNE-CEN/TR 15941:2011 IN | <i>Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Metodología para la selección y uso de datos genéricos.</i> | 28-09-2011 |
| UNE-EN 15978:2012 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Métodos de cálculo.</i> | 23-05-2012 |
| UNE-EN 15643-1:2012 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general.</i> | 28-11-2012 |
| UNE-EN 15643-2:2012 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental.</i> | 28-11-2012 |
| UNE-EN 15643-3:2012 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social.</i> | 28-11-2012 |
| UNE-EN 15643-4:2012 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.</i> | 28-11-2012 |
| UNE-EN 15942:2013 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Formato de comunicación negocio a negocio.</i> | 12-06-2013 |
| UNE-EN 15804:2012+A1:2014 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción</i> | 12-02-2014 |

| Código | Título | Fecha de edición |
|----------------------|--|-------------------------|
| UNE-EN 16309+A1:2015 | <i>Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Métodos de cálculo.</i> | 04-03-2015 |
| UNE-EN 16627:2016 | <i>Sostenibilidad en las obras de construcción. Evaluación del comportamiento económico de los edificios. Métodos de cálculo.</i> | 24-02-2016 |
| UNE-EN 15459-1:2018 | <i>Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios. Parte 1: Método de cálculo, Módulo M1-14.</i> | 19-12-2018 |

Tabla 2.1. Normalización con relación a la sostenibilidad en la construcción actualizada a fecha de agosto de 2020. Fuente: elaboración propia a partir de información de García-Navarro (2013).

De todas las normas vistas en la Tabla anterior, adquiere relevancia para la evaluación de la sostenibilidad de las estrategias de renovación de la envolvente de los edificios la norma UNE-EN 15643. Esta norma, cuya descripción de indicadores de manera general se analiza con más detalle en el apartado 2.2.2.2 del estado de la cuestión, junto con las normas de segundo nivel, en las cuales se describen los métodos de cálculo para cada uno de los indicadores propuestos de las distintas dimensiones de la sostenibilidad, sirven como estructura para el desarrollo de la metodología que se propone en la investigación.

En esencia, y gracias a la aplicación de estos conjuntos de normas es posible una búsqueda para alcanzar objetivos de desarrollo sostenible en los procesos constructivos que van más allá de los reconocidos hasta la fecha a nivel normativo y que permiten:

1. Desarrollar herramientas integradas de planificación y al servicio de la toma de decisiones en base a distintos criterios de sostenibilidad.
2. Considerar integradamente información cuantitativa y cualitativa con relación a las diferentes dimensiones de la sostenibilidad.
3. Evaluar el ciclo de vida de los edificios o trabajos de construcción.
4. Establecer los requerimientos de la vida en servicio y el rendimiento de los inmuebles.
5. Evaluar el coste económico y medioambiental del ciclo de vida.

2.1.4. Eficiencia Energética como concepto asociado a las actuaciones de regeneración de edificios en España

Como hemos podido observar, la limitación de emisiones de GEI establecidas a nivel internacional tiene su reflejo en edificación a través del concepto de eficiencia energética. No obstante, el proceso de certificación puesto a disposición de los técnicos y usuarios no va más allá de la caracterización del problema. Esto se demuestra a través de las escasas intervenciones que encontramos en materia de rehabilitación energética en España, pese a su potencial demanda; algo que resulta del todo contradictorio si consideramos que nuestro país cuenta en la actualidad con 5.48 millones de edificios residenciales construidos con anterioridad a 1980, según datos del INE de 2012. La realidad, según Euro-construct (2013), es que la rehabilitación de edificios no es una práctica generalizada y se sitúa quince puntos por detrás de la media europea, en torno al 41% del sector de la construcción (Val, 2015).

2.1.4.1. Actualización del Documento Básico de Ahorro de Energía

En las siguientes líneas se analiza sucintamente el contenido del Documento Básico HE, prestando especial atención a los requisitos mínimos de eficiencia energética que han sido revisados a través del RD 732/2019, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, estableciéndose una mejora de dichos requisitos con relación a los

avances técnicos del sector de la construcción, conforme a la obligación establecida por la Directiva 2010/31/UE.

El DB HE tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos que permitan el cumplimiento de las exigencias básicas de ahorro de energía, establecidas en el artículo 15 de la Parte I del CTE. Su contenido se estructura mediante 6 secciones (De la 0 a la 5) que establecen exigencias básicas relativas a la construcción e instalaciones de los edificios nuevos y de los existentes. Todas estas secciones se relacionan implícitamente con el proceso de certificación, pero son las secciones HE 0 y HE 1, relativas a la limitación de consumo energético y de la demanda energética, las que se verifican mediante las distintas herramientas reconocidas para la certificación de la eficiencia energética en edificación.

Una de las principales novedades con relación al ámbito de aplicación de la nueva versión de este documento básico es la limitación del consumo energético (HE0) de aquellos edificios existentes en los que se renueve de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica del edificio. Así mismo, se hace exigible una limitación de la demanda energética (HE1) para todos los edificios existentes sobre los que se intervenga bien sea mediante ampliaciones, cambios de uso y/o reformas.

Por otra parte, tanto las limitaciones de consumo, como las de demanda energética se contextualizan en las distintas zonas climáticas que se identifican en el territorio nacional. Para ello se han establecido 16 zonas climáticas, las cuales se designan mediante una letra mayúscula correspondiente a la severidad climática en invierno (A-E), las cuales ya habían sido definidas con anterioridad en las Normas Básicas de Condiciones Térmicas de los edificios de 1979, y un número (1-4) correspondiente a los valores de verano. No obstante, la altitud a la que se sitúa el municipio es un factor determinante de cara a que pueda considerarse una zona climática diferente a la establecida de manera general para la provincia.

En relación con las exigencias que se establecieron en las ya citadas Normas Básicas de la Edificación de 1979, los valores propuestos mediante este documento básico reducen entre un 25% y un 35% la demanda energética de los edificios, lo cual representa un importante avance en materia de eficiencia energética (España, 2014a, p.7).

2.1.4.1.1. La limitación del consumo energético

La inclusión en el documento de una sección relativa a la limitación del consumo energético mediante el DB-HE0 fue una de las más importantes incorporaciones que la trasposición parcial de la Directiva 2010/31/UE introdujo en el documento básico HE, constituyéndose de este modo la primera fase de aproximación hacia el objetivo europeo de conseguir edificios de consumo de energía casi nulo para el 31 de diciembre de 2020, a través del cumplimiento de las exigencias establecidas en dicho DB. Sin embargo, no es hasta la actualización de 2019 que se establece de un modo más claro el concepto de Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN):

“Se define como edificio de consumo de energía casi nulo, aquel edificio, nuevo o existente, que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas en este Documento Básico «DB HE Ahorro de Energía» en lo referente a la limitación de consumo energético para edificios de nueva construcción.”

En línea con lo expresado por dicha definición, se establece una limitación del consumo energético de todos aquellos edificios de nueva construcción y ampliaciones de los existentes, así como a aquellas edificaciones o partes de las mismas que, por sus características de utilización, estén abiertas de forma permanente y sean

acondicionadas. Las limitaciones de dichos consumos se establecen en función de la zona climática en la que se encuentre el edificio y del uso previsto del mismo. El consumo energético máximo total de energía primaria no renovable se fija conforme a lo indicado en la Tabla 2.2.

| | Zona climática de invierno | | | | | |
|--|----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| | a | A | B | C | D | E |
| Edificios nuevos y ampliaciones | 40 | 50 | 56 | 64 | 76 | 86 |
| Cambios de uso a residencial privado y reformas | 55 | 75 | 80 | 90 | 105 | 115 |

Tabla 2.2. Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [$kW \cdot h/m^2 \cdot año$] para uso residencial privado. Fuente: CTE DB-HE

2.1.4.1.2. Condiciones para el control de la demanda energética

Las condiciones para el control de la demanda quedan recogidas en la sección HE1, y son aplicables tanto a edificios de nueva construcción, como intervenciones en edificios existentes (ampliación, reforma y/o cambio de uso). La demanda energética de los edificios se limita en función de la zona climática de la localidad en que se ubican los edificios y del uso previsto. Se establece en el caso de los edificios de uso residencial privado las características de los elementos de la envolvente térmica a fin de evitar descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios y limitar la transferencia de calor entre unidades con usos distintos. Así mismo, se limitan riesgos como las condensaciones, que pueden llegar a producir una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica.

A diferencia de las versiones anteriores, la reciente actualización del documento básico regula de un modo más pormenorizado las condiciones exigibles a la envolvente térmica, a través del cumplimiento de una exigencia de su transmitancia (por elementos que la integran), su control solar, su permeabilidad al aire, la limitación de descompensaciones y la limitación de condensaciones.

Con relación a la transmitancia, se mantiene una limitación por elementos que queda reflejada en la Tabla 2.3, donde pueden además compararse los valores actuales con los que se indicaban en la versión anterior. Como puede apreciarse, dichos valores se han alterado para cada una de las zonas climáticas, al tiempo que se han unificado las exigencias para los muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno, y las medianeras o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica.

| Elemento | Zona climática de invierno | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | a | | A | | B | | C | | D | | E | |
| | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 |
| Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U_T) | 0.90 | 1.35 | 0.80 | 1.25 | 0.75 | 1.00 | 0.70 | 0.75 | 0.65 | 0.60 | 0.59 | 0.55 |
| Medianeras o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U_{MD}) | | 1.35 | | 1.25 | | 1.10 | | 0.95 | | 0.85 | | 0.70 |
| Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_C) | 0.55 | 1.20 | 0.50 | 0.80 | 0.44 | 0.65 | 0.40 | 0.50 | 0.35 | 0.40 | 0.33 | 0.35 |

| Elemento | Zona climática de invierno | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | a | | A | | B | | C | | D | | E | |
| | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 | v.19 | v.17 |
| Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U_H) | 3.2 | 5.70 | 2.7 | 5.70 | 2.3 | 4.20 | 2.1 | 3.10 | 1.8 | 2.70 | 1.50 | 2.50 |
| Puertas con superficie semitransparente e igual o inferior al 50% | 5.7 | - | 5.7 | - | 5.7 | - | 5.7 | - | 5.7 | - | 5.7 | - |

Tabla 2.3. Tabla comparativa de valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [$W/m^2.K$]. Fuente: elaboración propia a partir de datos del CTE DB-HE.

Cabe destacar que las exigencias para los elementos de la envolvente térmica se aplican en tanto que la reforma intervenga sobre estos, pudiendo superarse los límites referidos en la Tabla anterior siempre y cuando se dé cumplimiento al coeficiente global de transmisión de calor (K).

La incorporación en la reciente actualización del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio es uno de los aspectos más novedosos introducidos y que analizaremos en mayor profundidad.

Así pues, vemos que por vez primera a nivel normativo se establecen limitaciones del comportamiento de la envolvente con relación a las características geométricas del edificio. Ello se determina a través de la compacidad del edificio, entendida como la relación entre el volumen encerrado por la envolvente térmica del edificio (V) y la suma de las superficies de intercambio térmico con el aire exterior o el terreno de dicha envolvente (A). En función de dicha compacidad, se determinan para cada una de las zonas climáticas unos valores límites (K_{lim}), tal y como puede apreciarse en la Tabla 2.4.

| | Compacidad V/A [m^3/m^2] | Zona climática de invierno | | | | | |
|---|-----------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | a | A | B | C | D | E |
| Cambios de uso. | $V/A \leq 1$ | 1.00 | 0.87 | 0.83 | 0.73 | 0.63 | 0.54 |
| Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio | $V/A \geq 4$ | 1.07 | 0.94 | 0.90 | 0.81 | 0.70 | 0.62 |

*Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

Tabla 2.4. Valor límite K_{lim} [$W/m^2.K$] para residencial privado en edificios con cambio de uso o reformas en las que se intervenga en más del 25% de la envolvente del edificio. Fuente: elaboración propia a partir de datos del CTE DB-HE.

Por otra parte, dicho coeficiente global se calcula a través de la siguiente expresión:

$$K = \sum_x H_x / A_{int}$$

Siendo,

H_x coeficiente de transferencia de calor del elemento x perteneciente a la envolvente térmica (incluidos puentes térmicos). Se incluirán elementos en contacto con el ambiente exterior y el terreno, y se excluirán aquellos en contacto con otros edificios u otros espacios adyacentes.

A_{int} área de intercambio de la envolvente térmica obtenida como suma de los distintos componentes considerados en la transmisión de calor.

De un modo simplificado se podrá calcular este parámetro a partir de las transmitancias térmicas, la superficie de la envolvente y un factor de ajuste, que

multiplica H_x por 1 si los elementos de la envolvente están en contacto con el ambiente exterior y/o el terreno y 0 en el resto de los casos. No obstante, este coeficiente se calcula directamente mediante la herramienta unificada Lider-Calener, verificándose de este modo la exigencia en base al modelo generado.

Adicionalmente, conviene destacar que aquellas soluciones constructivas que se sirvan de las capacidades adicionales de envolvente (Muros parietodinámicos, invernaderos adosados, muros Trombe, etc.) para la reducción de la demanda energética, cuyas prestaciones o comportamiento térmico no quedan suficientemente definidos por el parámetro visto (U_{lim}), están excluidos de las comprobaciones relativas a la transmitancia térmica y no se contabilizan para el coeficiente global de transmisión de calor (K).

Atendiendo a otra de las nuevas exigencias, observamos que se habrán de limitar las ganancias solares a través de la envolvente, siendo exigible para aquellos edificios existentes en los que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica. Para los edificios residenciales privados dicho valor límite ($q_{sol,ijul,lim}$) se limita a 2.00 kWh/m²·mes.

Con relación a la permeabilidad al aire de la envolvente, reflejadas en la Tabla 2.5, se observa un aumento en los requerimientos de estanqueidad de las mismas, desapareciendo por completos aquellas de clase 1.

| Elemento | Zona climática de invierno | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | a | | A | | B | | C | | D | | E | |
| | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 | 2019 | 2018 |
| Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$) * | ≤27 | ≤50 | ≤27 | ≤50 | ≤ 27 | ≤50 | ≤9 | ≤27 | ≤9 | ≤27 | ≤9 | ≤27 |

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q100. Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 (≤27 m³ /h·m²) y clase 3 (≤9 m³ /h·m²) de la UNE-EN 12207:2017. La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana

Tabla 2.5. Tabla comparativa de valores límite de permeabilidad al aire de la envolvente térmica, Q_{100lim} . Fuente: elaboración propia a partir de datos del CTE DB-HE.

Por otra parte, y con relación a la limitación de las descompensaciones, se mantienen los valores límites de transmitancia para las particiones interiores de los edificios que ya figurasen en la versión anterior del Documento Básico (Tabla 2.6).

| Tipo de elemento | | Zona climática de invierno | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|
| | | a | A | B | C | D | E |
| Entre unidades del mismo uso | Particiones horizontales | 1.90 | 1.80 | 1.55 | 1.35 | 1.20 | 1.00 |
| | Particiones verticales | 1.40 | 1.40 | 1.20 | 1.20 | 1.20 | 1.00 |
| Entre unidades de distinto uso | Particiones horizontales y verticales | 1.35 | 1.25 | 1.10 | 0.95 | 0.85 | 0.70 |
| Entre unidades de uso y zonas comunes | | | | | | | |

Tabla 2.6. Tabla con valores de transmitancia térmica límite de particiones interiores, U_{lim} [W/m²·K]. Fuente: elaboración propia a partir de datos del CTE DB-HE.

Al igual que ocurriese con las descompensaciones, el procedimiento para la comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos no ha sufrido modificaciones y se realiza conforme al procedimiento descrito en el Documento de Apoyo DA DB-HE/2, vigente desde el 2013.

Los procedimientos de cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración podrán emplear simulación mediante un modelo térmico del edificio o métodos simplificados equivalentes, que debían cumplir originariamente una serie de prerequisites, pero que en la actualidad se plantean como opciones ambas igualmente para cualquier caso de estudio. El procedimiento debe permitir obtener separadamente la demanda energética de calefacción y de refrigeración. El ministerio de Fomento facilita, entre otros, un Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE (DA DB-HE/1), donde se describe varios métodos simplificados que se pueden emplear para el cálculo de los parámetros característicos de los diferentes elementos que componen la envolvente térmica del edificio.

En cualquiera de los casos el modelo del edificio que consideraremos para el cálculo debe estar compuesto por una serie de espacios conectados entre sí y con el ambiente exterior mediante los cerramientos, los huecos y los puentes térmicos. La clasificación de dichos espacios ha de distinguir entre habitables y no habitables, clasificando los primeros según su carga interna (baja, media, alta o muy alta) y según su nivel de acondicionamiento (espacios acondicionados o espacios no acondicionados).

Los aspectos abordados en este apartado son considerados en los distintos cálculos, al tiempo que se consideran las condiciones operacionales y perfiles de uso indicados igualmente por el documento básico en su Anejo D.

2.1.4.2. Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética

El procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios de nueva construcción se reguló inicialmente mediante Real Decreto 47/2007, el cual estuvo vigente hasta el 14 de abril de 2013. Esta norma jurídica con rango de ley traspuso parcialmente la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética de los edificios. Se determinó entonces la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con el que se iniciaba el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios de nueva construcción o edificios existentes que se modifiquen, reformen o rehabiliten en una extensión determinada. Así mismo se establecieron las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados y se aprobó un distintivo común en todo el territorio nacional denominado "etiqueta de eficiencia energética". Es sin duda la inclusión de este distintivo, regulado a través del Capítulo III y cuyos contenidos se recogen en el Anexo II del documento, una de las aportaciones más importantes de la norma.

El Real Decreto 47 de 2007 es derogado expresamente por el Real Decreto 235/2013 que, en línea con lo planteado en la mencionada Directiva europea de 2010, establece un procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética tanto de los edificios de nueva construcción, como de aquellos edificios o partes de edificios existentes que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario, siempre que no dispongan de un certificado en vigor. De este modo se establece la obligación de disponer por parte de los compradores o usuarios de dicho certificado que debe incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencias tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su

eficiencia energética. Dichos requisitos mínimos, tal y como se ha indicado anteriormente, quedan recogidos en el CTE-DB-HE.

La finalidad de la aprobación del procedimiento es la "información objetiva" para compradores y/o usuarios, sin que se establezca de manera expresa una prescripción de soluciones para la mejora de la eficiencia energética, ni plazos de tiempo para la adopción de las mismas. No obstante, se identifica la necesidad de presentar un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio, estas recomendaciones abarcan tanto las medidas aplicadas en el marco de reformas importantes de la envolvente y de las instalaciones técnicas de un edificio, como las medidas relativas a elementos de un edificio, independientemente de la realización de reformas importantes de la envolvente o de las instalaciones técnicas de un edificio. Los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios y sus elementos quedan recogidos en el Reglamento Delegado (UE) 244/2012 de la Comisión Europea, estableciendo a tal efecto un marco metodológico comparativo.

Se establece que el registro, control externo y la inspección de los certificados de eficiencia energética son competencia de las comunidades autónomas. Para realizar el control externo las comunidades autónomas pueden delegar en organismos o entidades acreditadas para el campo reglamentario de la edificación y sus instalaciones térmicas o técnicos independientes cualificados (IDAE, 2011).

Paralelamente, la certificación energética de los edificios según el RD 235/2013 (España, 2013b) se ha convertido en una herramienta indispensable para la verificación de la reducción de la demanda y emisiones que se consiguen a través de diversas tipologías de actuaciones. De este modo, las principales subvenciones y planes de financiación para la mejora de la eficiencia energética de edificios existentes, tanto a nivel estatal, como autonómico y local, exigen en mayor o menor medida aumentar la calificación del edificio para poder acceder a dichas ayudas económicas, lo cual pone de relieve la importancia de la metodología de cálculo, ya que se vinculan importantes aportaciones económicas a los resultados de modelos teóricos de rendimiento energético de un edificio. A lo largo de la investigación se estudian las exigencias que establecen distintos programas para la concesión de ayudas.

2.1.4.2. Calificación de la eficiencia energética de los edificios (Versión 1.1 / noviembre 2015)

La norma jurídica de 2013 estableció, mediante la publicación de un documento técnico reconocido de apoyo para la certificación, la metodología para realizar una calificación energética expresable en forma de letras e indicadores que diese información relevante a los usuarios finales de los edificios. En dicho documento se incluye además las instrucciones precisas acerca de los contenidos del propio certificado de eficiencia energética y se indica el formato y contenidos de la etiqueta que acredita la eficiencia del edificio o parte del mismo. Dicho documento reconocido ha sufrido distintas modificaciones desde su publicación en 2013, los indicadores y valores se han ajustado e implementado en las distintas herramientas que pone el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a disposición de los técnicos.

2.1.4.2.1. Metodología de cálculo de la calificación energética

La Calificación de la eficiencia energética se apoya principalmente en dos indicadores que permiten explicar las razones de un buen o mal comportamiento energético del edificio y proporcionan información útil sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de proponer recomendaciones que mejoren dicho comportamiento.

Los indicadores manejados, en base anual y referidos a la unidad de superficie útil del edificio, se obtienen de la energía consumida por el edificio para satisfacer, considerando las condiciones climáticas del lugar, las necesidades asociadas a unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación. Se incluye la energía consumida en calefacción, refrigeración, ventilación producción de ACS y, en su caso, iluminación. Se establecen como indicadores principales o globales de eficiencia energética:

- Las emisiones anuales de CO₂ equivalentes (CO_{2equiv}).
- El consumo anual de energía primaria no renovable.

Así mismo se consideran los siguientes indicadores complementarios de eficiencia energética:

- Demanda energética anual de calefacción.
- Demanda energética anual de refrigeración.
- Consumo anual de energía primaria no renovable desagregada por servicios.
- Emisiones anuales de CO_{2equiv} desagregada por servicios.
- Emisiones anuales de CO_{2equiv} desagregada por consumo eléctrico y por otros combustibles.

De manera general los valores de demanda o consumo se expresan mediante kWh.m² de superficie útil, mientras que las unidades empleadas para los indicadores de emisiones es el kgCO_{2equiv}.m² de superficie útil del edificio.

Las condiciones normales de funcionamiento y ocupación se establecen considerando las solicitudes exteriores, para lo que se adoptan los valores disponibles en los ficheros climáticos, y los perfiles de usos, en el caso del uso terciario. El cálculo de los indicadores de eficiencia energética y demás parámetros se ajusta a lo establecido en el Documento Reconocido de Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios.

La calificación de eficiencia energética asignada al edificio es la correspondiente al índice de calificación de eficiencia energética obtenido por el mismo, dentro de una escala de siete letras, que va desde la A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente).

2.1.4.2.2. Certificado de eficiencia energética

El documento establece un modelo normalizado del certificado de la eficiencia energética que contendrá la información que identifica al edificio o parte que se certifica, los datos del técnico certificador y la calificación energética obtenida. Junto con este documento se adjuntarán 4 anexos relativos a la descripción de las características energéticas del edificio, parte en la que se describen las características tanto de la envolvente térmica como de las distintas instalaciones del edificio, las condiciones de funcionamiento y ocupación, así como las fuentes de energía de las que se sirve (Anexo I); calificación energética del edificio, donde se detallan la calificación energética del edificio en emisiones, en consumo de energía primaria no renovable y la calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración (Anexo II); recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética, que han de poder establecer el porcentaje de ahorro respecto de la situación original (Anexo III); y pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador (Anexo IV).

Los programas de cálculo reconocido incluyen una función para generar automáticamente el informe que certifica la eficiencia energética en arreglo al modelo

normalizado, no obstante, existen en la actualidad errores de programación que obvian la inclusión de los valores de las transmitancias de algunos elementos constructivos de la envolvente (LIDER-CALENER Versión 0.9.1433.1016). En cualquier caso, para el registro de las certificaciones se hace obligatorio aportar el informe de evaluación energética del edificio en formato electrónico (XLM), que se genera automáticamente mediante las herramientas informáticas reconocidas. Este archivo en formato electrónico contiene toda la información del proyecto, evitándose inconcreciones y permitiendo un control más preciso sobre los certificados emitidos por parte de las administraciones autonómicas.

2.1.4.2.3. Etiqueta de eficiencia energética

Una vez registrado el informe de certificación energética se emite por parte de la administración local la etiqueta de eficiencia energética, la cual tiene validez por diez años. En el Anexo II del documento reconocido para la calificación de la eficiencia energética de los edificios se especifican los requerimientos formales de dicha etiqueta.

2.1.4.3. Programas informáticos reconocidos para la certificación energética de los edificios

En el artículo 3 del Real Decreto 235/2013 se crean, con el fin de facilitar el cumplimiento del procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética, los denominados documentos reconocidos, que se definen como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuentan con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y del Ministerio de Fomento. Dentro de estos documentos reconocidos encontramos programas informáticos de calificación de eficiencia energética; especificaciones y guías técnicas o comentarios sobre la aplicación técnico-administrativa de la certificación de eficiencia energética; así como cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia.

En los siguientes apartados se detallan cada una de las herramientas reconocidas y se indica el procedimiento de cálculo del que se sirven. Las distintas herramientas fueron revisadas en el año 2016, habiéndose actualizado todas como consecuencia de las modificaciones del CTE realizadas en diciembre del 2019. La información general de las herramientas no se ha modificado, no obstante, conviene destacar que la HULC es la herramienta de referencia para la investigación. Los cambios de dicha herramienta, así como la interoperabilidad para con los modelos en BIM se ven en mayor profundidad a lo largo del documento.

- **Herramienta Unificada Lider-Calener (versión 20151113)**

La Herramienta Unificada (HULC en adelante) es una implementación informática que permite obtener los resultados necesarios para la verificación de una serie de exigencias de las Secciones HE0 y HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (CTE-DB-HE), y que posibilita la certificación energética de edificios nuevos y existentes. Fue desarrollada por el Grupo Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA), con la colaboración del instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción.

La HULC permite la visualización tridimensional del edificio que vamos a calcular. No obstante, la definición constructiva y geométrica del edificio exige generar un prototipo que se adapte al modelo del edificio definido en el DB-HE1, en lo que a elementos de la envolvente y la consideración de los espacios se refiere; lo cual implica, a menudo, realizar interpretaciones y simplificaciones del edificio. Al igual que el resto de las herramientas reconocidas, Lider-Calener exige la inserción de los datos generales del edificio a calcular, información con la cual genera los informes y establece las bases de cálculo.

La principal ventaja frente a otras aplicaciones es que se sirve del método general para la realización del cálculo, por lo que los resultados que se obtienen son bastante más precisos; además permite considerar las capacidades adicionales de la envolvente, convirtiéndose de este modo en la única herramienta reconocida en la que pueden definirse soluciones bioclimáticas tales como muros solares, fachadas ventiladas, etc.

En 2014 se desarrolla la aplicación ViSol, que permite la visualización de los archivos de resultados de Lider-Calener. De este modo se puede verificar de forma rápida el comportamiento del edificio en las temporadas de calefacción y refrigeración; detectando así qué componentes o elementos son responsables de las ganancias o pérdidas de calor en el sistema (Burke, 2014). De este modo se logran optimizar las actuaciones de mejora de la envolvente en la rehabilitación de edificios y/o depurar las soluciones constructivas en proyectos de nueva planta a fin de mejorar su comportamiento térmico y cumplimiento de las secciones del DB-HE relativas a demanda y consumo energético.

- **Calificación Energética Residencial Método Abreviado (CERMA, v 4.0 de octubre de 2015)**

CERMA es una aplicación que permite la obtención de la calificación de la eficiencia energética en edificios de viviendas de nueva construcción y existentes para todo el territorio español, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida. Ha sido desarrollada por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y la ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración).

- **Calificación Energética de Edificios Existentes (CE3 versión 2375.1015)**

Es una de las dos aplicaciones desarrolladas específicamente para la calificación energética de Edificios Existentes por el método simplificado. La herramienta permite pre-cuantificar las medidas de ahorro energético y detectar qué actuaciones tendrán mayor repercusión en la mejora de la eficiencia energética del edificio. Presenta como principales ventajas la interoperabilidad de archivos con el programa Lider-Calener, la existencia de una importante base de datos de soluciones constructivas habituales según el año de construcción del edificio y la capacidad de definir geométricamente el edificio, aunque con importantes limitaciones.

- **Calificación Energética de Edificios Existentes (CE3X versión 2015/06_2.1)**

Herramienta alternativa a CE3. Fue desarrollada por Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Además de poder obtener la calificación mediante el método simplificado, la nueva versión de esta herramienta permite implementar conjuntos de mejoras que quedan recogidas de manera automática en el Anexo III del certificado de eficiencia energética y evaluar económicamente las mismas, pese a no ser aún obligatorio. De este modo se permite estimar un periodo de años de amortización simple basado en datos previos de las facturas energéticas o teóricos, considerando la vida útil de las medidas, el coste de las mismas y el incremento anual de mantenimiento.

2.1.4.3.1. Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios.

Alternativamente a las herramientas proporcionadas por la administración podrán considerarse otras, siempre y cuando se verifiquen las condiciones técnicas especificadas en el documento que el Ministerio de Fomento publicó en noviembre de 2015, donde se recogen las consideraciones técnicas relativas a los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios en España, ya sea con el objetivo de emplear los resultados obtenidos para la certificación energética de los

edificios o para la verificación de las exigencias reglamentarias del CTE-DB-HE. De este modo se establecen, entre otras condiciones, las características generales de los procedimientos de cálculo y la precisión de los mismos.

Según este documento la capacidad de los procedimientos de cálculo para obtener resultados con una precisión suficiente para su uso en la evaluación de la eficiencia energética de los edificios se puede acreditar, bien por hacer uso de un motor de cálculo de referencia (DOE2, BLAST, ESP, SRES/SUN (SEIRES/SUNCODE), SERIRES, S3PAS (LIDER/CALENER), TAS, TRNSYS, EnergyPlus) cuya precisión se considera contrastada, o bien mediante justificación específica sobre su precisión en un informe de resultados para procedimientos basados en la norma UNE-EN ISO 13790. DOE2 es el motor de cálculo que da servicio, entre otros, a Revit, programa basado en modelos informáticos de edificios que permite integrar diversas simulaciones a lo largo del proceso de diseño.

2.1.4.4. Certificación energética de los edificios: datos, utilidad y mejoras

El séptimo informe sobre Certificaciones Energéticas de Edificios (España, 2018a) muestra que se han registrado en el ámbito nacional un número de certificados que supera los tres millones seiscientos mil (3.637.688), siendo superior el número de certificados de edificios existentes (3.579.436), que el de aquellos edificios de nueva construcción (58.252).

La mayor parte de las calificaciones obtenidas por emisiones a nivel del conjunto de comunidades autónomas en dichos certificados para edificios existentes muestran que algo más de la mitad de estas obtuvieron una calificación E (Figura 2.4). Así mismo, la evolución anual que identifica el informe pone de manifiesto un claro aumento de esta clasificación y una ligera disminución de las calificaciones F y G.

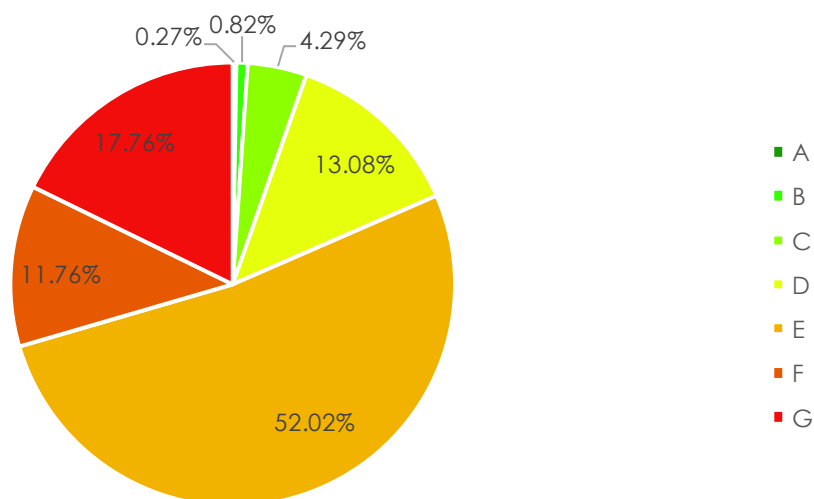


Figura 2.4. Número de calificaciones energéticas de edificios existentes por emisiones para el conjunto de comunidades autónomas españolas (diciembre 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de información del IDAE.

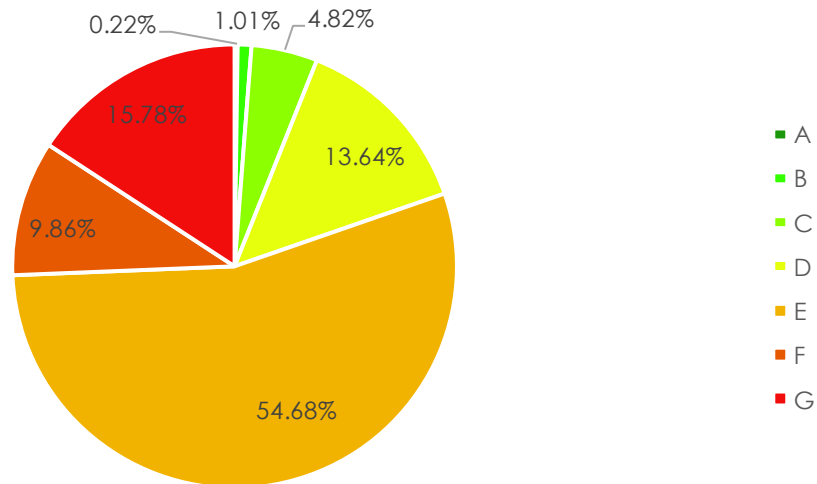


Figura 2.5. Número de calificaciones energéticas de edificios existentes por emisiones para la comunidad de Andalucía (diciembre 2018). Fuente: Elaboración propia a partir de información del IDAE.

Por otra parte, la situación a nivel de la comunidad andaluza (Figura 2.5) muestra un panorama muy similar al que se produce a nivel nacional, aunque aumentan el número de calificaciones E y se reducen las calificaciones F y G respecto de la media nacional. Estos resultados a nivel de la comunidad se analizan con más detalle en la fase 1 de la investigación.

Pese a esos resultados aún son escasas las intervenciones en materia de rehabilitación energética. Los casos que se nos presentan son aislados y tienen como denominador común una importante aportación económica pública. En España contamos en la actualidad con 5.48 millones de edificios residenciales construidos con anterioridad a 1980, según datos del INE de 2012, esto caracteriza un importante volumen de edificación susceptible de ser rehabilitado integralmente, lo que comprende desde actuaciones a nivel de envolvente para la mejora de las condiciones térmicas y acústicas del interior de las viviendas, hasta la renovación de las instalaciones, pasando por una mejora de la accesibilidad para personas con movilidad reducida. La realidad, según datos de Euro-construct (2013), es que la rehabilitación de edificios no es una práctica generalizada y se sitúa quince puntos por detrás de la media europea, en torno al 41 % del sector de la construcción (Val, 2015).

Informes, como el GTR2014 (Cuchí-Burgos & Sweatman, 2013), han incidido sobre la importancia del estudio y el conocimiento de los aspectos normativos a la hora de plantear cualquier tipo de actuación, más aún si consideramos que todas las políticas de desarrollo de planes estratégicos y programas específicos de rehabilitación encuentran su origen en propuestas europeas para el impulso en materia de sostenibilidad (2010/31/UE y 2012/27/UE). Así mismo la publicación del RD 7/2015 ofrece un claro marco para las actuaciones en materia de rehabilitación y establece mecanismos para la implantación de sistemas de evaluación y de auditorías energéticas a través de los Informes de Evaluación de Edificios.

Los objetivos de ahorro de energía final en España establecen una contribución del sector de la edificación y equipamientos en torno al 15% (87.1 Ktep). La mejora de la eficiencia energética del parque inmobiliario consolidado se lleva a cabo mediante el programa PAREER+CRECE, dependiente del Fondo JESSICA-FIDAE puesto en marcha por el IDAE, como Organismo Intermedio delegado por la Autoridad de Gestión del

Fondo Europeo de Desarrollo Regional, y que tiene como propósito financiar proyectos de desarrollo urbano sostenible que mejoren la eficiencia energética y/o utilicen las energías renovables (España, 2013c). Este Programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes se inició en diciembre de 2013 y su duración se prevé hasta finales del 2016, aunque podrá ampliarse dicho plazo como máximo hasta el 31 de diciembre de 2020. Se plantean cuatro tipologías de actuaciones elegibles: mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica, tipología 1; mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación, tipología 2; sustitución de energía convencional por biomasa en las instalaciones térmicas, tipología 3; y sustitución de energía convencional por energía geotérmica en las instalaciones térmicas, tipología 4. En cualquier caso, se deben cumplir una serie de condiciones que exigen, entre otras, que el coste elegible conjunto sobre el que se solicita ayuda sea superior a 30,000€ (33,272.02 USD) e inferior a 4,000,000€ (4,436,005.87 USD) para el conjunto de las actuaciones y que se mejore una letra como mínimo de la calificación energética total del edificio medida en la escala de emisiones de CO₂.

Sin embargo, podemos afirmar que la certificación de la eficiencia energética no deja de ser una parte indispensable a la hora de abordar la sostenibilidad en edificación (nueva o existente), pero no es el único aspecto de la sostenibilidad que puede ser evaluado, dado que sólo contempla la sostenibilidad de los edificios en fase operacional.

Actualmente son múltiples las herramientas para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios (Building Sustainability Assessment Tools, BSATs), que promueven y categorizan la eficiencia del parque inmobiliario en el ámbito internacional. Sin embargo, no todos los que se han desarrollado atienden a las particularidades de los procesos de regeneración de edificios, pese a haberse adaptado en algunos casos. A continuación, realizaremos una breve revisión de aquellas herramientas de certificación de la sostenibilidad en rehabilitación, estableciendo una comparativa entre los aspectos que estas consideran y aquellos que se encuentran implementados en la actualidad en la normativa española. Conviene destacar, al igual que ya ocurriese con las herramientas reconocidas a nivel estatal para la certificación energética de edificios, que las herramientas aquí indicadas fueron analizadas en el año 2016, habiéndose podido verificar que existen nuevas herramientas y se han actualizado algunos aspectos de las aquí reseñadas.

2.2. Estado de la cuestión de los objetivos de la tesis: Sostenibilidad en procesos de regeneración de edificios

La consideración de indicadores de sostenibilidad en los procesos de regeneración de edificios cabe ser entendida como una de las estrategias que desde el ámbito arquitectónico se plantearán con urgencia durante las próximas décadas. Es por ello, que se ha entendido pertinente para el estado de la cuestión de los objetivos de esta tesis analizar trabajos e investigaciones previas con relación al concepto de sostenibilidad, su relación para con las actuaciones a nivel urbano y, particularmente, a nivel constructivo, sobre los edificios.

Seguidamente, se estudian los principios generales que rigen la evaluación a nivel teórico de la sostenibilidad, tomando como referencia las distintas normas existentes que estructuran el desarrollo de la investigación.

Así mismo, se analizan las herramientas para la evaluación de la sostenibilidad existentes que han sido estudiadas, estableciendo distinciones entre sus objetivos y metodologías de las que se sirven, al tiempo que se contrastan las mismas a fin de determinar qué aspectos son cubiertos por cada una de ellas.

Finalmente, se establecen una serie de conclusiones parciales sobre la revisión realizada que persigue poner de manifiesto los aspectos innovadores de la investigación que se propone.

2.2.1. Trabajos e investigaciones previas: Interpretación del concepto de sostenibilidad que rige la investigación

Abordar la sostenibilidad de cualquier actividad humana, y en particular en materia de regeneración urbana, exige que sean entendidos nuestros procesos más allá de lo superficial, oportuno y momentáneo; lo cual nos obliga como sociedad a aprehender las implicaciones del paradigma de la sostenibilidad. Concepto que, por otra parte, en palabras de González-Díaz, se ha banalizado y generalizado sin que aún haya llegado a desarrollarse plenamente (2013, p. 22).

Un concepto de sostenibilidad, al modo que la comunidad científica ha podido llegar a determinar, pasa por la idea central de que el ser humano ocupa una posición descentrada en la naturaleza y no una posición de empoderamiento respecto de los recursos naturales. El modo en que urbanismo, arquitectura y construcción desempeñan un papel intermediario entre el medio natural y "el hombre", posiciona estas disciplinas como piedras angulares para el desarrollo duradero de nuestra actividad.

Bajo estas premisas, considerar la reducción de los impactos medioambientales a lo largo de los procesos constructivos resulta de un alto interés. Sin embargo, y esto es algo que ya se ha ilustrado con anterioridad, la dimensión medioambiental no deja de ser una más de aquellas que la sostenibilidad integral habrá de tratar y respecto de las cuales se habrá de asegurar un necesario equilibrio. Estas otras dimensiones son la económica y la social, las cuales adquieren en recientes investigaciones una mayor importancia, dado que son igualmente relevantes de cara al propósito de un desarrollo de nuestra actividad que no agote los recursos naturales.

De un modo generalizado, el concepto de desarrollo sostenible ha estado muy ligado durante las últimas décadas al de limitación. Esta se asocia al impacto medioambiental que generan nuestros procesos productivos y se centra en la restricción de emisiones de GEI, la limitación del consumo de recursos naturales y la reducción de residuos. Todo ello, se contrapone frontalmente con un modelo de consumo y de desarrollo de nuestras ciudades que, lejos de acatar mayoritariamente estas limitaciones, no encuentra el modo de transformarse y que ello comporte beneficios a nivel social y económico. Es por lo que adquiere para el investigador un interés crucial la consideración de estas tres dimensiones de la sostenibilidad, en tanto que son interdependientes y no podremos hablar de un desarrollo duradero y sostenido en el tiempo sin dar una respuesta conjunta a todas ellas.

Estas premisas, que remiten a aspectos globales y se presentan como difícilmente asumibles, no deben alejarnos del objetivo esencial de actuar desde lo local. Los arquitectos tenemos capacidad, como creadores de las propuestas que se desarrollan en nuestras ciudades, de transformar el modo en que estas se llevan a cabo, siendo los aspectos constructivos, la reducción de los residuos de construcción y demolición (RCD), y la reutilización de materiales y recursos, aspectos claves que habrán de guiar la toma de decisiones.

2.2.1.1. Sostenibilidad en procesos de regeneración urbana

El concepto de sostenibilidad ilustrado en el apartado anterior ha sido interpretado por distintas investigaciones a lo largo de los últimos años desde una perspectiva urbanística. Se indican en las siguientes líneas algunas de las cuales han permitido, en la primera fase de la investigación, fijar criterios para la selección del contexto urbano en el que se desarrolla la investigación.

Orduña-Gañán (2016) desarrolló indicadores a nivel de barrio, los cuales son entendidos en su investigación como una unidad urbana básica, a fin de poder evaluar desde esta triple perspectiva proyectos de regeneración realizados y potencialmente realizables.

Por otra parte, y particularizando sobre aspectos medioambientales, la investigación de Garrido-Piñero (2015), que sienta las bases conceptuales de la presente investigación a través de la idea de *organismo urbano*, propone a través de su trabajo una herramienta para la identificación del impacto medioambiental de tipologías edificatorias en la ciudad de Sevilla. De este modo, se caracteriza el ámbito sobre el cual se interviene como paso previo al planteamiento de actuaciones en favor de una mejora de la sostenibilidad medioambiental.

Desde una perspectiva propositiva y de intervención física sobre los barrios en los que se hayan evaluado las prioridades y acciones a llevar a cabo, la remodelación, la transformación y la rehabilitación se proponen como las estrategias centrales con repercusiones muy diversas sobre los mismos y que han sido ampliamente analizadas (Cervero-Sánchez, N & Agustín-Hernández, 2015). Conviene apuntar al hecho de que el éxito de cualesquiera de las actuaciones que se lleven a cabo, tal y como apuntan los autores, se ve condicionado por la corresponsabilidad económica entre vecinos y administración, habiéndose de buscar vías de gestión con el sector privado, la capitalización de los ahorros energéticos y demás estrategias que hagan posibles modelos de gestión sostenible. Se insiste, por tanto, en la idea de proyectos participativos, en el que todos los vecinos aporten y se impliquen en las modificaciones que sobre su barrio se produzcan y que habrán de integrarse necesariamente en un Plan de Barrio que posibilite identificar las actuaciones preferentes.

En línea con lo apuntado, López-Medina (2012) centró su trabajo de investigación en la introducción de criterios de participación en las políticas de rehabilitación residencial, idea sobre la cual se profundiza con posterioridad en torno a la rehabilitación energética y el potencial que esta presenta de cara la participación ciudadana (De Manuel Jerez & Machucha, 2013).

Paralelamente, proyectos como el llevado a cabo por la Universidad de Sevilla (Barrios, González, Mariñas, & Molina, 2015) ponen de relieve la variabilidad de criterios con que se regeneran los entornos urbanos degradados que dependen esencialmente de la composición de la población, las condiciones climáticas y medioambientales, los precios y tipos de energía, la composición de los mercados energéticos, las condiciones derivadas de políticas, los sistemas constructivos y de fabricación de materiales, las sinergias entre diferentes tecnologías y los conocimientos y sus límites en cada circunstancia temporal. Ello enfatiza el hecho de que las herramientas de evaluación habrán de ser sensibles a estas alteraciones y capaces de integrarlas.

A este propósito, conviene destacar la gran relevancia de un instrumento como las Agendas Locales XXI para la evaluación de la sostenibilidad urbana local y con capacidad para plantear metas, acciones, criterios, métodos y evaluación (Hernández Aja, 2004). Particularmente, el potencial de estas herramientas para la gestión de la rehabilitación sostenible en grandes conjuntos de las periferias urbanas por parte de las administraciones públicas locales es enorme. En este sentido, adquiere para la presente investigación relevancia el hecho de que los indicadores urbanos desarrollados para la Agenda Local XXI por el Observatorio de Medio Ambiente Urbano de Málaga (OMAU) se actualizan con mayor frecuencia que el de otras ciudades del país, constituyendo este hecho un motivo central como para que consideremos este instrumento como una herramienta viva y en constante evolución que podría permitir un diagnóstico de la realidad urbana que respaldase procesos de transformación urbana.

Con relación a los agentes intervinientes en la regeneración urbana, Palomenque (2015) apunta, a través del estudio de dos experiencias de intervención, conclusiones respecto de la necesaria estructuración de la población en favor del objetivo común de quienes residen por rehabilitar sus barrios, al tiempo que establece conclusiones sobre el rol de liderazgo que la administración local debe ejercer respecto de dichos procesos de renovación urbana, así como una más que necesaria concurrencia de intereses público-privados a través de estructuras mixtas de gestión de los intereses que habrán de estar abiertos a la participación. Uno de los aspectos a los que se apunta y que resulta destacable, dado el objetivo principal de la investigación, es la necesidad de establecer criterios técnicos, de gestión, procedimiento y de toma de decisiones conjuntas entre técnicos, población y administración.

Finalmente, y como complemento de cara a la estructura organizativa bajo la que pueden producirse estos mecanismos de transformación de la realidad urbana, González-González *et al.* (2015) apuntan a la idea de generar cooperativas de regeneración de barrios y/o edificios abiertas a la participación de los vecinos y que articule intereses de distintos agentes.

2.2.1.2. Sostenibilidad en procesos constructivos de renovación de envolvente

Por un lado, y con relación a reducción de la demanda de los edificios, distintas investigaciones apuntan a que la implementación de estrategias pasivas en climas templados para la reducción del consumo de los edificios es una medida extraordinariamente eficaz, debido esencialmente a la reducción de los importantes espesores de aislamiento en comparación con otras regiones climáticas centroeuropeas y la innecesidad de emplear ventilación mecánica con recuperadores entálpicos, tal y como se profundiza en la fase 1 de la investigación. Del mismo modo, se ha podido constatar que un aislamiento excesivo de los edificios puede ocasionar efectos indeseados en escenarios climáticos futuros, provocando sobrecalentamientos en el interior de los edificios, que son especialmente acusados en contextos climáticos como el mediterráneo (Fosas *et al.*, 2018; Rodrigues & Fernandes, 2020).

Por otra parte, entendiéndolo el citado impacto medioambiental que estas actuaciones implican y que es evaluables a través del carbono incorporado a la producción de cada componente que integra el sistema constructivo y a su puesta en obra, investigaciones como las llevadas a cabo en el seno de la cátedra de Construcción Sostenible de Zúrich muestran una óptima compensación de emisiones a través de los ahorros generados a lo largo del ciclo de vida del edificio rehabilitado mediante sistemas prefabricados de alta eficiencia que permiten a su vez la generación de energía a través de la inclusión de colectores y paneles fotovoltaicos (Passer, Ouellet-Plamondon, Kenneally, John, & Habert, 2016). Sin embargo, en contextos socioculturales y climáticos como el abordado por la presente investigación, estas actuaciones suponen tanto un importante grado de tecnificación de los procesos constructivos, que en la actualidad no cuenta con suficiente arraigo en el tejido productivo, como un elevado coste con relación a los ahorros que podrían obtenerse, debido esencialmente a una menor demanda de los edificios en fase operacional (Dodman, 2009). No obstante, tal y como se apunta en esta investigación, cierto grado de sistematización y prefabricación de las intervenciones sobre las edificaciones permitirá, en aquellos contextos urbanos integrados con soluciones tipológicas y constructivas similares, una optimización de los costes de intervención y una necesaria reducción de la demanda para climatización que propiciará la promoción de sistemas descentralizados para la generación de energía para el autoconsumo (Koirala, Koliou, Friege, Hakvoort, & Herder, 2016) y/o la construcción de redes de distrito para calefacción y/o refrigeración (Best, Rezazadeh Kalehbasti, & Lepech, 2020).

Por todo ello, los distintos planes estratégicos, en constante actualización, a nivel nacional y regional se orientan, a través de regulaciones normativas específicas, al propósito de la puesta en valor de las ciudades existentes españolas a través de la regeneración urbana y de edificios, tal y como se pudo ver en los antecedentes del estado de la cuestión. En este sentido, y bajo la premisa inicialmente expuesta para un desarrollo sostenible que vertebrase estas intervenciones, será deseable integrar en la toma de decisiones, por un lado, aspectos sociales, medioambientales y económicos que permitan la definición de un sistema holístico y perfectible para la evaluación de los impactos asociados a la construcción de los proyectos de regeneración, y por otro, la consideración de escenarios climáticos futuros que posibiliten determinar la adecuación de dicho proyecto de regeneración a lo largo de su vida útil, al tiempo que permita ponderar los impactos económicos y medioambientales que se deriven de la implementación del mismo.

2.2.2. Métodos para la evaluación teórica de la sostenibilidad

Dada las implicaciones del concepto de desarrollo sostenible que rige la investigación, se entiende el Análisis de Ciclo de Vida como el instrumento esencial para la evaluación de la sostenibilidad medioambiental, social y económica de los procesos de renovación de la envolvente de los edificios. La capacidad de esta metodología para integrar las distintas etapas de vida del edificio, la extensión de su uso y la definición precisa de normas que estructuran los procesos de evaluación, así como la perfectibilidad del método, que permite integrar variables futuras, hacen que nos decantemos por el ACV para el desarrollo de este trabajo.

2.2.2.1. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios y herramientas

Tal y como se ha indicado anteriormente, los principios generales que rigen la construcción sostenible quedan recogidos en la norma ISO 15392, que fue publicada en 2008 por el Organismo y redactada por el Comité Técnico ISO/TC 59/SC 17 Buildings and civil engineers Works / Sustainability in buildings and civil engineers Works. Se sentaron entonces los criterios generales bajo los que habrían de ser considerados los aspectos de la sostenibilidad en edificación.

En la actualidad se dispone de múltiples métodos para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios que se soportan en los principios ya enunciados del estándar internacional ISO 15392:2008 y que contemplan el ciclo de vida del edificio como marco de análisis. No obstante, las diferencias entre las distintas herramientas de evaluación son importantes, puesto que basan el análisis en distintas escalas, periodos de tiempo y el alcance del mismo (Andrade & Bragança, 2016).

Se analizan una serie de métodos de evaluación existentes en el mercado y que basan sus principios de cálculo en las normas ya vistas. Para la clasificación de dichas herramientas habremos de identificar su función principal, distinguiéndose para ello entre: 1, Herramientas de evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad; 2, Herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el Análisis del Ciclo de Vida, y 3, Herramientas de evaluación del comportamiento energético.

A fin de distinguir las y permitir orientar la decisión del investigador para basarse o no en alguna de las metodologías que se sirven cada una de las herramientas, se realizó al inicio de la investigación un análisis pormenorizado de todas aquellas existentes a fecha de 2016, concluyéndose tras dicho análisis que la metodología a desarrollar en el presente trabajo se basaría en un ACV simplificado que posibilitase el desarrollo de indicadores específicos y la evaluación de la sostenibilidad en sistemas que se implementan en un edificio, para lo cual nos serviremos del marco regulador que se analiza en el apartado 2.2.2.2.

2.2.2.1.1. Sistemas de evaluación, calificación y certificación de la sostenibilidad

Bajo este apartado se engloban aquellas herramientas que establecen un sistema de evaluación que da lugar a una calificación dentro de una escala determinada y que puede o no suscitar una certificación del edificio por parte del instituto u organización que desarrolla la metodología. Dentro de esta clasificación se ha querido incluir además estándares como Passiv Haus o Minergie, más restrictivos que el resto de los sistemas de evaluación, ya que establecen unas condiciones mínimas para la obtención de su certificación, no indicándose en modo alguno valores de referencia que permitan determinar cómo de sostenible es la actuación.

Otro de los puntos que resulta relevante señalar sobre el análisis realizado es la consideración de los distintos aspectos que constituyen la sostenibilidad que contemplan las distintas herramientas, los cuales veremos tienen pesos distintos en cada una de ellas. No obstante la dimensión medioambiental de la evaluación es sin duda alguna la que mayor trascendencia tiene en las herramientas estudiadas, pero aun así en la consideración de los aspectos energéticos vinculado a las emisiones de CO₂ a la atmósfera existen importantes diferencias; mientras que algunas herramientas incluyen este aspecto a través del consumo energético de los edificios en fase operacional de los mismos, otras se centran además en determinar las emisiones que comportan los procesos constructivos y de demolición.

Se han analizado un total de 13 herramientas de ámbito nacional e internacional, siendo las mismas las siguientes:

- BEAT 2002, Building Environmental Assessment Tool (Petersen, 2002).
- BREAM, Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (Pinilla & Orosa, 2011; Skopek, 1999).
- CASBEE, Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (ATECOS, 2002; Institute for Building Environment and Energy Conservation, 2016).
- DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB, 2016).
- GBTool, Green Building Tool (Cole & Larsson, 2002).
- LEED, Leadership in Energy & Environmental Design (LEED, 2015).
- Minergie (MINERGIE, 2016).
- PdC, Perfil de Calidad (Dominguez-Arribas et al., 2011).
- Passiv Haus (Passive House Institute, 2016).
- HQE, Haute Qualité Environnementale (CERWAY, 2016).
- SBTool, Sustainable Built Tool (Larsson, 2015).
- VERDE, SBTool en España (GBCe, 2016).
- LEnSES, Living Environments in Natural, Social, and Economic Systems (Van Dessel, 2008)

Como complemento a la información que figura en la Tabla 2.7, se ha querido detallar en las siguientes líneas las de mayor relevancia, indicando sus principales fortalezas y criterios de evaluación:

- **BEAT 2002.** Danish Building and Urban Research (DBUR) [Dinamarca]

BEAT 2002 responde a las siglas Building Environmental Assessment Tool, es un software de evaluación basado en el ACV y que ofrece una calificación final establecida en un rango de 9 niveles, procurándose de este modo una interpretación de los datos resultantes, al modo que recoge la norma ISO 14040.

Como principales ventajas de la herramienta cabe destacar: (1) el empleo de un método simplificado para definir edificios, basado en datos claves para su uso en evaluaciones previas a la construcción del edificio, (2) la capacidad de dar respuesta a los efectos ambientales y a múltiples métodos de evaluación, (3) la posibilidad de evaluar los costes económicos de las soluciones consideradas (Petersen, 2002).

- **BREEAM.** Building Research Establishment (BRE) [Reino Unido]

Esta es una de las pocas herramientas empleadas internacionalmente para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios que ha sido adaptada por el Instituto Tecnológico al contexto nacional español (BREEAM ES).

Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (BREEAM) se corresponde con un conjunto de herramientas y procedimientos encaminados a medir, evaluar y ponderar los niveles de sostenibilidad en los distintos módulos del ciclo de vida del edificio, contemplando las particularidades propias de cada una de las principales tipologías de uso (Pinilla & Orosa, 2011, p. 7). El esquema BREEAM ES Vivienda evalúa la sostenibilidad de una edificación de acuerdo con las diez categorías siguientes: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso del Suelo y Ecología, Contaminación e Innovación. Las Categorías a su vez se dividen en requisitos, que aspiran a minimizar el impacto de la tipología de proyecto de edificación que se pretenda evaluar.

La herramienta se adapta de igual modo a las rehabilitaciones mayores de edificios, entendidas como aquellas donde se haya producido un cambio de uso del edificio, se hayan planteado actuaciones de transformación de la envolvente térmica o en aquellos edificios en los que se modifiquen las instalaciones interiores.

Uno de los aspectos más destacables de la metodología es la definición dentro de la misma de una serie de puntos extraordinarios que premian en esencia la excelencia en los requisitos de: impactos en la zona de obras; calidad del aire interior; tecnologías de baja o nula emisión de carbono; tasa de emisión de la vivienda; iluminación interna: zonas comunes; modos alternativos de transporte; contador de agua; impacto ambiental de los materiales; gestión de los residuos de la obra; y emisiones de óxido de nitrógeno de la fuente de calefacción. La incorporación de estos puntos extraordinarios brinda la oportunidad al proyectista de definir estrategias de intervención que permitan que el proyecto pueda ser clasificado como excelente.

El proceso de evaluación se lleva a cabo mediante la obtención de puntos en cada uno de los requisitos, que suman hasta alcanzar la nota final. A cada una de las categorías definidas con anterioridad se le asigna una ponderación diferente, obteniéndose finalmente un porcentaje, el cual se clasifica del siguiente modo: aprobado, ≥ 30 ; bueno, ≥ 45 ; muy bueno, ≥ 55 ; excelente, ≥ 70 ; y excepcional, $\geq 85\%$. No obstante, para la obtención de las tres últimas categorías se exige una serie de requisitos adicionales que quedan definidos en el Manual Técnico BREEAM ES.

Metodologías como esta, que permiten no sólo certificar, sino aportar información acerca del nivel de idoneidad de las soluciones adoptadas en ámbitos que van más allá de la demanda o el consumo de los edificios rehabilitados y que aportan

criterios de excelencia, resultan más que útiles en un futuro si queremos evaluar de un modo amplio la sostenibilidad de la actuación y plantear la perfectibilidad de las mismas.

- **CASBEE-RN.** Japan Sustainable Building Consortium (JSBC) [Japón]

La metodología en la que se soporta este sistema de certificación abarca el ciclo de vida completo del edificio. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) es un sistema que abarca desde el diseño al mantenimiento del edificio, pasando por los procesos constructivos. Además de la herramienta específica para rehabilitación de edificios CASBEE-RN, se han promovido la creación otros sistemas de evaluación específicos para el prediseño, CASBEE-PD; las nuevas construcciones, CASBEE-NC; y los edificios existentes, CASBEE-EB.

No obstante, la hipótesis que rige la metodología es siempre la misma, para ello se parte de la distinción de dos espacios (interior y exterior), divididos por un límite hipotético, que queda definido por el límite del lugar y otros elementos. Asociados a dichos espacios se definen dos categorías (Q y L), que se evalúan separadamente.

La calidad medioambiental del edificio (Q) evalúa la mejora de las condiciones de vida de los usuarios del edificio dentro del límite hipotético definido; mientras que las cargas medioambientales del edificio (L) se encargan de evaluar los aspectos medioambientales negativos que van más allá del límite hipotético que haya sido trazado.

Se definen cuatro campos de salida diferenciados: eficiencia energética, eficiencia de los recursos, impacto ambiental local y ambiente interior. Dichos campos de salida se reorganizan bajo el criterio espacial anteriormente referido, dando lugar a seis subcategorías: ambiente interior, Q-1; calidad de los servicios, Q-2; medioambiente exterior, Q-3; energía, L-1; recursos y materiales, L-2; y calentamiento global, L-3. Cada una de estas subcategorías puede tomar un valor entre 1 y 5, en función de la calificación obtenida (CASBEE, 2016).

Finalmente el cociente entre las magnitudes Q y L definen el indicador de eficiencia medioambiental, denominado BEE (Building Environmental Efficiency), que según el valor obtenido podrá pertenecer a las siguientes clases: C, muy malo ($BEE < 0.5$); B-, malo ($BEE = 0.5-1.0$); B+, bueno ($BEE = 1.0-1.5$); A, muy bueno ($BEE = 3.0$ o más y $Q < 50$); y S, excelente ($BEE = 3.0$ o más y $Q = 50$ o más).

Los resultados, expresados gráficamente mediante una Tabla donde se representan las variables Q (en el eje de ordenadas) y L (en el eje de abscisas), definen la pendiente y longitud de la línea asociada al indicador BEE, que queda localizada en las distintas regiones que definen las clases referidas anteriormente.

- **DGNB.** German Sustainable Building Council [Alemania]

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) evalúa los edificios y distritos urbanos que demuestran un especial compromiso de cumplir con los objetivos de sostenibilidad. El sistema de evaluación cubre todos los aspectos clave de la construcción sostenible: ambientales, económicos, socioculturales y funcionales, tecnológicos, relacionados con los procesos y con el lugar. Las evaluaciones se basan en el completo análisis del ciclo de vida del edificio, no evaluándose las medidas individuales, sino el rendimiento global del edificio.

La metodología establece hasta 50 criterios de sostenibilidad, que quedan organizados a través de las distintas secciones de calidad: ecología, economía, aspectos socioculturales, tecnología, flujos de procesos de trabajo y lugar. DGNB

define una serie de valores objetivos para cada uno de los criterios, otorgándose un máximo de 10 puntos de evaluación si se llega a cumplir con el objetivo. Dichos criterios de sostenibilidad se ponderan de forma diferente atendiendo a la tipología de uso. De este modo se establece una serie de categorías en función del rendimiento total: Certificado DGNB Bronce, $\leq 50\%$; Certificado DGNB Plata, $\leq 65\%$; y Certificado DGNB Oro, $\leq 80\%$ (DGNB, 2016).

La herramienta permite certificar edificios existentes y aquellos que hayan sido rehabilitados, pudiendo certificarse hasta 13 tipologías diferentes. El Sistema plantea, a diferencia de los demás, una visión holística sobre la construcción sostenible, donde cada uno de los criterios no tiene sentido por sí solo, siendo el sistema en su conjunto el que determina cómo se comportan las partes.

- **LEED™ (LEED BD+C: Núcleo y Envolvente).** *U.S. Green Building Council* [Estados Unidos]

Este sistema de calificación sostenible de edificios se implantó en 1998 con el nombre de LEED Versión 1.0, es de carácter voluntario y ha sido adoptado en más de 140 países (de la Fuente Pérez, 2015, p. 52). La certificación que estudiamos en detalle (LEED BD+C) es válida para aquellas remodelaciones en las que se persiga maximizar las oportunidades de adoptar de forma integrada estrategias de diseño y construcción sostenibles, enfatizando la salud humana como un criterio básico de evaluación de las estrategias de diseño, construcción y operación de edificios (LEED, 2015, p. 8). La certificación LEED BD+C para rehabilitación define un total de 9 áreas, en las que se determinan un conjunto de 12 prerequisites y 43 requisitos (llamados créditos) para los que se establece una puntuación de manera individualizada, pudiendo sumarse un total de 110 puntos. Se puede optar a la certificación mínima del edificio si el sumatorio se sitúa entre los 40 y 49 puntos, valorándose positivamente aquellas puntuaciones más altas (50-59, Plata; 60-79, Oro y 80-110 Platino). No obstante, la metodología de evaluación y los requisitos no se ajustan debidamente a los procesos constructivos de rehabilitación de edificios, siendo poco precisos y remitiendo a parámetros y condiciones urbanas deseables. Así mismo no se considera de un modo integrado en dicha certificación el mantenimiento de los edificios, remitiéndose a otro sistema de certificación (LEEDv4 BO&M: Operación y Mantenimiento en Edificios).

- **MINERGIE® y MINERGIE-ECO®.** *Minergie association* [Suiza]

Minergie® basa su proceso de certificación en un estándar de construcción facultativo, que permite una utilización racional de la energía y una aplicación más amplia de las energías renovables, al tiempo que se garantiza una mejor calidad de vida, una mejora de la competitividad y la reducción de impactos al medioambiente (MINERGIE, 2016). Es posible su aplicación a edificios existentes, debiendo en cualquier caso respetarse los requisitos principales para la envolvente de los edificios; la ventilación del aire controlado; los valores límite de consumo marcados por el estándar, que distingue entre tipologías de uso (Expresados en kWh/m²); los justificantes de confort térmicos en verano; los requisitos adicionales para iluminación, refrigeración industrial y producción de calor; y la no superación de un valor de sobrecoste del 10% respecto de edificios convencionales equivalentes. La implementación de sistemas de aire pretratado (centralizado o descentralizado) es una de las consideraciones de mayor importancia que aporta el estándar.

Actualmente Minergie® establece unos valores de referencia que responden a la realidad climática centroeuropea, siendo muy frecuente su uso en Suiza; donde se emplea como sistema complementario para la mejora de la eficiencia energética de los edificios existentes, tras la obtención de la calificación indicada en el CECB®

(Certificat Énergétique Cantonal des Bâtiments). No obstante, dicha certificación por sí sola no contempla aspectos que vayan más allá del rendimiento energético del edificio y las condiciones internas de confort, sin que se evalúe por ejemplo la sostenibilidad ambiental de los procesos constructivos.

Es por ello que se habilita el procedimiento Minergie-Eco®, que ha sido desarrollado a través de la cooperación entre las asociaciones Minergie® y Eco-Bau. La evaluación se lleva a cabo por una asignación del valor real del proyecto a una de tres categorías: "insuficiente" (rojo), "suficiente" (amarillo) y "muy buena" (verde); estableciéndose unos valores umbrales para cada indicador (S1 y S2).

- **EnerPHit. Passiv Haus Institut [Alemania]**

En materia de rehabilitación Passiv Haus sigue unos principios muy similares a los del estándar Minergie, poniendo el acento en la calidad de las actuaciones planteadas y considerando el ciclo de vida del edificio tras las actuaciones, así como los costes vinculados al mismo.

A nivel de envolvente, se incide especialmente en determinar unos niveles de aislamiento muy exigentes, ya que, de este modo, además de reducir la demanda energética del edificio, se previenen múltiples patologías derivadas del diferencial térmico entre interior y exterior, lo cual mejora el confort dentro de la vivienda.

Tal y como ya identificáramos en el estándar suizo, las exigencias de ventilación son muy estrictas, yendo más allá de condiciones cuantitativas, referidas al caudal de renovación, y centrándose en aspectos cualitativos como la humedad del aire, su velocidad y la temperatura a la que este se encuentra; que son algunas de las principales variables relacionadas directamente con el confort térmico de los usuarios finales de las viviendas (Rupp, Vásquez, & Lamberts, 2015, p. 181).

Lograr el estándar Passiv Haus, planteado en origen para edificios de nueva construcción, no siempre es posible en operaciones de rehabilitación. Es por ello que se ha desarrollado la certificación EnerPHit, que habilita dos procesos diferentes para la obtención de dicho certificado (Passive House Institute, 2014, p. 2):

- Certificado basado en el requerimiento de demanda de calefacción, el cual ha de ser menor a 25kW/h (m² año); calculado mediante el procedimiento indicado por el Instituto Passiv Haus.
- Certificación basada en los requerimientos individuales de los elementos que componen el edificio. Mediante esta metodología se establecen las condiciones específicas que han de cumplir los cerramientos opacos, los elementos de carpintería y el sistema de ventilación.

En cualquiera de los casos, los aspectos que se verificarán en las actuaciones pasan por la mejora del aislamiento térmico de los edificios, la mejora de los elementos de carpintería, la ventilación con aire pretratado, la generación de calor eficiente y el empleo de energías renovables (Passive House Institute, 2016).

Conviene destacar que la certificación EnerPHit no evaluaba a fecha del análisis realizado la sostenibilidad de los procesos constructivos y/o materiales empleados, a diferencia del estándar Minergie-Eco. El límite de la demanda establecido por Passiv Haus no se modifica ni por factor de superficie del edificio, ni por zona climática, estableciéndose de este modo un nivel de exigencia mucho mayor que el regulado normativamente para España; la determinación de un nivel límite de demanda energética único hace posible establecer comparativas de un modo más ágil entre edificios. No obstante, conviene señalar que lo indicado a este respecto en la normativa española no deja de ser un acuerdo de mínimos contextualizado para cada zona climática.

- **SBTool.** International Green Building Council [Internacional]

La principal diferencia entre la herramienta SBTool y otras como LEED o BREEAM, es que mientras que estas segundas evalúan las fases de diseño y de mantenimiento del edificio a través de unas listas de chequeo, SBTool plantea un marco para la asignación de valores que los gobiernos pueden adaptar atendiendo a sus singularidades específicas (IISBE, 2016). Esto permite además solventar los comunes errores de las distintas herramientas cuando tratan de adaptarse a diferentes realidades.

La estructura de la Herramienta SBTool consiste en dos archivos de hojas de cálculo vinculados y un potencial tercero, que atiende a consideraciones especiales que pudieran realizarse en cada proyecto. El archivo SBToolA es usado por instituciones locales -ayuntamientos, diputaciones y/o organizaciones no gubernamentales- para establecer las prioridades, los límites del sistema de evaluación y los estándares según las tipologías regionales. Dicho archivo contiene separadamente dos módulos genéricos que evalúan el Lugar y el Edificio. El segundo archivo, SBToolB, permite a los arquitectos proporcionar la información sobre un proyecto concreto, según un procedimiento establecido y diferenciado principalmente por la tipología de uso y la fase para la que se plantea la evaluación.

El sistema abarca un amplio rango de aspectos relacionados con la sostenibilidad de los edificios y el alcance del sistema puede ser modificado para incluir hasta 115 criterios, partiendo de un mínimo de 10; este hecho vuelve a incidir sobre la escalabilidad del sistema (ASS-A Scaleable System), poniendo de manifiesto la versatilidad del mismo.

La herramienta distingue entre siete áreas específicas: Calidad del servicio; Percepción social-cultural; costes y aspectos económicos; emplazamiento; energía y emisiones; cargas medioambientales; y calidad medioambiental interior (Larsson, 2015).

En España, el Spain Green Building Council (SpainGBC) ha definido una escala de rendimiento y puntuaciones para poder establecer criterios de ponderación de impactos al ámbito nacional a través de la herramienta VERDE, basada en la metodología SBTool (Macías & Navarro, 2010).

Profundizaremos más en las diferencias de las distintas herramientas en el apartado 2.2.1.4 donde se muestra un análisis comparativo de las mismas.

2.2.2.1.2. Herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el ACV

Entendemos el Análisis de Ciclo de Vida como un medio por el cual determinar las cargas y beneficios de un producto, proceso o actividad. Sus principios y marco de referencia quedaron regulados normativamente por el estándar ISO 14040 en 1997, siendo revisado en 2006.

El ACV se presenta como una técnica que permite comprender y tratar los impactos ambientales asociados a un producto o servicio; a través de la recopilación de entradas, salidas y potenciales cargas al medio, a lo largo de las distintas etapas de la vida de dicho producto o servicio (AENOR, 2006, pp. 8-10). Mediante este método se puede: identificar mejoras del desempeño ambiental de los productos empleados; aportar información a los agentes implicados en los procesos de diseño y toma de decisiones; seleccionar las técnicas de medición e indicadores adecuados para la identificación de dichos impactos y la certificación de los resultados mediante un proceso de clasificación basado en dicha evaluación.

Se ha señalado por parte de la Unión Europea este tipo de análisis como el más adecuado para evaluar el potencial impacto ambiental de los productos, promoviéndose incluso la creación de una plataforma (European Platform of Cycle Assessment) que permita mejorar la disponibilidad y el intercambio de datos fiables y de calidad sobre ACV (Rivela Carballal, 2013, p. 140).

Principalmente el ACV se centra en el estudio de los impactos medioambientales, no habiendo sido suficientemente investigados a fecha de las búsquedas realizadas aspectos sociales (ACVS) y/o económicos (ACVE), aunque sí identificados (Rivela Carballal, 2013, p. 138).

Con independencia del aspecto de la sostenibilidad que se evalúe, cualquier estudio de ACV se descompone en cuatro fases (Figura 2.6):

1.- Definición del objetivo y alcance.

- En referencia al objetivo para el cual se plantea el ACV será determinante establecer las razones que justifican la realización del estudio, qué aplicación se prevé, a qué público se plantea comunicar los resultados del estudio y si se establecerán análisis comparativos a fin de comunicarlos.
- El alcance del mismo comprenderá una determinación precisa del sistema o sistemas del producto a estudiar, las funciones de los mismos, la unidad funcional en la que se emplazan, los límites del sistema, los procedimientos de asignación, las categorías y metodología para el cálculo.

2.- ICV: Análisis del Inventario del Ciclo de Vida. Implica la recopilación y cuantificación de entradas y salidas para un sistema o producto, se subdivide a su vez en tres fases:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis del Inventario.
- Interpretación.

3.- EICV: Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida. Se dirige a conocer y evaluar la magnitud y la relevancia de los potenciales impactos de un sistema o producto.

4.- Interpretación. Se proporcionarán resultados que sean coherentes con el objetivo y alcance definidos, que sean concluyentes y aporten recomendaciones al tiempo que expliquen las limitaciones del ACV planteado.

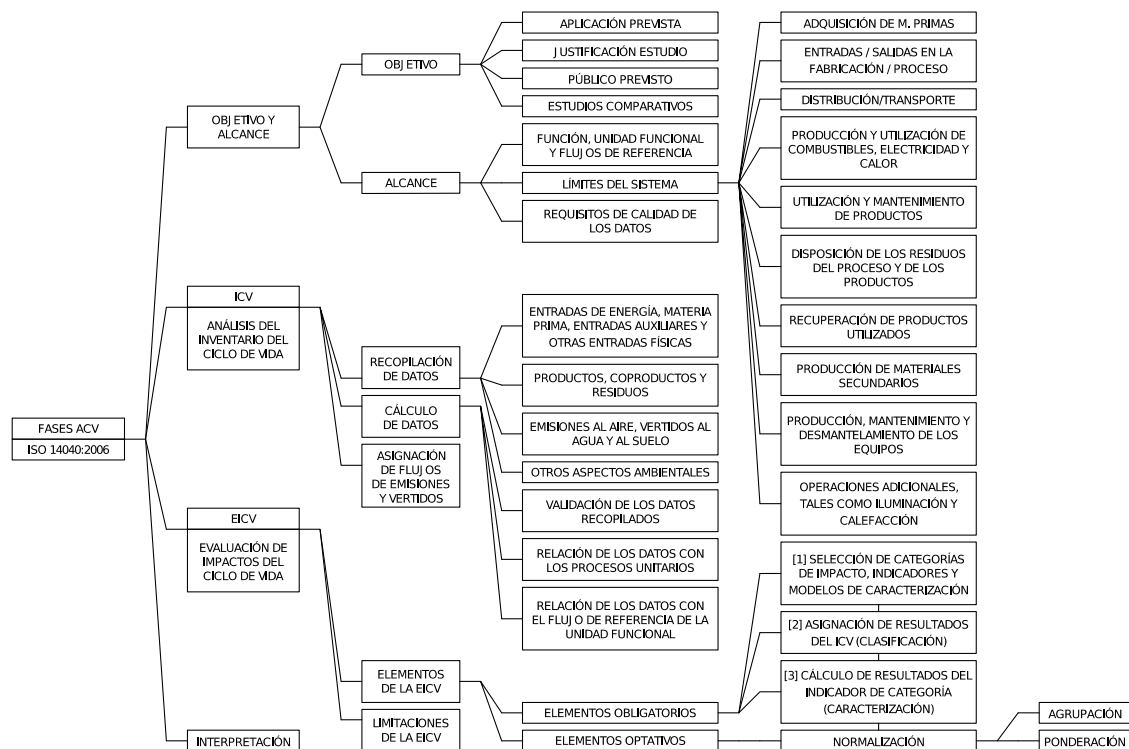


Figura 2.6. Esquema de fases de Análisis de Ciclo de vida según ISO 14040:2006. Fuente: elaboración propia a partir de información contenida en norma.

El ICV incluye las siguientes etapas:

- Construcción del diagrama de flujo, conforme a los límites del sistema establecidos en la etapa de definición de objetivos y alcance.
- Recolección de datos de todas las actividades en el sistema de producción. Es necesario establecer el origen de esos datos: bibliográficos, medidos in situ; en este último caso se debe indicar la metodología empleada.
- Cálculo de las cargas ambientales referidas a la unidad funcional.
- Normalización de los datos en lo que respecta a las unidades empleadas.
- Cuantificación de los flujos de entrada y salida del sistema desde y hacia la naturaleza y desde y hacia la tecnosfera (tecnosfera: se plantea en contraposición a la naturaleza, es decir, lo que parte de la naturaleza, pero no regresa a ella, productos o servicios ofrecidos a la sociedad).
- Inventario global.
- Documentación de los cálculos.

En ocasiones un ACV puede ser satisfecho a través de un Inventario del Ciclo de Vida (ICV) e interpretación de los resultados. Tanto un ICV como un ACV pueden utilizarse como parte de un proceso de decisión más amplio, como por ejemplo sucede en las Herramientas basadas en el ACV o aquellas que se sirven de una simplificación de dichos métodos para la evaluación de la sostenibilidad (Figura 2.7). La norma ISO 14040:2006 no considera aspectos sociales o económicos, pero ello no impide que la metodología desarrollada pudiese ser aplicada a estas dimensiones de la sostenibilidad, tal y como se demuestra más adelante.

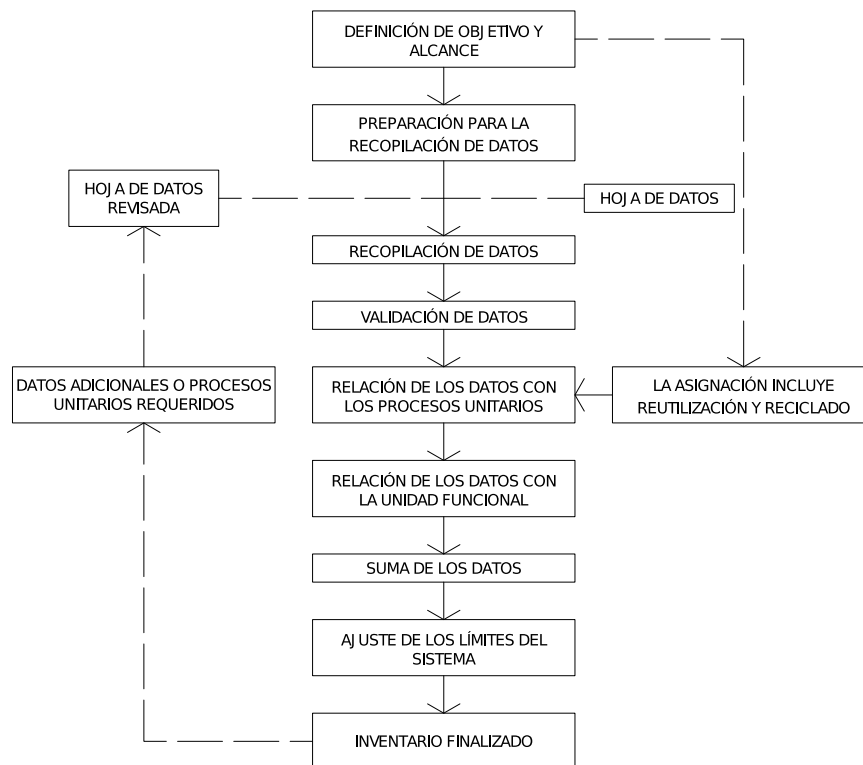


Figura 2.7. Esquema de procedimiento simplificado para el análisis de inventario. Fuente: elaboración propia a partir de ISO14044:2006, pp. 21.

Abarcar mediante este análisis la totalidad de las etapas del Ciclo de Vida puede requerir de un gran número de datos y la aplicación de una cantidad considerable de recursos para su realización, es por ello que se ha regulado la simplificación de dicho análisis, a fin de reducir la complejidad del estudio, el coste, tiempo y esfuerzo necesarios para realizarlo (AENOR, 1998, p. 4). Tanto normas de evaluación de la sostenibilidad en la construcción, como recientes investigaciones ponen el acento en sistemas de evaluación simplificados, ya que la complejidad que encierra un proceso constructivo en edificación es mayor que la de otros productos o servicios.

Con arreglo a lo visto, existe en el mercado un gran número de herramientas informáticas que permiten la estimación de impactos medioambientales y/o económicos asociados a los procesos constructivos en edificación. En la Tabla 2.8 se reflejan las veinte herramientas analizadas:

- ATHENA, Analysis Tool for Heritable and Environmental Network Associations (Bowick, O 'connor, & Meil, 2014)
- BEES, Building for Environmental and Economic Sustainability (Lippiatt, Landfield Greig, & Lavappa, 2010).
- CEV, Corporate Ecosystem Valuation (WBCSD, 2011).
- EcoEffect (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004, pp. 84–85; Sparauskas, 2003) .
- EcoProP (EcoProp, 2016). (Porkka, et al., 2004)
- Eco-Quantum (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004, pp. 66–67)
- ECOSOFT (IBO-Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie, 2008)

- EPIQR, Energy Performance Indoor environment Quality Retrofit (Brandt & Wittchen, 1999).
- EQUER (Peuportier, 1998)
- ESCALE (Nibel, Chantagnon, & Achard, 2000; Peuportier & Neumann, 2007, p. 23)
- GaBi (Bayer, Gamble, Gentry, & Joshi, 2010; Vilches, Garcia-Martinez, & Sanchez-Montã, 2017)
- HQE/ PIMWAQ (Graubner, Hock, & Schneider, 2008)
- IMPACT (BRE Group, 2012)
- LCA-House (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004, pp. 34–35; Saparauskas, 2003, p. 235)
- LCAid (Eldridge, 2002)
- LGEP (González-Díaz, 2013, p. 261; Legep Software, 2004)
- LEGOE (Canada Mortgage and Housing Corporation, 2004, pp. 58–59)
- Open House (Essig, 2010; Open House, 2013)
- SimaPro (Ciroth & Franze, 2009; SimaPro, 2016)
- TCQ-2000 (ITeC, 2018, p. 8; 2017)

2.2.2.1.3. Herramientas de evaluación del comportamiento energético

Tal y como hemos podido ver en las distintas herramientas, la estimación de los consumos y el cálculo de la demanda energética centran buena parte de la evaluación medioambiental del edificio. La obtención de resultados a nivel teórico sólo es posible mediante un software específico que permita modelar las condiciones climáticas locales a las que se ve sometido el edificio objeto de estudio, así como las características constructivas del mismo y las condiciones interiores del edificio referentes a temperatura, humedad relativa y ventilación.

Se han analizado un total de 11 herramientas cuyo propósito principal es la evaluación del rendimiento energético de los edificios, pero que complementariamente han incorporado alguna de ellas dimensiones y/o módulos que van más allá de este propósito:

- BDA, Building Design Advisor (Building Technologies Department, Environmental Energy Technologies Division, & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2001; Lawrence Berkeley National Lab, 1996)
- BSLCA (Laine, Reinikainen, Liljeström, & Karola, 2001)
- CYPECAD MEP (CYPE, 2016)
- Design-Builder (DesignBuilder, 2016)
- EnergyPLUS (EnergyPlus, 2016, 2020)
- eQUEST (Bayer et al., 2010; DOE2, 2016)
- HULC (HULC, 2015)
- OpenStudio (OpenStudio, 2016; Rahmani Asl, Zarrinmehr, Bergin, & Yan, 2015, p. 402)
- Revit MEP (Autodesk, 2020)
- SBI-LCA (Bayer et al., 2010, p. 88)
- TRNSYS (TRNSYS, 2016)

2.2.2.1.4. Análisis comparativo de los aspectos abordados por las distintas herramientas

El análisis comparativo de las distintas herramientas se centra en contrastar los módulos del ciclo de vida que abarcan cada una de ellas, la determinación del conjunto de tipologías a las que se aplica, el ámbito de su aplicación y desarrollo, la fase en la que puede ser aplicada y el soporte mediante el cual se realiza la evaluación (Tablas 2.7 a 2.9).

| Herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el ACV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|--------------------------|-----------------|----|-----------|------------------|--|---------|--|----|----|----|----|---|-------------------|------------------|--|---------|--|---|
| Información de la evaluación del edificio (Sg. UNE-EN 15804:2012+A1:2013) | | Detalles de herramientas | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E. anterior al uso | E. de uso | E. de fin de vida | Info. Adicional | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Producto | Cons- trucción edificio | Estructura del edificio | Operacional | D | Tipología | Año de aparición | Código país de origen (Sg. ISO 3166/2) | Niveles | Sostenibilidad (A, ambiental; S, social; E, económica) | | | | | | | | | | | |
| A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | B1 | B2 | B3-B5 | B6 | B7 | C1 | C2 | C3 | C4 | D | Tipología | Año de aparición | Código país de origen (Sg. ISO 3166/2) | Niveles | Sostenibilidad (A, ambiental; S, social; E, económica) | |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 2011 | GER | • | A | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 1998 | FIN | • | A,S | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 2012 | GBR | • | A,E | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Pequeño terciario | 2000 | FIN | • | A | T |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 2008 | AUS | • | A,E | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 2004 | GER | • | A,E | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 1995 | DEU | • | A | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 2013 | EUR | • | A,S,E | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 1990 | GBR | • | A,E | S |
| • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | • | Residencial | 1996 | ESP | • | A,E | S |

Tabla 2.8 (Continuación). Características de las herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el ACV y sus detalles. Fuente: Elaboración propia a partir de información facilitada por los desarrolladores de las herramientas.

2.2.2.2. Marco regulador para la evaluación de la sostenibilidad en edificación

Como se anunció en el apartado 2.2.1.2, el ACV de la sostenibilidad en edificación, dada la complejidad de los múltiples procesos que abarca esta actividad, puede ser satisfecha a través de un ACV simplificado.

La metodología desarrollada en esta investigación se basa en los principios y métodos desarrollado por la norma UNE-EN 15643-1: 2012, así como en aquellas normas adicionales y complementarias que desarrollan el Marco general para la evaluación.

La evaluación, bajo las premisas establecidas por la norma, deberá comprender desde el comportamiento ambiental al económico, pasando por el social. Esto viene a ser identificado como el comportamiento integrado del edificio, los cuales están íntimamente ligados. Dicha evaluación se lleva a cabo sobre una parte del edificio, la envolvente del mismo, pero se toma en consideración, especialmente desde la perspectiva social, todas aquellas implicaciones a nivel de uso que pudiesen relacionarse con la transformación de la envolvente.

Esta evaluación habrá de llevarse a cabo en la etapa de prediseño y diseño del proyecto de renovación de la envolvente. No obstante, a medida que el proyecto avance, la evaluación podrá revisarse y actualizarse periódicamente a fin de asistir la toma de decisiones. El carácter urbano de las intervenciones y su potencial replicabilidad hace pertinente que al término del proyecto se lleve a cabo una evaluación final de la obra construida a fin de sumar al conocimiento y potenciar actuaciones con una mejor respuesta.

En línea con las premisas de esta norma, cabe destacar que la metodología que se desarrolla no establece reglas acerca de las clases, niveles o referencias comparativas. Es decir, no se plantea una metodología que respalde un sistema de calificación de la sostenibilidad al modo de las herramientas que se han visto con anterioridad, sino que se define el método por el cual se calculan una serie de indicadores que permiten conocer el impacto de las intervenciones desde una perspectiva medioambiental y socioeconómica.

A modo de resumen, la Figura 2.8 recoge las nociones generales que rigen la evaluación de la sostenibilidad en edificios, resultando aspectos claves la definición del marco metodológico de cada una de las dimensiones a evaluar (lo cual se ve en los siguientes subapartados), el objetivo y la respuesta a una serie de requisitos formales que permitan informar y comunicar los resultados.

Por otra parte, y particularizando sobre el último de los aspectos referidos, los informes habrán de definir claramente el equivalente funcional propuesto, recoger los requisitos relativos al comportamiento técnico y al funcionamiento del proyecto de renovación de la envolvente, los resultados respecto de la evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos a lo largo del ciclo de vida, y los requisitos exigibles que estan definidos por la reglamentación y/o los pliegos de condiciones acordados con el promotor (Ver Figura 2.9).

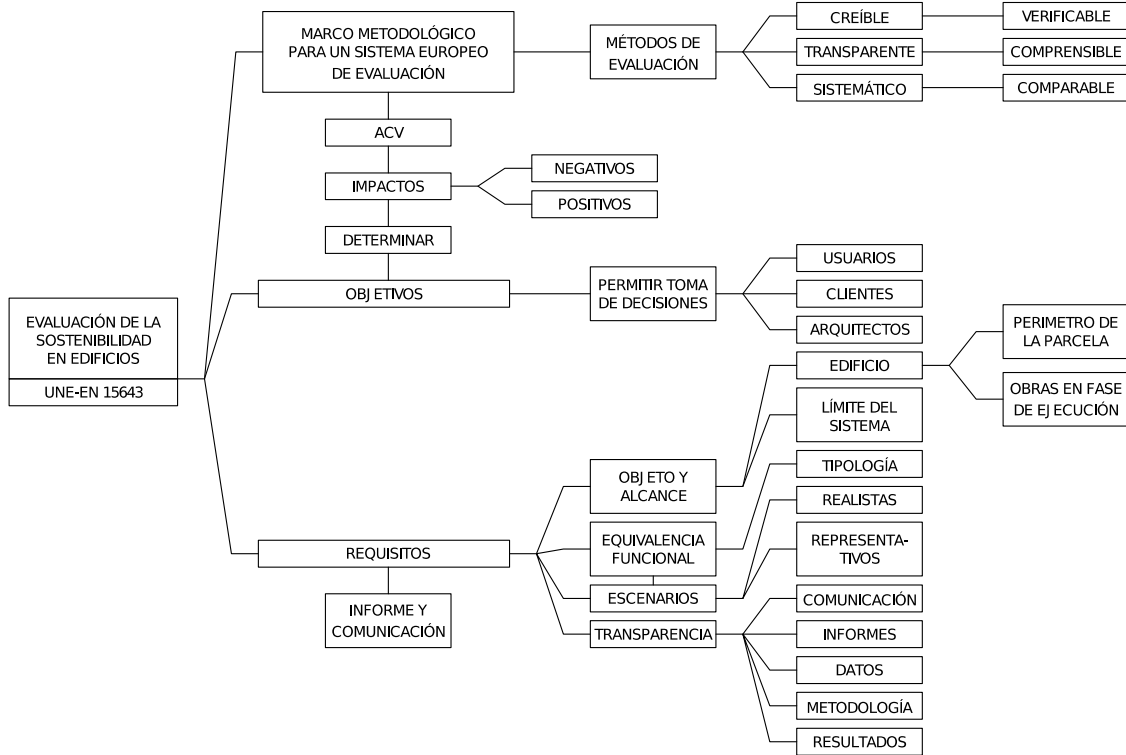


Figura 2.8. Esquema de nociones generales de UNE-EN 15643-1:2011. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

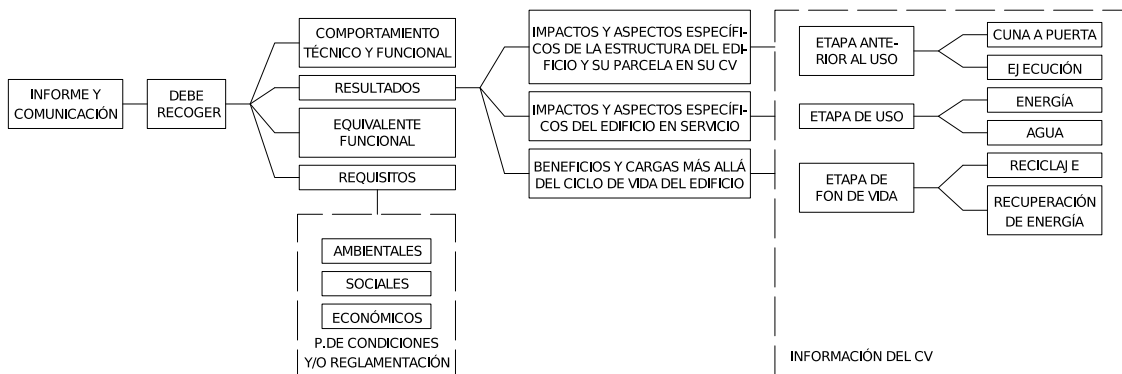


Figura 2.9. Contenidos del informe y comunicación según UNE-EN 15643-1:2011. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

2.2.2.2.1. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios

El marco para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios queda definido mediante el documento UNE-EN 15643-2 (2012b), a través del mismo se desarrollan indicadores específicos sobre las distintas actuaciones de regeneración de la envolvente. Complementariamente a dicho documento, es importante señalar la existencia de una norma española que particulariza el método de cálculo para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios (AENOR, 2012e). Ambas referencias son tomadas en consideración para el desarrollo de la metodología.

Los requisitos funcionales para el desarrollo del modelo de cuantificación que permite la evaluación de los impactos medioambientales quedan recogidos en la Figura 2.10. Estos requisitos se centran en la definición de los límites del sistema, en base a los módulos de información del ciclo de vida, así como en la identificación de los

indicadores ambientales que se evalúan en cada una de las etapas. Todo ello se ve con más detalle en la fase 3 de la investigación, pero se adelanta en el apartado 2.2.4.2.1 cuáles son los límites del sistema que se han considerado.

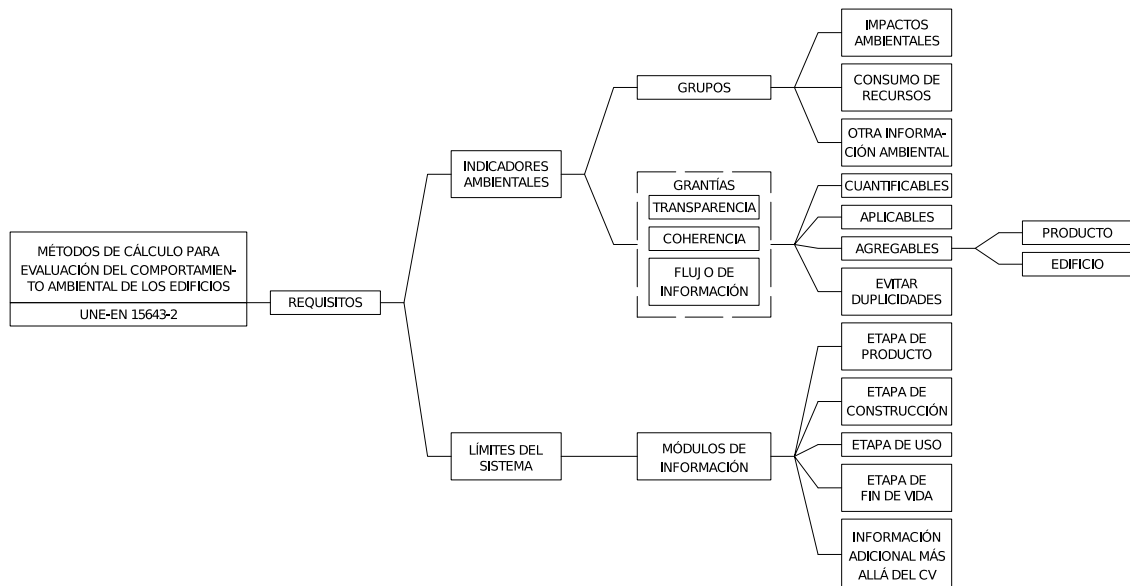


Figura 2.10. Esquema de requisitos del método para cálculo de evaluación de comportamiento ambiental según UNE-EN 15643-2. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

Con relación al método de cálculo de los indicadores medioambientales (AENOR, 2012e), la Figura 2.11 sintetiza el esquema que rige el proceso de evaluación, tal y como se puede verificar en la fase 3 de la investigación. Los requisitos funcionales para el desarrollo del modelo de cuantificación que permite la evaluación de los impactos medioambientales quedan recogidos en la Figura 2.10.

Por otra parte, a fin de particularizar la finalidad de la metodología que se desarrolla en la investigación, la Figura 2.12 recoge el conjunto usos previstos posibles de la cuantificación del comportamiento ambiental.

Pese a las posibilidades que ofrece la metodología y la escalabilidad de la misma para el respaldo de declaraciones del comportamiento medioambiental respecto a requisitos legales, las posibilidades de que la documentación respaldase certificados, etiquetados o declaraciones, así como el posible apoyo al desarrollo de políticas; la investigación se centra en origen en la asistencia al proceso de toma de decisiones de proyecto, como principio esencial por el cual se pueden alcanzar objetivos globales desde acciones locales.

A fin de desarrollar cómo se especifica en la investigación el objeto de evaluación, se resume en la Figura 2.13 el esquema que se sigue en la fase 3. Siendo aspectos de especial relevancia la consideración del periodo de estudio de referencia (RSP) dado que intervenimos sobre un edificio existente y ello propicia que se hagan una serie de consideraciones específicas sobre la aptitud de servicio del inmueble sobre el que se interviene y que se ven con más detalle a lo largo de la investigación.

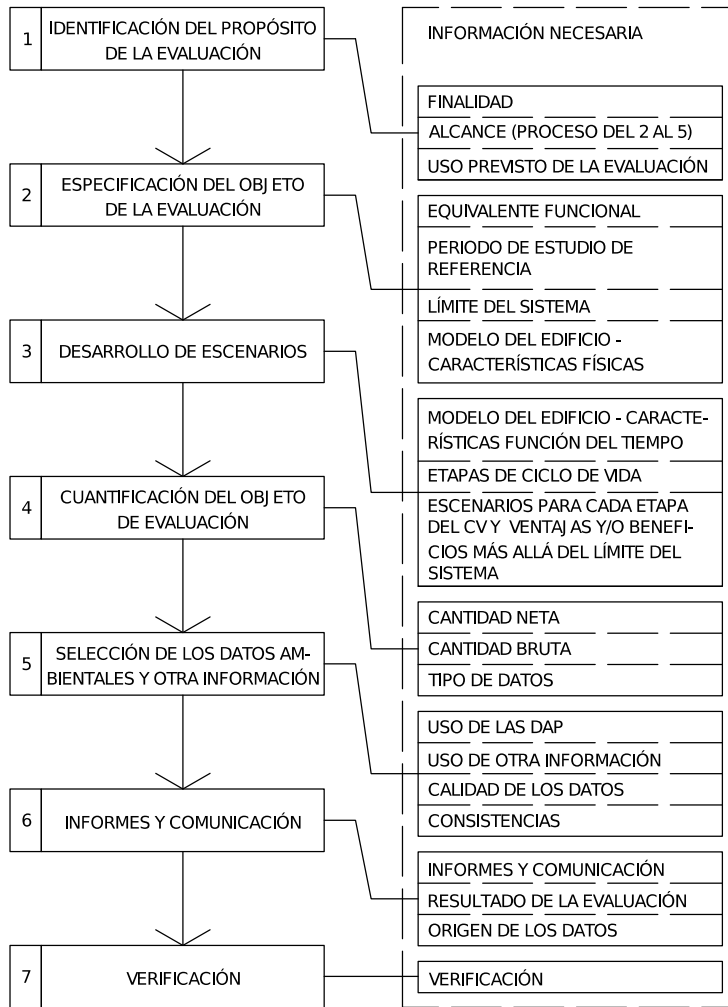


Figura 2.11. Esquema del proceso de evaluación ambiental según UNE-EN 15978:2012. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

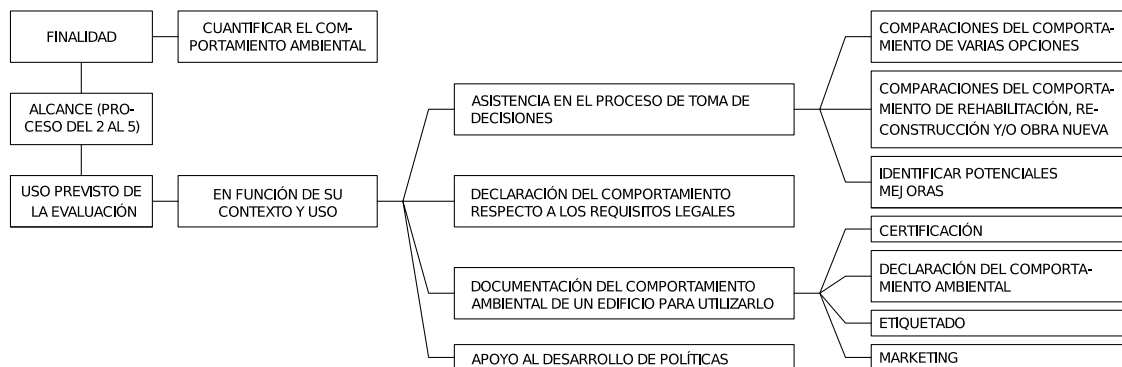


Figura 2.12. Esquema de identificación del propósito de la evaluación según UNE-EN 15978:2012. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

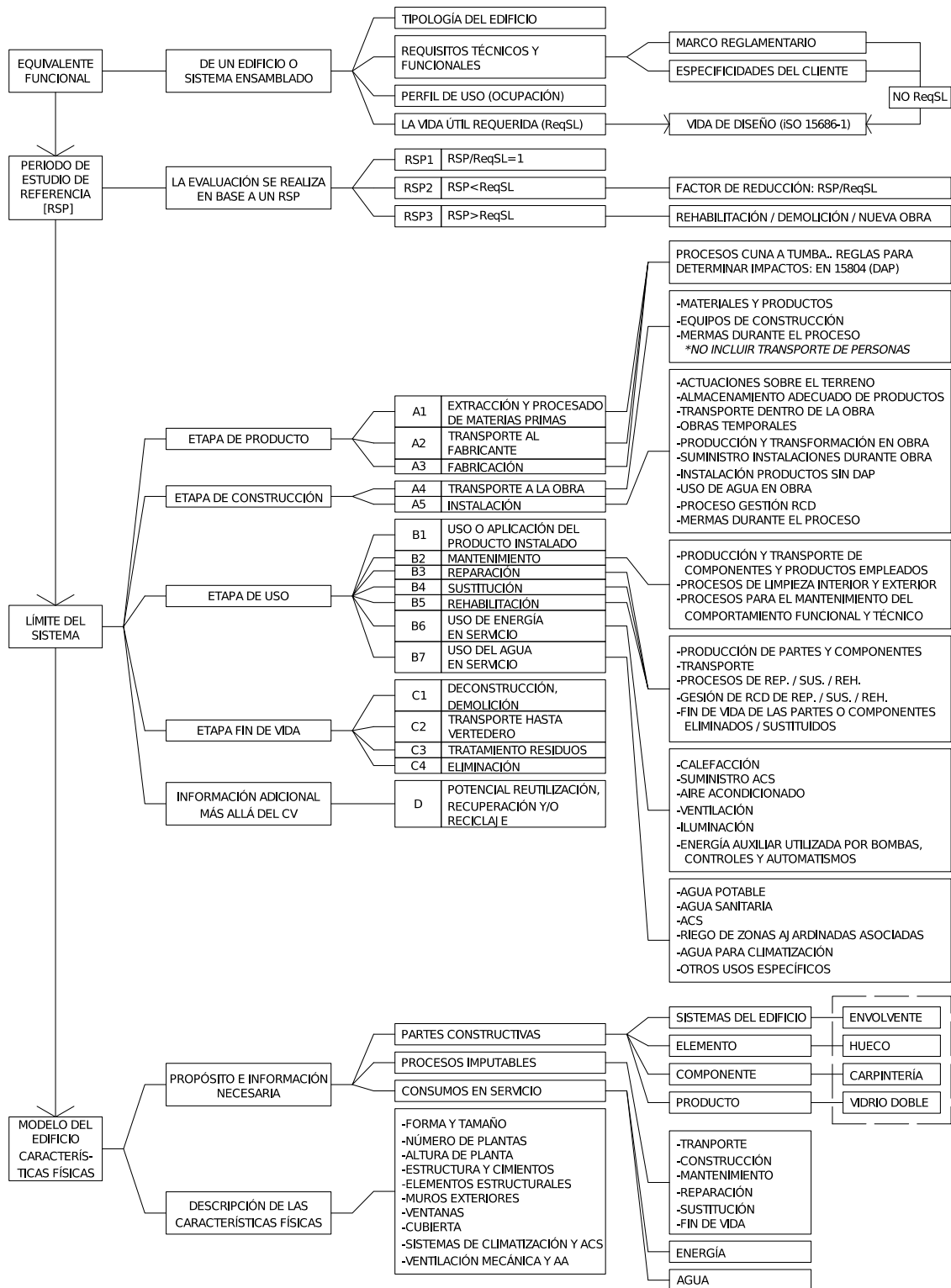


Figura 2.1. Esquema de especificación del objeto de la evaluación según UNE-EN 15978:2012. Fuente: elaboración propia a partir de información de la norma.

2.2.2.2. Evaluación del comportamiento social de los edificios

Mediante el documento UNE-EN 15643-3 (2012c) se determina el marco para la evaluación del comportamiento social de los edificios, mediante el cual podremos dar soporte al desarrollo de indicadores específicos sobre la actuación de determinadas medidas de mejora del ahorro energético a través de estrategias pasivas. Ampliando y completando dicho documento, encontramos la Norma Europea EN 16309:2014+A1:2014 (2015). En ella se explicitan las reglas de cálculo para evaluar el comportamiento social de los edificios existentes, además de aquellos de nueva construcción.

Cabe destacar que este método, a diferencia del anterior y el que le sucede, se persigue no tanto cuantificar la sostenibilidad, sino cualificar la adecuación y el tipo de intervención a nivel de la envolvente. Esto se explica a través del hecho de que la mayor parte de los indicadores que se desarrollan son evaluables a través de encuestas a los usuarios, con lo que están sujetos a aspectos culturales y subjetivos que, en el mejor de los casos, permiten contextualizar los modelos cuantitativos y establecer relaciones de interdependencia entre los resultados que se alcancen a través de estos.

En el apartado 2.2.4.2.2 del estado de la cuestión se preseleccionan los indicadores que se detallan y amplían en la fase de desarrollo de la metodología de la presente investigación.

2.2.2.3. Evaluación del comportamiento económico de los edificios

La cuarta parte del documento UNE-EN 15643 (2012) recoge el marco para la evaluación del comportamiento económico de los edificios, gracias al mismo podremos ajustar indicadores específicos que permitan contemplar aquellos aspectos económicos que condicionan la toma de decisiones en materia de estrategias de rehabilitación de la envolvente de los edificios. Dicho documento se completa mediante las normas UNE-EN 16627:2016 y UNE-EN 15459-1:2018, aportando métodos de cálculo específicos.

En el apartado 2.2.4.2.3 del estado de la cuestión se reconocen los límites del sistema bajo el cual se definen en la fase 3 de la investigación una serie de indicadores.

2.2.3. Conclusiones sobre el planteamiento de la investigación a tenor del análisis de los trabajos e investigaciones previas, los métodos de evaluación y las herramientas

Proyectar intervenciones sobre edificios a fin de reducir la demanda energética de los mismos inserta tanto un beneficio neto de ahorro energético durante el ciclo de vida del edificio como un aumento de la energía incorporada (Sartori & Hestnes, 2007). Es por ello por lo que contemplar los impactos medioambientales que se derivan de las potenciales actuaciones resulta necesario.

No obstante, tal y como hemos visto, en procesos de regeneración de la envolvente de edificios, y podría afirmarse que, en la práctica totalidad de las intervenciones sobre edificios consolidados, la consideración de parámetros medioambientales no es suficiente para satisfacer una evaluación de la sostenibilidad de la actuación que se plantee. En este sentido, se ha constatado cómo a través de distintas normas europeas (AENOR, 2012a; 2012b; 2012c; 2012d; 2012e) podemos considerar aspectos económicos y sociales que nos permitan satisfacer una evaluación integrada de la sostenibilidad en rehabilitación.

Sin embargo, a nivel legislativo el peso específico de estas actuaciones sobre edificios no deja de centrarse en la minimización del consumo y la demanda energéticas como respuesta a una serie de compromisos de reducción de emisiones de GEI (España, 2013b; Unión Europea, 2010, 2012). En la actualidad y de un modo generalizado, todo ello se traduce en la mera emisión de un certificado energético que es prescriptivo para todas aquellas compras y/o alquileres de viviendas. De este modo se deja en mano de arquitectos, ingenieros y todos aquellos técnicos competentes reconocidos por el estado español la evaluación energética y la propuesta de mejoras sobre el parque inmobiliario existente, fundamentándose ambas exclusivamente criterios de eficiencia energética.

No obstante, pese a establecerse una metodología clara y unas condiciones técnicas exigibles al proceso de certificación y de evaluación energética de los edificios, existe en la actualidad una importante dispersión en cuanto a programas reconocidos para la obtención del certificado energético (ATECYR & IVE, 2011; IDAE 2012a; 2012b; CEREN, 2015), siendo su interoperabilidad con los programas habituales de diseño muy limitada; lo cual no hace especialmente ágil la adopción de distintas soluciones constructivas en el proceso de diseño de las soluciones. Así mismo los resultados que pueden obtenerse mediante las distintas herramientas de un mismo edificio, pese a compartir metodología de cálculo, pueden llegar a ser muy diferentes.

La limitación de la demanda energética, pese a ser un aspecto normativamente regulado, no es el único en el cual podemos centrar el objetivo de reducción de las emisiones, convirtiéndose la limitación de la energía incorporada en los procesos constructivos en un aspecto igualmente importante. Sirva como dato reseñable en este sentido la relación entre potencia incorporada a los procesos constructivos y la asociada a la fase operacional al total de recursos energéticos consumidos por un edificio, la cual se sitúa en un 40% y un 60% respectivamente (Vilches et al., 2017, p. 287).

Por otra parte, en el ámbito de la readaptación energética, la evaluación económica de la implementación de soluciones de mejora, el cálculo de los periodos de retorno de la inversión, el análisis ambiental de los productos y de las soluciones adoptadas, así como las consideraciones relativas al impacto positivo en el tejido productivo que con estas se generan; son aspectos que no quedan suficientemente recogidos en los informes de certificación energética, pese a ser criterios exigibles más que deseables de cara a la asignación de subvenciones para la mejora de la eficiencia energética.

Paralelamente, observamos que las distintas herramientas para la evaluación de la sostenibilidad de los edificios (BATs) se apoyan en el conocimiento preciso de las soluciones constructivas adoptadas y, por ende, en la cuantificación de las mismas, bajo la perspectiva de ACV; es por ello que la utilización de programas BIM, que permiten cuantificar las soluciones e integrar las simulaciones energéticas a lo largo del proceso de diseño, se convierten en una herramienta de trabajo deseable, ya que permite un control sobre dos aspectos relacionados: la eficiencia energética del edificio y la sostenibilidad de sus procesos constructivos. De este modo se tiende a una paulatina profesionalización del oficio que permite la optimización de los procesos y una transmisión más ágil de la información. La regeneración de las envolventes de los edificios consolidados se convierte en un asunto de gran importancia en el conjunto de pasos que han de dar nuestras ciudades para llegar a ser más sostenibles. Parece hacerse evidente que dicha actuación no sólo puede ser un asunto de incorporar aislamiento a las fachadas y que habrán de ser considerados e integrados múltiples aspectos en la toma de decisiones.

Finalmente, y a la vista de toda la documentación analizada, no se ha constatado la existencia de trabajos de investigación que aborden las implicaciones medioambientales, sociales y económicas de la implementación de estrategias de renovación de la envolvente de edificios existentes y que consideren los impactos que se derivan a lo largo del ACV como consecuencia del cambio climático y la pérdida de eficacia de las medidas a lo largo de la restante vida útil del edificio.

Se considera por tanto oportuno plantear el desarrollo de una metodología de evaluación de las medidas de renovación de la envolvente que permita integrar las distintas dimensiones de la sostenibilidad a lo largo del ACV, al tiempo que permita predecir a través de las proyecciones climáticas realizadas por el IPCC el periodo de retorno de la inversión económica y el periodo de compensación de las emisiones asociadas a su implementación.

2.2.4. Sostenibilidad y estrategias pasivas para la mejora del rendimiento energético de los edificios. Proposición de indicadores

Tal y como hemos podido ver en los distintos apartados, determinar la sostenibilidad de las estrategias pasivas para la renovación de la envolvente de los edificios pasa por comprender las implicaciones ambientales, sociales y económicas que comportan las mismas.

Como paso previo a la consideración en el trabajo de investigación de unas soluciones técnicas u otras a plantear sobre la envolvente, en el siguiente apartado se inventariará sucintamente las principales estrategias de renovación de la envolvente existentes a fin de destacar las más extendidas.

2.2.4.1. Estrategias pasivas para la mejora del ahorro energético

El objetivo central de este apartado será inventariar las principales medidas que se plantean a nivel técnico en materia de mejora del rendimiento térmico de un edificio a través de estrategias pasivas en la actualidad y en el futuro más inmediato. La metodología de clasificación distingue entre:

I. Sistemas constructivos de la envolvente sobre la que actuamos:

- **Envolvente térmica horizontal (EH):** comprende tanto cubiertas planas (CP) como inclinadas (CI), suelo (S) y techo (T).
- **Envolvente térmica vertical (EV):** en la que se identifican fachadas (F), puentes térmicos (PT), huecos (H) y fachadas medianeras (M).

II. Tipo de estrategia de regeneración de la envolvente:

- **Transformación Bioclimática (B)**

Persiguen modificar el comportamiento del sistema constructivo sobre el que se interviene, considerando parámetros más allá de la transmisión térmica de la envolvente y que pasan por considerar las capacidades adicionales de dichos sistemas.

- **Mejora del aislamiento Térmico (M)**

Contemplan la mejora del aislamiento térmico del edificio. Tal y como se detalla en la fase 1 de la investigación, en climas templados la incorporación de aislamiento en la envolvente podrá provocar efectos indeseados en régimen de verano, generándose sobrecalentamientos en el interior del edificio. Es por ello por lo que conviene no reducir la idea de mejora de la envolvente a la mera incorporación de aislamiento.

- **Estrategias de cambio del sistema constructivo por uno nuevo o combinación del existente con uno nuevo (C)**

Estas estrategias se centran en el cambio de los componentes de la envolvente (ventanas, puertas, lucernarios, etc.) y/o su combinación con nuevos sistemas.

Nos serviremos de distintas fuentes a fin de establecer de un modo claro las medidas que podemos plantear, partiendo de la estructura para sistemas pasivos propuesta por el Instituto Valenciano de la Edificación para su Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación (IVE, 2014, p. 12). De las distintas estrategias planteadas por el IVE, no todas pueden ser llevadas a cabo en intervención sobre edificación existente, puesto que partimos de una ubicación, forma y orientación de los edificios determinada; es por ello y por razones de implicaciones para con otros elementos que van más allá de las estrategias pasivas aplicadas sobre la envolvente, que los criterios de clasificación y las medidas han sido revisados en detalle y ampliados.

| Elemento | Sistema constructivo | | Estrategias | | | | |
|--------------------------------------|---|---|--|---------------------|---|---------|--------|
| | | | C | M | B | | |
| [EH] Envolvente Horizontal | [C] Cu-bierta | [P] Plana | Transformación en cubierta vegetal o ajardinada | | EHCP-B1 | | |
| | | | Transformación en cubierta ventilada | | EHCP-B2 | | |
| | | | Incorporación de aislamiento por el exterior | | EHCP-M1 | | |
| | [I] Inclínada | [I] Inclínada | Optimización de la ventilación de la cubierta | | EHCI-B1 | | |
| | | | Demolición parcial y sustitución de la cubierta inclinada | EHCI-C1 | | | |
| | | | Demolición y sustitución de la cubierta inclinada por una cubierta plana | EHCI-C2 | | | |
| | [S] Suelo | [S] Suelo | Incorporación de aislamiento en suelo por el interior | | EHS-M1 | | |
| | | | Incorporación de aislamiento en suelo por el exterior | | EHS-M2 | | |
| | [T] Techo | [T] Techo | Incorporación de aislamiento en techo por el interior | | EHT-M1 | | |
| | | | Incorporación de aislamiento en espacio bajo cubierta inclinada | | EHT-M2 | | |
| [EV] Envolvente Vertical | [F] Fachada | [F] Fachada | Adición exterior de invernaderos o galerías acristaladas | | EVF-B1 | | |
| | | | Transformación en fachada captadora y acumuladora térmica | | EVF-B2 | | |
| | | | Transformación en fachada vegetal modular | | EVF-B3 | | |
| | | | Transformación en fachada ventilada | | EVF-B4 | | |
| | | | Transformación en fachada vegetal translúcida (galería con vegetación) | | EVF-B5 | | |
| | | | Transformación de fachada mediante reparación y pintado con pintura aislante térmica | | EVF-B6 | | |
| | | | Transformación de fachada mediante materiales de cambio de fase | | EVF-B7 | | |
| | | | Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada | EVF-M1 | | | |
| | | | Incorporación de aislamiento a nivel interno de fachada | EVF-M2 | | | |
| | | | Incorporación de aislamiento por el interior de fachada | EVF-M3 | | | |
| | | | [PT] Puente Térmico | [PT] Puente Térmico | Incorporación de aislamiento en puente térmico por el exterior de la envolvente | EVPT-M1 | |
| | | | | | Incorporación de aislamiento en puente térmico por el interior de la envolvente | EVPT-M2 | |
| | | | [H] Huecos | [H] Huecos | Adición al hueco de elemento de sombra exterior | | EVH-B1 |
| | Adición al hueco de elemento de sombra interior | | | | EVH-B2 | | |
| | Incorporación de elementos de sombreado mediante vegetación | | | | EVH-B3 | | |
| | Incorporación de aislamiento en contornos de hueco | | | | EVH-M1 | | |
| | Sustitución de la carpintería | EVH-C1 | | | | | |
| | Sustitución por vidrios de baja emisividad | EVH-C2 | | | | | |
| | Adición de nueva carpintería al exterior del hueco | EVH-C3 | | | | | |
| Incorporación de jardineras al hueco | EVH-C4 | | | | | | |
| [M] Medianera | [M] Medianera | Transformación en jardín vertical | | EVM-B1 | | | |
| | | Incorporación de aislamiento por el exterior de la envolvente | | EVM-M1 | | | |

Tabla 2.10. Clasificación de sistemas y soluciones sobre elementos de la envolvente térmica según el tipo de estrategia. Fuente: Elaboración propia.

2.2.4.2. Potencial sostenibilidad de las diversas estrategias de regeneración de la envolvente térmica

Una vez acotado el ámbito de actuación y las estrategias que de manera generalizada pueden llevarse a cabo sobre la envolvente de edificios existentes, conviene señalar los distintos parámetros que determinan la sostenibilidad de las estrategias que podamos plantear en los diversos ámbitos en los que deben ser evaluados.

2.2.4.2.1. Indicadores con relación a los procesos constructivos a considerar desde la perspectiva medioambiental

Las implicaciones medioambientales de la implantación de las medidas que hemos visto, consideradas bajo la perspectiva del ACV en una etapa previa a su puesta en obra, son determinadas por el origen de los recursos materiales, su suministro y los procesos de fabricación. La complejidad de evaluar el impacto ambiental en la etapa de producción de los diferentes subcomponentes de cada una de las soluciones, las cuales a su vez dependen de los parámetros específicos de cada tipo de actuación, hace que tengamos que acotar el ámbito de estudio a aquellos materiales de mayor repercusión.

De las distintas etapas recogidas en la norma UNE-EN 15643-2, que establece el marco para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios, nos centraremos en aquellos en relación con los procesos de rehabilitación de la estructura física del edificio, contemplándose como módulos centrales:

- La producción de los componentes nuevos del edificio (A1-A3).
- El transporte de los componentes nuevos del edificio (A4).
- La construcción como parte del proceso de rehabilitación (A5).
- La etapa de fin de vida de los componentes (C1-C4).

Por otra parte, y con relación a los impactos asociados al edificio en servicio, se considera:

- La etapa uso de energía en servicio (B6).

Entender el proceso de redacción del presente trabajo de investigación como un soporte abierto a futuras investigaciones y asumiendo la necesidad de establecer unos límites que hagan posibles alcanzar el objetivo propuesto, exige que se obvien los módulos del B1 al B5 y el B7 por la escasa representatividad que tienen con relación a los sistemas de regeneración de la envolvente que se estudian. Por otra parte, se ha obviado igualmente el módulo D, dada la escasa información que ha podido ser localizada a nivel de los sistemas constructivos que se analizan más en profundidad en la Fase 3 de la investigación.

De este modo, y con relación a la estructura física del edificio, nos centraremos en dos aspectos trazables: La producción de los componentes nuevos del edificio y su transporte.

- **Implicaciones ambientales respecto de la producción de los componentes nuevos del edificio**

En la fase 3 de la investigación se analizan en profundidad los impactos medioambientales de las distintas opciones de diseño a nivel de materiales.

No obstante, dado el importante peso específico de los materiales aislantes para la implementación de estrategias pasivas en la envolvente, se ha querido clasificar el impacto medioambiental de distintos materiales aislantes, a fin de establecer preferencias en la utilización de unos frente a otro desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental. Para ello, nos serviremos del indicador GWP (Global Warming Potential) de kilogramos de CO₂ equivalentes asociados a cada kilogramo de material en la etapa de producto. Dicho indicador puede ser consultado en la Declaración Ambiental de un determinado Producto (DAP). Una revisión pormenorizada de estas declaraciones requeriría una labor de investigación amplia, detallada y con una metodología de análisis bastante ajustada que excedería los objetivos de este apartado, es por ello por lo que nos serviremos para la obtención de dichos valores de una serie de recursos informáticos y documentales regulados por instituciones públicas nacionales. El primero de estos recursos informáticos es la base de datos OpenDAP, donde podemos consultar y/o introducir información ambiental de productos en la construcción, quedando abierta a cualquier Administrador de Programa de DAPs y herramientas específicas para el análisis del ciclo de vida (CSIC, 2013). La plataforma virtual forma parte del proyecto experimental inData y se desarrolla a nivel europeo.

La información relativa a las características técnicas de cada material con relación a su conductividad térmica y densidad aparente han sido consultadas a través del catálogo de soluciones técnicas del Código Técnico de la edificación (IET, CEPCO, & AICIA, 2010) y contrastadas y completadas mediante las declaraciones de productos y fichas técnicas de algunos de los materiales aislantes no convencionales y no recogidos por tanto por el citado catálogo.

Así mismo se ha entendido adecuado indicar las normas desarrolladas por el comité AEN/CTN 92 de la AENOR relativas a las prestaciones, características y requisitos de aquellos aislamientos térmicos para edificación que disponen de ellas y han sido considerados en este estudio.

Los resultados de la Tabla 2.11 muestran las características de los distintos materiales, así como los principales formatos en los que se suministran. El interés de cruzar los distintos tipos de materiales aislantes con las diferentes estrategias pasivas es detectar las distintas alternativas materiales de que disponemos al apostar por una opción determinada de mejora de los elementos de la envolvente.

Tal y como puede apreciarse en la Tabla, la perlita expandida sería el material de menor impacto medioambiental (0.143 KgCO_{2equiv}/kg), seguido por el aislante de corcho expandido (0.196 KgCO_{2equiv}/kg) y la arcilla expandida (0.245 KgCO_{2equiv}/kg). Sin embargo, la conductividad es más baja en materiales con un mayor impacto medioambiental, como por ejemplo el algodón que, pese a su origen natural, se sitúa como uno de los aislamientos más contaminantes (5.641 KgCO_{2equiv}/kg). Los tres materiales con una mejor relación entre la conductividad y el carbono incorporado serían, por orden de menor a mayor impacto: la fibra de celulosa (0.378 KgCO_{2equiv}/kg), la fibra de madera (1.000 KgCO_{2equiv}/kg) y el cáñamo (1.751 KgCO_{2equiv}/kg).

Materiales tradicionalmente empleados en construcción (EPS, XPS, PUR, MW e IFG) tienen unas emisiones asociadas a su producción elevadas en comparación (especialmente el caso del poliestireno extruido, con 9.877 KgCO_{2equiv}/kg, el más contaminante). Entre dichos aislantes comúnmente empleados, es la Lana de roca el material de menor impacto medioambiental (1.142 KgCO_{2equiv}/kg).

| Origen e higroscopicidad | Parámetros del producto | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------|----------------------------------|------------------|-------------|--|---------|-------|
| | Formato | | | | | Conductividad térmica (W/ (m.K)) | Densidad (Kg/m³) | UNE-EN | Potencial de Calentamiento Global por kg (GWP/kg) (KgCO ₂ equiV/kg) | | |
| | Aislante | Siglas | Amorfo / Espuma proyectada | Manta flexible / Fieltro | Panel rígido | | | | | | |
| Sintético | No hidrófilo | Poliestireno extruido | XPS | | | • | 0,039-0,029 | 30-33 | 13164 | 9,877 | |
| | | Poliuretano | PUR | • | | | • | 0,040-0,028 | 30-60 | 13165 | 4,937 |
| | | Poliestireno expandido | EPS | • | | | • | 0,039-0,029 | 15-60 | 13163 | 3,356 |
| | | Poliisocianurato | PIR | • | | | • | 0,040-0,028 | 15-60 | 13165 | 4,906 |
| Mineral | No hidrófilo | Guata o fieltro de poliéster | - | | • | | • | 0,038-0,033 | 20-50 | - | 3,442 |
| | | Lana de vidrio (No DAP) | IFG | | • | | • | 0,043-0,032 | 10-100 | 13162 | 3,442 |
| | | Lana de roca | MW | | • | | • | 0,050-0,031 | 10-200 | 13162 | 1,142 |
| | | Perlita expandida | EPB | • | | | • | 0,062 | 14-240 | 13169 | 0,143 |
| | Hidrófilo | Vidrio celular | CG | | | | • | 0,05 | 100-150 | 13167 | 1,602 |
| | | Arcilla expandida | - | • | | | | 0,148-0,095 | 325-750 | 14063-1 | 0,245 |
| | | Lana de oveja | - | | • | | | 0,040 | 13.5 | - | 5,641 |
| | | Algodón | - | | • | | | 0,032 | 60 | - | 5,641 |
| Natural | No hidrófilo | Cáñamo | - | | • | | 0,045 | 24-42 | - | 1,751 | |
| | | Lino termo fijado | - | | • | | | 0,047 | 25-100 | - | 1,734 |
| | | Fibra de madera | WF | | | | • | 0,040 | 200-260 | 13171 | 1.000 |
| | | Aislante de corcho expandido | ICB | • | | | • | 0,049 | 100-150 | 13170 | 0,196 |
| | | Fibra de celulosa | LFCI | • | • | | • | 0,035 | 25-65 | 15101-1 | 0,378 |
| | | | | | | | | | | | |

Tabla 2.11. Comparativa materiales aislantes con relación al impacto medioambiental en términos de emisiones asociadas a su etapa de producción. Fuente: Elaboración propia.

- **Implicaciones ambientales respecto del transporte de los componentes nuevos del edificio**

Este impacto se ha calculado en función del peso y el volumen de los residuos generados para cada opción de diseño. De esta forma, y en función de la carga máxima de los vehículos que podrían utilizarse (N1 y N2, según la directiva 70/156 CEE) y el combustible principal del 45% de los camiones de transporte en la ciudad donde se realiza la investigación, las emisiones de CO₂ asociadas a esta actividad se han calculado en función del tipo de vehículo (161.2 g de CO₂ / km y 218.47 g de CO₂ / km respectivamente), según las Tablas estadísticas proporcionadas por la DGT (Dirección general de tráfico) sobre la flota de vehículos y bases de datos IDAE para emisiones de vehículos.

2.2.4.2.2. Indicadores con relación a los procesos constructivos a considerar desde la perspectiva social

La consideración de los aspectos sociales de las soluciones vistas hasta el momento no ha de pasar por alto el contexto actual en el campo de la rehabilitación urbana y por ende de los edificios. Cabe destacar importantes aportaciones realizadas por el informe de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España (España, 2014a). El estudio de las acciones que podamos plantear como parte de un sistema que aporta escenarios estratégicos, además de enfoques y medios para la impulsión de dichos escenarios, resulta de gran interés a fin de que precisemos aquellos aspectos sociales a nivel de usuario especialmente relevantes.

Las categorías para los aspectos e impactos sociales que consideraremos quedan recogidos en la norma UNE-EN 15643-3 y son las siguientes:

- Accesibilidad
- Adaptabilidad
- Salud y confort
- Cargas al vecindario
- Mantenimiento
- Seguridad
- Origen de los materiales y servicios.
- Implicación de las partes interesadas

- **Accesibilidad**

Respecto de los aspectos sociales que podamos contemplar con relación a la accesibilidad, las transformaciones que pudieran plantearse a nivel de la envolvente del edificio no modifican en modo alguno la accesibilidad de personas con necesidades específicas, pero sí la accesibilidad a los servicios del edificio durante la etapa que duren las obras.

- **Adaptabilidad**

La adaptabilidad que podamos plantear a nivel de las soluciones de mejora de la envolvente es uno de los aspectos más interesantes a abordar, aunque actualmente no dejan de ser aspectos en fase de experimentación. Entendemos que la adaptabilidad de las soluciones técnicas habrían de incluir los siguientes aspectos (AENOR, 2012c, p.23):

- Capacidad de acomodarse a los requerimientos del usuario individual;
- Capacidad de acomodarse al cambio en los requisitos del usuario;
- Capacidad de acomodarse a los cambios técnicos;
- Capacidad de acomodarse a los cambios de uso.

La perfectibilidad de las fachadas y la adición de elementos que mejorasen las prestaciones de la vivienda en función de los requerimientos específicos de los usuarios es algo que ya abordara Paricio para edificios de nueva planta (Paricio & Sust, 2004, p. 83). Cabría pensar la posibilidad de que las intervenciones que se proyectasen a nivel de cerramientos permitiesen la mejora de las distintas hojas que lo integran u ofreciesen la posibilidad de duplicarlas o alojar en su espesor futuras instalaciones.

- **Salud y confort**

Los principales aspectos que podremos contemplar respecto de la operación de actuación sobre la envolvente, que quedan recogidos en la norma son:

- Características acústicas;
- Características del aire interior;
- Características de confort visual;
- Características espaciales;
- Características térmicas.

- **Cargas al vecindario**

Los principales impactos negativos que podrían surgir durante las operaciones de transformación de la envolvente del edificio serían los siguientes:

- Ruido;
- Emisiones al aire exterior, liberación al suelo y al agua;
- Deslumbramientos y sobresombreamiento;
- Golpes y vibraciones;
- Efectos de viento localizados.

- **Mantenimiento**

La evaluación del mantenimiento de las soluciones desde el punto de vista social exige que se contemplen aspectos de salud y confort para el usuario, así como las cargas al vecindario que supondrían.

- **Seguridad**

Los aspectos relacionados con la seguridad de los edificios en lo referente a la resistencia a los cambios climáticos y a las acciones accidentales están ampliamente recogidos por diversas normativas y por el Código Técnico de la Edificación, presuponiéndose el cumplimiento de dichos prerrequisitos si la propuesta se suscribe al reglamento. Cabe, no obstante contemplar dos aspectos importantes que habrán de ser tenidos en cuenta especialmente durante el proceso de ejecución de las obras:

- Seguridad de las personas y los bienes frente a intrusos y vandalismo;
- Seguridad de los bienes frente interrupciones de suministros.

- **Origen de los materiales y servicios**

Se debe asegurar un origen responsable y trazable de los productos y servicios, siendo éste un aspecto que adquiere especial relevancia desde la perspectiva de análisis de las soluciones constructivas aplicadas sobre un edificio perteneciente a un determinado organismo urbano sobre el que podría intervenir de un modo similar, generándose de este modo empleos directos que suponen un estímulo para el tejido productivo local.

- **Implicación de las partes interesadas**

La norma plantea la oportunidad de las partes interesadas de participar en el proceso de toma de decisiones para la transformación del edificio. Este es sin duda uno de los aspectos más complejos y que requerirán de un gran esfuerzo por parte de todos los agentes implicados, ya que el éxito o fracaso de las actuaciones depende en gran medida de la implicación de los usuarios de las viviendas, que, *a priori*, afrontan una intervención de este tipo con importantes reticencias.

2.2.4.2.3. Indicadores en relación con los procesos constructivos a considerar desde la perspectiva económica

De acuerdo a la norma de referencia (AENOR, 2012d), la evaluación del comportamiento económico de la propuesta que se contemple habrá de establecer de un modo muy claro el coste y el *valor financiero* de las mismas, ambos entendidos bajo la perspectiva de análisis de ciclo de vida del edificio.

El indicador referido al coste se rige por el principio "el menor coste de ciclo de vida de las operaciones propuestas a lo largo de su vida útil es el más económico". No se contemplan variaciones del mercado, únicamente se compilan para esta evaluación los costes que comporta.

Por otra parte, el mejor *valor financiero* del edificio en su conjunto tras las actuaciones es el más económico o, dicho de otro modo, la capacidad de generar valor del edificio a un menor coste de las actuaciones a lo largo de su ciclo de vida define un comportamiento económico favorable. Es por ello por lo que habrán de ser recopilados datos de ingresos.

Los aspectos e impactos económicos que habrán de ser considerados pueden relacionarse claramente con cada una de las etapas de uso del edificio. De este modo se seleccionan de la norma UNE-EN 15643-4 y se contextualizan por etapas aquellos en relación con el objeto de la investigación:

- **Anteriores a la etapa de uso (Módulos A0 y A1-A5)**

- Tasas profesionales
- Obras temporales y auxiliares
- Construcción
- Adaptación inicial y acondicionamiento del activo
- Acondicionamiento o modificación de edificios nuevos;
- Paisajismo, obras exteriores en el solar;
- Impuestos y otros costes asociados a los permisos para construir;
- Subvenciones e incentivos.

- **Durante la etapa de uso, excluyendo los vinculados al edificio en servicio (Módulos B1-B5)**
 - Costes de los seguros vinculados al edificio;
 - Arrendamiento y alquiler a pagar a terceros;
 - Costes reglamentarios cíclicos;
 - Impuestos;
 - Subvenciones e incentivos;
 - Ingresos por la venta de activos o elementos que no sean parte de los residuos para eliminación final;
 - Ingresos de terceros durante el uso;
 - Reparaciones y sustituciones de componentes menores / pequeñas zonas;
 - Sustitución o rehabilitación de sistemas y componentes importantes;
 - Adaptación o posterior acondicionamiento de activos
 - Acondicionamiento o modificación de edificios existentes;
 - Limpieza;
 - Mantenimiento del terreno;
 - Redecoración;
 - Controles sobre la eliminación de residuos al final de la fase de arrendamiento (excluyendo la eliminación final del fin de vida);
 - Fin del arrendamiento; – adaptaciones previstas o rehabilitaciones planeadas del activo en servicio;
 - Costes de gestión de los servicios que ofrece el edificio.
- **Durante el uso del edificio en servicio (Módulos B6-B7)**
 - Costes de energía en servicio (por defecto es debida al uso tal y como definen las normas relacionadas de la Directiva de eficiencia energética de los edificios (EPBD));
 - Costes de agua en servicio;
 - Impuestos;
 - Subvenciones e incentivos.
- **Tras el fin de vida (Módulos C1-C4 y D)**
 - Deconstrucción, desmantelamiento, demolición;
 - Todos los costes de transporte asociados con el proceso de deconstrucción y eliminación del activo construido;
 - Tasas e impuestos;
 - Costes y/o ingresos por la reutilización, reciclaje y valorización energética en el fin de vida;
 - Ingresos por la venta del suelo.

3. Objetivos

Entender la renovación de los edificios dentro del paradigma de la sostenibilidad integrada implica dar respuesta a: requerimientos medioambientales, a través del empleo de materiales y técnicas constructivas que minimicen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, además de la consecuente reducción de emisiones asociadas al consumo de los edificios en fase operacional; requerimientos económicos, mediante la optimización de las soluciones técnicas y la cuantificación del periodo de retorno de la inversión, y requerimientos sociales, que van desde la adecuada respuesta que con las actuaciones de renovación se puedan producir a un nivel funcional, a las implicaciones que para con los retornos económicos y reducción de emisiones en etapa de uso se deriven tanto de las tendencias de consumo de los usuarios, como de las desviaciones en el consumo provocadas por el cambio climático.

En línea con lo expuesto, el objetivo principal de esta investigación es el establecimiento de una metodología integrada para cuantificar y evaluar la sostenibilidad de las intervenciones de renovación de la envolvente de edificios residenciales obsoletos en clima templado, considerando los aspectos económicos y ambientales de las soluciones, a partir de la determinación del período de retorno de la inversión económica y el período de compensación de emisiones a lo largo de la vida útil del edificio; analizando tanto los impactos del cambio climático a lo largo del ciclo de vida del edificio, como las tendencias de consumo de los usuarios, principal factor diferenciador de este trabajo.

El objetivo de la investigación y su relación con el planteamiento de una metodología holística y perfectible que permita integrar variables asociadas a la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones de regeneración de los edificios a lo largo de su ciclo de vida, es algo que presenta un importante potencial en la situación de crisis económica generada por los efectos de la pandemia por la COVID-19. A este propósito, la aplicación práctica de la metodología que se propone contribuye al incremento del producto interior bruto (PIB), el cual ha caído para el segundo trimestre del 2020 un 18.5% en España.

Para la consecución del objetivo principal es necesario el establecimiento de unos objetivos secundarios de rango menor que ordenados jerárquicamente nos llevan a su logro. En la Figura 3.1 quedan sintetizados, relacionándose en el apartado siguiente con las fases de la metodología que dan respuesta a cada uno de ellos.

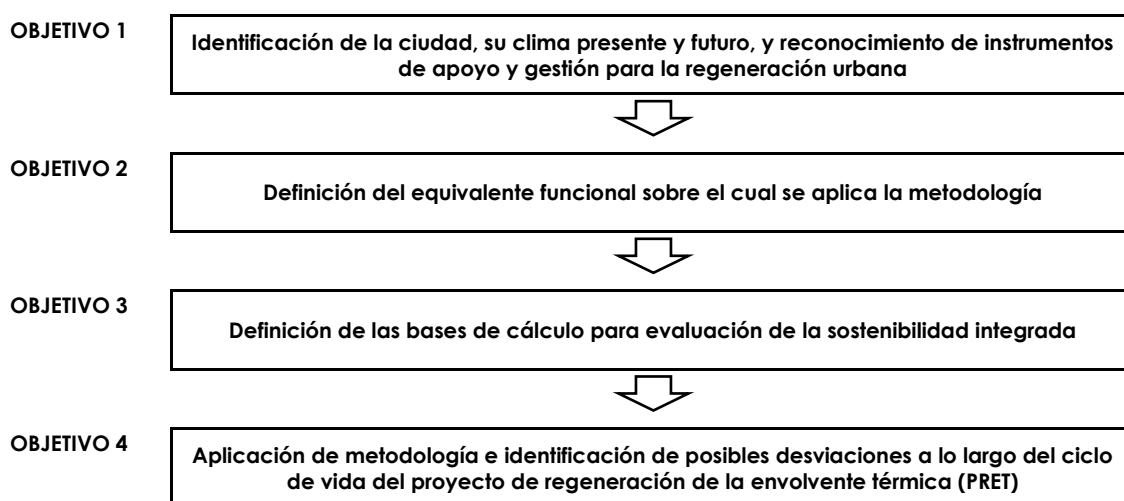


Figura 3.1. Esquema jerárquico de objetivos. Fuente: Elaboración propia.

- **O1. Identificación de la ciudad, su clima presente y futuro, y reconocimiento de instrumentos de apoyo y gestión para la regeneración urbana**

Este primer objetivo persigue establecer las premisas socioeconómicas, administrativas y de evolución climática del contexto urbano en el cual se plantea el desarrollo de la metodología, a fin de conocer los indicadores que deben formar parte de la misma. Este primer objetivo nos permite hacer un diagnóstico.

- **O2. Definición del equivalente funcional sobre el cual se aplica la metodología**

A través de este objetivo se define un organismo urbano que represente la "moda"; es decir, el que posea un mayor número de similitudes y en consecuencia sea considerado como organismo urbano convencional. Sobre éste se identifica un conjunto de células con una iteración que justifique el análisis de las potenciales intervenciones sobre la envolvente desde la escala local a la escala del sector urbano.

- **O3. Definición de las bases de cálculo para evaluación de la sostenibilidad integrada**

Se establece los escenarios del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que se evalúan con posterioridad y se detalla el método de cálculo y las fuentes de datos de las cuales nos serviremos para la evaluación.

Del mismo modo, se identifican los indicadores cuantitativos (desde una perspectiva económica y medioambiental) asociados a las soluciones técnicas convencionales, utilizadas en la regeneración de la envolvente de edificios residenciales.

Igualmente, se señalan aquellos indicadores cualitativos (desde una perspectiva social) a partir de los cuales se establecen relaciones para con aquellos indicadores medibles.

- **O4. Aplicación de metodología e identificación de posibles desviaciones a lo largo del ciclo de vida del PRET**

La consecución de los objetivos anteriormente establecidos nutre este cuarto objetivo, sintetizándose en esta la selección de aquella información y herramientas que permiten la aplicación de la metodología sobre el equivalente funcional definido en el objetivo 2.

Los resultados obtenidos permiten la evaluación de cada una de las dimensiones de la sostenibilidad.

A partir de ellos se determinan las relaciones existentes entre los modelos de evaluación cualitativo y cuantitativo, a fin de constatar las desviaciones en el retorno de la inversión económica y período de compensación de emisiones.

Cuantificar estas desviaciones y determinar los medios por los cuales pueden minimizarse sienta las bases para la generación de una herramienta que permita la evaluación de la sostenibilidad de las estrategias de renovación de la envolvente de un edificio, basada en el ACV de las soluciones a implementar.

4. Metodología

El gráfico expuesto a continuación refleja a modo de esquema la metodología seguida para la consecución de los objetivos secundarios establecidos de forma jerárquica para el lograr el objetivo principal de la tesis.

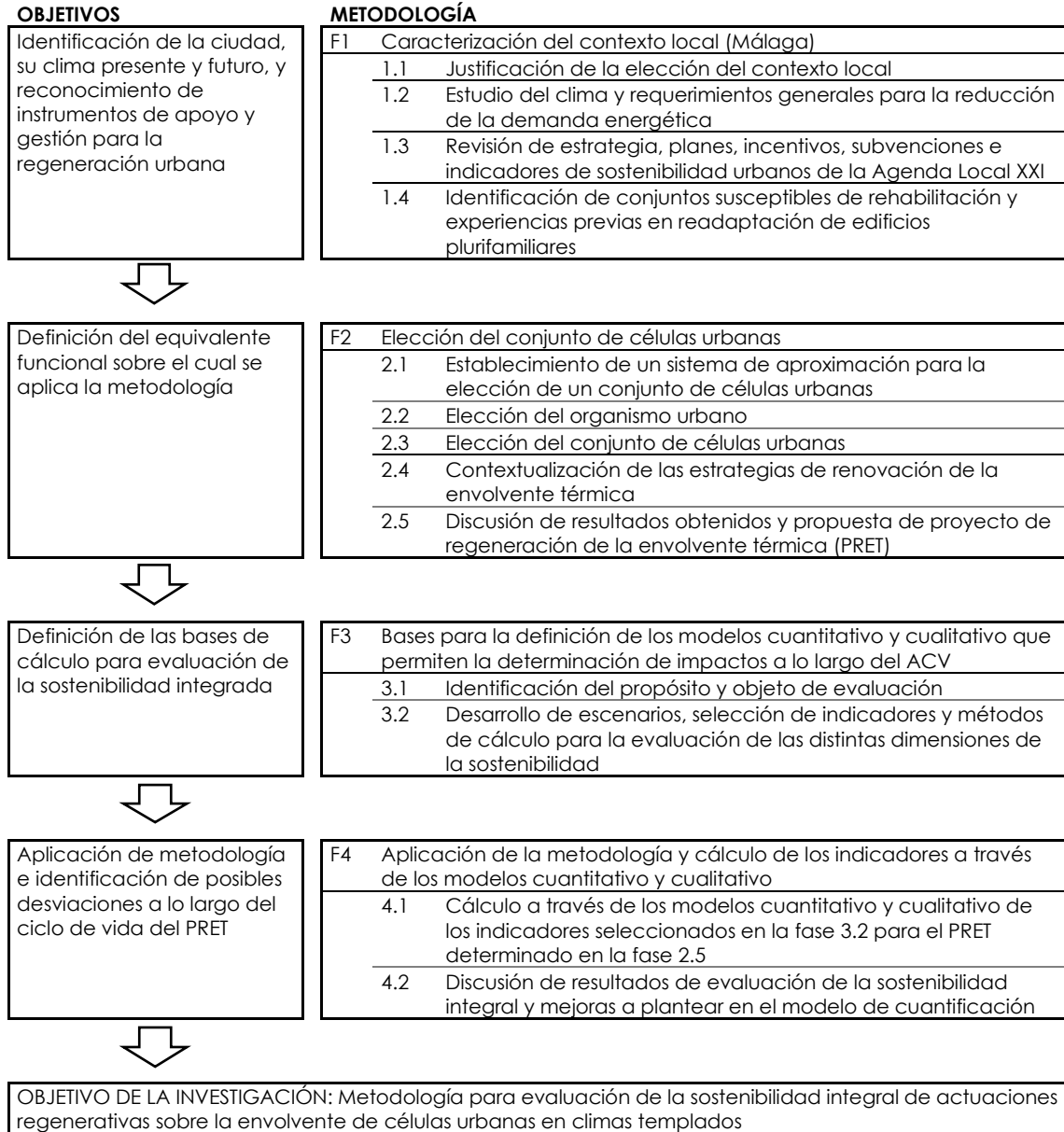


Figura 4.1. Esquema de objetivos y metodología. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se ha visto en el apartado 3, el objetivo principal de la investigación es determinar una metodología que permita, bajo unas proyecciones climáticas de aumento de temperaturas conforme a un escenario A2, evaluar y cuantificar la sostenibilidad integral de la renovación de la envolvente de edificios obsoletos a lo largo de su restante vida útil. Para alcanzarlo se establece una serie de objetivos de segundo orden que se relacionan con cada fase.

Cada una de las fases se subdivide, asociándose a estas tareas y medios por los cuales se aporta conocimiento de cara a la consecución del resto de objetivos y, por ende, del resto de fases. En la Figura 4.1 se relacionan dichos objetivos de segundo orden con las fases y subfases en las cuales se organiza la metodología.

Con relación a la fase 1, se plantean como principales objetivos la identificación de la ciudad, su clima presente y futuro, así como el reconocimiento de instrumentos de apoyo y gestión para la regeneración urbana. Para ello se ha propuesto justificar la pertinencia y representatividad del estudio en el contexto local seleccionado (F1.1) el estudio del clima y de aquellos requerimientos generales para la reducción de la demanda energética (F1.2); la revisión de la estrategia de energía andaluza, los planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI (F1.3), y la identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y la búsqueda de experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares (F1.4).

Definir el equivalente funcional sobre el cual se va a aplicar la metodología es el siguiente objetivo secundario, sirviéndonos para su consecución de la información y conocimientos adquiridos en la fase 1. Este segundo objetivo se alcanza a través del establecimiento de un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas (F2.1); la elección del organismo urbano (F2.2); la elección del conjunto de células urbanas (F2.3); la contextualización local de las estrategias de renovación de la envolvente (F2.4), y la discusión de los resultados obtenidos y la propuesta de un Proyecto de Regeneración (F2.5).

El tercer objetivo de segundo orden es definir las bases de cálculo para evaluación de la sostenibilidad integrada y que se adaptan para el equivalente seleccionado en la fase que antecede. Las subfases que permiten lograrlo pasan por la Identificación del propósito y objeto de evaluación (F3.1) y el desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad (F3.2).

La aplicación de metodología e identificación de posibles desviaciones a lo largo del ciclo de vida del proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET) es el cuarto y último objetivo secundario. Se satisface mediante el cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5 (F4.1), y la discusión de resultados de evaluación de la sostenibilidad integral y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación (F4.2).

Los medios y tareas con relación a cada una de las fases quedan resumidos en la Tabla 4.1, ampliándose dicha información en las siguientes líneas:

F1. Caracterización del contexto local (Málaga). Se analizan los antecedentes urbanos y aquellas fuentes que permiten en la fase 2 la elección de un equivalente funcional representativo. Para ello, se organizan las distintas tareas y medios en torno a las siguientes subfases:

F1.1. Justificación de la elección del contexto local.

La selección de Málaga como contexto en el cual se desarrolla la investigación responde al hecho de ser una ciudad mediterránea con un clima templado en la cual concurren distintas variables:

- i. El interés por parte de la administración pública en la transformación sostenible y tecnológica de la ciudad, plasmado a través de una Agenda Local XXI en constante actualización.
- ii. La tendencia ascendente del número de hogares (23.83% respecto de datos de 2011) y una tasa de crecimiento en base al año 2020 positiva de 7.04 (2016).
- iii. El importante parque inmobiliario del municipio perteneciente al siglo pasado de 41,186 edificios (IECA, 2020), siendo la segunda capital andaluza, tras Sevilla, con mayor número de edificios sobre los cuales se habría de intervenir.

F1.2. Estudio del clima y requerimientos generales para la reducción de la demanda energética.

Partimos de un estudio del clima presente y de la evolución del mismo a través de las proyecciones del IPCC en su tercer informe para un escenario A2. El estudio del clima presente se realiza a través de los archivos climáticos locales (en extensión epw). El estudio del clima futuro se consigue a partir de la transformación de dichos archivos climáticos a partir de la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9). En ambos casos, para una interpretación detallada de la evolución del clima a lo largo de un año, nos serviremos de la herramienta DesignBuilder, donde se integran dichos archivos climáticos.

Así mismo, se indican las estrategias existentes más extendidas para la renovación de la envolvente a través de estrategias pasivas en climas mediterráneos, mediante el análisis de distintas investigaciones.

F1.3. Revisión de estrategia, planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI.

Se identifican los recursos administrativos existentes en favor de la sostenibilidad, para lo cual se estudia la normativa e informes locales tales como la Agenda Local XXI, a fin de identificar debilidades y fortalezas en el planteamiento de actuaciones de regeneración urbana de distintos sectores obsoletos de la ciudad.

F1.4. Identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares.

Se señala el objeto de las intervenciones existentes en materia de readaptación de edificios plurifamiliares, al tiempo que se reconocen sectores de la ciudad integrados por tipos sobre los cuales es pertinente actuar. Para ambos propósitos nos basaremos en la información en poder de la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda, así como en el PGOU de Málaga. Se extraen conclusiones parciales sobre todos los aspectos analizados en esta fase, a fin de conformar mediante las mismas los fundamentos para la elección de un organismo y conjunto en la fase 2.

F2. Elección del conjunto de células urbanas. Esta fase, cuyo objetivo principal es la elección del equivalente funcional sobre el que se aplica la metodología, se organiza en tres subfases distintas:

F2.1. Establecimiento de sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas.

A partir de los fundamentos de la fase 1 se establecen los criterios por los cuales se considera pertinente la intervención sobre un conjunto de células y organismos urbanos frente a otros. Para ello se contextualizan indicadores de la Agenda Local XXI de Málaga en los distintos organismos urbanos que se consideran obsoletos, reconociéndose bajo las premisas establecidas un sector de la ciudad sobre el cual es oportuna la intervención.

F2.2. Elección del organismo urbano.

Se realiza un breve análisis de aspectos medioambientales, económicos y sociales del sector de la ciudad seleccionado y se analizan aspectos morfológicos y funcionales a fin de determinar la tipología sobre la cual se desarrolla y aplica la metodología de evaluación de la sostenibilidad. Para ello nos basaremos en fuentes locales estadísticas, así como en la información del proyecto original del organismo urbano que se encuentra depositado en la Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras de Málaga, a fin de conocer la realidad constructiva y la conceptualización del conjunto de espacios y con el propósito de que las intervenciones futuras sumen y completen las premisas de partida desde una perspectiva actual y en favor de una mayor sostenibilidad medioambiental.

F2.3. Elección del conjunto de células urbanas.

Se centra la atención en el edificio, caracterizándose constructivamente e identificándose el rendimiento energético del mismo para la hipótesis más desfavorable del edificio sin intervenciones. Para ello, se realiza mediante DesignBuilder simulaciones que muestran el consumo y las emisiones del edificio conforme a los datos climáticos presentes y aquellos transformados a través de los medios identificados en la Fase 1.

F2.4. Contextualización de las estrategias de renovación de la envolvente térmica.

A través de la simulación mediante un modelo térmico del edificio desarrollado en DesignBuilder se enmarcan las distintas estrategias de renovación de la envolvente del edificio en un clima actual.

F2.5. Discusión de resultados obtenidos y propuesta de proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET).

A partir de los resultados de la subfase F2.4, la última de las subfases tiene por objetivo dar las pautas de diseño para establecer un proyecto de regeneración de la envolvente del edificio (PRET), óptimo desde el punto de vista del rendimiento energético, que sirva como punto de partida para la aplicación de la metodología de evaluación desarrollada.

F3. Bases para la definición de los modelos cuantitativo y cualitativo que permiten la determinación de impactos a lo largo del ACV. El propósito de esta fase es justificar las bases de la metodología de evaluación que desarrolla la investigación a través de la identificación de las fuentes, indicadores y métodos de cálculo, desarrollándose el contenido en dos subfases distintas:

F3.1. Identificación del propósito y objeto de evaluación.

Se establecen las premisas y conceptos que han de reconocerse para realizar la evaluación de la sostenibilidad de las estrategias que se proponen. Así mismo se identifican las distintas normas UNE en las que se basa la metodología propuesta.

- F3.2.** Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad.

Se reconocen en esta subfase los distintos indicadores seleccionados, las fuentes de información y métodos de cálculo.

- F4. Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores a través de los modelos cuantitativo y cualitativo.** Sobre el PRET definido en la fase 2 se plantea en esta última parte de la investigación la aplicación de la metodología desarrollada, subdividiéndose la misma según sigue:

- F4.1.** Cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5.

Se persigue cuantificar el periodo de retorno de la inversión económica inicial y el periodo de compensación de las emisiones de CO₂ asociadas al proyecto de regeneración. El análisis de ciclo de vida de ambos indicadores es sensible a las transformaciones climáticas esperadas, con lo que los consumos y emisiones se modifican a lo largo del periodo de estudio de referencia.

- F4.2.** Discusión de resultados de evaluación de la sostenibilidad integral y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación.

A través de distintos formularios de encuestas realizadas sobre los edificios se infieren una serie de ideas estrechamente relacionadas con las tendencias de consumo energético de los usuarios y el grado de satisfacción de los mismos para con la funcionalidad de sus viviendas que son esenciales de cara a su integración en la metodología de evaluación de la sostenibilidad. La aportación al conocimiento que comporta la integración de aspectos sociales es determinante de cara al enfoque de las actuaciones desde una perspectiva del ahorro energético,

- F4.3.** Discusión de resultados.

Se consideran las tres dimensiones de la sostenibilidad conjuntamente y se argumenta la injerencia de unas sobre otras a fin de contar con visión de conjunto respecto de las implicaciones de cada una de ellas.

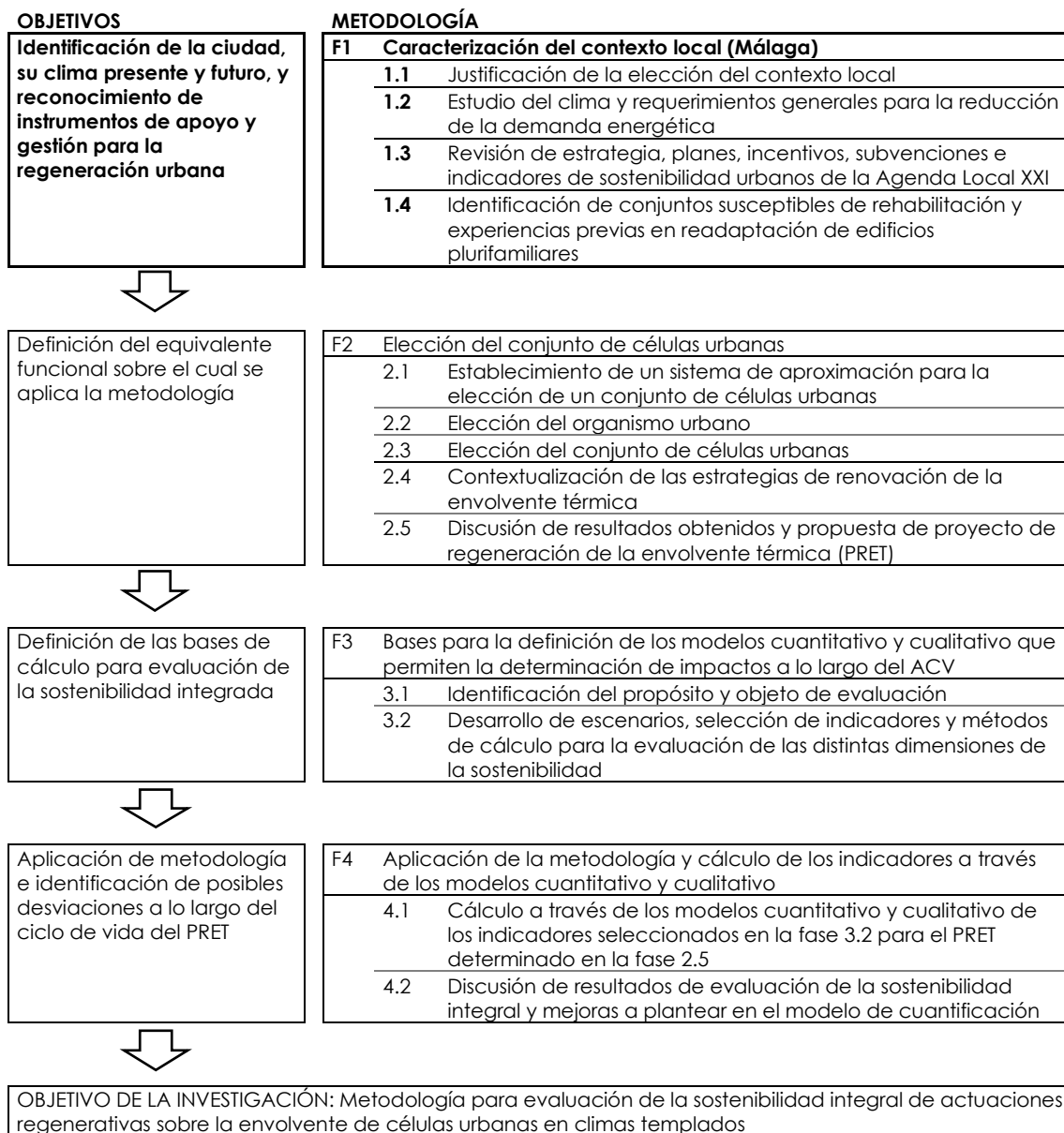
| Fases | | Tareas | Medios |
|---|--|---------|---|
| F1 Caracterización del contexto local (Málaga) | | | |
| F1.1 | Justificación de la elección del contexto local | T1.1. a | Recabar datos que abalen la representatividad del contexto |
| | | | -Instituto de estadística y cartografía de Andalucía |
| F1.2 | Estudio del clima y requerimientos generales para la reducción de la demanda energética | T1.2. a | Estudio del clima presente y evolución del mismo |
| | | T1.2. b | Requisitos para la reducción de la demanda |
| | | | -Datos climáticos actuales y proyecciones -Investigaciones previas |
| F1.3 | Revisión de estrategia, planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI | T1.3. a | Estudio normativo e informes locales |
| | | T1.3. b | Identificación de debilidades y fortalezas |
| | | | -Estrategias energéticas -Agenda Local XXI -Planes e incentivos a distintos niveles |
| F1.4 | Identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares | T1.4. a | Estudio de experiencias previas |
| | | T1.4. b | Identificación de sectores susceptibles |
| | | T1.4. c | Extracción de conclusiones particulares |
| | | | -Información en poder de la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda -Generación de Tablas resumen para discusión de resultados |
| F2 Elección del conjunto de células urbanas | | | |
| F2.1 | Establecimiento de un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas | T2.1. a | Determinar criterios de búsqueda |
| | | T2.1. b | Identificación de potenciales barriadas |
| | | | -Conclusiones de F1 -Agenda Local XXI -Planimetrías |
| F2.2 | Elección del organismo urbano | T2.2. a | Análisis ambiental, social y económico |
| | | | -Conclusiones de F2A -Fuentes locales |
| F2.3 | Elección del conjunto de células urbanas | T2.3. a | Obtención de información del edificio |
| | | T2.3. b | Análisis comportamiento energético previo |
| | | | -Gerencia de urbanismo -Design Builder y HULC |
| F2.4 | Contextualización de las estrategias de renovación de la envolvente térmica | T2.4. a | Identificación de estrategias y cálculo de los ahorros energéticos |
| | | T2.4. b | Selección de estrategias más eficientes existentes en industria local |
| | | T2.4. c | Integración combinación de estrategias en un modelo de evaluación |
| | | | -Estado de la cuestión -Evaluación de estrategias con DesignBuilder -Evaluación de combinación de estrategias con HULC y DesignBuilder |
| F2.5 | Discusión de resultados obtenidos y propuesta de proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET) | T2.5. a | Extracción de conclusiones parciales |
| | | T2.5. b | Determinación de implicaciones de la combinación de estrategias dada |
| | | | -Conclusiones de F2.4 y F1.2 -Comparación con el edificio de referencia |
| F3 Bases para la definición de los modelos cuantitativo y cualitativo que permiten la determinación de impactos a lo largo del ACV | | | |
| F3.1 | Identificación del propósito y objeto de evaluación | T3.1. a | Caracterización local del edificio de referencia |
| | | T3.1. b | Límites del sistema para las distintas dimensiones |
| | | T3.1. c | Identificar el modelo y sus características físicas |
| | | | -Conclusiones de F1 y F2 -Evaluación de la sostenibilidad en construcción según UNE-EN 15643 |
| F3.2 | Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad | T3.2. a | Definición de escenarios para cada dimensión de la sostenibilidad |
| | | T3.2. b | Definición de los indicadores |
| | | T3.2. c | Determinar el origen de los datos |
| | | T3.2. d | Identificación del método de cálculo |
| | | | -Evaluación medio-ambiental según UNE-EN 15978:2012 -Evaluación social según UNE-EN 16309+A1:2015 -Evaluación económica según UNE-EN 16627:2015 y UNE-EN 15459-1:2018 |

| Fases | Tareas | Medios | | |
|--|--|---------|---|--|
| F4 Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores a través de los modelos cuantitativo y cualitativo | | | | |
| F4.1 | Cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5 | T4.1. a | Integración de datos económicos y medioambientales en Modelo Cuantitativo Inicial | -Programación en libro informático de cálculo de indicadores para las dimensiones medioambiental y económica |
| | | T4.1. b | Visualización gráfica de resultados | |
| | | T4.1. c | Realización de encuestas en el edificio para definición de modelo Cualitativo | -Formulario encuesta telemática/presencial -Recabación de información con relación a los comportamientos sociales dados en F3 |
| | | T4.1. d | Identificación de tendencias de consumo y grado de satisfacción de usuarios | |
| F4.2 | Discusión de resultados de evaluación de la sostenibilidad integral y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación | T4.2. a | Determinación de injerencias entre el modelo cuantitativo y cualitativo | -Resultados F4.1 |

Tabla 4.1. Relación de fases, subfases, tareas y medios para la realización del trabajo de investigación. Fuente: Elaboración propia.

5. Desarrollo de la investigación

F1. Caracterización del contexto local (Málaga)



En la primera fase se analizan los antecedentes de campo de la investigación, al tiempo que se estudian las fuentes que permiten en la fase 2 la elección de un conjunto de células urbanas representativo a través del empleo de indicadores urbanos recogidos en la Agenda Local XXI (En adelante AXXI) de Málaga. Los resultados de cada una de las subfases se organizan en torno a cinco apartados:

1.1. Justificación de la elección del contexto local. La importancia de la regeneración de la envolvente de edificios en el municipio y análisis de este a través de los principales indicadores urbanos contenidos en su Agenda Local XXI. A través de este primer apartado se contextualiza el interés de la investigación en el municipio que se plantea a través de sus principales indicadores urbanos.

1.2. Estudio del clima y requerimientos generales para la reducción de la demanda energética. En él se persigue definir el clima de la ciudad y su evolución como consecuencia del cambio climático, al tiempo que se analizan aspectos centrales de investigaciones de referencia en torno a la mejora del confort climático.

1.3. Revisión de estrategia, planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI. En él se identifican las principales herramientas administrativas con que contamos a nivel local para el planteamiento de acciones sostenibles en materia de regeneración urbana y de edificios.

1.4. Identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares. A través del reconocimiento de los distintos conjuntos susceptibles de ser regenerados se establece una primera aproximación a los sectores que demandan este tipo de actuaciones y se identifica igualmente en qué sentido se han orientado hasta la fecha dichas actuaciones en la ciudad.

1.5. Conclusiones de la fase 1. La regeneración sostenible y sistemática del parque inmobiliario malagueño presenta debilidades y fortalezas que se analizan en esta primera fase, estableciéndose una serie de conclusiones en torno a los distintos organismos urbanos en los cuáles es interesante el desarrollo de la investigación.

1.1. Justificación de la elección del contexto local. La importancia de la regeneración de la envolvente de edificios en el municipio y análisis de este a través de los principales indicadores urbanos contenidos en su Agenda Local XXI

La prolongación de la vida útil de un edificio por encima de los cincuenta años comporta una importante reducción de los impactos medioambientales. Investigaciones como la llevada a cabo por Palacios-Muñoz (Palacios-Muñoz, Peuportier, García-Vila, & López-Mesa, 2019) cuantifican dichas reducciones y las fijan en un 29% para edificios que prolongan su vida útil 80 años, en un 38% para aquellos que la aumentan hasta los 100 años y de un 44% para los que alcanzan los 120 años en aptitud de servicio. A este propósito, cabe señalar que la vida útil del parque inmobiliario existente es elevada y se ha promediado para el ámbito nacional en 80 años (Rincón, Pérez, & Cabeza, 2013); del mismo modo se ha determinado que Andalucía cuenta con el mayor parque inmobiliario existente a nivel nacional (el 21% respecto del total) anterior al año 2001, habiéndose calculado una vida media de 77 años.

Paralelamente se constata que el parque inmobiliario existente de Andalucía es susceptible de ser rehabilitado energéticamente, a tenor de los consumos energéticos elevados que son identificables a través de los valores para la certificaciones emitidas (España, 2018a) y que muestran que en su práctica totalidad (con un 99.45%) se obtienen valores por debajo de la letra D (España et al., 2018). Este hecho refuerza el interés de desarrollar la investigación en esta comunidad, dada su representatividad.

A fin de acotar la investigación a un contexto sobre el cual se desarrolle la misma y que se ajuste a la consecución de los objetivos planteados en la metodología, se propone el municipio de Málaga como paradigmático a este respecto por la concurrencia de los siguientes hechos:

- El interés por parte de la administración pública en la transformación sostenible y tecnológica de la ciudad, plasmado a través de una Agenda Local XXI en constante actualización.
- La tendencia ascendente del número de hogares (23.83% respecto de datos de 2011) y una tasa de crecimiento en base al año 2020 positiva de 7.04 (2016).
- El importante parque inmobiliario del municipio perteneciente al siglo pasado de 41,186 edificios (IECA, 2020), siendo la segunda capital andaluza, tras Sevilla, con mayor número de edificios sobre los cuales se habría de intervenir.

El área urbana del municipio de Málaga concentra un total de 573,382 habitantes (2017), posee una superficie en su conjunto de 39,817.83 hectáreas en la que se han censado un número total de 254,658 hogares (INE, 2011), de los cuales 211,358 son principales. De los restantes 43,300, no principales, en torno a 14,860 son segundas viviendas y aproximadamente un 65% de estas viviendas están vacías durante la mayor parte del año.

El importante desarrollo urbano que se produjo en el municipio entre los años sesenta y setenta trajo consigo la mayor parte del stock inmobiliario de la ciudad, perteneciendo a esta etapa el 46% de las viviendas. La tendencia sufrió una importante moderación entre las dos décadas posteriores, situándose en un 27% las viviendas pertenecientes a esta etapa. La última década, marcada por la crisis del sector inmobiliario, ha dejado un total de 43,292 viviendas en todo el municipio.

Podemos afirmar, a la vista de los datos recogidos por la Agenda Local XXI, que alrededor de 25,465 viviendas en Málaga tienen más de cincuenta años; que la edad media de la vivienda en la ciudad oscila los treinta años y que, por tanto, son susceptibles de una mejora de las condiciones de habitabilidad y seguridad; y que el

total del parque inmobiliario existente que presenta un importante potencial de rehabilitación se sitúa en torno al 56%, lo que supone 142,609 viviendas.

Con relación al estado de los edificios malagueños (IECA, 2020), el censo realizado en 2011 establece que el 92.96% de los mismos presentan un buen estado de conservación, el 5.66% tienen alguna deficiencia, mientras que tan sólo el 1.15% presenta un mal estado y el 0.23% está en proceso de declaración oficial de ruina o le ha sido concedida; no siendo considerados para esta clasificación aspectos relacionados con la demanda o el consumo energético de los edificios o la adecuación de los mismos a las exigencias funcionales de quienes los habitan. No obstante, a tenor de los datos mostrados por el séptimo informe sobre el estado de la certificación energética de los edificios a nivel de las comunidades autónomas emitido por el ministerio para la transición ecológica en 2018, no habiendo sido posible acceder a dichos datos a nivel local, podemos concluir que en torno al 93.96% de las viviendas existentes a nivel de Andalucía presentan una calificación por debajo de la letra D para sus emisiones, lo cual constituye un hecho lo suficientemente contundente como para que podamos afirmar que el parque inmobiliario existente a nivel andaluz es mayoritariamente ineficiente energéticamente. No obstante, se entrevén moderadas mejoras respecto de datos de 2015, cuando dicha proporción era de un 96.57%.

A fin de establecer una delimitación precisa entre las distintas áreas de la ciudad que nos permita estudiar aspectos generales de la misma, así como para establecer una conexión clara entre los órganos de gobierno municipal y el concepto ecosistémico de *organismo urbano* ilustrado con anterioridad (Garrido-Piñero, 2015), se establecen las juntas municipales de distrito como unidad irreductible de gestión local que permite responder a las necesidades y demandas de un sector urbano con una entidad representativa y con capacidad para ser analizado.

La ciudad de Málaga cuenta actualmente con once juntas municipales de distrito: 1, Málaga Centro; 2, Málaga Este; 3, Ciudad Jardín; 4, Bailén-Miraflores; 5, Palma-Palmilla; 6, Cruz de Humilladero; 7, Carretera de Cádiz; 8, Churriana; 9, Campanillas; 10, Puerto de la Torre y 11, Teatinos-Universidad. A su vez cada junta de distrito se divide administrativa y físicamente en una serie de barrios, que responden a una morfología concreta, la cual se amplía en el apartado 1.4.

Se ha apostado por establecer un sistema de aproximación a la escala de barrio a través de la figura administrativa de los distritos municipales frente a otros criterios de interpretación de los sectores que conforman la ciudad más académicos, como el de *áreas municipales*, del que se sirve la AXXI de Málaga para la evaluación de sus indicadores, por considerarse la cuestión de la gestión local de vital importancia para el entendimiento de actuaciones sobre edificación existente.

A continuación, se realiza un sucinto análisis de aquellos indicadores principales de la ciudad a considerar de cara al planteamiento de actuaciones regenerativas a nivel de la envolvente de los edificios, dicho análisis se enfoca desde la perspectiva social, ambiental y económica. La información que se expone a continuación ha sido facilitada principalmente por el Organismo Autónomo de Gestión Tributaria (OAGT), el Observatorio de Medio Ambiente Urbano (OMAU) y el Instituto Municipal de la Vivienda (IMV). La mayor parte de los aspectos abordados en los siguientes párrafos se amplían y detallan en el apartado 1.3.3, mediante el análisis de los datos precisos de la ciudad obtenidos a través de la Agenda local XXI para el año 2019.

1.1.1. Principales indicadores urbanos a considerar desde la perspectiva medioambiental

Tal y como hemos visto en el estado de la cuestión, uno de los aspectos medioambientales esenciales que justifica la actuación sobre la envolvente térmica de los edificios es el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas, es por ello por lo que se entiende necesario contextualizar ambos parámetros en la ciudad de Málaga, a fin de determinar la pertinencia de dichas actuaciones siempre y cuando se justifiquen en criterios de mejora medioambiental.

Si analizamos los datos recogidos por la Oficina de Medio Ambiente Urbano de la ciudad de Málaga tenemos que en el sector residencial las fuentes principales para la generación de energía son, de mayor a menor frecuencia, electricidad, Gases licuados del petróleo (GLP) y Gas Natural (Tabla 5.1).

| Año | Electricidad | GLP | Gas natural | Total | Variación (%) |
|------|--------------|---------|-------------|-----------|---------------|
| 2002 | 548,835 | 75,538 | 37,717 | 2,329,367 | - |
| 2003 | 663,981 | 156,466 | 40,050 | 2,765,103 | 15.8% |
| 2004 | 688,026 | 75,094 | 57,736 | 2,783,927 | 0.7% |
| 2005 | 757,293 | 64,974 | 56,360 | 2,876,702 | 3.2% |
| 2006 | 706,315 | 53,029 | 52,064 | 2,856,767 | -0.7% |
| 2007 | 835,672 | 53,993 | 51,066 | 3,043,543 | 6.1% |
| 2008 | 838,347 | 36,001 | 47,870 | 2,954,250 | -3.0% |
| 2009 | 871,245 | 32,905 | 48,489 | 2,787,943 | -6.0% |
| 2010 | 845,706 | 31,410 | 65,629 | 2,892,958 | 3.6% |
| 2011 | 1,101,422 | 32,905 | 61,413 | 3,036,719 | 4.7% |
| 2012 | 781,193 | 27,642 | 60,234 | 2,640,710 | -15.0% |
| 2013 | 739,632 | 32,135 | 59,424 | 2,557,825 | -3.2% |
| 2014 | 817,631 | 32,881 | 51,632 | 2,629,801 | 2.7% |
| 2015 | 835,563 | 41,345 | 54,566 | 2,691,456 | 2.3% |
| 2016 | 842,121 | 42,593 | 55,639 | 2,711,843 | 0.8% |
| 2017 | 850,296 | 41,589 | 47,307 | 2,707,781 | -0.2% |

Tabla 5.1. Emisiones totales de CO₂ por principales fuentes asociadas al sector residencial (TnCO₂equiv). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga (Agenda Local 2019).

| Año | Residencial | Servicios | Administración pública | Residuos |
|------|-------------|-----------|------------------------|----------|
| 2008 | 409,234 | 388,782 | 72,323 | 37,113 |
| 2009 | 391,219 | 327,251 | 56,171 | 37,431 |
| 2010 | 385,178 | 331,485 | 63,411 | 55,813 |
| 2011 | 376,279 | 326,909 | 64,009 | 77,601 |
| 2012 | 375,464 | 339,112 | 73,953 | 81,158 |
| 2013 | 359,111 | 304,708 | 58,176 | 78,362 |
| 2014 | 357,877 | 300,687 | 58,178 | 80,858 |
| 2015 | 374,585 | 303,231 | 57,892 | 83,350 |
| 2016 | 383,438 | 296,489 | 63,091 | 86,020 |
| 2017 | 386,572 | 292,468 | 66,935 | 88,280 |

Tabla 5.2. Emisiones totales de CO₂ por sector de edificios (TnCO₂equiv). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga (Agenda Local 2019).

Como puede observarse a través de los datos de la Tabla 5.1, los consumos se han reducido de un modo generalizado. No obstante, si analizamos los datos con relación a la fuente energética principal en el sector residencial (Tabla 5.2), observamos que en el intervalo de tiempo que va desde 2008 a 2013 el consumo eléctrico aumenta (de un 82% a un 88%) frente a la reducción moderada del uso de GLP (del 12% al 10%) y la importante caída del Gas Natural (del 6% al 2%).

Si atendemos al consumo medio por servicio y hogar equipado (España. Ministerio de industria energía y turismo, Eurostat, & IDAE, 2014) tenemos que para las viviendas plurifamiliares situadas en la zona mediterránea los consumos para calefacción se estiman en torno al 24.6%, mientras que para refrigeración se calculan en torno al 2%

(ver consideración de zonas climáticas según IDAE en Figura 5.1). No supone en ninguno de los dos casos la situación más extrema en lo que se refiere a consumos; siendo la zona atlántica una de las más desfavorables desde el punto de vista de los consumos en refrigeración (5.9% del total) y la zona continental en la que se produce un menor ahorro energético en los meses de invierno (43.9% del total).



Figura 5.1. Mapa de España con indicación de clasificación de zonas climáticas según IDAE. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Todos estos consumos se tradujeron en una serie de emisiones de dióxido de carbono que fueron estimadas para el año 2017 en 386,572 TnCO_{2equiv} (Tabla 5.2), lo cual comporta una reducción del 5.54% frente a los datos obtenidos para el año 2008. Sin embargo, al contrastar los datos de dicho año con las emisiones generadas por la central de ciclo combinado que abastece a la ciudad de Málaga, 678,000 TnCO_{2equiv} (PRTR-España, 2020), observamos que las emisiones asociadas a los consumos energéticos de las viviendas de la ciudad representaron el 57.02%, habiéndose reducido desde el año 2013 tan sólo un 0.53%. Con ello, se pone de relieve la importancia a nivel local de la reducción de los consumos en el sector residencial.

Por otra parte, para comprender el peso específico a nivel estatal de la consideración de estos parámetros con relación al planteamiento de actuaciones sobre la envolvente, consideraremos los datos de emisiones obtenidos para España en su conjunto según el Instituto Nacional de Estadística para el año 2017 (fecha de la cual se dispone de datos) (INE, 2019), que cifra en un total 79,707.30 KTnCO_{2equiv} la aportación de GEI de los hogares españoles y otros servicios (comercial e institucional), lo que supone un 27.58% de las emisiones totales cuantificadas, lo cual sitúa a estas ramas de

actividad por delante de las otras recogidas por la estadística. A partir de estos datos, podemos verificar que los consumos de las viviendas del municipio de Málaga representaron para ese mismo año en el conjunto de emisiones nacionales un 0.94 %, algo poco significativo si comparamos con ciudades de mayor entidad urbana como Madrid, la cual cifró para el mismo año sus emisiones por el mismo concepto en 5,465 $\text{KTnCO}_{2\text{equiv}}$, o lo que es lo mismo, un 6.86 % de las emisiones totales (FFII, & ETSII de la UPM, 2013). A tenor de estos datos, se pone de manifiesto que la justificación de las necesarias actuaciones sobre la envolvente de los edificios no puede centrarse exclusivamente en la minimización del consumo de estos en fase operacional, dado el peso específico de las emisiones residenciales locales con relación al conjunto del país.

Este hecho, lejos de alejarnos del objeto de la investigación, pone de manifiesto la necesidad de contemplar otras dimensiones de la sostenibilidad a la hora de abordar las intervenciones.

Del mismo modo, a la luz de los resultados expuestos en la Tabla 5.1, conviene destacar el aumento del consumo eléctrico en detrimento de otras fuentes energéticas como una tendencia consolidada. Ello justifica la proposición de nuevos modelos energéticos descentralizados que permitan satisfacer las necesidades de consumo de *Organismos Urbanos*, especialmente si consideramos los importantes impactos que se derivan de la red de abastecimiento municipal. Dicha red es alimentada por una central térmica de ciclo combinado cuyo combustible principal es el gas natural y que cuenta con unas emisiones medias anuales desde que existen registros (2010) de 643.55 $\text{KTnCO}_{2\text{equiv}}$, viéndose incrementado el último dato consultado (2018) en un 246 % respecto del primero. Generar redes limpias de autoconsumo a escala de barrio es un modo eficaz de hacer frente a esta situación y cuyas posibilidades están siendo investigadas tanto para la promoción de sistemas descentralizados (Koirala et al., 2016), como para la construcción de redes de distrito para calefacción y/o refrigeración (Best et al., 2020).

1.1.2. Principales indicadores urbanos a considerar desde la perspectiva económica

La caracterización de los distintos aspectos a abordar desde la perspectiva económica se centra, por un lado, en determinar el peso específico de la construcción en el conjunto de sectores productivos a fin de cuantificar cómo ha afectado a nivel de producción de viviendas y en términos de empleo la situación de crisis internacional de la que venimos y, por otro, en caracterizar el tejido productivo local que ha de dar respuesta a la intervención en materia de regeneración de la envolvente de los edificios.

Cabe destacar el peso del sector terciario en la economía del municipio, así como el aumento de la importancia del mismo a lo largo de la última década, en detrimento del resto de sectores. De especial relevancia es el sector de la construcción que, entre los años 2008 y 2015, llegó a disminuir su peso en un 6.3 % (Tabla 5.3). Los datos mostrados por la Agenda Local XXI de Málaga para los años 2016 y 2017 presentan inconsistencias y han sido omitidos. No obstante, los datos a nivel de la provincia (IECA, 2020) muestran para el año 2019 una tendencia a la consolidación del sector servicios como el principal y una ligera recuperación del peso específico del sector de la construcción (Figura 5.2).

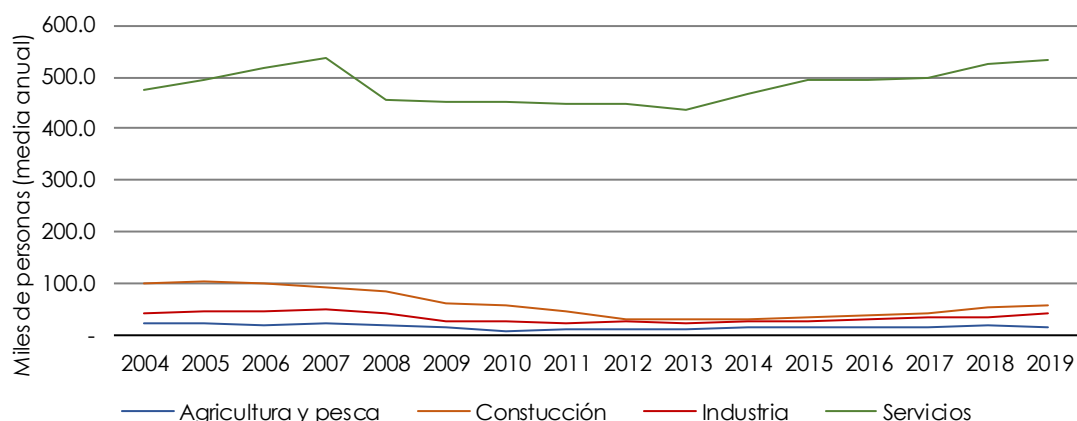


Figura 5.2. Evolución de la población ocupada por sectores para la provincia de Málaga entre los años 2004 y 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

| Año | Datos a nivel del municipio (OMAU) | | | | Datos a nivel de la provincia (INE). Encuesta de población activa | | | |
|---------------------------|------------------------------------|--------------|-----------|-----------|--|--------------|-----------|-----------|
| | Agricultura y pesca | Construcción | Industria | Servicios | Agricultura y pesca | Construcción | Industria | Servicios |
| 2004 | 2.00% | 15.00% | 15.00% | 68.00% | 3.6% | 15.8% | 6.6% | 74.0% |
| 2005 | 2.00% | 15.50% | 15.10% | 67.40% | 3.6% | 15.5% | 6.9% | 74.1% |
| 2006 | 2.00% | 15.50% | 15.10% | 67.40% | 3.0% | 14.6% | 6.9% | 75.4% |
| 2007 | 1.90% | 15.30% | 15.20% | 67.60% | 3.0% | 13.3% | 7.2% | 76.5% |
| 2008 | 1.90% | 14.20% | 15.10% | 68.80% | 3.0% | 14.4% | 7.2% | 75.5% |
| 2009 | 1.90% | 15.20% | 14.80% | 68.10% | 2.6% | 11.1% | 5.0% | 81.4% |
| 2010 | 1.70% | 13.90% | 14.50% | 69.90% | 1.7% | 10.8% | 4.5% | 82.9% |
| 2011 | 1.60% | 10.00% | 13.50% | 74.90% | 2.1% | 8.6% | 4.5% | 84.7% |
| 2012 | 1.60% | 8.50% | 13.00% | 76.90% | 1.9% | 6.3% | 5.0% | 86.7% |
| 2013 | 1.50% | 8.00% | 12.90% | 77.60% | 2.5% | 5.8% | 4.6% | 87.2% |
| 2014 | 1.50% | 7.90% | 12.70% | 77.90% | 2.8% | 5.7% | 4.8% | 86.7% |
| 2015 | 1.40% | 7.90% | 12.50% | 78.20% | 3.0% | 6.1% | 4.4% | 86.5% |
| 2016 | - | - | - | - | 2.9% | 6.6% | 5.2% | 85.4% |
| 2017 | - | - | - | - | 2.6% | 7.1% | 5.9% | 84.3% |
| 2018 | - | - | - | - | 2.9% | 8.5% | 5.3% | 83.4% |
| 2019 | - | - | - | - | 2.4% | 8.8% | 6.4% | 82.3% |
| Tendencia | Λ | V | V | Λ | - | - | - | - |
| Tendencia deseable | = | V | Λ | = | - | - | - | - |

Tabla 5.3. Estructura productiva según porcentaje de población activa conforme a sectores productivos a nivel municipal y provincial. Fuente: OMAU a partir de datos de la EPA (INE) (Agenda Local XXI de 2019) e Instituto de estadística y cartografía de Andalucía

Este impacto negativo sobre el sector supuso una reducción del 70.85% de las licencias anuales concedidas entre dichos años respecto del promedio de licencias anuales concedidas los 47 años precedentes (entre 1960 y 2007). Estos datos reflejan una drástica reducción del sector secundario, que responde a un contexto de crisis internacional que se tradujo en términos laborales en una tasa de desempleo de 36.2% para el año 2013 y unas estimaciones de viviendas de nueva planta sin vender a finales del mismo año que oscilaba entre las 25.000 y 40.000 unidades.

Dicho decrecimiento del sector comportó la consecuente bajada del precio de la vivienda, que para el caso del área municipal de la Rosaleda supuso una reducción del 45.7% (Tabla 5.4).

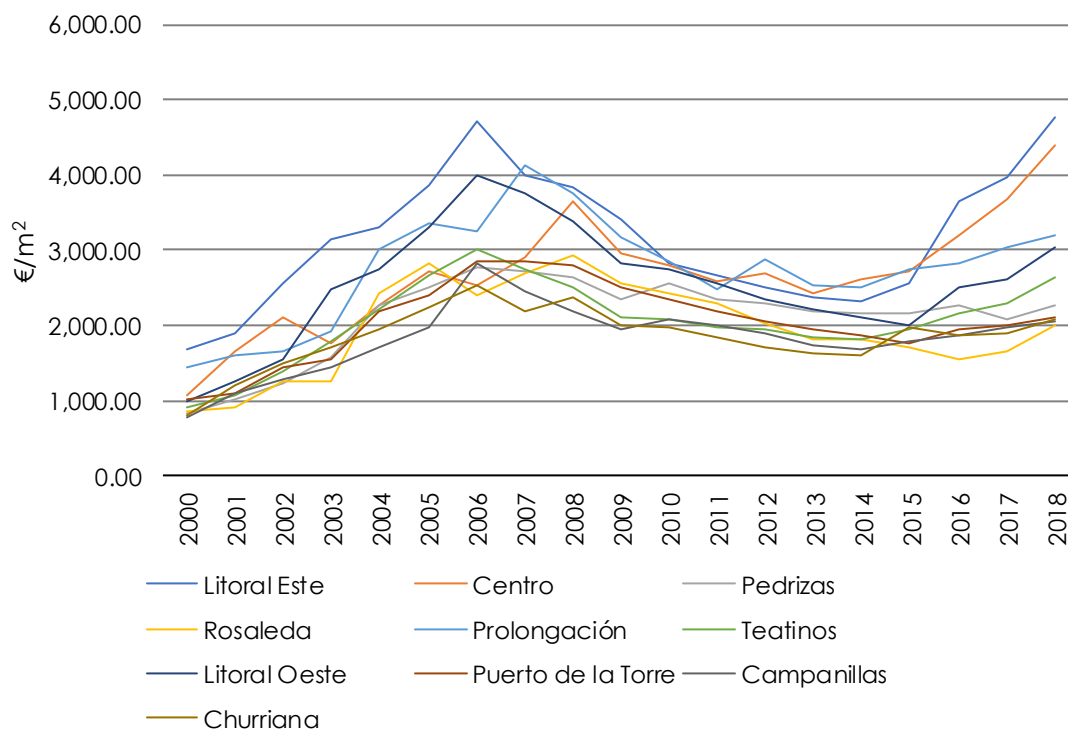


Figura 5.3. Evolución del precio medio de la vivienda nueva por áreas entre los años 2000 y 2018. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del OMAU (Agenda Local 2019).

La caída del sector comportó, como ya hemos visto, un descenso importante en la construcción y venta de nueva vivienda, así como la consecuente destrucción de empleo y desaparición de empresas del sector. Desde instituciones europeas y estatales se trató de reorientar la actividad del sector hacia la regeneración urbana y de edificios a través de distintos planes estratégicos y políticas públicas. En base a estos planteamientos, observamos que se promueven líneas de financiación para actuaciones en materia de construcción sostenible, las cuales veremos de manera detallada en el apartado 1.3.2.

Al objeto de caracterizar el tejido productivo local que potencialmente aborde la transformación del parque inmobiliario existente, observamos que a nivel autonómico se pone a disposición de los agentes intervinientes una plataforma virtual que permite localizar las entidades colaboradoras que prestan servicios energéticos y/o elaboran certificados previos y posteriores para poder acogerse a este tipo de iniciativas (AAE, 2020). La Tabla 5.4 recoge el número de empresas localizadas en la capital malagueña adscritas al Programa para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía a fecha de la consulta realizada (24 mayo de 2020) y el tipo de servicios que ofertan. No obstante, se observa que en su mayoría no son empresas especializadas en la prestación de servicios energéticos y/o que permitan elaborar certificados previos y/o posteriores, lo cual viene a ilustrar que la construcción sostenible es aún incipiente (73 empresas), habida cuenta que en la ciudad se cuenta con un total de 540 empresas constructoras y 93 empresas de servicios relacionados con la arquitectura, y por ende con competencias y atribuciones en esta materia, según las bases de datos confeccionadas por INFORMA D&B (2020).

| Tipo de entidad colaboradora | N.º |
|--|-----------|
| Entidades sin actividad estrechamente relacionada con el Programa | 50 |
| Elaboración de certificados previo / posterior | 13 |
| Elaboración de certificados previo / posterior y prestación de servicios energéticos (Categoría C) | 8 |
| Prestación de servicios energéticos (Categoría C) | 2 |
| Número total de entidades colaboradoras | 73 |

Tabla 5.4. Tipos de entidades colaboradoras reconocidas por la Agencia Andaluza de la Energía para el municipio de Málaga. Fuente: AAE, 2020.

1.1.3. Principales indicadores urbanos a considerar desde la perspectiva social

Para comprender algunos de los aspectos esenciales que relacionan la morfología actual de la ciudad con la población y sus características hemos de destacar el notable crecimiento demográfico que se produjo en la capital entre los años sesenta y ochenta, el cual supuso el mayor aumento de población en su historia. La ciudad pasó de contar con 300,000 habitantes en la década de los sesenta a incrementar dicha cifra en 200,000 personas pasados escasos veinte años.

Los desarrollos urbanos que se produjeron para dar cabida a esta nueva población, procedente principalmente del ámbito rural de la provincia, fueron planificados de un modo poco coordinado, consolidándose la periferia de la ciudad como la principal área residencial, en perjuicio de los barrios históricos y del centro. Urbanistas y arquitectos adoptaron entonces como paradigma la generación de un modelo urbano basado en la zonificación, que apostaba por una edificación de alta densidad mediante conjuntos de torres residenciales interconectadas por vastas extensiones de aparcamiento que satisficiesen las necesidades de estacionamiento de automóviles de los residentes, como respuesta a un periodo en el cual el vehículo individual suponía la principal alternativa de movilidad en las ciudades.

Fruto de esta intensa etapa edificatoria y respondiendo al perfil señalado, surgen en Málaga barrios como el de Huelín, Jardín de la Abadía o el Torcal, situados todos ellos en el occidental distrito municipal de Carretera de Cádiz, que en la actualidad concentra un 20.10% de la población total de la ciudad, estableciéndose como uno de los sectores más densos junto con el de Cruz de Humilladero (15.04%) y el Centro (14.19%) (Figura 5.4).

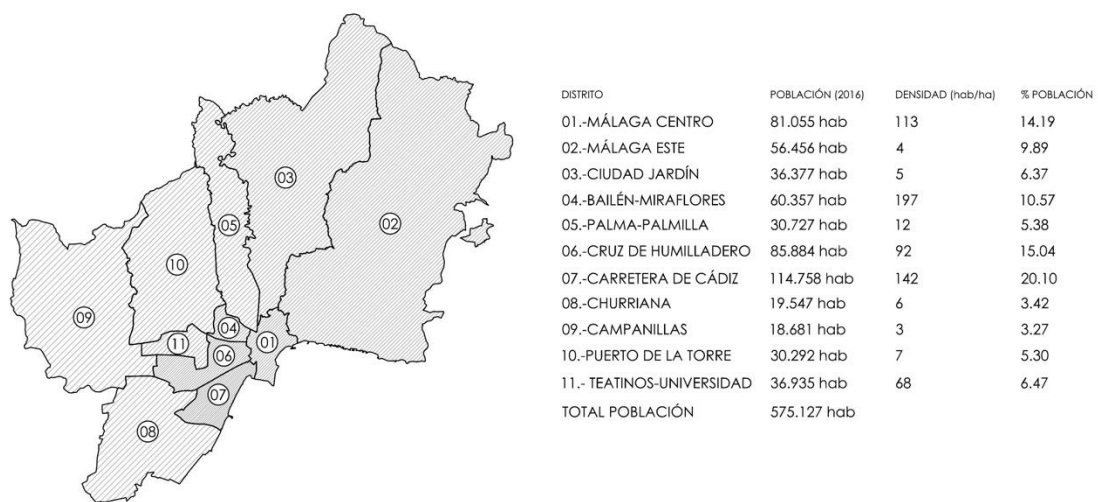


Figura 5.4. Número de habitantes por distritos municipales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la OAGT de 2016.

Si atendemos a los datos ofrecidos comparativamente para las distintas áreas urbanas que identifica la AXXI entre los años 2008 y 2017, se hace evidente un moderado aumento en el número de habitantes de la ciudad (0.55%) y un incremento de la población en aquellas zonas periféricas como Puerto de la torre, Campanillas, Churrana y Guadalhorce, donde se ofrece una importante oferta de vivienda de nueva planta (Tabla 5.5).

Así mismo, en la Tabla 5.5 se recoge la compacidad neta (Identificada como CN) de dichas áreas urbanas, o lo que es lo mismo, el techo edificado entre superficie de parcelas, excluyendo en ambos casos el uso industrial. A partir de estos datos podemos inferir que los aumentos más significativos de población se producen en aquellas áreas con una compacidad neta más baja, donde se promueve un modelo de ciudad en el que prima la construcción de viviendas unifamiliares de nueva planta, con la consecuente contribución a la consolidación de una ciudad difusa, contraria a los objetivos manifestados en la Agenda Local XXI. En cambio, se constata que aquellas áreas más compactas, con mayor presencia de viviendas plurifamiliares, sufren pérdidas de población. Este hecho permite vislumbrar el interés por parte de los habitantes de establecerse en áreas urbanas periféricas, lo cual se relaciona con un menor coste para la compraventa de la vivienda de nueva planta en dichos sectores (Figura 5.3), contribuyendo ineludiblemente a este hecho, la elevada tasa de crecimiento acumulado del precio medio de oferta del alquiler (superior al 45%) que se ha producido en la ciudad entre los años 2014 y 2019, según apuntan los datos recogidos por el Banco de España para la evolución reciente del mercado del alquiler de vivienda (2019), y que motiva que las viviendas existentes se destinen mayoritariamente al alquiler, dado el aumento de la rentabilidad para los arrendadores. Sin embargo, este fenómeno contribuye a un modelo de ciudad diseminada y en expansión que, atendiendo a la cuestión particular de la regeneración urbana, difícilmente encuentre en la población flotante de la cual se nutre actores necesarios para la adecuada transformación de los contextos urbanos obsoletos.

| Año | Litoral Este | Centro | Pedri- zas | Rosa- leda | Prolon- gación | Teati- nos | Gua- dal- horce | Litoral Oeste | Puerto de la torre | Cam- panillas | Chu- rriana | Bahía de Málaga |
|-------------------------|--------------|--------|---------------|---------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 2008 | 72,136 | 34,751 | 50,791 | 100,040 | 101,507 | 36,071 | 6,768 | 115,462 | 19,992 | 14,739 | 11,739 | 6,391 |
| 2009 | 72,175 | 34,787 | 50,639 | 100,293 | 99,926 | 37,079 | 7,136 | 114,997 | 20,285 | 14,933 | 11,933 | 6,482 |
| 2010 | 71,525 | 34,846 | 50,325 | 99,980 | 98,382 | 37,922 | 7,314 | 114,766 | 21,316 | 15,303 | 12,056 | 6,441 |
| 2011 | 70,782 | 34,742 | 49,841 | 103,319 | 92,265 | 34,431 | 7,347 | 115,147 | 27,230 | 15,476 | 12,641 | 5,998 |
| 2012 | 70,535 | 34,614 | 49,555 | 103,735 | 91,916 | 34,791 | 7,273 | 114,566 | 27,762 | 15,407 | 12,577 | 6,005 |
| 2013 | 69,889 | 33,902 | 49,683 | 103,234 | 90,680 | 35,495 | 7,468 | 113,621 | 28,552 | 15,511 | 12,975 | 6,133 |
| 2014 | 69,241 | 33,849 | 49,555 | 103,414 | 90,400 | 36,447 | 7,596 | 113,367 | 28,945 | 15,896 | 13,106 | 6,253 |
| 2015 | 68,613 | 33,505 | 49,381 | 102,955 | 89,791 | 36,979 | 7,620 | 112,954 | 29,335 | 15,939 | 13,173 | 6,128 |
| 2016 | 69,050 | 33,181 | 49,527 | 103,127 | 89,388 | 32,764 | 7,713 | 112,830 | 30,520 | 17,668 | 13,398 | 6,167 |
| 2017 | 69,075 | 33,413 | 49,941 | 104,246 | 89,737 | 37,682 | 7,793 | 113,375 | 30,737 | 17,692 | 13,599 | 6,252 |
| % dif. 2017/ 2008 | -4.2% | -3.9% | -1.7% | 4.2% | -11.6% | 4.5% | 15.1% | -1.8% | 53.7% | 20.0% | 15.8% | -2.2% |
| CN | 0.67 | 2.76 | 1.04 | 3.07 | 3.09 | 1.40 | 0.47 | 2.88 | 0.51 | 0.80 | 0.41 | 0.38 |

Tabla 5.5. Evolución del número de habitantes y compacidad neta por áreas urbanas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la OAGT de 2019 (Agenda Local XXI 2019)

Por otra parte, uno de los aspectos que merece especial atención al considerar indicadores sociales en los procesos de regeneración de edificios y, por ende, de barrios y distritos municipales, es el mecanismo de participación a través de las instituciones y la red de asociaciones que permiten el fortalecimiento del gobierno local mediante la intervención de los ciudadanos en la gestión de los asuntos municipales.

A través del Reglamento Orgánico de Participación Ciudadana, que entró en vigor el 2 de junio de 2016, el ayuntamiento de la ciudad de Málaga dio respuesta al artículo 9.2 de la constitución española, estableciendo las formas y mecanismos de participación de los ciudadanos en la vida municipal. De este modo el texto legislativo distingue entre: Título I, los derechos de los/las ciudadanos/as; título II, fomento del asociacionismo y título III, órganos de participación (Ayuntamiento de Málaga, 2016a).

De los distintos aspectos que se contemplan en el reglamento, se caracterizan los órganos de participación, mediante los cuales se pueden realizar propuestas, estando constituidos esencialmente por representantes de las administraciones, asociaciones, así como agentes sociales y entidades del municipio.

La participación ciudadana en el ámbito municipal se articula mediante los órganos aquí indicados (Figura 5.5):

- Consejo Social de la Ciudad
- Consejos Sectoriales de Participación
- Consejos Territoriales de Participación

- **Consejo Social de la Ciudad**

Tal y como se define en el artículo 1 del reglamento orgánico propio (Ayuntamiento de Málaga, 2016b, pp. 6-7), el Consejo Social de la Ciudad es un Órgano colegiado independiente de carácter consultivo y de participación, que está integrado por representantes de organizaciones económicas, sociales, profesionales y de vecinos más representativas. Todos ellos constituyen una plataforma institucional de diálogo permanente y deliberación, siendo una de sus funciones principales la elaboración de informes, estudios y propuestas en materia de desarrollo económico local, estrategia de planificación de la ciudad y desarrollo urbano para el municipio de Málaga.

- **Consejos Sectoriales de Participación**

Los consejos sectoriales son órganos de información, participación y propuesta que actúan en el ámbito de los distintos sectores de actuación en los que la administración local tiene competencias, a saber: 1, Bienestar Social; 2, Mayores; 3, Igualdad de Oportunidades; 4, Accesibilidad; 5, Niños y Niñas; 6, Cooperación y Ayuda al Desarrollo; 7, Seguridad y Convivencia Ciudadana; 8, Movilidad; 9, Juventud y Deportes; 10, Educación y Cultura; 11, Turismo; 12, Desarrollo Sostenible, Urbanismo y Medio Ambiente; 13, Comercio, Empleo y Nuevas Tecnologías; 14, Voluntariado y 15, Participación Ciudadana.

- **Consejos Territoriales de Participación**

Con la intención de favorecer la desconcentración municipal y así permitir una mejor gestión de los intereses generales de los ciudadanos surge la figura de los Distritos Municipales, órganos desconcentrados territorialmente e instrumentos de participación ciudadana de una escala inferior a la municipal, que permiten atender a la proposición de soluciones alternativas a los problemas e iniciativas que pudiesen surgir en los barrios que los integran.

El consejo territorial de participación es un órgano que, junto con la presidencia de la junta de distrito, el consejo de distrito y las comisiones de trabajo integran la composición de las Juntas Municipales de Distritos. Su función principal, como órgano colegiado de participación, información, asesoramiento y proposición, es dar cauce a la participación ciudadana, por ello está integrado por organizaciones ciudadanas y de vecinos, siendo sus propuestas no vinculantes.

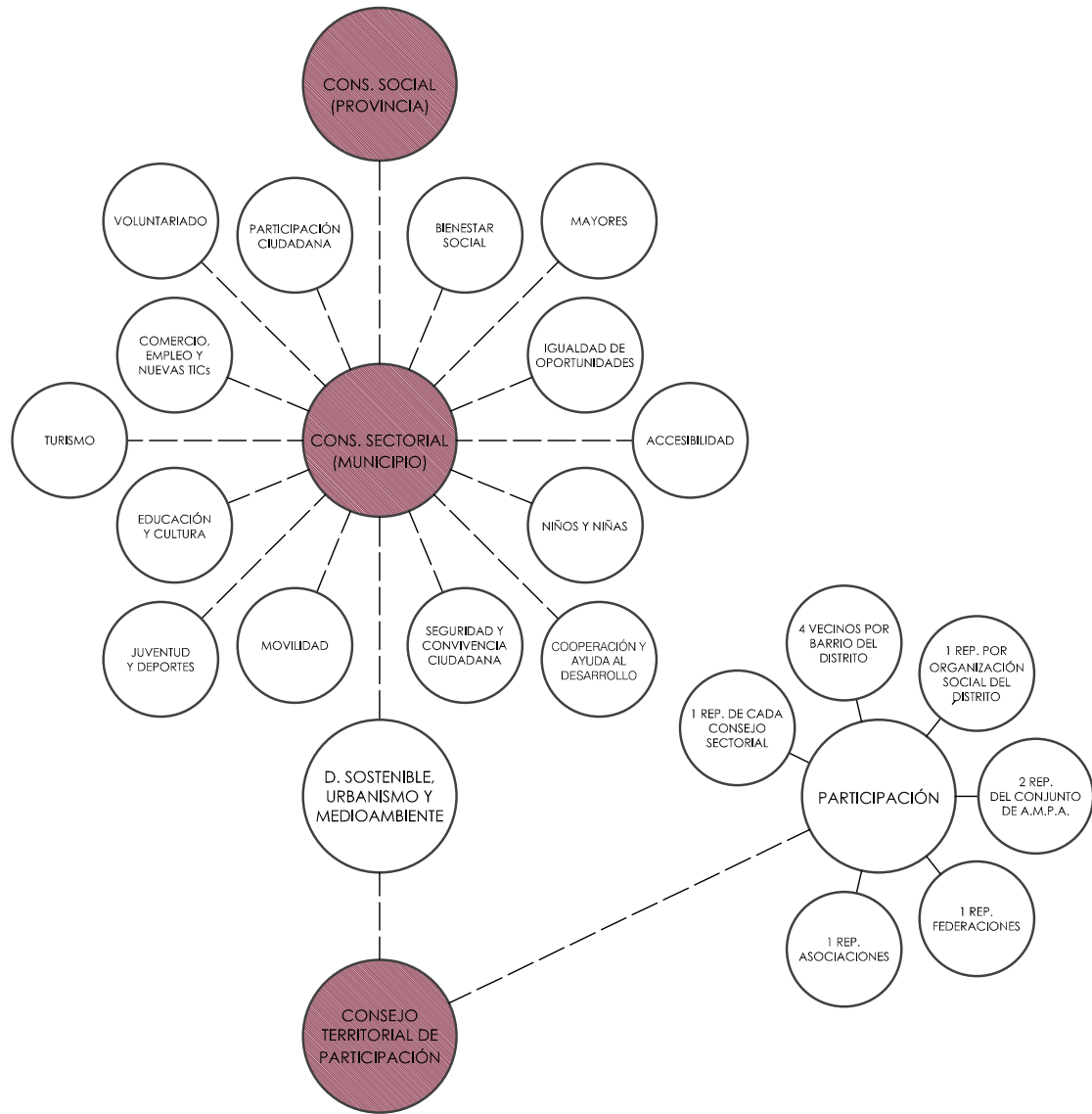


Figura 5.5. Esquema de estructura de participación ciudadana a través de organismos municipales. Fuente: Elaboración propia.

1.2. Estudio del clima y requerimientos generales para la reducción de la demanda energética

Considerar los parámetros climáticos del contexto en el cual planteamos la intervención resulta de vital importancia, puesto que acometemos la actuación sobre la envolvente de los edificios como estrategia esencial para la reducción del consumo energético y la mejora del confort térmico. Por tanto, las actuaciones que planteemos sobre la envolvente habrán de comportar una mejora respecto de las condiciones de las que partimos, pero no únicamente mediante la incorporación de aislamiento, pudiendo de este modo acometerse transformaciones bioclimáticas y funcionales de la misma que permitan diversificar las estrategias pasivas de intervención atendiendo a unas características climáticas dadas.

El objeto de este apartado es, por una parte, identificar las variables climáticas de la localidad malagueña al tiempo que se analiza su evolución en las últimas décadas y se pone en relación estos datos con recientes investigaciones en torno a cómo modifica el cambio climático las distintas variables y, por otra, determinar el tipo de estrategias que, *a priori*, podrían ser consideradas con relación a la componente climática.

El interés de no ofrecer una foto fija del clima y poner en relación los datos climáticos actuales con los resultados de las investigaciones sobre los efectos del cambio climático, los cuales han sido pormenorizadamente analizados por la Red de Información Ambiental de Andalucía a partir de investigaciones del IPCC, responde a una preocupación del investigador por determinar en qué modo dichas alteraciones podrían modificar la forma en que intervenimos en los edificios. Es por ello por lo que se distingue entre dos apartados para abordar la cuestión del clima: *situación del clima en el siglo XX y comienzos del XXI*, y *evolución del clima en el siglo XXI*.

1.2.1. Situación del clima en el siglo XX y comienzos del XXI

Los datos que se recogen en la Tabla 5.6 proceden de la red de información ambiental de Andalucía y caracteriza los distintos climas de la provincia de Málaga. Atendiendo a dicha información, se observa que el municipio de Málaga (Figura 5.6) pertenece al grupo climático "mediterráneo subtropical", caracterizado por unas temperaturas suaves en ambos regímenes climáticos y con unas precipitaciones medias anuales en el entorno de los 700mm. En la Tabla 5.7 se particularizan los datos climáticos por meses que la agencia estatal de meteorología recoge a través de la estación climática situada en el aeropuerto de Málaga. Esta información estadística se recoge en un archivo extensión epw, el cual se ha considerado para las simulaciones energéticas del objeto de estudio que se realiza en la fase 2. Del mismo modo, dichos datos de partida son transformados, según se indica en el apartado 1.2.2., a fin de determinar la evolución climática durante los próximos sesenta años, lo cual nos permite estimar el consumo energético futuro del edificio en fase operacional, pudiendo comparar la evolución del mismo en base a la implementación o no sobre él de estrategias de mejora de la envolvente.

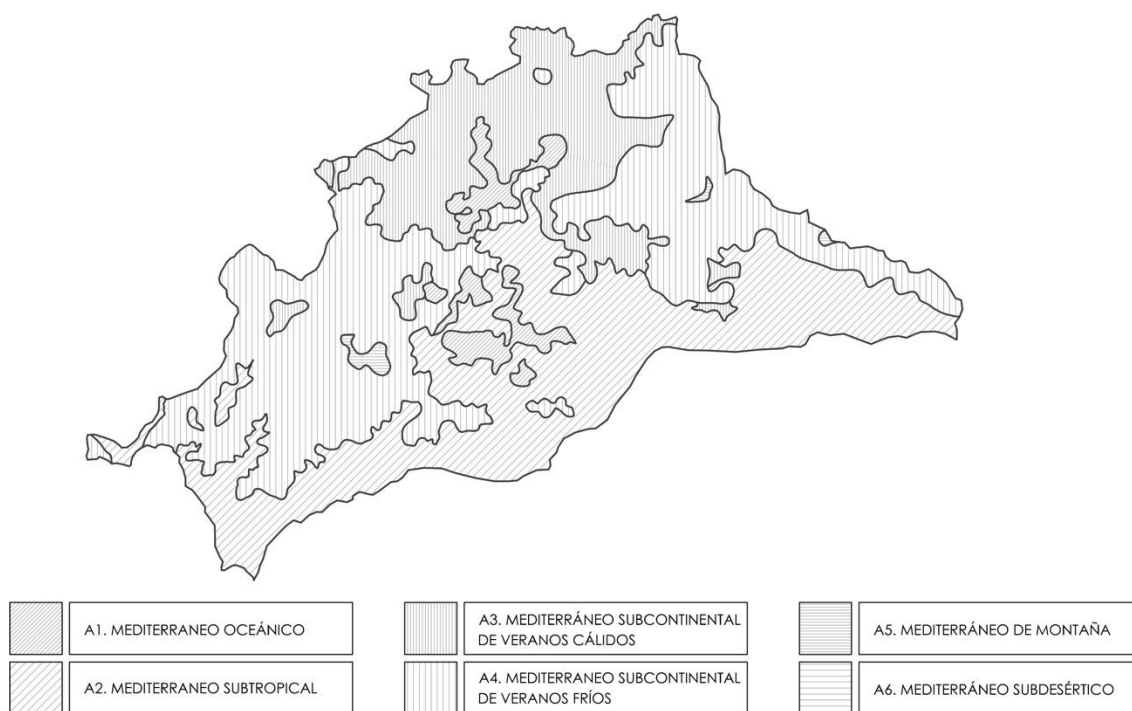


Figura 5.6. Clasificación bioclimática de la provincia de Málaga, periodo 1961-2000, según Modelo de Circulación General (MCG) CNM3 para escenario A1b. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

| Grupo climático | Temperaturas medias anuales | | | | | | | | Precipitaciones Días de anuales (mm) | | | |
|---|-----------------------------|--------------|------|------|-------|-------------------------|-----------------------|--------|--------------------------------------|-------|------|--|
| | Mes más Cálido | Mes más frío | Mín. | Máx. | Media | Máx. del mes más cálido | Mín. del mes más frío | Lluvia | Nieve | Calor | Frío | |
| A1 Mediterráneo oceánico | 26.3 | 10.5 | 11.6 | 24.1 | 17.8 | 34.3 | 5.6 | 584.0 | 0.0 | 6.6 | 41.7 | |
| A2 Mediterráneo subtropical | 25.0 | 11.0 | 12.7 | 21.9 | 17.2 | 30.5 | 7.1 | 719.0 | 0.0 | 3.8 | 10.9 | |
| A3 Mediterráneo subcontinental de veranos cálidos | 26.9 | 8.5 | 10.3 | 23.5 | 16.8 | 35.4 | 3.4 | 531.0 | 0.0 | 16.5 | 49.7 | |
| A4 Mediterráneo subcontinental de inviernos fríos | 24.7 | 7.0 | 8.5 | 21.0 | 14.7 | 32.9 | 2.1 | 620.0 | 10.0 | 33.2 | 49.7 | |
| A5 Mediterráneo de montaña | 20.5 | 3.4 | 3.9 | 17.1 | 10.4 | 29.3 | -1.7 | 807.0 | 365.0 | 84.9 | 29.9 | |
| A6 Mediterráneo desértico | 26.2 | 10.8 | 12.3 | 23.0 | 17.6 | 32.1 | 5.9 | 236.0 | 0.0 | 8.2 | 17.7 | |

Tabla 5.6. Valores medios de las variables climáticas y bioclimáticas más importantes durante el periodo 1961-2000 para la distribución de grupos climáticos de Andalucía. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM)

| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|-------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperaturas | T. ° mín. absoluta | -2.6 | -3.8 | -1.2 | 2.8 | 5 | 9.8 | 10 | 12.2 | 10.2 | 5.6 | 1.4 | -0.8 | 4.1 |
| | T. ° mín. media | 7.4 | 8.2 | 9.8 | 11.1 | 14.2 | 18 | 20.5 | 21.1 | 18.8 | 15 | 11.3 | 8.9 | 13.7 |
| | T. ° media | 12.1 | 12.9 | 14.7 | 16.3 | 19.3 | 23 | 25.5 | 26 | 23.5 | 19.5 | 15.7 | 13.2 | 18.5 |
| | T. ° máx. media | 16.8 | 17.7 | 19.6 | 21.4 | 24.3 | 28.1 | 30.5 | 30.8 | 28.2 | 24.1 | 20.1 | 17.5 | 23.5 |
| | T. ° máx. absoluta | 26.8 | 30 | 31.4 | 33 | 35 | 41 | 44.2 | 44 | 40 | 36.3 | 30.4 | 24.6 | 34.7 |
| Fenómenos atmosféricos | Días de precipitaciones (≥ 1mm) | 5.8 | 4.8 | 4 | 4.5 | 3.1 | 0.8 | 0.1 | 0.5 | 2.1 | 4.4 | 5.6 | 6.6 | 42.3 |
| | Precipitación total (mm) | 68.7 | 60.2 | 51.6 | 43.6 | 20.3 | 5.5 | 0.4 | 6 | 20.2 | 57.1 | 101 | 99.6 | 534 |
| | Humedad relativa (%) | 69 | 68 | 67 | 63 | 59 | 58 | 58 | 61 | 65 | 70 | 71 | 72 | 65 |
| | Horas de sol | 181 | 180 | 222 | 244 | 292 | 329 | 347 | 316 | 255 | 215 | 172 | 160 | 2913 |

Tabla 5.7. Parámetros climáticos promedio de observatorio del Aeropuerto de Málaga-Costa del sol. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Agencia Estatal de Meteorología.

1.2.2. Evolución del clima en el siglo XXI

La Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM) pronostica los cambios climáticos que se generarán en la comunidad andaluza y el impacto al ecosistema. Para ello, se sirve de distintos Modelos de Circulación General (MCG) que son empleados por los simuladores meteorológicos y están basados en los sucesivos informes de evaluación que el IPCC emite. Los datos de esta fuente están actualizados conforme al 4º informe del IPCC.

El modelo del que nos serviremos en esta investigación para analizar la repercusión del cambio climático a nivel de la comunidad andaluza es el CNM3, por ser el más desfavorable de todos los que han sido estudiados por el REDIAM bajo los distintos escenarios económicos asociados a los niveles de emisiones de GEI a la atmósfera, habiéndose determinado a nivel de la comunidad autónoma un aumento de las temperaturas bajo un escenario A2 para el año 2099 de 3.9 ° C respecto de las temperaturas medias anuales registradas entre el periodo que va del 1961 al 2000 (REDIAM, 2014, p.4).

A nivel de la provincia de Málaga, las transformaciones climáticas que se generan quedan reflejadas en la Tabla 5.8. Se verifica en los distintos escenarios analizados un incremento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones que simplificará la diversidad climática, lo cual ha sido estimado a nivel de la comunidad por la REDIAM para un escenario A1b durante el periodo de 2041-2070, tal y como se refleja en la Figura 5.7. Dicha información gráfica puede contrastarse con la Figura 5.6, la cual muestra la situación de los grupos climáticos a nivel de la provincia durante la segunda mitad del siglo XX, observándose que las alteraciones climáticas estimadas bajo este escenario transformarán el grupo climático del municipio de Málaga, pasándose en escasos 20 años de un clima mediterráneo subtropical a un clima mediterráneo oceánico.

| Escenarios | Periodo climático | | | | Variación estimada | | | | | |
|------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------|-----|-----|-------|
| | 1961-2000 | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2099 | Diferencia de Temperaturas (° C) | Diferencia de Precipitaciones (%) | | | | |
| | T.ª anual (° C) | Precipitaciones al año (mm) | T.ª anual (° C) | Precipitaciones al año (mm) | T.ª anual (° C) | Precipitaciones al año (mm) | | | | |
| A1b | 15.9 | 655 | 16.9 | 660 | 18.1 | 562 | 18.9 | 544 | 3.0 | -18.2 |
| A2 | 15.9 | 665 | 16.7 | 646 | 18.0 | 527 | 19.5 | 546 | 3.6 | -17.9 |
| B1 | 15.9 | 665 | 17.0 | 602 | 17.3 | 617 | 17.9 | 567 | 1.9 | -17.7 |

Tabla 5.8. Temperatura/Precipitación media anual en la provincia de Málaga según los escenarios A1b, A2 y B1, bajo el Modelo de Circulación General (MCG) CNCM3. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM).

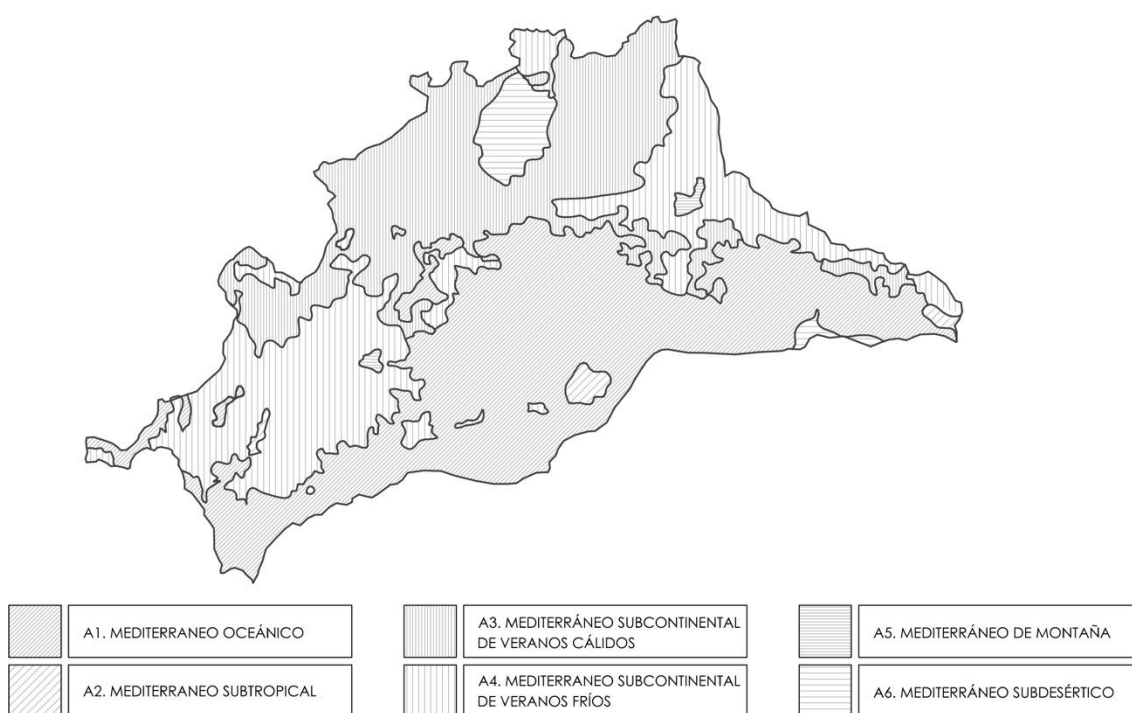


Figura 5.7. Clasificación bioclimática de la provincia de Málaga, periodo 2041-2070, según Modelo de Circulación General (MCG) CNCM3 para escenario A1b. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM)

Bajo estas premisas, podemos afirmar que conocer la evolución climática a nivel local se convierte en una cuestión central de cara a determinar las condiciones climáticas que habrán de soportar los edificios que se proyecten o las intervenciones que sobre los mismos se realicen de cara a una mejora del confort de los usuarios y la reducción de la demanda energética.

Es por ello por lo que, a fin de someter las intervenciones sobre los edificios a una evaluación energética basada en la hipótesis de cambio climático más desfavorable (A2), habremos de poder estimar conforme a las proyecciones del IPCC las alteraciones del clima a nivel local. En línea con investigaciones analizadas (Jentsch, James, Bourikas, & Bahaj, 2013; Rubio-Bellido, Pérez-Fargallo, & Pulido-Arcas, 2016; Sánchez-García, Bienvenido-Huertas, Tristáncho-Carvajal, & Rubio-Bellido, 2019), los escenarios climáticos futuros han sido pronosticados a través de la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9), conforme a un MCG del HadCM3 en base al escenario A2, que proyecta un futuro con relación a las emisiones en línea con un comportamiento productivo orientado al crecimiento económico per cápita (Watson, 2001), o lo que es lo mismo, un escenario

que proyecta la tendencia actual de agotamiento de recursos y producción de emisiones.

A través de dicha herramienta se ha transformado el archivo epw (ESP_Malaga.084820_SWEC) de los que se sirve el modelo energético del edificio para calcular la demanda energética anual y que ha sido descargado desde la base de datos climáticos de Energyplus (2020). Los resultados de dichas transformaciones quedan recogidos en las Tablas que van de la 5.9 a la 5.11, donde se reconoce la diferencia de los valores calculados, basados en el MCG HadCM3 para el escenario A2, respecto de los datos climáticos de partida, obtenidos de la estación meteorológica del aeropuerto de Málaga en el año 1989, según la información contenida en el archivo de datos climáticos.

Los resultados de las transformaciones realizadas a través de la herramienta permiten conocer las condiciones climáticas en tres fechas distintas: 2020, 2050 y 2080. No obstante, la perspectiva de ACV bajo la cual parte la investigación exigirá determinar cada año los valores de consumos y emisiones a lo largo del periodo de estudio de referencia, algo, que como se ve más adelante, se ha estimado a través de una interpolación segmentaria cuadrática de los valores obtenidos para los tres años en los que se realiza la simulación.

Tal y como puede advertirse en las Tablas, la temperatura media diaria calculada a través del HAdCM3 para el escenario A2 aumenta respecto de los valores de 1989 en 5.01° C, lo cual es consistente con la información del tercer informe del IPCC en el que está basado el modelo y que pronostica un aumento global de la temperatura media que oscila entre los 1.4–5.8°C para el año 2100 respecto de los valores de 1990 (Watson, 2001). Este incremento de temperatura está por encima de lo estimado por el REDIAM para los valores medios a nivel de la provincia mediante el CNCM3, dado que dicho modelo está basado en el cuarto informe del IPCC, cuyas proyecciones óptimas para un escenario A2 se sitúan en 3.4° C y los intervalos probables se sitúan entre los 2.0-5.4° C.

No obstante, no habiendo sido posible localizar herramientas contrastadas que permitan transformar datos climáticos a nivel local conforme a los informes más recientes, se ha optado por basarnos en los datos del tercer informe del IPCC a través de la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9), dado que a través de la misma podemos obtener una simulación anual necesaria para la evaluación del rendimiento de las medidas de renovación de la envolvente, así como por el hecho de ser un método validado y empleado en las investigaciones consultadas.

| Escenario A2 para el año 2020 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T. ° diaria media (° C) | 0.61 | 0.65 | 0.81 | 1.02 | 1.62 | 2.05 | 1.89 | 1.88 | 1.39 | 1.25 | 0.68 | 0.61 | 1.20 |
| T. ° Máx. (° C) | 0.79 | 0.96 | 1.10 | 1.24 | 1.84 | 2.35 | 2.13 | 1.97 | 1.33 | 1.18 | 0.51 | 0.68 | 1.34 |
| T. ° Mín. (° C) | 0.49 | 0.37 | 0.51 | 0.79 | 1.39 | 1.65 | 1.52 | 1.73 | 1.44 | 1.26 | 0.85 | 0.54 | 1.04 |
| Irradiación solar horizontal (W/m ²) | 2.73 | 5.11 | 5.39 | 5.65 | 5.31 | 11.66 | 6.63 | 4.66 | 0.96 | 0.04 | 0.06 | 1.48 | 4.14 |
| Nubosidad total (%) | -2.00 | -3.38 | -3.00 | -0.88 | -1.75 | -3.75 | -2.63 | -1.38 | -2.13 | -0.25 | -2.38 | -2.63 | -2.18 |
| Precipitación total (%) | 1.31 | -17.4 | -10.2 | -14.8 | -16.5 | -18.0 | -13.3 | 1.59 | -12.3 | -0.75 | 6.53 | 3.43 | -7.52 |
| H. relativa (%) | -1.63 | -2.04 | -3.48 | -3.44 | -4.41 | -5.87 | -5.06 | -2.62 | -1.81 | -1.53 | -0.39 | -1.51 | -2.82 |
| P. atmosférica (hpa) | -0.05 | 0.64 | -1.40 | 1.05 | -0.44 | -1.02 | -1.14 | -1.30 | -0.59 | -0.60 | -0.51 | -1.40 | -0.56 |
| Velocidad viento ¹ (%) | 0.12 | -3.10 | 0.69 | 3.49 | 1.92 | 1.77 | 1.89 | -1.02 | 2.23 | 1.22 | 2.99 | 1.93 | 1.18 |

¹ nótese que la velocidad del viento reside en una cuadrícula de 96x72, mientras que todos los demás datos se encuentran en una cuadrícula de 96x73

Tabla 5.9. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2020 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

| Escenario A2 para el año 2050 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T. ° diaria media (° C) | 1.86 | 2.11 | 1.85 | 2.20 | 3.15 | 4.21 | 4.56 | 4.32 | 3.35 | 2.98 | 1.89 | 1.79 | 2.85 |
| T. ° Máx. (° C) | 1.95 | 2.47 | 2.29 | 2.31 | 3.90 | 4.74 | 5.24 | 4.54 | 3.32 | 2.84 | 2.17 | 1.78 | 3.13 |
| T. ° Mín. (° C) | 1.08 | 1.89 | 1.75 | 1.70 | 2.73 | 3.49 | 3.73 | 3.85 | 3.58 | 2.70 | 1.70 | 1.68 | 2.49 |
| Irradiación solar horizontal (W/m ²) | 2.89 | 5.80 | 9.20 | 11.01 | 12.61 | 12.99 | 11.10 | 9.00 | 3.22 | 4.45 | 5.95 | 1.49 | 7.48 |
| Nubosidad total (%) | -1.50 | -4.38 | -6.63 | -3.88 | -5.38 | -4.75 | -4.25 | -4.38 | -4.38 | -4.63 | -7.50 | -4.63 | -4.69 |
| Precipitación total (%) | -1.67 | -15.8 | -19.1 | -24.9 | -41.5 | -12.4 | -28.7 | -14.2 | -17.3 | -19.3 | 25.21 | -4.51 | -18.7 |
| H. relativa (%) | -3.11 | -4.22 | -6.10 | -7.46 | -9.78 | -9.27 | -9.55 | -6.28 | -4.24 | -4.96 | -4.08 | -3.67 | -6.06 |
| P. atmosférica (hpa) | 0.66 | 0.03 | -1.78 | -0.33 | -0.86 | -1.56 | -2.48 | -2.12 | -1.34 | -1.12 | 0.08 | -2.11 | -1.08 |
| Velocidad viento ¹ (%) | 1.06 | -1.26 | 1.36 | 4.15 | 3.83 | 3.39 | 2.19 | -1.81 | 3.03 | 0.84 | -1.77 | 0.29 | 1.27 |

¹ nótese que la velocidad del viento reside en una cuadrícula de 96x72, mientras que todos los demás datos se encuentran en una cuadrícula de 96x73

Tabla 5.10. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2050 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

| Escenario A2 para el año 2080 | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Año |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T. ° diaria media (° C) | 3.13 | 3.35 | 3.59 | 4.48 | 6.14 | 7.10 | 7.10 | 7.10 | 5.98 | 5.16 | 3.93 | 3.12 | 5.01 |
| T. ° Máx. (° C) | 3.50 | 3.90 | 4.37 | 5.47 | 7.15 | 7.78 | 7.78 | 7.84 | 6.22 | 5.44 | 4.46 | 3.54 | 5.62 |
| T. ° Mín. (° C) | 2.80 | 2.83 | 2.85 | 3.47 | 5.03 | 6.02 | 6.02 | 6.12 | 5.69 | 4.89 | 3.55 | 2.72 | 4.35 |
| Irradiación solar horizontal (W/m ²) | 3.74 | 8.51 | 14.45 | 19.44 | 21.08 | 14.88 | 14.88 | 15.04 | 10.01 | 7.86 | 8.32 | 4.14 | 12.34 |
| Nubosidad total (%) | -4.13 | -7.75 | -6.75 | -6.88 | -7.75 | -6.63 | -6.63 | -7.13 | -9.75 | -7.75 | -8.63 | -5.88 | -7.18 |
| Precipitación total (%) | -8.44 | -23.6 | -36.8 | -47.8 | -50.9 | -38.9 | -38.9 | -44.9 | -44.5 | -35.2 | -34.4 | -11.2 | -33.5 |
| H. relativa (%) | -4.93 | -7.00 | -9.52 | -12.9 | -16.0 | -13.4 | -13.4 | -10.5 | -8.35 | -7.95 | -7.52 | -5.38 | -9.84 |
| P. atmosférica (hpa) | -0.18 | -0.25 | -0.47 | 0.24 | -2.28 | -3.19 | -3.92 | -3.29 | -2.57 | -1.74 | 0.13 | -0.99 | -1.54 |
| Velocidad viento ¹ (%) | 0.49 | 0.08 | 2.90 | 4.07 | 5.56 | 6.64 | 2.08 | -2.89 | 3.57 | 2.19 | -0.54 | -0.02 | 2.01 |

¹ nótese que la velocidad del viento reside en una cuadrícula de 96x72, mientras que todos los demás datos se encuentran en una cuadrícula de 96x73

Tabla 5.11. Indicadores climáticos para el escenario A2 en el año 2080 transformados mediante MCG HadCM3 a partir de base de datos climáticos existentes (ESP_Malaga.084820_SWEC). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

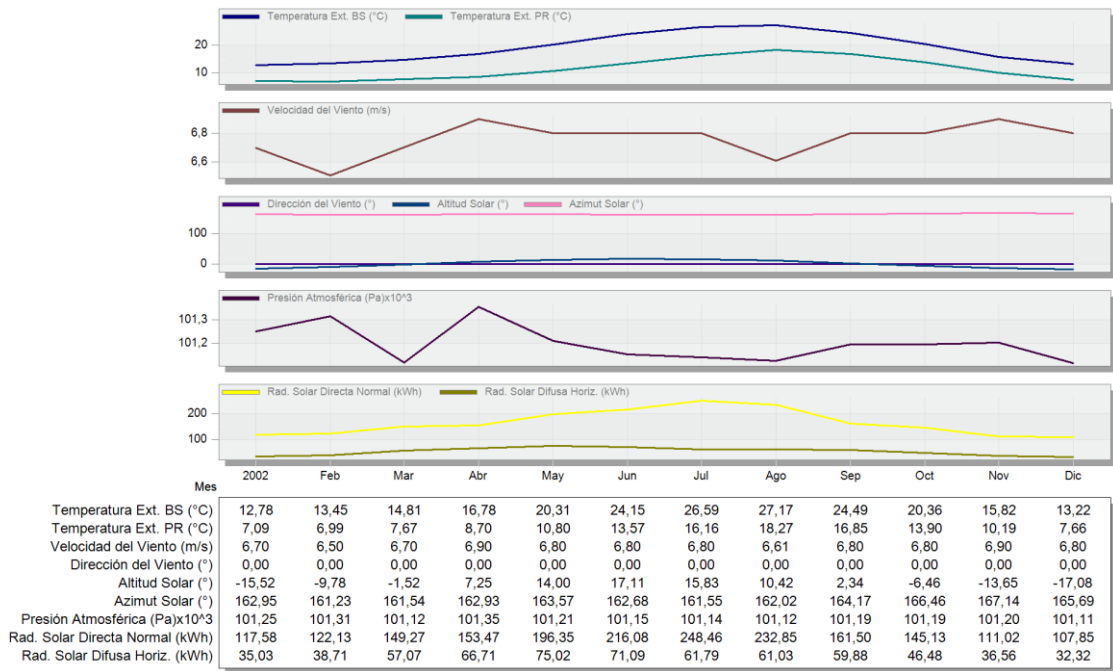


Figura 5.8. Evolución climática anual transformada para el año 2020. Fuente: DesignBuilder a partir de los archivos climáticos transformados mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

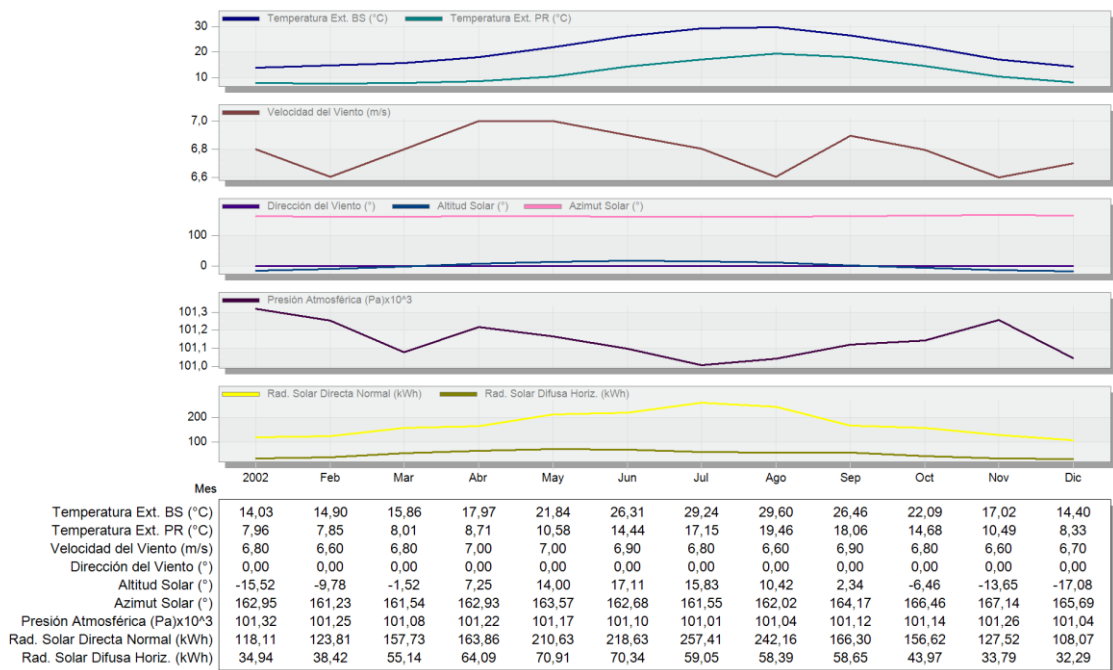


Figura 5.9. Evolución climática anual transformada para el año 2050. Fuente: DesignBuilder a partir de los archivos climáticos transformados mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

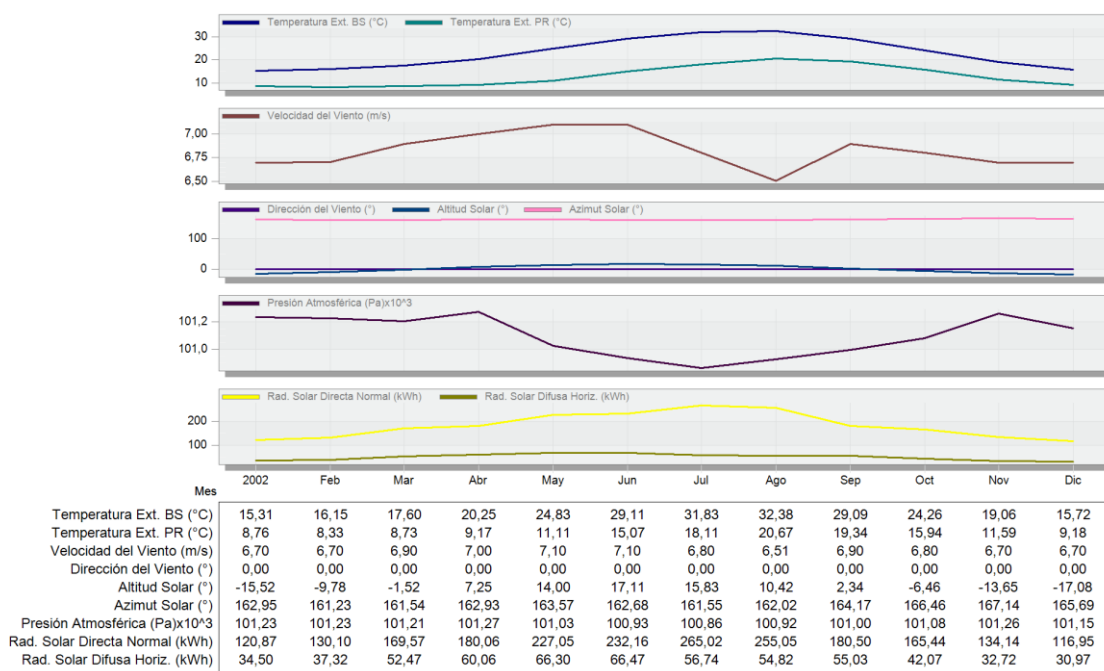


Figura 5.10. Evolución climática anual transformada para el año 2080. Fuente: DesignBuilder a partir de los archivos climáticos transformados mediante la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9).

Una vez se han transformado los archivos de datos climáticos de los cuales nos serviremos para la evaluación del rendimiento energético del edificio, se introducen en el programa informático de simulación (DesignBuilder), donde se puede visualizar los datos contenidos en los archivos transformados. En las Figuras que van de la 5.8 a la 5.10 se puede observar gráficamente la evolución anual de la temperatura exterior de bulbo seco y de punto de rocío (° C), la velocidad del viento (m/s), la dirección del viento (°), la altitud y el azimut solar (°), la presión atmosférica (PA), la radiación solar directa normal y la difusa horizontal (kWh).

Finalmente, y tomando en consideración toda la información expuesta, se resumen en los siguientes puntos algunas de las características más importantes de la realidad climática esperada para las próximas décadas según el escenario y modelo seleccionado (HadCM3 A2):

- La temperatura media anual aumentará en torno a 5.01° C para el año 2080.
- La temperatura media de bulbo seco en el mes más cálido (agosto) aumentará desde el inicio de las proyecciones calculadas (año 2020) en 5.21° C, estimándose un valor para el mismo mes en el año 2080 de 32.38° C.
- El porcentaje de humedad relativa anual se reducirá en 9.8 puntos respecto de los valores de 1989.
- El porcentaje de precipitaciones anuales se reducirá en 33.50 puntos respecto de los valores de 1989.
- La diferencia entre la irradiación solar horizontal transformada y los valores obtenidos para el año 1989 se triplicará entre los años 2020 y 2080, pasando de 4.14 W/m² a 12.34 W/m².

Todo ello conformará un clima más cálido y seco que el actual, haciéndose necesaria una reclasificación de la categoría climática local actual (clima mediterráneo subtropical) que no coincidirá, *a priori*, con las estimaciones realizadas por la REDIAM, dada las diferencias existentes entre los escenarios y modelos de circulación

general con que se han realizado las transformaciones climáticas a nivel local y de la comunidad andaluza y que escapan al objeto de la investigación.

1.2.3. Estrategias de intervención sobre la envolvente

Las potenciales estrategias de intervención sobre la envolvente de un edificio situado en un clima como el analizado parten de la premisa esencial de dar respuesta a dos situaciones climáticas diferenciadas según el régimen de verano e invierno.

Contrariamente a lo que puedan inducirnos los distintos aspectos normativos, tal como demuestra la investigación de Consoli para la rehabilitación energética de un edificio bajo los parámetros del estándar Passiv Haus situado en la ciudad de Catania (Consoli, Costanzo, Evola, & Marletta, 2015, p. 406), el aislamiento térmico de los edificios emplazados en climas mediterráneos no es un aspecto central de las estrategias a considerar, convirtiéndose incluso en un factor que provoca sobrecalentamientos en el interior y sensaciones de poco confort térmico, al no poder disiparse la energía térmica interior a través de la envolvente. Además, según apuntan los resultados de dicha investigación, tanto la reducción de los importantes espesores de aislamiento que exige el estándar Passiv Haus a nivel centroeuropeo y el no precisar de sistemas de ventilación mecánica con recuperadores de calor, hacen de la rehabilitación mediante estrategias pasivas de los edificios en este tipo de climas una tarea extraordinariamente viable.

Particularizando sobre la cuestión del sobrecalentamiento de los edificios debido a un inadecuado aislamiento de la envolvente térmica y considerando los efectos del cambio climático sobre dicho fenómeno, investigaciones como la de Rodrigues, han permitido cuantificar a través del estudio de 16 regiones mediterráneas (entre las cuales se encuentra Málaga), un aumento generalizado de la demanda de refrigeración de hasta un 137% para el año 2050, frente a los valores actuales (Rodrigues & Fernandes, 2020). Así mismo, se relaciona en dicha investigación el elevado aumento de la demanda con la construcción de envolventes con valores de transmitancia más bajos, reconociéndose además para el caso de la ciudad de Málaga dichos valores ideales para las proyecciones climáticas del 2050, los cuales se sitúan en 1.80 W/m².K y 0.45 W/m².K para huecos y paños ciegos respectivamente, por la compensación entre la demanda de calefacción y refrigeración y la no producción de sobrecalentamientos en el periodo cálido.

Por todo ello, el enfriamiento del edificio durante los meses de verano se convierte en uno de los principales retos que deben ser abordados. Siendo, por tanto, fundamental facilitar la ventilación natural de los edificios por la noche, el uso de vidrios bajo emisivos, la adopción de colores fríos para la envolvente exterior y el uso de protecciones solares de huecos y elementos constructivos especialmente expuestos. En el apartado 2.4.2 de la investigación se profundiza sobre las medidas a implementar a fin de conocer su impacto en términos de rendimiento energético.

Finalmente, conviene no perder de vista aquellos aspectos normativos que regulan parámetros claves de cara al planteamiento de soluciones de mejora de la envolvente de los edificios. Málaga, tal y como queda establecido en el CTE, se encuentra en una zona climática A3, para la cual se determinan una serie de limitaciones de transmitancia energética de cada uno de los elementos de la envolvente. No obstante, tal y como hemos visto, el mero cumplimiento de dichas limitaciones no guarda relación directa con aquellos otros aspectos con relación a la calidad ambiental de las intervenciones y la consideración de los valores de transmitancia límite que se plantean pueden provocar desviaciones de los resultados para la limitación del consumo a lo largo de la vida útil del edificio si consideramos los efectos del cambio climático. Sirva como ejemplo para ilustrar esta cuestión, el establecimiento de valores límites de la transmitancia térmica de los huecos en su conjunto de 2.7 W/m².K y de los paños ciegos

verticales de 0.50 W/m².K, lo cual se aleja de los valores óptimos calculados por la investigación de Rodrigues para el escenario climático del año 2050 y los valores base para el clima actual (2.20 W/m².K y 0.55 W/m².K respectivamente). Esta cuestión nos pone ante la realidad de que los beneficios en términos de rendimiento energético de los edificios que se alcancen a través de la adopción en el presente de medidas a nivel de la envolvente térmica conforme a los preceptos normativos sufrirán a lo largo de la vida útil una pérdida de la eficacia que habrá de ser considerada de cara a la determinación de los rendimientos económicos y medioambientales de la intervención. En la fase 4 profundizaremos más sobre esta cuestión y cuantificaremos la pérdida de eficacia de las medidas en base al equivalente funcional que se selecciona.

1.3. Revisión de estrategia, planes, incentivos, subvenciones e indicadores de sostenibilidad urbanos de la Agenda Local XXI

En el estado de la cuestión ya pudimos analizar los principales planes y estrategias a nivel nacional e internacional. A continuación, se exponen las herramientas con que contamos a nivel local y la estrategia andaluza energética para los próximos años, que permite conectar los intereses nacionales y, por ende, europeos con las acciones concretas en materia energética a nivel de la ciudad.

1.3.1. Estrategia Energética de Andalucía 2020

Con el propósito de trazar una estrategia que se comprometiese con el consabido objetivo europeo “20/20/20” la Junta de Andalucía aprueba en febrero de 2013 el Acuerdo de Formulación de la Estrategia Energética de Andalucía 2014-2020. Dicha estrategia es deudora de actividades de planificación que se iniciaron en 1995, a través del *Plan Energético de Andalucía 1995-2000*, al que siguió el *Plan Energético para Andalucía 2003-2006* y el *plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER)*.

La estrategia andaluza establece sus preceptos en línea con objetivos superiores a los establecidos por la UE para el año 2020, avanzando, aunque sin detallar, escenarios para 2050 en los cuales se persigue una descarbonización entre el 93-99% del sector eléctrico, determinante en el suministro de energía de los edificios (Figura 5.11).

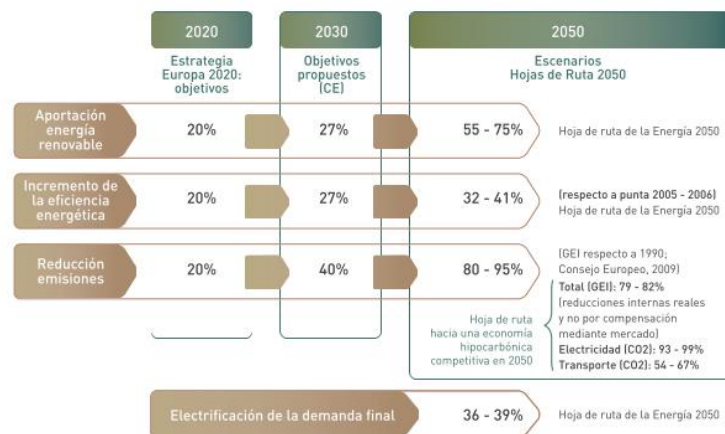


Figura 5.11. Objetivos y escenarios de la UE. Fuente: Estrategia Energética de Andalucía a partir de datos de la Estrategia Europea 2020, Hoja de ruta de la energía 2050, Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050 y las Conclusiones del Consejo Europeo en el marco de actuación de clima y energía para 2030.

Consecuentemente se establece como uno de los retos esenciales la transformación del sector de la edificación mediante la rehabilitación y/o creación de edificios con escasa demanda energética que además satisfagan sus necesidades mediante el empleo de fuentes renovables de energía. Como novedad, la estrategia acentúa además las oportunidades, a nivel empresarial y comercial, de explorar la implantación de sistemas centralizados de generación térmica a nivel de distritos (Junta de Andalucía, 2015, p. 79).

Con relación a los sistemas de abastecimiento energético locales, se apunta a tres factores tecnológicos integrados en un esquema energético configurado como una estructura pluricelular (Figura 5.12):

- *Sistemas modulares de alta eficiencia de generación.* Deberán adecuarse a las diversas demandas existentes, sirviéndose principalmente de fuentes renovables.
- *Almacenaje de la energía.* Habrá de permitirse la acumulación de energía sobrante en etapas de escasa demanda, pero de máximos recursos, lo cual permitirá una mejor gestión.
- *Sistemas de control de la demanda/eficiencia energética basados en tecnologías avanzadas de comunicación.*

Aspectos esenciales de este nuevo sistema energético empezaron a recogerse a nivel legislativo nacional en el Real Decreto 56/2016, por el que se transpone la Directiva 2017/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. En su capítulo IV, dedicado a la promoción de la eficiencia energética en la producción y uso del calor y del frío, se señala a las comunidades y entidades locales como aquellos organismos que podrán adoptar políticas que fomenten el análisis a escala local y regional del potencial de uso de sistemas locales y regionales; basados esencialmente en la cogeneración de alta eficiencia y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración eficientes (España, 2016).

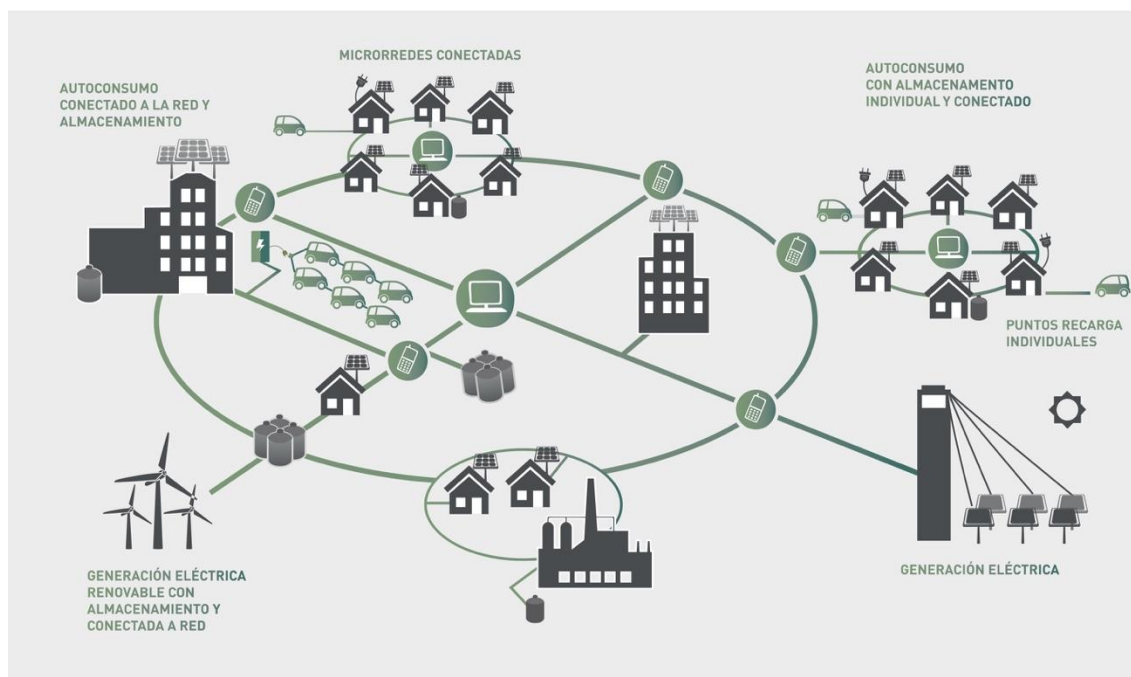


Figura 5.12. Esquema de arquitectura del nuevo sistema energético. Fuente: Estrategia Energética de Andalucía 2020.

De este modo se transita hacia un modelo energético, según palabras textuales del documento, "descentralizado", que se sustenta en el autoabastecimiento y el empleo de sistemas locales de recursos energéticos. De entre las principales ventajas que justifican la aparición de un nuevo modelo energético, cabe destacar las posibilidades que el mismo ofrece para reducir la factura energética de Andalucía y la disminución de la dependencia energética al reducirse la importación de combustibles como el carbón, el petróleo y el gas.

Por todo ello la estrategia andaluza persigue generar programas que favorezcan la consolidación de empresas de construcción sostenible, gracias a actuaciones en materia de rehabilitación energética de edificios y adecuación de las soluciones constructivas al nuevo concepto de "edificio de consumo de energía casi nulo" (ECCN). En el apartado 1.3.2 se analizan con más detalle cada uno de los planes que se enmarcan en la Estrategia Energética de Andalucía 2020.

1.3.2. Planes, incentivos y subvenciones promovidos a nivel estatal, autonómico y local

El objetivo del análisis de las distintas subvenciones, planes e incentivos que se promueven a nivel de la administración central, autonómica y local reside en determinar con precisión la hipótesis que habrá de considerarse en la etapa previa de la evaluación económica de las actuaciones. En este apartado, se recogen todos aquellos recursos administrativos y de financiación que promueven la implantación de medidas en mejora tanto de la accesibilidad, como de la eficiencia energética. Así mismo, se avanza y profundiza sobre aspectos ya analizados en el estado de la cuestión.

1.3.2.1. Programa de fomento de mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas

El programa analizado en este apartado forma parte, junto con otros, de los programas contenidos en el plan estatal de vivienda 2018-2021 regulado por el Real Decreto 106/2018 (España, 2018b, pp. 23-29). El objetivo de este es la financiación de actuaciones a nivel de la envolvente edificatoria en edificios que van desde la tipología residencial colectiva a las viviendas unifamiliares, tanto en el ámbito rural como en el urbano. En la Tabla 5.18 se recogen las principales características de este plan.

De las actuaciones subvencionables quiero destacar aquellas que van orientadas a la reducción de la concentración de gas radón en el interior de las viviendas. Este aspecto, al igual que otros recogidos en el documento legislativo inciden sobre cuestiones que, cada vez más, son tenidas en cuenta en la vivienda y que se relacionan con medidas de salud y confort. Tal y como reconoce la organización mundial de la salud, se estima que los casos de cáncer de pulmón a nivel nacional atribuibles a la concentración de este gas se cifran entre un 3% y un 4%, lo cual lo convierte en la segunda causa más importante de cáncer de pulmón después del tabaco. Las medidas que desde esta organización se reconocen para la reducción de la concentración de dicho gas van desde estrategias pasivas consistentes en la mejora de la ventilación del forjado y de los sistemas de ventilación de la vivienda, así como el sellado de los pisos y paredes para evitar filtraciones desde el sótano a las estancias; a estrategias activas como la instalación de sistemas de extracción mecánica en sótanos, el forjado o la solera de los edificios (Zeeb, & Shannoun, 2015).

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| Programa de fomento de mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas | Objeto | Rehabilitación de edificios residenciales de vivienda colectiva o unifamiliar en el ámbito urbano o rural para mejora de eficiencia energética, mediante actuaciones sobre la envolvente que permitan reducir la demanda. |
| | Personas beneficiarias | <ul style="list-style-type: none"> -propietarios de viviendas. -comunidades de propietarios o agrupaciones según lo dispuesto por artículo 5 de la ley 49/1960. -administraciones públicas y los organismos y demás entidades de derecho público. -empresas públicas y sociedades mercantiles participadas, íntegra o mayoritariamente, por las Administraciones Públicas propietarias de los inmuebles. -sociedades cooperativas compuestas de forma agrupada por propietarios de viviendas o edificios, reuniendo los requisitos del artículo 396 del Código Civil. -empresas constructoras, arrendatarias o concesionarias de los edificios y/o cooperativas que acrediten dicha condición, con facultad expresa para acometer las obras de rehabilitación. -empresas de servicios energéticos. |
| | Requisitos y limitaciones | <ul style="list-style-type: none"> -edificios finalizados antes del año 1996. -constituir el domicilio habitual y permanente de sus propietarios o arrendatarios a la solicitud de la ayuda del programa. -70% de su superficie construida sobre rasante tendrá uso residencial de vivienda. -50% de sus viviendas habrán de ser el domicilio habitual. -aportación de informe técnico con fecha anterior a la solicitud de la ayuda. -aportación de proyecto de las actuaciones a realizar. |
| | Actuaciones subvencionables | <ul style="list-style-type: none"> -mejora de la envolvente térmica para reducción de la demanda energética. -instalación de sistemas de producción de ACS, calefacción, refrigeración y ventilación o la mejora de la eficiencia de los ya existentes. -instalación de equipos de generación que permitan el uso de energías renovables (fotovoltaica, biomasa, geotermia). -mejora de la eficiencia energética de instalaciones comunes de ascensores e iluminación. -mejora de instalaciones de suministro y mecanismo que favorezcan el ahorro de aguas y la implantación de redes separativas de saneamiento en los edificios. -mejora o acondicionamiento para la adecuada separación y recogida de residuos domésticos. -actuaciones que mejoren el cumplimiento de los parámetros establecidos por el CTE DB-HR para la protección contra el ruido. |
| | Actuaciones subvencionables | <ul style="list-style-type: none"> -acondicionamiento de los espacios privativos de la parcela para adaptar la jardinería a especies de bajo consumo hídrico, optimizando los sistemas de riego, mejorando la permeabilidad de los pavimentos y otras actuaciones bioclimáticas. -actuaciones que mejoren el cumplimiento de los parámetros establecidos por el CTE DB-HS para la mejora de la salubridad y/o reducción de la concentración de radón en menos de un 50%. -reducción de un 20% de la demanda energética anual global, de manera conjunta o complementaria, de calefacción y refrigeración para las viviendas situadas en la zona climática A, o bien una reducción de la energía primaria no renovable, referida a la certificación energética, de un 30% como mínimo. -actuaciones que promuevan la movilidad sostenible mediante la instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos o adecuación de zonas e instalaciones para aparcamiento de bicicletas. -instalaciones de fachadas o cubiertas vegetales. -instalación de sistemas de domóticos y/o sensores. |
| | Tipo y cuantía de las ayudas | <ul style="list-style-type: none"> -8.000 euros por cada vivienda, no pudiendo superar el 40 % de la inversión de la actuación. -la cuantía anterior puede incrementarse en 1.000€ por vivienda si están declaradas BIC. -viviendas cuyos ingresos familiares sean inferiores a 3 veces el IPREM*, se podrá alcanzar una subvención de hasta el 75% sobre la inversión correspondiente, pudiendo gestionarse mediante expediente aparte a fin de atender a casuísticas puntuales dentro de una comunidad de vecinos con diversos perfiles sociales. -se establecen un aumento de las ayudas adicionales de entre 12.000€ y 16.000€ por vivienda para los casos en los cuales resida en esta una persona con discapacidad para la primera de las cifras y con un tipo de discapacidad específica reconocida en el texto legislativo. -se podrán incluir los honorarios de los profesionales intervinientes, el coste de la redacción de los proyectos, informes técnicos y certificados necesarios, los gastos derivados de la tramitación administrativa, y otros gastos generales similares, sin que puedan ser incluidos los impuestos tasas y tributos. |

Tabla 5.18. Análisis del programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Real Decreto 106/2018.

1.3.2.2. Programa de ayuda a proyectos integrales de ahorro y eficiencia energética en edificios de viviendas

Tal y como pudo verse en el apartado 2.1.3.1.4 del estado de la cuestión, en el cual se analizaron tanto la presente medida económica, como otras, en este apartado profundizaremos más sobre el presente programa de subvenciones y financiación promovido por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, a fin de establecer y clarificar las bases del programa (España, 2015b) y encontrar diferencias para con otras medidas aquí analizadas.

Para ello, al modo que ya se ha realizado y se ve en otros programas recogidos en este apartado, se confecciona la Tabla 5.19, donde se recogen y analizan los principales aspectos del programa para el planteamiento de actuaciones de regeneración de la envolvente de edificios.

| | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--|
| Programa PAREER + CRECE | Objeto | -incentivar y promover actuaciones de reforma que favorezcan el ahorro energético, con independencia de su uso y de la naturaleza jurídica de sus titulares. | | | |
| | Personas beneficiarias | <ul style="list-style-type: none"> -propietarios de edificios existentes destinados a cualquier uso, bien sean personas físicas, o bien tengan personalidad jurídica de naturaleza pública o privada. -comunidades de propietarios o agrupaciones de comunidades de propietarios. -propietarios de edificios y no hubiesen otorgado el título constitutivo de propiedad horizontal. -empresas explotadoras, arrendatarias o concesionarias de edificios. -empresas de servicios energéticos | | | |
| | Requisitos y limitaciones | <ul style="list-style-type: none"> -las actuaciones objeto de las mismas no podrán haberse iniciado antes de la entrada en vigor del Programa. -edificios finalizados antes del año 2014. -consideración de edificio de vivienda: 70% de su superficie construida sobre rasante tendrá uso residencial de vivienda. -sólo se podrá optar a las actuaciones elegibles que reconoce el programa, con las siguientes condiciones para poder considerarse elegibles, habiendo de asegurarse que la instalación nueva térmica habrá de ser mayor que las potencias identificadas: <ul style="list-style-type: none"> a) Actuaciones de la tipología 2: 40 kW (de haber instalación solar, ésta tendrá una potencia, como mínimo, de 14KW). b) Actuaciones de la tipología 3: 40 kW. c) Actuaciones de la tipología 4: 10 kW. | | | |
| | Act. subvencio- nables | <ul style="list-style-type: none"> -tipo 1: mejora de la envolvente térmica para reducción de demanda de consumo. -tipo 2: mejora de las instalaciones térmicas y de iluminación. -tipo 3: sustitución de energía convencional por biomasa en instalaciones térmicas. -tipo 4: sustitución de energía convencional por energía geotérmica en instalaciones térmicas. | | | |
| | Tipo y cuantía de las ayudas | <ul style="list-style-type: none"> -ayuda dineraria sin tipologías de actuación contraprestación. El importe será la Ayuda Base más la Ayuda Adicional | <ul style="list-style-type: none"> máximo entrega dineraria sin máximo contraprestación (% s/ coste elegible) ayuda base | <ul style="list-style-type: none"> préstamo reembolsable (% s/ coste elegible) ayuda adicional | <ul style="list-style-type: none"> 6.000€/viv. Tabla 5.20 60% |
| | Programa PAREER + CRECE | <ul style="list-style-type: none"> -préstamos reembolsables: <ul style="list-style-type: none"> a) tipo de interés: Euribor +0.0% b) plazo máximo de amortización de los préstamos: 12 años c) garantías: aval bancario, contrato de seguro de caución, o depósito en efectivo a favor del IDAE por importe del 20% de la cuantía del préstamo | | | |

Tabla 5.19. Análisis del programa para la rehabilitación energética de edificios existentes. Programa PAREER-CRECE. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Resolución de 28 de abril de 2015, del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía.

Tal y como se enuncia en la Tabla 5.19, la concesión de estas ayudas contempla un incremento de las mismas basado en distintos criterios (España 2015b, p.8):

- **Criterio social.** Habrán de ser edificios calificados definitivamente bajo algún régimen de protección pública y/o situados en áreas de regeneración y renovación urbanas, de acuerdo con el Plan Estatal de Fomento del Alquiler de Viviendas, la Rehabilitación Edificatoria, y la Regeneración y Renovación Urbanas 2013-2016 (España, 2013a).
- **Eficiencia energética.** Por mejora de la eficiencia energética se podrán otorgar una ayuda directa adicional, en función de la graduación que se establece en las bases reguladoras para las distintas tipologías de actuaciones. Los requisitos mínimos en base a los cuales se establece esa graduación son la obtención de la calificación final A, la obtención de la calificación final B o el incremento de 2 o más letras, según el procedimiento establecido en el Real Decreto 235/2013, de certificación de la eficiencia energética de los edificios. Los edificios de consumo de energía casi nulo serán asimilables a los de clase «A» a los efectos de cálculo de la cuantía de la ayuda.
- **Actuación integrada.** La concesión de una ayuda adicional por el criterio de actuación integrada para edificio de viviendas se dirige a aquellos en los cuáles se vaya a plantear la combinación de dos o más tipologías de actuación. No obstante, obligatoriamente se habrá de plantear la tipología 1 de actuación, con una reducción global entre demanda de calefacción y refrigeración del 30%. Paralelamente, la combinación con las tipologías 2, 3 y/o 4 de actuaciones deberán representar una la sustitución del 60% de la potencia de generación térmica existente.

En la Tabla 5.20 se recogen los porcentajes adicionales de ayuda que se concederían para la implementación de la tipología 1 de actuaciones en un edificio de viviendas.

| Uso del edificio | % Adicional criterios sociales | % Adicional: eficiencia energética | | | % Adicional de actuación integrada |
|------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| | | Calificación final A | Calificación final B | Incremento de 2 o más letras | |
| Vivienda | 15% | 15% | 10% | 5% | 20% |

Tabla 5.20. Análisis de ayudas adicionales basadas en criterios sociales, de eficiencia energética o actuación integrada para tipología 1 de actuación para viviendas. Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.3. Plan de vivienda y rehabilitación de Andalucía 2016-2020

A través del Decreto 141/2016, de 2 de agosto se regulan, en materia de rehabilitación residencial, distintos programas:

- Programa de rehabilitación autonómica de edificios
- Programa de rehabilitación autonómica de viviendas
- Programa de adecuación funcional básica de viviendas
- Programa de rehabilitación energética del parque público residencial
- Rehabilitación singular

De los distintos programas recogidos a través del texto legislativo el estudio se centra en aquellos de rehabilitación autonómica de edificios y viviendas, por relacionarse ambos directamente con el objetivo de la investigación.

El objetivo del programa de rehabilitación autonómica de edificios residenciales es fomentar actuaciones en favor de una mejor eficiencia energética y accesibilidad de edificios de vivienda colectiva con deficiencias en sus condiciones básicas, previa evaluación mediante un informe de evaluación de edificios (España, 2015a; Junta de Andalucía, 2016b, p. 137); quedando, entre otros aspectos, recogida aquellas actuaciones que tengan por finalidad la mejora de la demanda energética de los edificios y, en particular, la reducción de la demanda energética mediante la mejora de la envolvente térmica.

| | | |
|---|---|---|
| Programa de rehabilitación autonómica de viviendas | Objeto | Rehabilitación de edificios residenciales de vivienda colectiva para mejora de: a) eficiencia energética. b) accesibilidad. |
| | Personas beneficiarias | - comunidades de propietarios. - promotoras de actuaciones sobre los elementos comunes del edificio. - preferencias: c) 75% vecindario tenga ingresos familiares ponderados no superiores a 2.50 x IPREM. d) 50% propietarios tenga ingresos familiares no superiores a 2.00 x IPREM*. |
| | Requisitos y limitaciones | - no estar calificado como fuera de ordenación urbanística. - construido antes de 1981. - contar con condiciones de seguridad estructural y constructiva que garanticen la viabilidad de la construcción. - 70% de su superficie construida sobre rasante tendrá uso residencial de vivienda. - 70% de sus viviendas ocupadas y ser el domicilio habitual. - contar con IEE, según Real Decreto Legislativo 7/2015, de 30 de octubre. - no podrá obtenerse una segunda ayuda para la rehabilitación del mismo edificio en un periodo de 3 años posterior a la concesión de la última subvención. |
| | Tipo y cuantía de las ayudas | - las actuaciones para la mejora de la accesibilidad y mejora del estado de conservación del edificio contarán con una subvención del 30% del coste total de las obras de rehabilitación, incluidos honorarios profesionales. Un máximo de 3,000.00 € por vivienda - actuaciones para la mejora de la eficiencia energética: si al menos el 25% de las obras de rehabilitación tienen por objeto la mejora de la eficiencia energética del edificio, la subvención establecida se incrementará en un 5%. Un máximo de 3,500.00€ por viviendas. - Las ayudas son compatibles con en el Programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y la sostenibilidad en viviendas del Plan Estatal de Vivienda 2018-2021. |
| | Objeto | Rehabilitación de viviendas para mejora de: a) eficiencia energética. b) accesibilidad. |
| Personas beneficiarias | - personas promotoras de las actuaciones en la vivienda habitual y permanente, bien sean propietarias o - personas con derecho real de uso y disfrute de la misma y decidan acometer las obras, previa autorización de la persona propietaria. - Ingresos familiares ponderados no superen 2.50 veces el IPREM*. | |
| Requisitos y limitaciones | - actuaciones en municipios declarados por la Consejería competente en materia de vivienda. - las viviendas no deben estar calificadas como fuera de ordenación urbanística. - contar con una superficie útil de 36m ² . - tener una antigüedad superior a 20 años. - contar con condiciones de seguridad estructural y constructiva que garanticen la viabilidad de la construcción. - no contar con la consideración de infravivienda según lo establecido en el artículo 61 del Decreto 141/2016 - presupuesto de rehabilitación de la vivienda máximo de 16,000.00€, incluyendo impuestos y excluidos honorarios profesionales y tasas municipales. - domicilio habitual y permanente sin posibilidad de transmisión <i>inter vivos</i> durante un plazo de 5 años desde la terminación de las obras. - no podrá obtenerse una segunda ayuda para la rehabilitación del mismo edificio en un periodo de 3 años posterior a la concesión de la última subvención. | |

Tabla 5.21. Análisis de los principales programas de rehabilitación de viviendas y edificios a nivel de la comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Decreto 141/2016.

| | |
|--|--|
| Programa de rehabilitación autonómica de viviendas Tipo y cuantía de las ayudas | <ul style="list-style-type: none">- las actuaciones para la mejora de la accesibilidad y mejora del estado de conservación del edificio contarán con una subvención del 45% del coste total de las obras de rehabilitación, incluidos impuestos y excluidos honorarios profesionales, con:<ul style="list-style-type: none">a) un máximo de 7,200.00€, cuando los ingresos familiares ponderados no superen 2.50 veces el IPREM.b) Un máximo de 8,800.00€, cuando los ingresos familiares ponderados no superen 1.50 veces el IPREM.- las ayudas contemplan paralelamente la redacción de documentos técnicos necesarios, el proyecto y la dirección de las obras.- actuaciones para la mejora de la eficiencia energética: si al menos el 25% de las obras de rehabilitación tienen por objeto la mejora de la eficiencia energética del edificio, la subvención establecida se incrementará en un 5%. Estableciéndose un máximo de 8,000.00€ y 9,600.00€ respectivamente para los casos contemplados. |
|--|--|

Tabla 5.21 (continuación). Análisis de los principales programas de rehabilitación de viviendas y edificios a nivel de la comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Decreto 141/2016.

1.3.2.4. Incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía 2017-2020

Los incentivos analizados en este apartado se promueven desde la Consejería de Hacienda, Industria y Energía mediante la Agencia Andaluza de la Energía, como órgano gestor del Programa Operativo FEDER (Junta de Andalucía, 2016a). Dichos incentivos cuentan con un total de 76 medidas que se organizan en torno a tres líneas bien diferenciadas:

1. **Construcción sostenible** (Junta de Andalucía, 2017a), que persigue incentivar una serie de actuaciones para el aprovechamiento de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética en edificios de uso privado o público.
2. **PYME sostenible** (Junta de Andalucía, 2017c), que busca financiar el coste de proyectos de energías renovables, autoconsumo, renovación de equipos, cogeneración de pequeñas y medianas empresas.
3. **Redes inteligentes**, (Junta de Andalucía, 2017b), que pretende fomentar la transformación de las ciudades mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

En las líneas siguientes se resumen aquellos aspectos más relevantes de cara a incentivar económicamente estrategias de regeneración de la envolvente para la reducción de la demanda energética del edificio. Como principal diferencia respecto del plan de vivienda y rehabilitación de Andalucía 2016-2020, observamos que la línea incentivos para la construcción sostenible que se promueve desde este programa es más ambiciosa y está más detallada, ya que cuenta con un catálogo de estrategias en función de las cuales se establece el porcentaje incentivable (Junta de Andalucía, 2016c).

En la Tabla 5.22 se recogen los principales aspectos de este programa de ayudas, al modo que ya se hiciera en el apartado anterior.

| | | |
|--|-------------------------------------|---|
| Incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía 2017- | Objeto | Incentivar la mejora en términos de eficiencia energética de edificios de viviendas a través de una serie de actuaciones incentivables, de las cuales destaco aquellas relacionadas con estrategias pasivas: A.1. MEJORAS EN EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS EDIFICIOS O VIVIENDAS. A.1.1. Soluciones tradicionales para el aislamiento en cerramientos, cubiertas o suelo. A.1.2. Disposición de ventanas o huecos acristalados térmicamente eficientes. A.1.3. Medidas de protección solar o sombreado. A.3. SOLUCIONES BIOCLIMÁTICAS O CON ALTO VALOR AÑADIDO. |
| | Personas beneficiarias | - personas físicas y comunidades de propietarios. - personas jurídicas privadas, con o sin ánimo de lucro. - agrupaciones de personas jurídicas, las comunidades de bienes o cualquier tipo de unidad económica o patrimonio separado sin personalidad jurídica. - entidades locales territoriales y entidades del sector público local. - agencias públicas empresariales. |
| | Requisitos y limitaciones | Se establecen los requisitos Personas físicas: - la actuación para la que se solicite el incentivo ha de ser la vivienda habitual de persona o agrupación solicitándose. Personas jurídicas: - tendrán la condición de microempresa o PYME. - de tener participación pública, además, el 25% o más de su capital social o derechos de voto no han de estar controlados por uno o más organismos públicos. |
| | Tipo y cuantía de las ayudas | La cuantía y el tipo de ayudas se establece en función de la estrategia y quedan definidas en la Tabla 5.23 |

Tabla 5.22. Análisis del Programa para el desarrollo energético sostenible de Andalucía. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la Junta de Andalucía.

| Tipos de actuación recogidos | Intensidades de incentivo | | | | | | |
|--|---------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|---|--|
| | Generales | Específicas | | | | | |
| A.1. Mejoras en el comportamiento térmico de los edificios o viviendas A.3. Soluciones bioclimáticas o con alto valor añadido | | Construido entre 1980 y 2007 | Construido antes de 1980 | Uso eco-materiales o ecodiseño | Ámbito prioritario ris ³ o uso de tic para medición y seguimiento energético | Actuaciones en edif. De entidades locales | Rehabilitaciones energéticas en viviendas sociales |
| A.1.1.a) Sistema de aislamiento térmico interior | 30% | 35% | 40% | 35% | 40% | 70% | 80% |
| A.1.1.b) Sistema de aislamiento térmico exterior | 35% | 40% | 45% | 40% | 45% | 80% | 85% |
| A.1.2.a) Renovación de vidrios | 25% | 25% | 30% | - | 35% | 50% | 60% |
| A.1.2.b) Sustitución de ventanas o huecos acristalados | 20% | 25% | 30% | - | 30% | 70% | 80% |
| A.1.2.c) Instalación de dobles ventanas | 20% | 20% | 25% | - | 30% | 60% | 70% |
| A.1.3.a) Elementos de control solar manual | 30% | - | - | - | 35% | 70% | 80% |
| A.1.3.b) Elementos de control solar automático | 35% | - | - | - | 40% | 75% | 85% |
| A.1.3.b) Soluciones avanzadas con protección solar | 40% | - | - | - | 45% | 80% | 85% |
| A.3.a) Soluciones bioclimáticas | 35% | - | - | - | 40% | 70% | 80% |
| A.3.b) Soluciones avanzadas para la reducción de la demanda energética | 40% | - | - | - | 45% | 75% | 80% |
| A.3.c) Edificios de alto rendimiento energético | 35% | - | - | - | 40% | 80% | 85% |
| A.3.d) Edificios de muy alto rendimiento energético | 40% | - | - | - | 45% | 80% | 85% |

³ RIS3 Sectores de movilidad y logística, industria avanzada vinculada al transporte, turismo, cultura y ocio, así como salud y bienestar social, la industria agroalimentaria, las energías renovables, eficiencia energética

Tabla 5.23. Porcentaje de costes de ejecución cubiertos para estrategias definidas dentro del catálogo de soluciones del Programa de incentivos. Fuente: Elaboración propia a partir de información en las bases reguladoras para la concesión de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía en el período 2017-2020.

- **Mínimos exigibles a los conjuntos de medidas de regeneración incentivables**

Si comparamos esta línea de incentivos con el plan de vivienda y rehabilitación de Andalucía, observamos que cubren un mayor porcentaje de los costes, pero al mismo tiempo las condiciones que se establecen son mucho más restrictivas que en el citado plan. El documento particulariza una serie de condiciones que habrá de cumplir el conjunto de medidas, además de unas condiciones particulares asociadas a la mayor parte de las estrategias de intervención. Se recogen a continuación los mínimos exigibles al conjunto de actuaciones, a fin de analizar pormenorizadamente las ventajas y desventajas de considerar estas líneas de financiación en la evaluación económica de la intervención de regeneración en el marco de la metodología integrada que se desarrolla en la fase 3.

A.1. Mejoras en el comportamiento térmico de los edificios. Las medidas propuestas bajo este epígrafe comportan desde actuaciones sobre la envolvente, como en los huecos, siempre referidas todas las medidas recogidas a estrategias pasivas que persiguen la reducción de la demanda.

- **A1.1.1. Soluciones tradicionales para el aislamiento térmico en cerramientos, cubiertas o suelo.**
 - Los materiales aislantes térmicos deberán tener una resistencia térmica por encima de $1.5 \text{ m}^2\text{K/W}$ o un coeficiente medio de reflexión superior al 85%, para aquellos materiales que basen la mejora del rendimiento energético en mecanismos de reflexión y/o irradiación.
 - Las ventanas y huecos habrán de ser objeto de la intervención si se encuentran en mal estado.
 - Existirá previamente un equipo generador o consumidor de energía en el que se produzca la reducción del consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero.
- **A1.1.2. Disposición de ventanas o huecos acristalados térmicamente eficientes.**
 - De instalarse marcos metálicos, los mismos habrán de contar con una rotura del puente térmico de al menos 16mm .
 - Las mejoras de las prestaciones térmicas mediante la instalación de un acristalamiento doble habrán de asegurar una transmitancia menor o igual a 1.5 W/m^2 y un factor solar máximo de 0.60 en orientaciones noroeste, norte, sureste y este, y de 0.50 en el resto de las orientaciones.
 - Existirá previamente un equipo generador o consumidor de energía en el que se produzca la reducción del consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero.
- **A1.3. Medidas de protección solar o sombreado.**
 - Su disposición sólo estará asociada a las superficies acristaladas, dispuestas en cubiertas planas.
 - Su disposición estará asociada únicamente a superficies acristaladas, dispuestas en cubiertas planas o paramentos verticales que no estén orientados al norte, no habiendo de existir obstáculos o elementos que impida la radiación directa sobre los elementos construidos que se pretendan sombrear.
 - Existirá previamente un equipo generador o consumidor de energía en el que se produzca la reducción del consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero.
- **A.3. Soluciones bioclimáticas o con alto valor añadido.**
 - Se contemplarán todos los elementos estructurales y controles necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema.
 - En edificios en los cuales sea de aplicación el CTE, se satisfarán los requerimientos establecidos en el DB HE1.
 - Existirá previamente un equipo generador o consumidor de energía en el que se produzca la reducción del consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero.

• **Conclusiones respecto del plan de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía 2017-2020**

Hay determinados aspectos de los identificados dentro del plan que limitan la posibilidad de que muchos de los edificios del contexto local analizado se puedan acoger a los incentivos que desde el texto legislativo se promueven. De entre todos ellos cabe destacar la condición de exigir la existencia previa de un equipo consumidor o generador de energía sobre el cual puedan cuantificarse las reducciones generadas. Esto constituye uno de los aspectos más controvertidos, ya que condiciona la financiación de las actuaciones a la existencia de equipos centralizados de climatización y/o calefacción. En el contexto de Málaga, a tenor de los datos de consumos del sector residencial en España (España. Ministerio de industria energía y turismo et al., 2014), la mayor parte de los equipos de climatización son individualizados, siendo la principal fuente de consumo la energía eléctrica para climatización/calefacción y el gas butano para ACS y, en menor medida, climatización. Esta condición, es excluyente para con la mayor parte de los edificios del municipio y para todos aquellos que, por su antigüedad, no pudiesen contar con sistemas de este tipo. Por el contrario, si comporta un buen aliciente para edificios de uso público y/o terciario, lo cual a su vez se relaciona con los intereses promovidos a nivel europeo, que apuestan, en estas fases iniciales de la implantación de la estrategia, por facilitar la adopción de medidas a tipologías como las que parece recoger el documento.

1.3.2.5. Plan de rehabilitación del municipio de Málaga 2014-2023

El Plan Municipal de Vivienda (PMV) establece en materia de rehabilitación tres líneas principales de actuaciones: mediante *programas de ayuda por convocatoria abierta*, por *ejecución directa municipal* y sobre *áreas de renovación urbana sostenible*.

A su vez las actuaciones mediante programas de ayuda por convocatoria abierta dividen sus líneas de financiación según el tipo de rehabilitación y la zona de la ciudad donde se produzca, contándose de este modo con subvenciones dirigidas a la intervención en el casco histórico, orientadas a la rehabilitación de barriadas y rehabilitaciones de carácter especial. Finalmente, para cada línea de financiación se establecen una serie de supuestos para los que se regula el porcentaje del presupuesto protegible (PP) que se cubriría (Figura 5.13), además del total de los honorarios técnicos (HT).

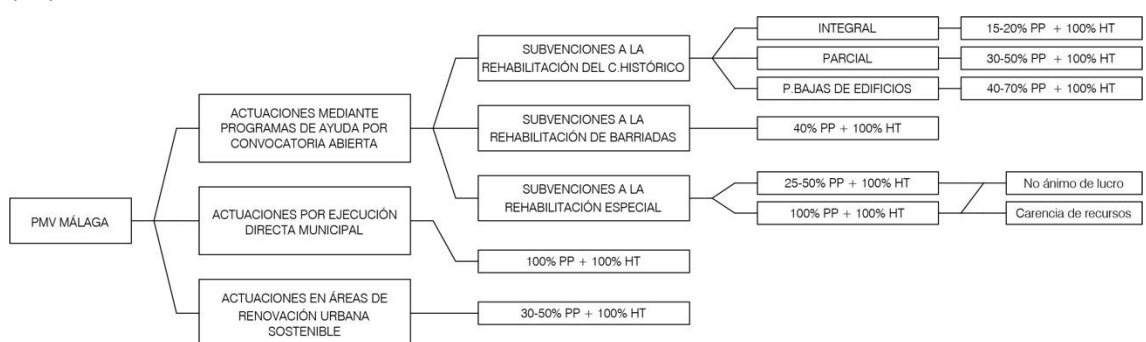


Figura 5.13. Líneas de actuación del Plan Municipal de Vivienda de Málaga en materia de rehabilitación. Fuente: Elaboración propia.

Tal y como identifica el plan municipal de la vivienda de Málaga, la línea de subvenciones a la rehabilitación de barriadas se dirige principalmente a actuaciones fuera del centro histórico de la ciudad, muy especialmente a todos aquellos polígonos de viviendas plurifamiliares fruto del gran desarrollo de la ciudad durante los años sesenta, setenta y ochenta.

En la Tabla 5.24 puede observarse los resultados de las experiencias obtenidas hasta 2014 en lo referente a financiación de actuaciones mediante programas de ayuda a la rehabilitación por convocatoria bianual abierta a través de las líneas del Instituto Municipal de la Vivienda. Podemos observar que en los últimos años que principalmente se ha destinado dicha dotación económica a la rehabilitación de barriadas y a la ejecución de actuaciones parciales en edificios del casco histórico de la ciudad.

| Año | Solicitudes | | Dotación económica por parte del Ayto. (€) | Subvenciones a la rehabilitación del centro histórico (€) | | | Subvenciones a la rehabilitación de barriadas (€) | Subvenciones a la rehabilitación especial (€) |
|------|-------------|--------------|--|---|--------------|---------------|---|---|
| | Concedidas | Desestimadas | | Integral | Parcial | Plantas bajas | | |
| 2009 | 127/268 | 141/268 | 5,271,912.35 | 1,630,847.96 | 605,743.54 | 133,867.12 | 804,649.21 | 2,096,804.52 |
| 2012 | 151/354 | 203/354 | 3,250,000.00 | 0.00 | 1,750,000.00 | 0.00 | 1,500,000.00 | 0.00 |
| 2014 | 81/140 | 59/140 | 2,000,000.00 | 0.00 | 700,000.00 | 0.00 | 1,300,000.00 | 0.00 |

Tabla 5.24. Datos de financiación por parte de la administración de actuaciones en materia de rehabilitación. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Rehabilitación del IMV de Málaga

De entre las actuaciones de rehabilitación de edificios por ejecución directa municipal, cabe destacar la llevada cabo durante los años 2014 y 2015 en la barriada de la Palma, un importante polígono de viviendas plurifamiliares con una componente social compleja. Las operaciones llevadas a cabo comprendieron desde la actuación sobre cubiertas de los edificios, mejora de las carpinterías y revestimientos de las viviendas, instalaciones y accesibilidad de las mismas; invirtiéndose un total de 2,559,921.00€ (IMV, 2014). No obstante, las actuaciones que de manera general fueron planteadas no perseguían una mejora de las condiciones térmicas de las viviendas, algo especialmente necesario si consideramos el potencial riesgo de pobreza energética de los vecinos que integran la barriada.

Bajo el epígrafe de actuaciones de rehabilitación en áreas de renovación urbana sostenible, tal y como lo expresa el PMV, encontramos una de las vías que parecería más interesante a nivel administrativo para la financiación de proyectos de rehabilitación pioneros, concretos e integrales que persigan la regeneración de contextos urbanos centrales o periféricos bajo criterios de intervención holísticos y que pasen por considerar aspectos sociales, ambientales y económicos. Las propuestas de rehabilitación a través de esta vía forman parte de la iniciativa andaluza Re(u)So (Programa para la Rehabilitación Urbana Sostenible), siendo los proyectos redactados por el ayuntamiento y seleccionados por la Consejería competente en materia de vivienda, previa convocatoria pública y anual; que, de acuerdo con las disponibilidades presupuestarias, financiaría entre un mínimo del 30% y un máximo del 70% el presupuesto global. Sin perjuicio de lo anterior la administración local contribuiría igualmente a la financiación de dicho proyecto con una aportación entre el 30-50%.

Como síntesis y caracterización del parque edificado obsoleto de la ciudad de Málaga, el Anexo III del PMV de Málaga se recoge una propuesta de áreas de rehabilitación presentadas al plan autonómico 2009-2012 que centra su atención en barrios degradados de la ciudad situados en la periferia, donde sus habitantes disponen de insuficientes recursos económicos como para acometer actuaciones de mantenimiento o mejora de los edificios. De este modo se propone por parte del consistorio la eliminación de las barreras arquitectónicas de los edificios y la reurbanización y mejora de viales, espacios libres y redes de infraestructuras (Málaga, 2014a). No obstante, cabe señalar que las actuaciones sobre los edificios que se producen son en un estricto sentido de conservación de las construcciones existentes, no planteándose mejoras de las características térmicas o funcionales de los elementos constructivos rehabilitados.

Así mismo el plan establece un apartado en el que se recogen distintos organismos urbanos que se establecen como protegidos en el PGOU de Málaga (Junta de Andalucía, 2011), entre los que podríamos destacar por su relevancia arquitectónica la Colonia Santa Inés, la Barriada de Carranque y el Conjunto Camino viejo de Ciudad Jardín.

1.3.3. La Agenda Local XXI de Málaga y sus indicadores de sostenibilidad urbanos

Tal y como ya hemos visto, las agendas locales se plantean como una herramienta que persigue considerar los recursos e iniciativas locales en favor de la mejora de la sostenibilidad de las ciudades que las desarrollan (Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994). En 2004 se publicó la primera versión de dicha Agenda para la ciudad de Málaga, la cual se actualizó durante los siguientes años, siendo la última versión disponible a fecha de la realización de esta investigación la de 2019.

El interés al objeto de la investigación en curso no se centra tanto en la agenda en sí misma, como en los indicadores de seguimiento desarrollados, que nos permiten conocer con cierta precisión el contexto donde plantear intervenciones en materia de regeneración urbana. Dichos indicadores se actualizan anualmente y los aquí estudiados fueron publicados el año 2019.

Para el análisis de los indicadores de la agenda se han confeccionado una serie de Tablas que ponen principalmente en relación los distintos ámbitos en los que se han desarrollado los indicadores, en función de una serie de áreas, con las dimensiones de la sostenibilidad que hemos identificado a lo largo del trabajo. En dichas Tablas se recoge además una columna donde se determina si el indicador está geolocalizado y puede aportarnos información a nivel de barrio o área municipal. Dicha relación entre dimensiones de la sostenibilidad y ámbitos recogidos por la AXXI se establece del siguiente modo: *Gestión de los recursos naturales*, quedando este ámbito encuadrado desde la perspectiva medioambiental; *Cohesión social y desarrollo económico*, englobado dentro de una dimensión social y económica entendida a través de la ciudadanía y, finalmente, *Gobierno de la ciudad*, que se relaciona igualmente con aspectos sociales y económicos, pero entendidos a través del binomio administración local y ciudadanos.

Se quiere diferenciar del resto de indicadores aquellos desarrollados bajo el ámbito de *Territorio y Configuración de la Ciudad*, ya que se entienden como indicadores que nos hablan de la estructura física de la ciudad y que recogen una serie de datos estadísticos que nos permiten identificar situaciones variables de la ciudad que pueden hablar o no de aspectos relacionados directamente con varias dimensiones de la sostenibilidad. En cualquier caso, son indicativos a la hora de determinar en qué dirección se mueve el desarrollo urbano y analizar las debilidades y fortalezas de su estructura física con relación al mismo.

1.3.3.1. Territorio y Configuración de la Ciudad (Soporte para evaluación a nivel urbano)

De lo que se desprende de la Tabla 5.12 y atendiendo a la relación que guardan las distintas áreas establecidas en el ámbito de *Territorio y Configuración de la Ciudad* con el objetivo de la investigación en curso, podemos detectar una serie de ellas que resultan esenciales a la hora de identificar espacios donde potencialmente plantear actuaciones a nivel de la envolvente de los edificios: *Urbanización y ocupación del territorio*, *Complejidad y diversidad de usos*, *Vivienda y Zonas verdes*. A continuación, explicaremos el interés de los mismos al objeto de la investigación y detallaremos los distintos indicadores desarrollados por la agenda para cada una de las áreas.

| Área | Indicador | Unidades de medida | Geo-localizados |
|--|---|--|-----------------|
| 1. Urbanización y ocupación del territorio | 1.1 Densidad de población | Habitantes / Hectárea | si |
| | 1.2 Densidad de vivienda por hectárea | Vivienda / Hectárea | no |
| | 1.3 Viviendas construidas | N.º de viviendas | si |
| | 1.4 Tipología de la vivienda | Porcentaje de viviendas | no |
| | 1.5 Compacidad | Superficie construida / Superficie urbana | si |
| 2. Complejidad y diversidad de usos | 2.1 Complejidad urbana | Índice de diversidad adimensional (Fórmula de Shannon) | si |
| | 2.2 Techo edificado residencial / total | Superficie construida residencial / Superficie construida total | no |
| | 2.3 Proximidad a servicios básicos | Porcentaje de población | no |
| 3. Vivienda | 3.1 Porcentaje de viviendas de VPO | Porcentaje de N.º de licencias VPO / Licencias totales concedidas en el año de ref. | no |
| | 3.2 Porcentaje de viviendas alquiladas / viviendas totales | Porcentaje de N.º de viviendas alquiladas / N.º de viviendas totales | no |
| | 3.3 Accesibilidad a la vivienda | Años para adquirir una vivienda (Precio medio de vivienda / renta per cápita disponible) | no |
| 4. Zonas verdes | 4.1 Zonas verdes por habitante | N.º de habitantes / Superficie de zonas verdes | si |
| | 4.2 Número de árboles en viario por habitante | Árboles por cada 100 habitantes | no |
| | 4.3 Masa foliar productora de sombra | Volumen o superficie (indeterminado) | no |
| | 4.4 Porcentaje de especies autóctonas de vegetación en viario | Porcentaje de N.º de árboles autóctonos en viario / N.º de árboles totales en viario | no |
| | 4.5 Proximidad a zonas verdes | Porcentaje de población | no |
| 5. Movilidad y accesibilidad | 5.1 Transporte modal | Porcentaje de modos de desplazamiento en transporte público | si |
| | 5.2 Crecimiento de viajeros en transporte público | Porcentaje en base 100 respecto de datos de 1995 | no |
| | 5.3 Superficie dedicada a infraestructura de transporte | Longitud o superficie | no |
| | 5.4 Intensidad de tráfico | Porcentaje en base 100 respecto de datos de 2005 | no |
| | 5.5 Proximidad del transporte público | Porcentaje de población | no |
| | 5.6 Longitud y proximidad de carriles bici | longitud y porcentaje de población | no |
| | 5.7 Calles peatonales | Longitud de calles peatonales / Longitud total de calles y vías | no |

Tabla 5.12. Indicadores de seguimiento con relación al "Territorio y Configuración de la Ciudad" propuestos por la Agenda XXI de Málaga y tipo de relación con los procesos de regeneración urbana. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga.

- **Urbanización y ocupación del territorio**

Desde el punto de vista de las actuaciones que se pretenden evaluar en este contexto, indicadores como el de densidad de población, vivienda por hectárea, tipología y compacidad resultan de especial relevancia.

Considero como hipótesis de partida a validar en este sentido identificar organismos urbanos con una densidad poblacional y de viviendas elevados, donde podamos contar con una tipología residencial plurifamiliar como conjunto de células urbanas esencial y con una compacidad media que permita plantear en paralelo actuaciones a nivel de espacios públicos y/o semiprivados. Todo ello se justifica en la idea central de localizar contextos de importante repercusión urbana, donde sea razonable plantear una metodología de aproximación lo suficientemente holística.

No todos los indicadores que veremos a continuación nos devuelven una imagen a escala de barrio, mostrándonos sencillamente resultados a nivel local. No obstante, es interesante contar con ellos, ya que nos permiten obtener valores de referencia medios con los cuales comparar resultados a escala de barrio y con esto poder determinar cuán representativos resultan.

- **Densidad de población:** Mediante este indicador obtenemos una primera visión de la configuración de la ciudad a nivel social con una perspectiva temporal. Gracias a este indicador podemos planificar de un modo ordenado y equilibrado el crecimiento de las ciudades y determinar en relación con los usos y funciones las demandas de sectores de la población.
- **Viviendas construidas:** Nos permite conocer la evolución por sectores de la vivienda existente en la ciudad y así mismo evaluar las tendencias en favor de una planificación adecuada.
- **Densidad de vivienda por hectárea:** Gracias a este indicador se nos permite mediante el valor de referencia de entre 45-75 viviendas por hectárea para superficies urbanizables establecido por el PGOU de Málaga, detectar modelos de ciudad difusos a evitar por sus costes económicos y repercusión medioambiental a largo plazo.
- **Tipología de vivienda:** Este indicador permite identificar la relación de viviendas unifamiliares y plurifamiliares respecto del total de viviendas de la provincia.
- **Compacidad:** La obtención de este indicador a través de las diferentes delimitaciones urbanas nos permite un mejor entendimiento de la configuración de la ciudad, precisando de este modo el indicador anterior y siendo de especial relevancia al objeto de la investigación. Para el conjunto de la ciudad de Málaga se cifra la compacidad bruta o, lo que es lo mismo, la relación entre el techo total edificado (sin distinción entre suelo industrial y residencial) y la superficie urbana en 0.54; la compacidad neta, que relaciona el techo edificado residencial con la superficie de las parcelas residenciales, se cifra en 1.51. Esto caracteriza a grandes rasgos una ciudad de un perfil bajo (B+3), pero que si es analizada a nivel de barrio presenta importante contraste llegando a localizarse sectores con una importante compacidad neta, por encima de los 7m² construidos / m² de parcela.

- **Complejidad y diversidad de usos**

Esta área se relaciona directamente con el funcionamiento de los distintos organismos urbanos que pretendan ser estudiados. De los indicadores que son analizados a continuación cabe destacar el de complejidad urbana, ya que nos permite detectar la interrelación de distintas actividades en el entorno urbano. Plantear actuaciones en contextos con una complejidad urbana media-elevada resulta

interesante como hipótesis de aproximación a validar, ya que en contextos con dichas características pueden localizarse apoyos a través de las distintas actividades que allí se producen y caracterizar las actuaciones en un sentido o en otro a fin de que favorezcan a los distintos sectores.

- **Complejidad urbana:** Este indicador nos pone frente al concepto de organización del sistema urbano en función de los usos y servicios de la ciudad; de tal forma que un mayor nivel de complejidad urbana implica una mayor variedad de usos y funciones. Este indicador se calcula mediante la aplicación de la fórmula de Shannon para cada sector urbano, en los cuales se identifican las actividades georreferenciadas que se producen en relación a cada uno de los epígrafes del IAE (Impuesto sobre Actividades Económicas); de este modo se obtiene mediante la introducción en dicha fórmula del número diferente de actividades que se produzcan en ese sector un valor entre 2 y 6 que nos permite detectar aquellas áreas de menor complejidad urbana (por debajo del valor 2) y las de mayor complejidad urbana (por encima del valor 6), situadas estas segundas en las zonas más céntricas de la ciudad, donde se producen gran número de actividades en cada delimitación urbana.
 - **Techo edificado residencial/total:** Este dato se presenta en la agenda de un modo general y no hace especiales distinciones entre el uso complementario al de la vivienda, no permitiéndonos por tanto una adecuada aproximación a la escala de distrito y/o barrio, pero si estableciendo un valor general que nos permite determinar la relación del sector residencial frente al industrial a través de la relación entre la superficie construida de ambos.
 - **Proximidad de servicios básicos:** Este indicador desde el punto de vista de la investigación no presenta un gran interés, pero si nos permite caracterizar adecuadamente el distrito al que pertenece y detectar si las actuaciones que se plantean a nivel de la envolvente habrían de ir acompañadas de intervenciones a nivel municipal que persiguiesen dotar adecuadamente a las delimitaciones urbanas analizadas.
- **Vivienda**

Los indicadores propuestos para esta área nos muestran datos a nivel municipal, lo que dificulta encontrar información en los mismos sobre la que podamos sustentar hipótesis de aproximación a nivel de barrios. No obstante, el desarrollo de estos indicadores a escala de barrio y/o de célula urbana nos permite caracterizar adecuadamente el contexto en el que se plantearían actuaciones, a fin de poder estimar la respuesta.

- **Porcentaje de viviendas de VPO:** Mediante este dato podemos conocer la evolución de la vivienda a nivel de la ciudad. No obstante, no resulta un indicador adecuado a escala de barrio por no ofrecer resultados a este nivel.
- **Porcentaje de viviendas alquiladas / viviendas totales:** Del mismo modo que le ocurriera al indicador anterior, éste nos permite igualmente analizar la evolución del mercado, pero no contextualizar los datos a escala de barrio. Resulta de interés especialmente porque al determinar el régimen en el que se encuentra la vivienda se podrían orientar las actuaciones en un sentido determinado. El dato al que la agenda hace referencia es del año 2000 e indicaba que el porcentaje de viviendas alquiladas frente al total era de un 12.2%. No obstante, esta situación parece haber sufrido modificaciones en la última década y, pese a no existir datos concretos a fecha de la consulta, si es relevante señalar el porcentaje de viviendas secundarias y vacías calculado por el INE para el año 2011, que estableció un 5.8% de viviendas secundarias y 11.2% de viviendas

vacías, lo que representa un total de un 16% de potenciales viviendas en régimen de alquiler.

- **Accesibilidad a la vivienda:** Quizás sea el presente indicador uno de los más determinantes a la hora de plantear actuaciones de regeneración de viviendas en uso, ya que los resultados para la ciudad muestran que el acceso a una nueva vivienda por parte de los ciudadanos exige un esfuerzo elevado. Según el cálculo realizado por la OMAU el número de años para adquirir una vivienda se cifra en 17.5, lo cual representa una desviación considerable de los resultados estimados de la AXXI de 2015.

- **Zonas verdes**

Se considera que los indicadores analizados en esta área no resultan de especial relevancia al objeto de la investigación, muy especialmente por cómo son planteados. No obstante, resulta de especial interés tener en cuenta los mismos con relación a la calidad ambiental del sector en concreto que se pretenda evaluar, pese a que las actuaciones habrán de producirse a una escala de ciudad.

1.3.3.2. Gestión de los recursos naturales (Perspectiva medioambiental)

| Área | Indicador | Unidades de medida | Geo-localizados | | |
|--|--|--|-----------------|---|----|
| 1. Calidad del aire y niveles de contaminación | Dióxido de azufre | Microgramos / metro cúbico | Parcialmente | | |
| | Partículas en suspensión | | | | |
| | Dióxido de nitrógeno | | | | |
| | Monóxido de carbono | | | | |
| | ozono | | | | |
| 2. Emisiones de CO ₂ y cambio climático | Benceno | Toneladas por año | no | | |
| | Sulfuro de hidrógeno | | | | |
| | 2.1 Emisiones de CO ₂ | | | | |
| | 2.2 Cambio Climático | | | Temperatura media anual, N.º de días cubiertos, humedad media y pluviosidad | no |
| | 2.3 Irradiación media diaria | | | Kilovatio hora / superficie | no |
| 3. Salud | 3.1 Exposición a ruido | dBA y % de población expuesta | si | | |
| | 3.2 Aerobiología | N.º de granos por metro cúbico | si | | |
| | 3.3 Cáncer de piel | Porcentaje por cada 100.000 hab. | no | | |
| | 3.4 Calidad del agua de consumo | Clasificación: satisfactoria / tolerable o deficiente | no | | |
| | 3.5 Calidad de las aguas del mar | | no | | |
| | 3.6 Accidentes de tráfico | N.º accidentes | no | | |
| | 3.7 Intoxicaciones alimentarias e hídricas | Porcentaje de habitantes | no | | |
| | 3.8 Obesidad | | no | | |
| 4. Consumo energético | 4.1 Fuentes de consumo energético y consumo por habitante | Tn equivalentes de petróleo por habitante | no | | |
| 5. Consumo de agua | 5.1 Consumo por habitante | Litros / habitante al día | no | | |
| | 5.2 Fuentes de consumo de agua | Litros / sector | no | | |
| | 5.3 Tratamiento de las aguas residuales | Porcentaje de agua tratada | no | | |
| 6. Tratamiento de RSU | 6.1 Volumen de residuos y recogida selectiva | Kg de RSU / habitante / día | no | | |
| 7. Biodiversidad | 7.1 Diversidad de hábitats | Clasificación por hectárea | si | | |
| | 7.2 Niveles de fragmentación de hábitats | Índice de fragmentación adimensional | si | | |
| | 7.3 Presencia, longitud y extensión de corredores ecológicos | Identificación y caracterización por longitud y superficie | si | | |
| | 7.4 Superficie vegetal incendiada | | si | | |
| | 7.5 Extensión de ecosistemas naturales de especial interés | Hectáreas | si | | |
| | 7.6 Extensión de ecosistemas antrópico de especial interés | | no | | |
| | 7.7 Calidad de las aguas superficiales | Índice de calidad adimensional | no | | |
| | 7.8 N.º de especies de fauna amenazadas | | no | | |
| | 7.9 N.º de especies de flora amenazadas | N.º de especies y categorización | no | | |
| 8. Erosión del suelo | 8.1 Erosión del suelo | Toneladas / hectárea por año | si | | |

Tabla 5.13. Indicadores de seguimiento con relación a la “Gestión de los recursos naturales” propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga.

- **Calidad del aire y niveles de contaminación**

Los datos que obtenemos para esta área se soportan en una serie de indicadores que quedan regulados a nivel normativo por el RD 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno, monóxido de carbono, ozono y sulfuro de hidrógeno. Los resultados para cada uno de los indicadores se obtienen directamente a través de las distintas estaciones de medición existentes en la ciudad.

El interés de contemplar dichos indicadores reside en el planteamiento de alternativas para la envolvente que contribuyan a una mejora de la calidad del aire y reducción de los niveles de contaminación mediante el empleo de materiales con propiedades fotocatalíticas (Lisbona-García, 2016).

- **Emisiones de CO₂ y cambio climático**

Con relación a esta área conviene establecer todos los indicadores en un contexto adecuado y que se relacione con el objetivo de esta investigación. Es por ello por lo que se pone el foco sobre el ámbito residencial, habiéndose ya desglosado algunos de los datos que veremos a continuación en el apartado introductorio de la presente fase.

De los efectos que se derivan del cambio climático cabe contemplar cómo estas alteraciones de los valores anuales de temperatura, humedad relativa y pluviosidad pueden llegar a condicionar el tipo de estrategia de regeneración de la envolvente que nos planteemos, ya que habremos de proponer una solución con perspectiva de futuro y que se adapte a las nuevas situaciones climáticas. En este sentido conviene remitirnos al apartado 1.2.3 de esta fase, donde se detallan alguno de los resultados de recientes investigaciones a este respecto.

Finalmente, conocer los datos de irradiación media diaria se ha considerado necesario, en tanto y en cuanto es un indicador que nos permite determinar las ganancias que se generan a través de la envolvente como una variable que revierte interés de cara al planteamiento de estrategias pasivas de climatización.

- **Emisiones de CO₂:** Los resultados obtenidos para este indicador muestran a nivel de ciudad una situación en la cual el transporte constituye el sector que mayores emisiones produce, seguido por el residencial.
- **Cambio climático:** Al igual que ocurriera con los indicadores de calidad del aire, los planteados en este sentido simplemente se limitan a registrar los valores climáticos anuales a través de los datos recogidos en las distintas estaciones por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).
- **Irradiación Media diaria:** Este dato, al igual que el anterior, es obtenido a través de la AEMET y nos determina los valores anuales, desglosados por meses de la irradiación media, expresada en kWh/m².

- **Salud**

De los distintos indicadores desarrollados en esta área el único que entiendo preciso que tengamos en consideración a la hora de caracterizar la potencial actuación es el de exposición al ruido, por cómo podrían orientarse además las actuaciones no ya sólo para satisfacer una mejora del rendimiento energético de las viviendas, sino un mejor comportamiento de la envolvente frente al ruido aéreo.

- **Exposición al ruido:** Este indicador ha sido desarrollado para todo el municipio de Málaga a través de distintas mediciones realizadas in situ. Los resultados de dichas mediciones se han cartografiado, identificándose los niveles máximos y mínimos de ruido tanto de día como de noche.

- **Consumo energético**

El interés de esta área, así como del indicador desarrollado para la misma nos permite, dada la imposibilidad de acceso a los datos precisos de las compañías de suministro energético, estimar los consumos de cada organismo urbano en función de su población.

- **Fuentes de consumo energético y consumo por habitante:** Este indicador nos permite conocer el consumo energético total por habitante, el cual se estableció para el año 2014 en 1.35 Tep. Del total de energía final consumida, el porcentaje de renovables apenas alcanzó el 1% (0.92%), poniéndose de este modo de manifiesto la escasa representatividad de este tipo de fuente energética.

1.3.3.3. Cohesión social y desarrollo económico (Perspectiva social y económica Ciudadanos)

| Área | Indicador | Unidades de medida | Geo-localizados |
|---|--|--|-----------------|
| 1. Características de la población | 1.1 Evolución de la población | N.º de habitantes | si |
| | 1.2 Pirámide de población | N.º de habitantes por grupos de edades y género | no |
| | 1.3 Población por áreas de ciudad | N.º de habitantes y variación porcentual | si |
| 2. Características de la población inmigrante | 2.1 Evolución de la población inmigrante | N.º de habitantes y porcentaje | si |
| | 2.2 Características de la población inmigrante | N.º de habitantes, porcentaje, procedencia, género y grupos de edades | no |
| | 2.3 Población inmigrante por áreas de ciudad | N.º de habitantes y porcentaje | si |
| 3. Población activa y desempleo | 3.1 Población activa y desempleo | Porcentaje y N.º de desempleados | no |
| 4. Desarrollo económico | 4.1 Evolución del PIB (Municipal) | Porcentaje de evolución del PIB | no |
| | 4.2 Valor añadido bruto por sectores | Porcentajes de Valor añadido bruto (VAB) | si |
| 5. Renta familiar disponible | | Porcentaje renta familiar disponible de la ciudad / renta familiar disponible nacional | si |
| 6. Relación de Gini y curva de Lorenz | 6.1 Relación de Gini | Índice de Gini adimensional | no |
| | 6.2 Curva de Lorenz | Porcentaje de ingresos que corresponde a cada porcentaje de individuos (decilas) | no |
| 7. Tasa de pobreza | 7.1 Tasa de riesgo de pobreza | Porcentaje | no |
| 8. Vulnerabilidad y exclusión social | 8.1 Segregación residencial urbana. Índices de similitud y segregación | Índice de segregación adimensional | si |
| 9. Coberturas sociales | 9.1 Beneficiarios de pensiones no contributivas | Porcentaje y N.º de pensionistas | no |
| | 9.2 Índice de soledad | Porcentaje y número de personas mayores en soledad | no |
| | 9.3 Plazas residenciales para mayores | N.º de plazas y porcentaje | no |
| | 9.4 Personas atendidas en domicilio | N.º de expedientes familiares y porcentaje | no |
| | 9.5 Expedientes familiares existentes en los centros de servicios sociales | N.º de expedientes familiares y porcentaje | no |
| | 9.6 Personas sin hogar | N.º de personas sin hogar y porcentaje de personas atendidas | no |
| 10. Violencia de género | | N.º de mujeres afectadas y porcentaje | no |
| 11. Necesidades y demandas sociales | 11.1 Tasa neta de escolarización | Porcentaje de alumnos | no |
| | 11.2 Alumnos que promocionan | Porcentaje de alumnos | no |
| | 11.3 Tasa de dependencia | Porcentaje sobre población potencialmente activa | no |
| 10. Educación ambiental | | N.º de iniciativas, n.º de itinerarios y n.º de participantes en programa | no |

Tabla 5.14. Indicadores de seguimiento con relación a la "Cohesión Social y Desarrollo Económico" propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga.

En mayor o menor medida todas las áreas e indicadores considerados por la AXXI bajo este ámbito de estudio resultan de interés para la investigación, pero es cierto que como consecuencia de un ejercicio de síntesis y de necesidad de abarcar holísticamente la cuestión de la regeneración de la envolvente de edificios en el contexto geográfico seleccionado, se obvian muchos de los mismos, quedándonos prácticamente con aquellos que nos permitan localizar en las distintas áreas municipales los datos relevantes que puedan respaldar una hipótesis clara que soporte la elección de un organismo y célula urbana determinados. No obstante, cabe destacar que como consecuencia de los avances en materia de obtención de datos georreferenciados gracias al empleo de las TICs (tecnologías de la información y la comunicación) podremos obtener en no demasiados años múltiples datos sociales y económicos respecto de los espacios de la ciudad, lo cual permite respaldar de un modo más preciso estrategias y/o hipótesis de partida en futuros proyectos e investigaciones.

- **Características de la población**

Resultan de especial importancia todos aquellos indicadores desarrollados a nivel de caracterización de la población siempre y cuando se nos permita a través de los datos dibujar un perfil poblacional concreto de un organismo urbano determinado. Es por ello por lo que adquieren relevancia aquellos indicadores que georreferencian sus datos, siendo especialmente destacables el de población y el de variación por áreas de ciudad.

- **Evolución de la población:** Los datos a portados por este indicador para el conjunto de la ciudad muestran un descenso poblacional entre los años 2009 y 2014, año a partir del cual se revierte la tendencia y comienza a ascender paulatinamente.
- **Población y variación por áreas de ciudad:** Este indicador nos permite determinar tendencias de crecimiento de población con relación a las áreas urbanas, lo cual revierte interés al objeto de identificar qué sectores están sufriendo despoblación y proponer sobre ellos actuaciones que permitan alterar estas dinámicas.

- **Características de la población inmigrante**

Esta área nos permite, al igual que la anterior, determinar de manera general el panorama actual y su evolución, al tiempo que nos muestra qué repercusión tiene a nivel de los distintos sectores de la ciudad.

- **Evolución de la población inmigrante:** Los datos a través de estos indicadores permiten definir el flujo global de la población inmigrante.
- **Características de la población inmigrante:** Mediante este indicador se puede determinar el perfil de la población migrante, en lo referente a edad género y origen de los mismos.
- **Población inmigrante por áreas de ciudad:** Este indicador revierte especial interés al objeto de la investigación. A través del mismo, junto con indicadores que permitan determinar el grado de obsolescencia de los barrios, se pueden detectar sectores de la ciudad en los que sea pertinente una intervención que requiera de la participación pública para la mejora de dichos entornos, procurando la integración de dicha población migrante en contextos que no se vean degradados físicamente, en los que exista una complejidad de usos elevada y estén adecuadamente conectadas con el resto de la ciudad. A fin de acotar el número de indicadores a analizar y, no entendiéndose la hipótesis de renovación de la envolvente de los edificios basada en una actuación

exclusivamente de carácter público, este indicador no se toma en consideración.

- **Población activa y desempleo**

Los datos expuestos con relación a esta área ofrecen información que permiten caracterizar la población de manera general. No obstante, sería interesante poder contar con indicadores que nos permitiese contextualizar a nivel de sectores urbanos esta situación. Como breve resumen a este respecto, podemos determinar que la tasa de desempleo total de la provincia se cifró en un 22.45% para el año 2017 (último dato recogido en la AXXI de 2019), reduciéndose respecto de los datos facilitados en la anterior edición del documento, correspondiente al año 2016.

- **Desarrollo económico**

Conocer datos englobados en esta área como la evolución del Producto Interior Bruto (PIB) o el valor añadido bruto por sectores (VAB), nos permite de manera general conocer la capacidad productiva del sistema económico local y el peso de cada uno de los sectores económicos sobre el PIB. De este modo tenemos, para el primero de los indicadores desarrollados que la evolución del PIB a nivel municipal es de un 4%, lo cual representa una evolución significativa respecto de los datos ofrecidos para el año 2016. Por otra parte, si nos centramos en el análisis del indicador Valor añadido Bruto por Sectores, podemos observar que el sector servicios contribuye al PIB total de la provincia con un 77.6% de los recursos económicos, frente al 12.4% de la construcción, el 6.3% de la industria y el 3.7% de la agricultura y pesca (año de referencia 2010, último dato disponible).

- **Renta familiar disponible**

Precisar este dato nos permite conocer la renta familiar neta disponible con que cuentan las familias para hacer frente a sus gastos y resulta determinante de cara a estimar la capacidad de afrontar por parte de las mismas las potenciales operaciones que se realizan sobre los edificios. A efectos de esta investigación se plantea como un valor límite que nos permitiría determinar si el edificio donde se plantea la intervención responde a una situación de rentas familiares que están por debajo de la media municipal, entendiéndose de este modo la capacidad de endeudamiento de las familias bastante limitada. Como principal ventaja de este indicador en la AXXI de 2019 contamos con el hecho de que los datos han sido localizados por áreas municipales, lo cual nos permite conocer en qué zonas de la ciudad tendríamos, *a priori*, un panorama más propicio para intervenir. La renta media anual por hogar en Málaga es un 25% inferior a la media nacional y se cifró para el último dato disponible en 26,224 € (2017).

- **Relación de Gini y curva de Lorenz**

A través de este indicador se nos permite determinar la desigualdad en los ingresos de la población, siendo un coeficiente entre 0 y 1, donde 0 responde a una situación de perfecta igualdad y 1 que se corresponde con una situación de perfecta desigualdad (pudiendo expresarse estos resultados igualmente en porcentajes, Tabla 5.15). De manera general plantear actuaciones en contextos urbanos donde la desigualdad en términos de ingresos económicos sea muy acusada comporta dificultades de desarrollo de las mismas. Desafortunadamente estos datos no han sido precisados a nivel de barrios o áreas municipales, pero sí organizado en función de los principales puntos cardinales de la ciudad, de este modo tenemos que el nordeste (zona correspondiente con los distritos 5 y 3) tiene un coeficiente de 0.33, siendo el más elevado de todo el conjunto, mientras que zonas como el litoral este (distrito 2) tiene un factor de 0.27, el más bajo del municipio.

| Macroáreas de la ciudad | Índice de Gini | Desigualdad S80/S20 |
|-------------------------|----------------|---------------------|
| Centro | 32.14% | 6.48 |
| Litoral este | 26.68% | 4.38 |
| Litoral oeste | 28.83% | 4.68 |
| Nordeste | 32.66% | 5.70 |
| Noroeste | 29.40% | 4.49 |

Tabla 5.15. Índice de Gini por macroáreas de la ciudad correspondientes al año 2011 (último dato disponible). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga (Agenda Local XXI de 2019).

- **Tasa de pobreza**

Conocer este dato, el cual está parcialmente contextualizado en la ciudad a través de macroáreas, resulta importante de cara a determinar en qué contextos urbanos sería más difícil financiar a través de las contribuciones económicas de los vecinos las distintas actuaciones de regeneración de edificios que pudiesen plantearse.

1.3.3.4. Gobierno de la ciudad (Perspectiva social y económica: Ciudadanos y administración local)

De manera general, ninguno de los indicadores propuestos en este ámbito ha sido geolocalizado. No obstante, permite dar buena cuenta de en qué situación se encuentra el nivel de participación de los ciudadanos, lo cual analizado desde una perspectiva social permite determinar a grandes rasgos el nivel de implicación ciudadana en los procesos de transformación de los barrios y ciudades. Es sin duda alguna esta escasa participación ciudadana de los asuntos concernientes a la ciudad la que pone de relieve el gran problema acuciante en ciudades como Málaga, la cual se expone a un importante proceso de transformación social y urbana de los cuales nadie parece querer tomar parte, a excepción de los agentes con intereses económicos puestos en el desarrollo de la ciudad.

| Área | Indicador | Unidades de medida | Geo-localizados |
|--------------------------|--|---|-----------------|
| 1. Gobierno de la ciudad | 1.1 Dependencia presupuestaria | Relación de dependencia presupuestaria (presupuesto corriente / capital real) | no |
| | 1.2 inversión municipal en presupuesto participativo | Porcentaje e inversión por habitante de presupuesto participativo | no |
| | 1.3 Gastos en cooperación | Porcentaje de gasto en cooperación, euros por habitante gastados en cooperación | no |
| | 1.4 Equidad municipal de género | Porcentaje | no |
| | 1.5 Participación ciudadana en elecciones locales | Porcentaje de votantes / personas con derecho a voto | no |
| | 1.6 Niveles de participación de asociaciones | porcentaje de asociaciones participantes / total asociaciones inscritas en los registros públicos | no |
| | 1.7 Importe de subvenciones | Inversión por habitante en subvenciones y convenios | no |

Tabla 5.16. Indicadores de seguimiento con relación al “Gobierno de la Ciudad” propuestos por la Agenda XXI de Málaga e identificación de geolocalización de datos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga.

Los datos analizados en la Tabla 5.17 muestran los indicadores desarrollados en la Tabla 5.16. A través del análisis de los mismos se constata el bajo nivel de participación de la población, especialmente si atendemos al número de asociaciones inscritas y que participan. Dicho bajo nivel de participación, al objeto de la regeneración urbana de sectores de la ciudad y edificios, pone de manifiesto la necesidad de que se consoliden estructuras que permitan gestionar los intereses de los vecinos con relación a dicha regeneración. Figuras asociativas que persigan mancomunar intereses a través de cooperativas de regeneración de edificios se muestra como una oportunidad para llevar a cabo las actuaciones que requieren los entornos urbanos.

| Indicador | Datos para cálculo del indicador | Datos |
|--|---|--|
| 1.1 Dependencia presupuestaria | Presupuesto corriente del gobierno Local 722,386,210 € Capital real del gobierno Local 6,243,888 € | Dependencia presupuestaria 115.7 |
| 1.2 Inversión municipal en presupuesto participativo | Presupuesto municipal de inversiones 57,411,708.00 € Presupuesto participativo 11,283,315 € | Porcentaje de inversión en presupuesto participativo 19.7% |
| 1.3 Gasto en cooperación | Ingresos de impuestos indirectos 751,364,767.00 € Gasto en cooperación 1,020,001 € | Porcentaje de gasto en cooperación en relación con los ingresos municipales 1.8% |
| 1.5 Participación ciudadana en elecciones locales | Población total con derecho de voto 423,062 N.º de votantes en elecciones locales 229,872 | (1) Porcentaje de votantes en elecciones locales 54.3% |
| 1.6 Nivel participación de asociaciones | N.º total de entidades inscritas 3,111 N.º de entidades inscritas participantes 31 | Grado de participación 1.0% |
| 1.7 Cantidad de entregas en concepto de subvenciones y convenios | Cantidad de entregas en concepto de subvenciones y convenios 1,642,300 € Población total 573,832 | Entregas y convenios en relación con la población total 2.9 €/hab. |

¹ Datos de 2015

Tabla 5.17. Desarrollo de indicadores de seguimiento con relación al "Gobierno de la Ciudad" que guardan relación con los niveles de implicación y participación de la ciudadanía en la gestión local para el año 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Oficina de Medio Ambiente Urbano de Málaga (Agenda Local XXI 2019).

1.4. Identificación de conjuntos susceptibles de rehabilitación y experiencias previas en readaptación de edificios plurifamiliares

Identificar aquellos conjuntos de la ciudad susceptibles de rehabilitación reconocidos a través de dos fuentes de referencia como son la *Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga* y el *Plan Municipal de Vivienda, Rehabilitación del municipio de Málaga* resulta vital de cara a la elección fundamentada de una célula urbana. Para ello se identifican las distintas barriadas y/o conjuntos susceptibles de rehabilitación con relación a las juntas municipales de distrito de la ciudad (Figura 5.14), distinguiendo entre *protegidas* y *no protegidas*. De especial relevancia resultan en este sentido aquellas áreas identificadas en el Anexo III del PMV, puesto que ponen el acento en el planteamiento de actuaciones en conjuntos muy diversos, aunque no se hace un estudio de detalle en todos los casos enunciados.

Conviene señalar que en el análisis realizado no se ha considerado el distrito centro de manera intencionada, pese a que existen en él conjuntos situados en barrios como el de *Cristo de la Epidemia* o *Capuchinos* que podrían resultar de interés. Esto se debe a la escasa extensión de los mismos, así como a la falta de definición urbana, consecuencia directa de la compleja implantación de un barrio de nueva planta en un sector de la ciudad entonces consolidado.

De este modo se han considerado en el estudio barriadas y/o conjuntos comprendidos entre los años 40 y 80, siendo especialmente interesantes al objeto de esta investigación todas aquellas comprendidas en la segunda mitad de este intervalo de tiempo, puesto que nos permite centrar la atención en conjuntos no protegidos, los cuales nos permiten una mayor flexibilidad de actuaciones a nivel de la envolvente.

Tal y como se puede apreciar en la Figura 5.14 el distrito municipal 6 es uno de los principales sectores de la ciudad en los que se ha podido encontrar mayor número de conjuntos residenciales susceptibles de intervención. Esto se suma al hecho de ser uno de los sectores de la ciudad que concentra mayor porcentaje de población (15.04%) junto con los distritos 7 y 1, algo que pudimos ver en el apartado 1.1.3.



Figura 5.14. Conjuntos protegidos (del 1 al 13) y no protegidos (del 14 al 29) susceptibles de rehabilitación identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda y el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio de Málaga. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la DTFV y del PMV de Málaga.

En la Tablas 5.25 y 5.26 se recoge los distintos conjuntos localizados en la figura anterior, identificando el año/años o décadas en que se consolidaron, la extensión de los mismos, la tipología predominante, así como la altura y su nivel de conservación.

| Conjunto | Año | Extensión (m ²) | Tipología | Altura | Conservación |
|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| 1 Grupo de viviendas Haza de Cuevas | 1940 | 46,000 | Plurifamiliar adosada | B+3 | Buena |
| 2 Barriada de Carranque | 1953 - 1958 | 307,000 | Plurifamiliar adosada | B+3 | Buena |
| 3 Barriada Santa Julia | 1957 | 44,800 | Plurifamiliar adosada | B+3 | Buena |
| 4 Conjunto en Jardín de la Abadía | 60's | 46,000 | Plurifamiliar adosada | B+1 y B+2 | Buena |
| 5 Grupo Torres de la Serna | 1946 - 1950 | 22,000 | Plurifamiliar adosada | B+1 y B+2 | Buena |
| 6 Barriada Girón | 1955 | 115,720 | Plurifamiliar adosada | B+2 | Buena |
| 7 Grupo Cruz Roja | 1950 - 1953 | 8,600 | Plurifamiliar adosada | B+2 | Buena |
| 8 Grupo Obispo Herrera Oria | 1958 - 1962 | 16,000 | Plurifamiliar adosada | B+4 | Buena |
| 9 Grupo Virgen del Carmen | 1962- 1964 | 6,500 | Plurifamiliar adosada | B+4 | Buena |
| 10 Conjunto Sagrada Familia | 1961 | 32,000 | Plurifamiliar adosada | B+4 | Deficiente |
| 11 Grupo de Canódromo (Los Arcos) | 1956 | 46,000 | Plurifamiliar adosada | B+2 | Deficiente |
| 12 Conjunto Camino Viejo de C. Jardín | 1925 - 1935 | 122,000 | Unifamiliar adosada | B, B+1 y B+2 | Deficiente |
| 13 Conjunto Colonia Santa Inés | 30's - 40's | 20,000 | Unifamiliar adosada | B | Deficiente |

Tabla 5.25. Conjuntos protegidos susceptibles de rehabilitación identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio de Málaga. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PMV de Málaga.

La promoción de los conjuntos de viviendas correspondientes a la Tabla 5.25, la cual podríamos englobar dentro de una primera fase de crecimiento de la ciudad de Málaga datada entre finales de la guerra civil y mediados de los años sesenta, fue mayoritariamente pública y las soluciones constructivas y tipológicas entonces planteadas eran muy similares entre sí. Tipológicamente predominan los bloques de viviendas plurifamiliares adosados de entre tres y cuatro niveles de altura, resueltos constructivamente mediante sistemas estructurales de muros de carga que conforman la envolvente horizontal y cubiertas a dos o cuatro aguas de teja cerámica. En relación con su morfología y recursos compositivos, la mayor parte de los edificios estudiados se enmarcan en un estilo arquitectónico autárquico, característico de la España de la postguerra.

Si analizamos comparativamente esta primera etapa de crecimiento de la ciudad con la segunda, relacionada con aquellos edificios no protegidos recogidos en la Tabla 5.26 y enmarcados mayoritariamente en una horquilla temporal que va desde mediados de los sesenta a los ochenta, observamos que los barrios y/o conjuntos de entonces abarcan una mayor extensión de territorio, apostándose a su vez por tipologías que permiten una alta densidad. De manera generalizada se introduce en esta etapa soluciones constructivas basadas en el empleo de estructuras de hormigón armado, envolvente horizontal cerámica compuesta a través de varias hojas y cubiertas planas.

| Conjunto | Año | Extensión (m ²) | Tipología | Altura | Conservación |
|----------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------|------------|--------------|
| 14 Barriada de Portada Alta | 1963 | 73,100 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 15 Barriada de las Flores | 1962 | 75,800 | Plurifamiliar adosada | B+4 / B+6 | Buena |
| 16 Barriada San Martín | 70's | 62,100 | Plurifamiliar adosada | B+4 / B+6 | Buena |
| 17 Polígono Carretera de Cártama | 1977 - 1978 | 352,700 | Plurifamiliar exenta | B+7 / B+12 | Buena |
| 18 Los Palomares | 1958 | 32,200 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 19 Monte Pavero | 1972 - 1981 | 33,500 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+12 | Buena |
| 20 Las Salinas | 70's | 120,700 | Unifamiliar adosada | B / B+1 | Buena |
| 21 Junta de los Caminos | 80's | 290,700 | Unifamiliar adosada | B / B+1 | Buena |
| 22 Barriada 25 años de paz | 1965 | 40,000 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 23 Barriada General Franco | 1955 | 10,953 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 24 Barriada Ruíz de Alda | 1952 | 24,897 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 25 Barriada Dos Hermanas | 1962 | 66,800 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+3 | Buena |
| 26 La Palma-Huerta de la Palma | 1968 - 1975 | 350,000 | Plurifamiliar exenta | B+2 / B+12 | Buena |
| 27 Polígono Alameda Norte | 1978 | 350,000 | Plurifamiliar exenta | B+2 / B+12 | Buena |
| 28 Vistafranca | 1979 | 140,827 | Plurifamiliar adosada | B+2 / B+12 | Buena |
| 29 Polígono de Carranque | 1980 | 23,121 | Plurifamiliar adosada | B+4 / B+12 | Buena |

Tabla 5.26. Conjuntos no protegidos susceptibles de rehabilitación identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del DTFV en Málaga.

A la luz de las distintas experiencias previas analizadas (Ayuntamiento de Málaga, 2018, pp. 48–120) y habiendo sido estudiadas las más importantes intervenciones que se han producido en los últimos años en el total de *conjuntos* inventariados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga y el Plan Municipal de Vivienda, Rehabilitación del municipio de Málaga y promovidos o cofinanciados a través de la administración, se ha podido observar que dichas intervenciones han ido principalmente orientadas a la consolidación y reparación de elementos de la envolvente y la mejora de la accesibilidad de los edificios mediante la instalación de ascensores exteriores, no considerándose de manera general en estos procesos la relación de las actuaciones planteadas con potenciales impactos medioambientales, sociales o económicos desde una perspectiva de ACV de las actuaciones planteadas.

No obstante, conviene señalar la experiencia local de rehabilitación del edificio del Limonero, como una acción pionera que fue ampliamente documentada y analizada (Assiego de Larriva, Calleja Rodríguez, Manuel Cejudo López, Raugei, & Fullana Palmer, 2014) y que mostró la viabilidad del ACV en relación a la toma de decisiones sobre cómo debía de intervenir en la envolvente de un edificio de cara a la reducción de los consumos.

1.5. Conclusiones de la fase 1

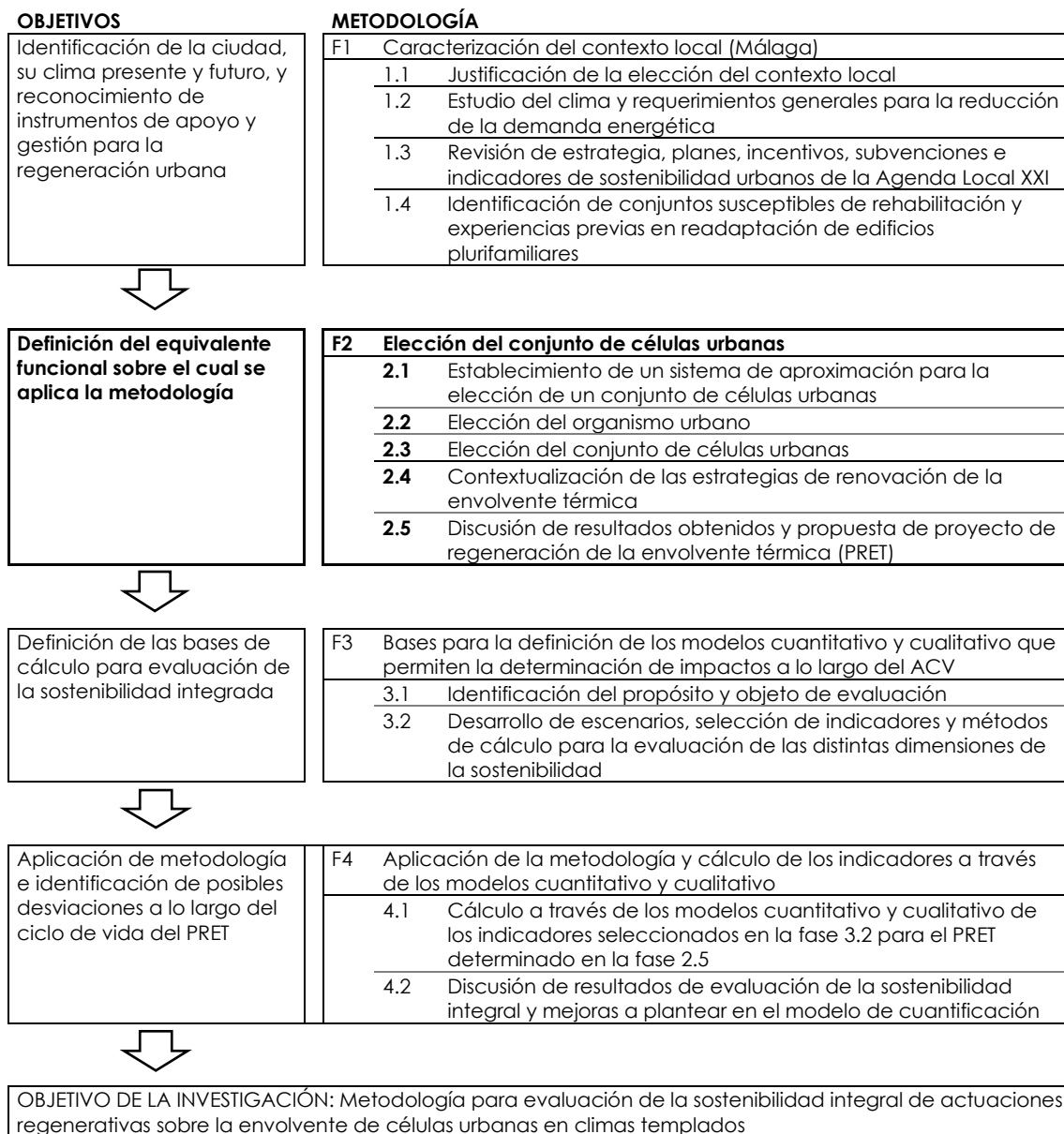
A la luz de los distintos documentos analizados podemos determinar que contamos con herramientas necesarias como para establecer una hipótesis de aproximación a un sistema urbano, permitiéndonos caracterizarlo adecuadamente, para poder así identificar una célula representativa que nos permita de ese modo el desarrollo de una serie de indicadores que determinen la adecuación de la estrategia de regeneración de la envolvente del objeto de estudio a nivel constructivo. Se extraen en los siguientes puntos las principales conclusiones de esta primera fase de la investigación:

- En torno al 93.96% de las viviendas existentes a nivel andaluz presentan una calificación energética por debajo de la letra D (2018). Este hecho, sumado a una mayor esperanza de vida de los edificios de la comunidad con relación a los situados en el resto de comunidades españolas (Rincón et al., 2013), muestra el interés al objeto de la investigación que presenta centrar la misma en dicho contexto.
- El importante parque inmobiliario desarrollado en el municipio de Málaga en el siglo XX, con un total de 41,186 edificios (sólo superado por la ciudad de Sevilla); la tendencia ascendente del número de hogares (con una tasa de crecimiento para el año 2020 del 7.04%), y el interés por parte de la administración pública en la transformación sostenible y tecnológica de la ciudad (plasmado a través de la Agenda Local XXI), justifican la elección de la ciudad de Málaga para el desarrollo de la investigación.
- Existen a nivel autonómico y municipal instrumentos que permiten identificar el tejido productivo local que potencialmente aborde estas actuaciones sobre el parque inmobiliario existente. Sin embargo, la representatividad de las empresas que se ofrecen a través de estos medios con relación al total de empresas constructoras y de servicios relacionados con la arquitectura son escasas, estando inscritas tan sólo el 7.39% del total de empresas con competencias y atribuciones en la materia. Del mismo modo se identifica que no todas las empresas adscritas al plan ofrecen servicios estrechamente relacionados con los reconocidos por la iniciativa.
- Los impactos medioambientales asociados a las emisiones de los edificios de vivienda de la ciudad tienen una escasa representatividad respecto de las emisiones a nivel nacional. Esto lleva a pensar que las actuaciones no se han de justificar principalmente en estas premisas, verificándose el interés de considerar otras dimensiones de la sostenibilidad en estos procesos de transformación.
- Con relación a la población por áreas de la ciudad, se muestra una tendencia al aumento de la población en áreas poco compactas. La regeneración de barrios y edificios se presenta como una estrategia eficaz para hacer frente a dicha tendencia y permitir la consolidación de una ciudad compacta.
- Las alteraciones climáticas a las que se verán sometidos los edificios sobre los que se intervenga se estiman a través de un modelo de circulación general HadCM3 conforme a un escenario A2 y las proyecciones realizadas por el IPCC en su tercer informe. Se consigue con ello transformar a través de la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9) la realidad climática actual en línea con dichas proyecciones. De manera general se observa una tendencia a la simplificación climática del municipio que verá incrementadas sus temperaturas y reducidas sus precipitaciones.
- La renovación de la envolvente térmica a través de estrategias pasivas que permitan reducir a lo largo del ciclo de vida del edificio la demanda del mismo se convierte en una actuación central a la cual hemos de exigir una respuesta

ante escenarios climáticos futuros. A este respecto, la determinación de coeficientes de transmisividad de los paramentos adecuados comporta la principal medida que permite en escenarios futuros no generar sobrecalentamientos en el interior de los edificios.

- La reducción de la demanda es una condición esencial en favor de dimensionar redes de autoconsumo descentralizado que satisfagan dicha demanda y que se consolidasen en el organismo urbano a lo largo de su vida útil.
- La revisión de los indicadores urbanos recogidos en la Agenda Local XXI de Málaga permite verificar la posibilidad que ofrecen los mismos para la proposición de una hipótesis que permita definir el sistema de aproximación para la selección del equivalente funcional (fase 2) sobre el cual se desarrolla y aplica la investigación (fases 3 y 4). Dicha hipótesis a verificar identifica como sectores prioritarios sobre los que intervenir aquellos con una importante repercusión urbana, lo cual se relaciona con sectores con una densidad de población y viviendas elevadas en los que se cuente con una tipología plurifamiliar representativa del barrio en el cual se inserta y que cuenten con una compacidad media que permita plantear, en paralelo a la renovación de su envolvente, actuaciones a nivel de espacios públicos y/o semiprivados.
- Se observa que las intervenciones sobre edificación se han orientado principalmente a la consolidación y reparación de elementos de la envolvente, así como la mejora de la accesibilidad de los edificios. De este modo, se constata que, de manera general, la consideración de aspectos medioambientales no está presente en las actuaciones llevadas a cabo, más allá del hecho de prolongar la vida útil de un edificio existente. Igualmente, no se ha verificado una toma en consideración de aspectos económicos y sociales que pudiesen ser evaluables con una perspectiva de ACV de las propuestas.
- El escaso nivel de participación ciudadana que muestran los indicadores de la Agenda Local XXI de la ciudad apuntan a la necesidad articular los intereses vecinales en la transformación de los barrios y sus edificios a través de nuevos actores. La consolidación de cooperativas de regeneración de edificios y de conjuntos urbanos se presenta como una oportunidad a este propósito.
- Del análisis del conjunto de planes e incentivos se deduce que existen múltiples vías para la cofinanciación de las actuaciones sobre edificación. Del mismo modo, se verifica que los proyectos integrales que cuenten con una participación público-privada presentan ventajas respecto de su financiación. Entender las actuaciones de renovación de edificios de un modo aislado limita por tanto las opciones de sufragar las intervenciones. En la fase 3 se detalla la hipótesis de cofinanciación del equivalente funcional que se determina en la fase 2.
- La Agenda Local XXI se convierte al objeto de la investigación en un documento de referencia que permite la obtención de datos concretos a escala de distrito y barrio. No obstante, cabría apuntar a la necesidad de que en la misma se incorporasen indicadores que contribuyesen al conocimiento de la ciudad obsoleta y de su potencial regeneración, a fin de contribuir eficazmente a la identificación de sectores urbanos susceptibles de dicha intervención.
- Se han preseleccionado los conjuntos urbanos susceptibles de ser rehabilitados, proponiéndose como principales fuentes de información la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga, y el Plan Municipal de Vivienda, Rehabilitación del municipio de Málaga. De los conjuntos seleccionados la intervención se centra en aquellos no protegidos.

F2. Elección del conjunto de células urbanas



Esta fase tiene por objetivo la elección del equivalente funcional sobre el cual aplicar la metodología que se desarrolla a través de la interpretación de indicadores urbanos recogidos en la AXXI de Málaga y que han sido analizados en la fase anterior, así como determinar el Proyecto de Regeneración que resulta adecuado para las condiciones climáticas actuales. Se organizan los contenidos bajo la siguiente estructura:

2.1. Establecimiento de un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas. En él se analizan los principales objetivos municipales en relación con los indicadores recogidos en la AXXI y se estudia el papel que desempeña la regeneración urbana a propósito de dichos objetivos e indicadores a fin de construir una hipótesis de partida que permita la elección fundamentada de un organismo y célula urbana.

2.2. Elección del organismo urbano: 790 viviendas promovidas por la Cooperativa Corazón de María. Este apartado se centra en realizar un análisis de aspectos morfológicos, socioeconómicos y medioambientales a través de los indicadores urbanos revisados con anterioridad y diversas fuentes locales sobre el sector urbano que se ha seleccionado.

2.3. Elección del conjunto de células urbanas: Torre de 48 viviendas. El último apartado tiene por objeto centrar la atención en el edificio seleccionado, el cual se analiza desde una perspectiva constructiva y a través del rendimiento energético del mismo en la actualidad.

2.4. Contextualización de las estrategias de regeneración de la envolvente térmica. Claves para la regeneración de las células y organismo urbano desde la perspectiva del rendimiento energético del edificio. Se estudian una serie de medidas regenerativas que han sido ensayadas virtualmente en el edificio de referencia en el contexto climático en el que se encuentra, a fin de categorizarlas y establecer una serie de criterios generales a propósito de su comportamiento en términos de rendimiento energético.

2.5. Discusión de resultados obtenidos y propuesta de proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET). Este último apartado se basa en el anterior y tiene por objetivo definir el proyecto de regeneración de la envolvente del edificio sobre el cual se aplica la metodología desarrollada y justificada en la presente fase.

2.6. Conclusiones de la fase 2. Se establecen conclusiones sobre los distintos apartados abordados.

2.1. Establecimiento de un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas

Con el interés de determinar en qué modo los indicadores urbanos de la Agenda Local XXI (AXXI) pueden constituir una herramienta útil de cara a la planificación de estrategias de regeneración de organismos y células urbanas, se analiza en el apartado 2.1.1 todos aquellos que previamente fueron seleccionados en el apartado 1.3.3 a fin de determinar los intereses y objetivos municipales generales y particulares en relación con dos horizontes temporales, el año 2020 y el 2050.

En el apartado 2.1.2 se particularizan todos aquellos indicadores georreferenciados que se han considerado relevantes, mostrándose los resultados para los barrios obsoletos no protegidos identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda.

Finalmente, en el apartado 2.1.3 se establecen una serie de conclusiones con relación a los apartados vistos con anterioridad que dan pie a una hipótesis de partida que nos permita determinar un caso de estudio.

2.1.1. Interpretación de los indicadores urbanos de la AXXI evaluados y relación entre los objetivos de la investigación y los objetivos del municipio para su desarrollo sostenible

Si atendemos a los indicadores bajo el área de *urbanización y ocupación del territorio* de la AXXI podemos observar (Tabla 5.27) qué se persigue a través de los objetivos municipales:

- Aumentar la densidad, apostándose por un incremento de la misma que establezca unos valores para el año 2050 por encima de los 120 habitantes por hectárea.
- No aumentar el número de viviendas de manera global, aunque este dato se contradice con los planes municipales de vivienda y con otros indicadores. No obstante, el establecimiento de una tendencia deseable a que el número de viviendas se mantenga parece responder más a una intención, por parte de los redactores del documento, de no auspiciar procesos de desarrollo de más parque inmobiliario.
- Incrementar el número de vivienda por hectáreas, situándose el objetivo para el año 2020 por encima de las 40 viviendas por hectárea. Se pone así de manifiesto una apuesta por la ciudad compacta y por edificios de baja ocupación.
- Aumentar el número de viviendas plurifamiliares, habiendo de situarse las mismas en una proporción respecto del total de viviendas que supere el 95% para el año 2050.
- Aumento del techo edificado total respecto de la superficie urbana, cuya relación se cuantifica para el año 2050 por encima de 0.80 (compacidad bruta). Este indicador vuelve a incidir sobre la puesta en valor de tipologías de mayor altura que consuman menos recursos de suelo.

Si atendemos a la complejidad y diversidad de usos, podemos observar que se establecen unos objetivos que persiguen el aumento de la complejidad urbana, al tiempo que se plantea una reducción del porcentaje de techo edificado respecto del techo total y se apuesta por generar una ciudad abarcable por el ciudadano en la cual los servicios básicos estén próximos.

Uno de los indicadores que se considera más importante, desde el punto de vista del uso de la vivienda, es el de porcentaje de alquiler frente al total de viviendas. La

tendencia deseable alineada con los objetivos municipales es que el alquiler aumente hasta alcanzar valores por encima del 30%. No obstante, convendría identificar de un modo preciso a qué tipo de alquiler nos referimos, puesto que la casuística es completamente diferente en cada caso, como veremos en el apartado 2.2.2. A propósito de este asunto, conviene incidir sobre lo ya apuntado en la fase anterior con relación al aumento de la vivienda de alquiler en la ciudad de Málaga, así como del precio del mismo (Banco de España, 2019), lo cual tiene un impacto directo sobre el perfil sociocultural de esta población flotante, contribuyéndose en gran medida a la gentrificación de la urbe, fenómeno que no se evalúa en esta investigación, pero que conviene tener presente, dada la estrecha relación entre la regeneración de edificios y la aparición de estos procesos de transformación urbana.

De las distintas áreas analizadas en la Tabla 5.27 la que menos utilidad revierte al objeto de la investigación es la de zonas verdes, puesto que únicamente se centra en cuantificar la situación actual. Es bastante más útil, desde el punto de vista de la regeneración urbana, contar con indicadores georreferenciados mucho más propositivos que permitiesen identificar y cualificar potenciales zonas verdes, a fin de reconocer y plantear la transformación de áreas sin uso específico en la ciudad o que constituyen en la actualidad importantes extensiones de aparcamiento.

| Área | Indicador | Último dato | Tendencia | Tendencia deseable | Objetivo 2020 | Objetivo 2050 |
|--|---|-------------|----------------|--------------------|---------------|---------------|
| 1. Urbanización y ocupación del territorio | 1.1 Densidad de población (habitantes / hectáreas) | 79.4 | V | Λ | >80 | >120 |
| | 1.20 Viviendas construidas | 248,487 | Λ | = | - | - |
| | 1.3 Densidad de vivienda por hectárea (vivienda / hectárea) | 39.0 | = | Λ | >40 | >45 |
| | 1.4 Tipología de la vivienda (% de viviendas plurifamiliares / total) | 94.0 | = | Λ | 95 | >95 |
| | 1.5 Compacidad (superficie construida / superficie urbana) | 0.6 | = | Λ | >0,55 | >0,80 |
| 2. Complejidad y diversidad de usos | 2.1 Complejidad urbana (Índice de diversidad adimensional medio) | 3.7 | ¹ Λ | Λ | >4 | >5 |
| | 2.2 Techo edificado residencial / total (Sup. Construida residencial / Sup. construido total) | 97.6 | = | V | <85 | 75 |
| | 2.3 Proximidad a servicios básicos (% de proximidad a servicios básicos medio) | 67.7 | ² Λ | Λ | >90 | >90 |
| 3. Vivienda | 3.1 Porcentaje de viviendas de VPO (% de viviendas de VPO) | 6.1 | Λ | Λ | >30 | >30 |
| | 3.2 Porcentaje de viviendas alquiladas / viviendas totales | 12.2 | ³ - | Λ | >15 | >30 |
| | 3.3 Accesibilidad a la vivienda (años para adquirir una vivienda) | 19.1 | Λ | V | <12,5 | <10 |
| | 4.1 Zonas verdes por habitante (n.º de hab. / sup. De zonas verdes) | 7.7 | ¹ Λ | Λ | >10 | >20 |
| | 4.2 N.º de árboles en viario | 95,337 | ³ - | - | - | - |

| Área | Indicador | Último dato | Tendencia | Tendencia deseable | Objetivo 2020 | Objetivo 2050 |
|------|--|-------------|-----------|--------------------|---------------|---------------|
| | 4.3 Masa foliar productora de sombra | - | - | - | - | - |
| | 4.4 Porcentaje de especies autóctonas de vegetación en viario | - | - | - | - | - |
| | 4.5 Proximidad a zonas verdes (% proximidad al menos a una zona verde) | Λ | Λ | >95 | >100 | |
| 1 | Datos descompuestos por áreas de la ciudad | | | | | |
| 2 | Datos descompuestos por sectores de servicios | | | | | |
| 3 | Dato reciente no disponible | | | | | |

Tabla 5.27. Evaluación de indicadores urbanos (soporte de evaluación) de Agenda Local XXI de Málaga 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga.

Por otra parte, las distintas áreas e indicadores desarrollados para analizar la dimensión medioambiental de la ciudad muestran un panorama global en el cual se persigue como objetivo central la reducción de la contaminación, tanto atmosférica como acústica.

Esto se traduce en significativas reducciones de emisiones de CO₂, en línea con los objetivos europeos, además de la reducción de otros gases de origen antropogénico recogidos igualmente en la Tabla 5.28. Como podemos observar en los datos de dicha tabla, se establece para el año 2020 un valor de referencia límite para las emisiones de dióxido de carbono que se sitúa en 2,363,400 TnCO_{2equiv}/año, lo cual representa un 14.57% de reducción respecto de los valores de emisiones totales obtenidos para el último dato recogido en la Agenda Local XXI de 2019. No obstante, dicho objetivo de reducción se amplía para el año 2050, fijándose como horizonte deseable la reducción de un 83.31% de dichas emisiones respecto de los valores totales obtenidos para el año de referencia indicado.

De manera general, a través de los indicadores medioambientales desarrollados en la agenda se constatan distintas realidades urbanas de difícil traslación a la escala de distrito o barrio. Debido a ello, tanto estos indicadores medioambientales como aquellos otros de las distintas dimensiones de la sostenibilidad que no precisan datos a una escala menor son considerados única y exclusivamente como trasfondo de las actuaciones, a fin de que las mismas sumen a los intereses y objetivos a escala de ciudad, pero no centran los criterios fundamentales de la hipótesis de partida para la elección del organismo urbano.

| Área | Indicador | Último dato | Tendencia | Tendencia deseable | Objetivo 2020 | Objetivo 2050 | |
|---|---|------------------|-----------|--------------------|---------------|---|-----|
| 1. Calidad del aire y niveles de contaminación (valores medios anuales) | Partículas en suspensión (PM ₁₀) | 25.67 | V | V | <40 | <40 | |
| | Dióxido de nitrógeno | 27.25 | | V | <40 | <40 | |
| | Días de mala calidad del aire | 21 | Λ | V | nd | nd | |
| 2. Emisiones de CO ₂ y cambio climático | 2.1 Emisiones de TnCO ₂ equiv | Electricidad | 850,296 | Λ | V | Emisiones totales por debajo de: 2,363,400 1,477,125 | |
| | | GLP | 41,589 | V | V | | |
| | | Hidrocarburos | 1,768,589 | V | V | | |
| | | Gas Natural | 47,307 | V | V | | |
| | Total | 2,707,781 | V | V | | | |
| 3. Salud | 3.1 Exposición a ruido | N.R.M. DÍA (dBA) | 60.6 | = | V | <65 | <60 |
| | | N.R.M. DÍA (dBA) | 54.9 | = | V | <55 | <50 |
| 4. Consumo energético | 4.1 Fuentes de consumo energético y consumo por habitante | 1.39 | Λ | V | <1,24 | <0,75 | |

Tabla 5.28. Evaluación de indicadores (dimensión medioambiental) de Agenda Local XXI de Málaga 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga.

Si pasamos a analizar aspectos sociales abordados por los distintos indicadores desarrollados en la AXXI para el ámbito *cohesión social y desarrollo económico*, se puede observar que la mayor parte de los mismos persiguen exclusivamente hacer una fotografía de la situación en el momento de la evaluación, sin que existan objetivos claros con relación a la tendencia deseable, aunque de un modo tácito y siendo coherentes con indicadores ya estudiados, se explicita un deseo de aumento de manera generalizada de la población.

| Área | Indicador | | Último dato | Tendencia | Tendencia deseable | Objetivo 2020 | Objetivo 2050 | | |
|---|----------------|---|--|-----------|--------------------|---------------|---------------|-----|----|
| 1. Características de la población | 1.1 | Evolución de la población | | 573,832 | Λ | | | | |
| | | 1.3 | Población por áreas de ciudad | | Litoral este | 69,075 | V | | |
| | Centro | | 33,413 | V | | | | | |
| | Pedrizas | | 49,941 | V | | | | | |
| | Rosaleda | | 104,246 | Λ | | | | | |
| | Prolongación | | 89,737 | V | | | | | |
| | Teatinos | | 37,682 | Λ | nd | nd | nd | | |
| | Guadalhorce | | 7,793 | Λ | | | | | |
| | Litoral oeste | | 113,375 | V | | | | | |
| | P. de la Torre | | 30,737 | Λ | | | | | |
| | Campanillas | | 17,692 | Λ | | | | | |
| Churriana | 13,599 | Λ | | | | | | | |
| B. de Málaga | 6,252 | V | | | | | | | |
| 2. Características de la población inmigrante | 2.1 | Evolución de la población inmigrante | | 45,395 | Λ | | | | |
| | | 2.3 | Población inmigrante por áreas de ciudad | | Litoral este | 9594 | Λ | | |
| | Centro | | 4448 | Λ | | | | | |
| | Pedrizas | | 2590 | Λ | | | | | |
| | Rosaleda | | 11234 | Λ | | | | | |
| | Prolongación | | 8104 | Λ | nd | nd | nd | | |
| | Teatinos | | 1026 | Λ | | | | | |
| | Guadalhorce | | 455 | Λ | | | | | |
| | Litoral oeste | | 9752 | Λ | | | | | |
| | P. de la Torre | | 1155 | Λ | | | | | |
| | Campanillas | | 688 | Λ | | | | | |
| Churriana | 933 | Λ | | | | | | | |
| B. de Málaga | 403 | Λ | | | | | | | |
| 3. Población activa y desempleo | 3.1 | Población activa y desempleo | T. de actividad | 56.05 | V | Λ | >60 | >60 | |
| | | | T. de desempleo | 22.45 | V | V | <20 | <10 | |
| 4. Desarrollo económico | 4.1 | Evolución del PIB (Municipal) | | 4 | Λ | Λ | nd | nd | |
| | 4.2 | Valor añadido bruto en el sector de la construcción | | 12.4 | V | V | nd | nd | |
| 5. Renta familiar disponible | | | | 80 | = | Λ | >85 | 100 | |
| 6. Relación de Gini y curva de Lorenz | 6.1 | Relación de Gini (2011) | | 31.54 | nd | V | <30 | <25 | |
| | | 6.2 | Curva de Lorenz (2011) | | D1 (más pobre) | 3.00% | nd | nd | nd |
| | D2 | | 4.00% | | | | | | |
| | D3 | | 6.00% | | | | | | |
| | D4 | | 7.00% | | | | | | |
| | D5 | | 8.00% | | | | | | |
| | D6 | | 10.00% | | | | | | |
| | D7 | | 11.00% | | | | | | |
| | D8 | | 13.00% | | | | | | |
| | D9 | | 16.00% | | | | | | |
| | D10 (más rica) | | 22.00% | | | | | | |

Tabla 5.29. Evaluación de indicadores (dimensión económica-social con relación a la ciudadanía) de Agenda Local XXI de Málaga 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga.

Finalmente, y considerando aspectos sociales que se relacionan con la gestión pública, observamos que la AXXI no refleja unos objetivos a medio o largo plazo y sólo establece tendencias deseables. Sin embargo, y pese a que estos indicadores pudiesen no entenderse estrechamente relacionados con el objeto de la investigación, conviene tomar en consideración que una transformación de la ciudad existente requiere de la corresponsabilización y participación de sus habitantes para que podamos afirmar que con ello se da una respuesta adecuada a los distintos intereses que tras estas intervenciones existen. En este sentido, y exclusivamente considerando los indicadores en la agenda local reflejados, podemos afirmar que no existe un alto grado de participación ciudadana, a tenor del porcentaje de participación de los ciudadanos en los últimos comicios y la participación de las asociaciones (Tabla 5.30).

| Área | Indicador | Último dato | Tendencia | Tendencia deseable | Objetivo 2020 | Objetivo 2050 |
|--------------------------|--|-------------|-----------|--------------------|---------------|---------------|
| 1, Gobierno de la ciudad | 1.1 Dependencia presupuestaria | 115.7 | Λ | V | | |
| | 1.2 Inversión municipal en presupuesto participativo (€/hab) | 19.7 | = | Λ | | |
| | 1.3 Gasto en cooperación (€/hab) | 1.8 | = | Λ | | |
| | 1.5 Participación ciudadana en elecciones locales (%) (2011) | 54.34% | Λ | Λ | nd | nd |
| | 1.6 Nivel de participación de asociaciones (%) | 1.00% | V | Λ | | |
| | 1.7 Cantidad de entregas en concepto de subvenciones y convenios (€/hab) | 2.9 | Λ | Λ | | |

Tabla 5.30. Evaluación de indicadores (dimensión económica-social con relación a la administración local) de Agenda Local XXI de Málaga 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Observatorio del Medio Ambiente Urbano de Málaga.

Como hemos visto, la AXXI de Málaga, tal y como establece en sus objetivos para los años 2020 y 2050 y a través de sus tendencias deseables dibuja un panorama en el cual se apuesta por una ciudad compacta, en la que no se aumente de un modo excesivo el número de viviendas y se apuesta por tipos plurifamiliares de baja ocupación del suelo urbano. Esto lleva a pensar que orientar las estrategias de regeneración de la envolvente de edificios a aquellos de gran altura es una tendencia más que deseable en contextos como el de Málaga, puesto que de este modo se da respuesta a varios de los indicadores claves del área de urbanización y ocupación del territorio.

Del mismo modo, los objetivos para la ciudad a largo plazo que quedan recogidos en la agenda local definen estrategias que persiguen el aumento de la complejidad urbana, así como la reducción de techo edificado residencial frente al total, a fin de generar una ciudad de proximidad. Esto pone de manifiesto que la regeneración de células urbanas no ha de centrarse única y exclusivamente en dar una anquilosada respuesta a programas de necesidades de vivienda tradicional. De este modo, y atendiendo a la aparición de nuevas metodologías de trabajo, se permite que la residencia habitual se convierta en un espacio más versátil donde la frontera entre el trabajo y vida personal se diluye, pudiéndose llegar a conformar en la ciudad tipologías muy específicas que habrían de llegar a expresar su condición a través de la envolvente del edificio, configurándose así una ciudad diversa también en la imagen que proyectan sus alzados.

A propósito de esta cuestión, las medidas adoptadas para hacer frente a la pandemia por SARS-CoV-2, y que previsiblemente continúen adoptándose hasta la erradicación de la misma, anuncian un cambio en las necesidades de los usuarios para con las viviendas, lo cual comporta transformaciones de los tipos a nivel funcional que habrán así mismo de ser estudiadas. Entre alguno de estos nuevos requerimientos

podemos destacar la inclusión en la vivienda de espacios destinados al trabajo, un mayor equipamiento de baños de la vivienda que permita el confinamiento de familiares que pudiesen verse afectados por el virus, así como la ampliación o recuperación de espacios exteriores para el esparcimiento, como por ejemplo es el caso de las numerosas terrazas de las viviendas a lo largo de la ciudad que se han cerrado en favor de ampliar en algunos casos de un modo exiguo los salones de las viviendas. En línea con todo ello, en las conclusiones de la investigación se desarrolla sobre el equivalente funcional seleccionado una propuesta en la que se responde a posibles nuevas necesidades, las cuales se traducen a nivel de la envolvente en la aparición de nuevos huecos y espacios exteriores que son integrados en un proyecto de regeneración del edificio.

2.1.2. Indicadores urbanos de la AXXI georreferenciados y su relación con la regeneración urbana

El estudio pormenorizado de los indicadores urbanos de la Agenda de los que disponemos datos georreferenciados y su relación con la regeneración urbana de manera general y, particularmente, con las actuaciones sobre la envolvente de los edificios pasa inicialmente por identificar en qué áreas urbanas es pertinente la obtención de resultados fruto de la aplicación de dichos indicadores.

Para ello se ha centrado el estudio de los indicadores seleccionados en aquellos sectores con una mayor demanda de actuaciones del tipo que se aborda en la investigación. Es, por tanto, relevante evaluar la repercusión en el contexto local de los barrios protegidos y no protegidos reconocidos por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda, que hemos visto en la fase anterior. De especial relevancia para la priorización de las actuaciones resulta el indicador complementario que se ha desarrollado en la investigación denominado *porcentaje de superficie obsoleta*, que relaciona la superficie urbana neta con la superficie total del distrito y nos permite ampliar el dato de *porcentaje de barrios obsoletos*, cuantificándose la repercusión de los mismos respecto de los límites administrativos de referencia (Figura 5.15 y Tabla 5.31).

Realizado este análisis previo a la obtención de los indicadores, cabe destacar principalmente tres distritos municipales en los cuales el número de barrios obsoletos representa un porcentaje en relación con el total de barrios superior al 10.00%: Ciudad Jardín, con un 35.00%; Cruz de Humilladero, con un 25.00% y Carretera de Cádiz, con un 18.18%. No obstante, conviene poner estos datos en relación, por una parte, con la repercusión del suelo obsoleto respecto del total del distrito y por otra, con la consideración respecto de su protección (Tabla 5.32).

Bajo la primera de las premisas anteriores, observamos que un mayor porcentaje de barrios obsoletos respecto del total no implica un mayor porcentaje de superficie ocupada de todo el distrito; esto se debe principalmente a la extensión de los distritos y nos habla de la compacidad urbana de las delimitaciones estudiadas. De este modo tenemos, por ejemplo, que el total de las superficies urbanas netas obsoletas del distrito de ciudad Jardín tan sólo representan el 0.40% de la superficie total del distrito (Tabla 5.31); lo cual no va en detrimento de plantear actuaciones en contextos como el actual, pero se considera menos prioritario a propósito de la justificación de los objetivos de la investigación.

Por otra parte, y bajo la perspectiva de la segunda de las premisas establecidas con anterioridad, conviene determinar el porcentaje de superficie urbana obsoleta no protegida de cada uno de los tres distritos analizados; ya que dicha consideración, tal y como vimos en el cuarto apartado de la fase 1, facilita la adopción más libre de soluciones sobre la envolvente, permitiendo la sistematización de las intervenciones en

tipologías seriadas y la oportunidad de dotar de un nuevo carácter estético a los conjuntos sobre los que se actúa. Nuevamente, si analizamos el caso concreto del distrito de Ciudad Jardín (Tabla 5.32), observamos que más de la mitad de la superficie (75.30%) urbana obsoleta se encuentra protegida por el PGOU.

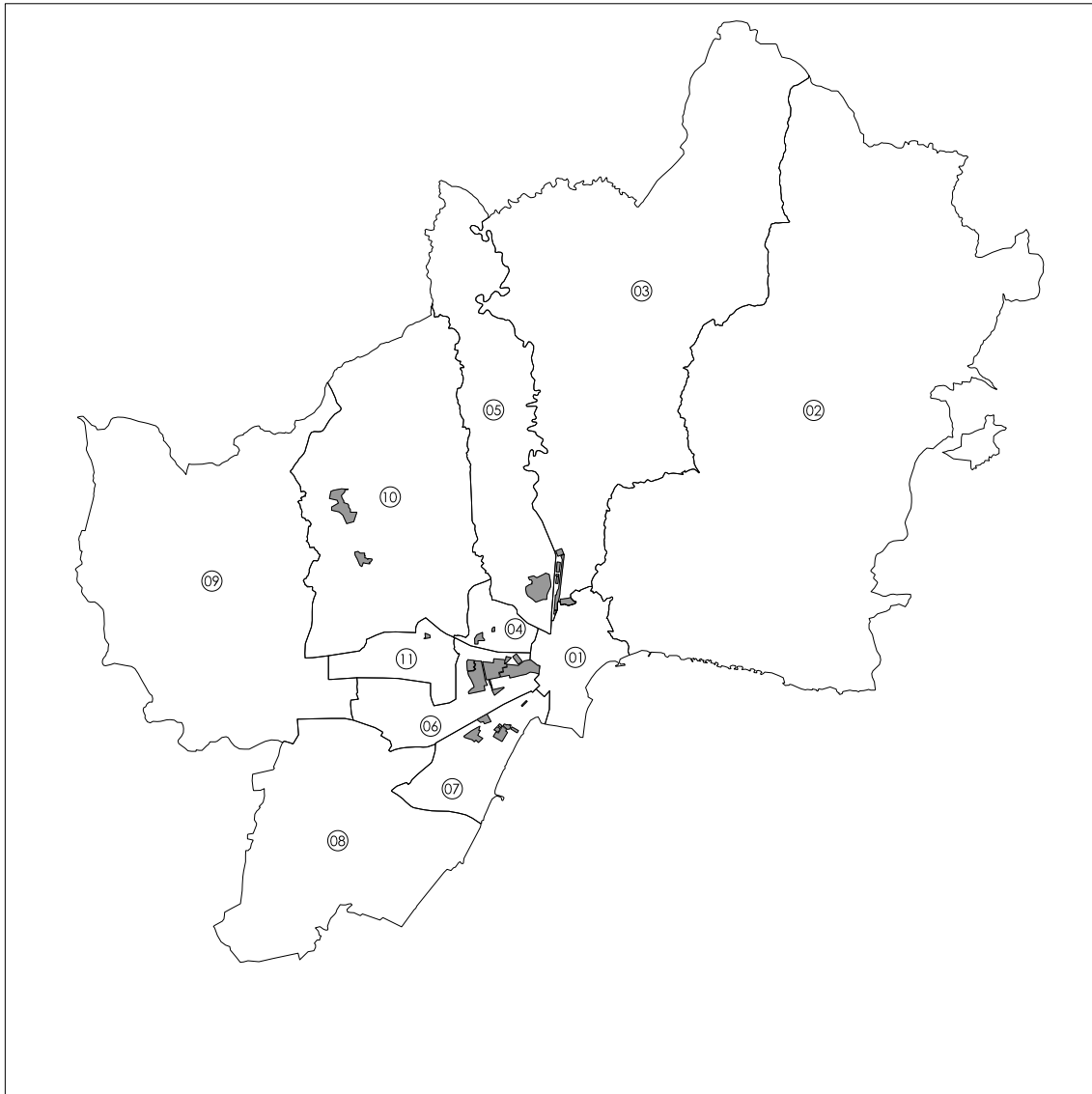


Figura 5.15. Distritos municipales y barrios protegidos y no protegidos identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la DTFV y del PMV de Málaga.

| Distrito | N.º total de barrios | N.º total de barrios obsoletos ¹ | Porcentaje de barrios obsoletos | Porcentaje de superficie obsoleta ² |
|-------------------------|-----------------------------|--|--|---|
| 3 Ciudad Jardín | 20 | 7 | 35.00% | 0.40% |
| 4 Bailén-Miraflores | 28 | 2 | 7.14% | 3.12% |
| 5 Palma-Palmilla | 12 | 1 | 8.33% | 1.38% |
| 6 Cruz de Humilladero | 32 | 8 | 25.00% | 13.59% |
| 7 Carretera de Cádiz | 44 | 8 | 18.18% | 5.77% |
| 10 Puerto de la Torre | 42 | 2 | 4.76% | 0.97% |
| 11 Teatinos-Universidad | 18 | 1 | 5.56% | 0.37% |

1 Según datos de la DTFV y del PMV de Málaga

2 Superficie de barrio obsoleto en relación con la superficie del distrito

Tabla 5.31. Distritos municipales y barrios protegidos y no protegidos identificados por el Plan Municipal de Vivienda, rehabilitación y suelo del municipio y por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la DTFV y del PMV de Málaga.

| Distrito | N.º total de barrios obsoletos | N.º total de barrios protegidos | Porcentaje de superficie urbana obsoleta sin protección específica en el P.G.O.U. respecto del total de superficie obsoleta | Porcentaje de superficie urbana neta obsoleta sin protección respecto del total de superficie del distrito |
|-----------------------|---------------------------------------|--|--|---|
| 3 Ciudad Jardín | 7 | 6 | 24.70% | 0.10% |
| 6 Cruz de Humilladero | 8 | 3 | 68.87% | 9.36% |
| 7 Carretera de Cádiz | 8 | 3 | 60.68% | 3.50% |

Tabla 5.32. Relación entre superficie obsoleta con el tipo de protección de cada uno de los tres distritos seleccionados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos municipales.

Por tanto, y a la vista de los datos expuestos, observamos que contextos como el de Cruz de Humilladero y el de Carretera de Cádiz son representativos de una realidad urbana que se alinea con los objetivos de la investigación y es por ello por lo que se plantea acotar la evaluación de los indicadores georreferenciados a estas dos delimitaciones urbanas (Tabla 5.33).

| Conjuntos no protegidos susceptibles de intervención en materia de regeneración urbana | | | Urbanización y ocupación del territorio | | | | | Complejidad y diversidad de usos | |
|--|------------------------------------|---------------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------|--|
| | | | 1.1. Densidad de población (2012) | 1.2. Viviendas construidas (2012) | 1.3. Densidad de vivienda por Ha | 1.4. Tipología de la vivienda | 1.5. Compatibilidad (Neta) | 2.1. Complejidad urbana | 2.2. Techo edificado residencial / total |
| Dis-trito | Ba-rrio | Tenden-cia deseable | Λ | = | Λ | Λ | Λ | Λ | V |
| | | Objetivo 2050 | >120 | *1 | >45 | >95% | >0.80 | >5 | 75% |
| 6 | 113. Arroyo del cuarto | | 150/200 | 754 | 26.0 | Plurif. Exenta | 4.00 / 5.00 | >3.00 | 65 / 70 |
| | 131. Portada Alta | | 200/400 | 919 | 114.9 | Plurif. Ado-sada | 3.00 / 4.00 | 1.7 / 2.0 | >95 |
| | 133. Polígono Alameda | | 200/400 | 863 | 61.6 | Plurif. Exenta | 5.00 / 7.00 | 2.7 / 2.9 | 70 / 75 |
| | 137. Núcleo Gral. Franco | | 200/400 | 852 | 94.7 | Plurif. Ado-sada | 2.00 / 3.00 | 1.3 / 1.7 | >95 |
| | 151. Polígono Carretera de Cártama | | 200/400 | 1540 | 90.6 | Plurif. Exenta | 3.00 / 4.00 | 2.7 / 2.9 | 85 / 90 |
| 7 | 162. Veinticinco años de paz | | 200/400 | 700 | 116.7 | Plurif. Ado-sada | 4.00 / 5.00 | 2.5 / 2.7 | 90 / 95 |
| | 167. Dos Hermanas | | 150/200 | 820 | 39.0 | Plurif. Ado-sada | 0.25 / 0.50 | 1.0 / 1.3 | 85 / 90 |
| | 173. Vistafranca | | 400/600 | 2412 | 201.0 | Plurif. Ado-sada | 5.00 / 7.00 | 2.9 / 3.0 | 80 / 85 |

Tabla 5.33. Indicadores desarrollados a nivel de barrio por la AXXI y aplicados en los distritos y conjuntos seleccionados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AXXI de Málaga

2.1.3. Determinación de la hipótesis de partida para selección del equivalente funcional

La hipótesis de partida da respuesta conjuntamente a los intereses plasmados en el objetivo del presente trabajo de investigación, así como a los objetivos a medio y largo plazo recogidos en la AXXI y se establece a dos niveles, reconociéndose a continuación ambos, así como los autores y textos jurídicos analizados en el estado de la cuestión que justifican dicha hipótesis:

- o A nivel de *organismo urbano*, a través de la selección de barrios densos que cuenten con superficies libres tanto públicas como privadas de los edificios que permitan la promoción de actuaciones urbanísticas (España, 2015a, capítulo IV) que potencien la creación de una ciudad de proximidad en el cual se reduzca en la medida de lo posible las necesidades de desplazamiento y la priorización del peatón en las mismas (Báez Muñoz & Jiménez Melgar, 2015b, p. 290; España, 2007, p. 122; Servicios Ambientales, 2000, p. 51; Tojo, J. F., & Naredo, 2010, p. 51), la apropiación de nuevas zonas verdes (Comisión Europea, 2006, p. 12; Hernández Aja, 2000, p. 4), equipamientos (Palomeque, 2015, p. 3) y centrales de generación de energía (España, 2016, capítulo IV).

- A nivel de *conjunto de células urbanas*, mediante la identificación que aquellos edificios plurifamiliares de viviendas en altura que se hayan generado de manera sistemática, disponiendo de características comunes a nivel constructivo y/o tipológico y para los cuáles se haya contado con la participación de la administración pública estatal para su construcción entre la década de los sesenta y ochenta (Pérez-Fargallo, Calama-Rodríguez, & Flores-Alés, 2016; García-Vázquez, 2015; de Diego, Muñoz, & López, 2015; Málaga, 2014a; de Val, 2015; Sabaté, Peters, & Peters, 2011).

Los indicadores de la Tabla 5.32 permiten a través del establecimiento previo de una serie de criterios que se alineen con la hipótesis de partida, la selección de aquellos contextos que se consideren más adecuados. A continuación, se indican los indicadores y los criterios bajo los cuáles se revisan los resultados de la tabla anterior:

- **Población y densidad**, se priorizan aquellos barrios con una densidad elevada, entre 200/400 habitantes/ha, lo cual establece un perfil de barrio con una población representativa y con unos impactos medioambientales y económicos asociados a la misma significativos.
- **Vivienda construida**, se apuesta por la selección de barrios con un elevado número de viviendas, considerándolos como prioritarios dentro del paradigma de regeneración urbana.
- **Densidad de vivienda por hectárea**, se da preferencia a aquellos contextos en los cuales se disponga actualmente de suelo para otros usos, estos se relacionan con aquellos barrios con densidades comprendidas entre 50-100 viviendas/ha.
- **Tipología de vivienda**, se apuesta de manera general por la vivienda plurifamiliar y de un modo particular por aquellas viviendas plurifamiliares exentas de gran altura, por contar éstas con menores condiciones de contorno, lo cual va en favor de una mayor estandarización de las soluciones adoptadas y facilidad de ejecución; así como por un mayor impacto en términos de sostenibilidad puesto que se consiguen mejoras asociadas al funcionamiento de los tipos en una menor superficie ocupada de suelo.
- **Compacidad**, este indicador nos permite identificar la relación de la superficie construida frente a la superficie urbana total, lo cual consigue definir el perfil de alturas de los edificios del mismo y estimar la superficie disponible de suelo urbano. Por ello, se prioriza la elección de contextos donde identifiquemos una compacidad media (3.00/4.00).
- **Complejidad urbana**, contar con contextos urbanos donde puedan darse múltiples actividades es algo deseable para el conjunto de la ciudad, por tanto, este indicador es determinante en tanto que se da preferencia a aquellos contextos más próximos a alcanzar el objetivo municipal para el año 2050, que establece una elevada complejidad urbana (>5).
- **Techo total residencial**, de manera general los barrios seleccionados tienen principalmente un uso residencial, este indicador se alinea con el anterior y matiza las actuaciones en relación con el uso de las células sobre las que se interviene, sin que adquiera relevancia de cara a la identificación de un contexto concreto.

Atendiendo a esta revisión de los resultados de los indicadores evaluados en los distintos contextos urbanos bajo los criterios definidos a través de la hipótesis de partida, se establece una discusión entre dos de ellos, Polígono Carretera de Cártama y Vistafranca. A fin de determinar cuál de los dos contextos responde de un modo más adecuado a la hipótesis de partida a nivel de los conjuntos de *células urbanas* se realiza

un análisis de los distintos conjuntos de promoción pública, identificándose los siguientes aspectos esenciales: número de viviendas y porcentaje de las mismas amortizadas, régimen de las viviendas y año de construcción de dichos conjuntos. Estos datos fueron facilitados por parte de la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía en Málaga en el año 2016 (Tabla 5.34).

| Conjuntos de viviendas de protección pública susceptibles de intervención en materia de regeneración urbana | Clave | N.º de viviendas | Amortización | Porcentaje de amortización | Régimen | Año |
|---|---------|------------------|--------------|----------------------------|--------------|------|
| 151 Polígono carretera de Cártama | MA-057 | 320 | 197 | 61.56% | Compra-venta | 1978 |
| | MA-042 | 140 | 129 | 92.14% | Compra-venta | 1978 |
| | MA-0434 | 296 | 280 | 94.59% | Compra-venta | 1977 |
| 173 Vistafranca | MA-852 | 318 | 152 | 47.80% | Compra-venta | 1979 |

Tabla 5.34. Conjuntos de viviendas de protección pública de los sectores preseleccionados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía en Málaga.

A tenor de los resultados recogidos en la tabla anterior, podemos afirmar que el Polígono Carretera de Cártama es un sector que se ajusta de un modo más adecuado a la hipótesis de partida, por contar con un mayor número de viviendas que se han consolidado mediante la participación de la administración pública estatal en el periodo de tiempo determinado en la hipótesis de partida, además de por encontrarse la mayor parte de las viviendas ya amortizadas, siendo sus usuarios los propietarios de las mismas.

Una vez acotado el sector de la ciudad y reconocido el organismo urbano sobre el cuál se desarrolla y aplica la metodología (Polígono Carretera de Cártama), se plantea reconocer las características tipológicas del mismo, así como contextualizar sus impactos ambientales y socioeconómicos asociados. Para ello se identifica en la planimetría como Organismo Urbano 1 (OU1) aquellos conjuntos de edificios promovidos durante los años setenta mediante cooperativas de vivienda y subvencionados mediante fondos públicos (Figura 5.16). De igual modo se identifica otro organismo de gran repercusión en el Polígono Carretera de Cártama (OU2), pero de una etapa posterior y que quedaría fuera del objeto de estudio de la investigación. No obstante, se ha considerado importante reconocerlo a fin de poner de manifiesto la claridad a nivel tipológico que impera en este sector de la ciudad, dominado por el modelo de torre de viviendas en H de doce plantas.

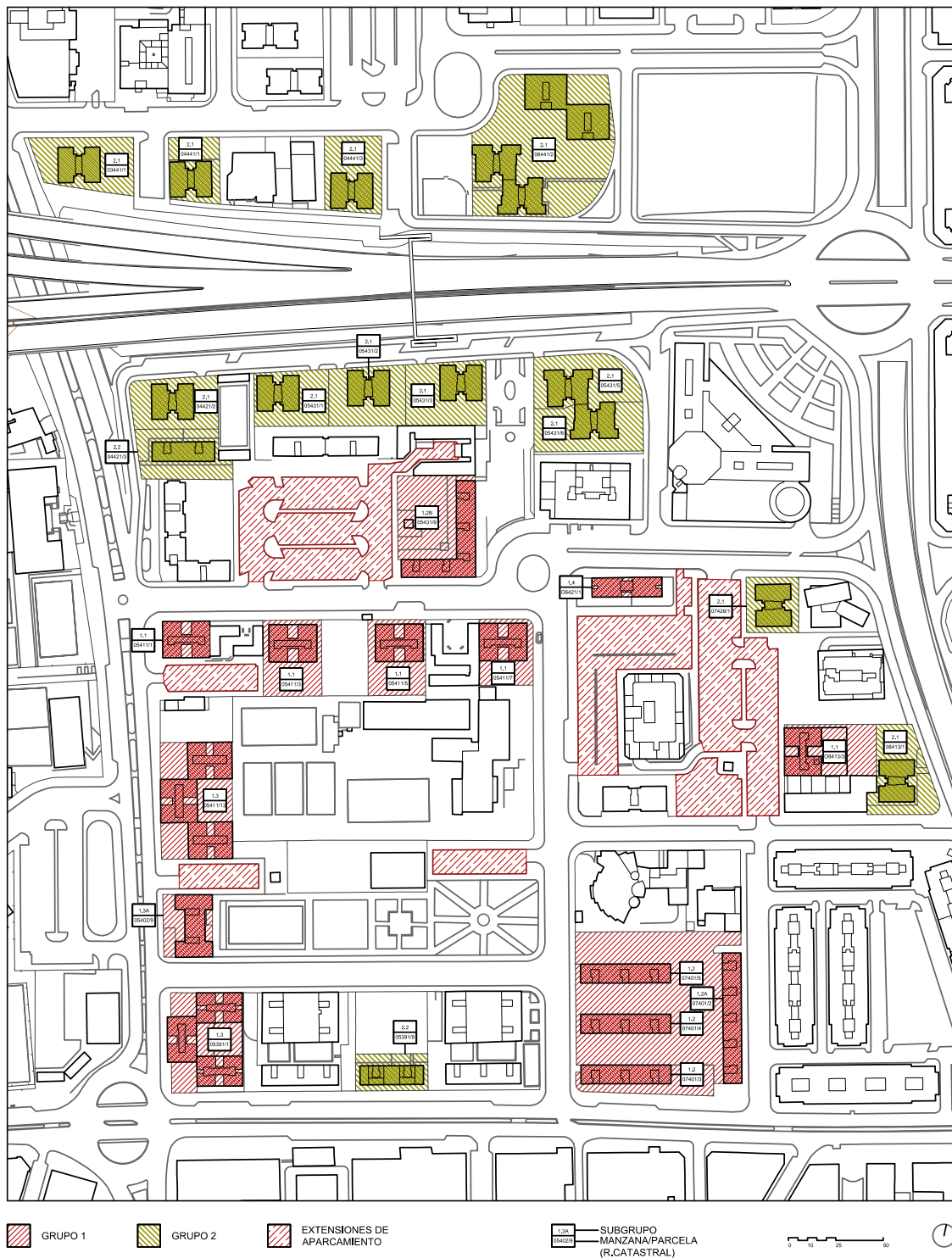


Figura 5.16. Identificación de los Organismos Urbanos de mayor repercusión en el Polígono Carretera de Cártama, perteneciente al Distrito 6 de la ciudad. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5.35 se analiza el impacto asociado a cada uno de los organismos urbanos, como consecuencia de la contextualización de los distintos datos a nivel global disponibles en la AXXI (OMAU, 2019, p. 254), así como de los datos sociales estadísticos para este barrio recopilados en el mapa de trabajo social de Málaga de 2012 (Ayuntamiento de Málaga, 2012, pp. 219-224).

El sector analizado cuenta con una población total de 8,618 personas y un número de habitantes por hogar de 2.81, lo cual incrementa los valores determinados a nivel del municipio en un 2.18%. El número de habitantes por conjunto se ha determinado conforme a esta relación, así como el resto de los indicadores que se han contextualizado, siendo un resultado esperado que aquellos edificios más densos sean a su vez los de mayor impacto medioambiental.

Los impactos medioambientales se han determinado mediante una relación directa entre el número de habitantes por cada uno de los conjuntos de células urbanas y los consumos asociados a estos, los cuales se han establecido conforme a los datos de la AXXI. Sin embargo, estos datos muestran los consumos totales para dos fuentes de energía que se han considerado (Electricidad y GLP), no haciendo distinción de en qué sectores son calculados, por lo que hemos de entender que totalizan los consumos a nivel de la ciudad. Es por este motivo que los resultados calculados no permiten determinar el impacto medioambiental de los vecinos con relación al consumo energético en sus hogares, algo que se particulariza a través de la simulación energética del edificio que se realiza en el apartado 2.3.1.2.

Para la determinación de las emisiones se han relacionado los consumos energéticos calculados en función de los habitantes de cada conjunto con los distintos coeficientes de paso para la determinación de las emisiones calculados por el IDAE (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, & IDAE, 2011). Para ello se ha considerado como fuente de producción eléctrica una central de ciclo combinado (PRTR-España, 2020) y los factores de conversión asociados al uso de gas butano como combustible, siendo una fuente muy extendida en las viviendas.

Analizando los datos agregados a nivel de los conjuntos que se estudian en la Figura 5.34, obtenemos que el conjunto de células urbanas 1.1 se establece como aquel tipo con mayores emisiones asociadas, situándose la cifra en 23.71 TnCO_{2equiv}, lo que a un nivel global comporta un total de 116.56 TnCO_{2equiv}.

Otro de los aspectos más reseñables de esta fase de investigación es el cálculo de los distintos datos vinculados a los conjuntos de células urbanas 2.1, variante tipológica del Conjunto 1.1. Los impactos asociados a la implantación del tipo 2.1 en este sector de la ciudad, comporta una repercusión medioambiental que casi triplica los resultados de su predecesor. Lo cual nos pone sobre la pista de que al abordar el estudio del Conjunto 1.1 se avanza en el estudio de una tipología bastante asentada en este sector de la ciudad y que habrá de ser estudiada.

| Estructura física de los Organismos Urbanos | | | | | | | | | | Indicadores sociales | | | | | | Indicadores económicos | Indicadores medioambientales | | | | | |
|--|---------|----------|----------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|--|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|------------------------------|--|--|
| Manzana | Parcela | Subgrupo | Número de células residenciales. | Año de construcción | Altura (Bajo+N) | Superficie de parcela | Superficie ocupada | Porcentaje de ocupación | Superficie células urbanas (m ²) | N.º de vecinos ¹ | 0-15 años | | 16-64 años | | ≥65 años | | Viv. unipersonales (>64 años) | Valor medio estimado de vivienda ² | Consumo de energía eléctrica (MWh) | Consumo de GLP (Teqp al año) | Consumo total de las principales fuentes de energía (Teqp) | Emisión total con relación al consumo (TnCO ₂ equiv) ³ |
| | | | | | | | | | | | M | H | M | H | M | H | | | | | | |
| Organismo Urbano 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O8413 | 3 | 1.1 | 48 | 1976 | 12 | 1341 | 411 | 31% | 100 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 137,901.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5411 | 7 | 1.1 | 48 | 1975 | 12 | 1057 | 411 | 39% | 100 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 135,197.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5411 | 5 | 1.1 | 48 | 1975 | 12 | 1256 | 411 | 33% | 100 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 114,260.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5411 | 3 | 1.1 | 48 | 1975 | 12 | 1282 | 411 | 32% | 100 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 127,459.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5411 | 1 | 1.1 | 44 | 1975 | 11 | 511 | 411 | 80% | 100 | 124 | 8 | 8 | 42 | 41 | 15 | 10 | 23 | 126,011.00 € | 415.8738 | 3.519013 | 39.28 | 21.73 |
| Conjunto de células urbanas 1.1 | | | | | | | | | | 663 | 43 | 43 | 223 | 220 | 80 | 55 | 125 | 128,165.60 € | 2230.596 | 18.8747 | 210.71 | 116.56 |
| O7401 | 5 | 1.2 | 48 | 1979 | 8 | 1747 | 482 | 28% | 80 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 95,053.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O7401 | 4 | 1.2 | 48 | 1979 | 8 | 1815 | 482 | 27% | 80 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 91,356.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O7401 | 3 | 1.2 | 48 | 1976 | 8 | 1650 | 482 | 29% | 80 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 89,065.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O7401 | 2 | 1.2A | 70 | 1979 | 8 | 2573 | 835 | 32% | 80 | 197 | 13 | 13 | 66 | 65 | 24 | 16 | 37 | 89,065.00 € | 661.6175 | 5.598429 | 62.50 | 34.57 |
| O5431 | 9 | 1.2B | 70 | 1977 | 7 | 2110 | 809 | 38% | 80 | 197 | 13 | 13 | 66 | 65 | 24 | 16 | 37 | 98,892.00 € | 661.6175 | 5.598429 | 62.50 | 34.57 |
| Conjunto de células urbanas 1.2 | | | | | | | | | | 798 | 51 | 52 | 268 | 265 | 96 | 66 | 151 | 92,686.20 € | 2684.277 | 22.71363 | 253.56 | 140.27 |
| O5411 | 13 | 1.3 | 96 | 1976 | 8 | 2409 | 1240 | 51% | 100 | 270 | 17 | 18 | 91 | 90 | 33 | 22 | 51 | 124,456.00 € | 907.3611 | 7.677846 | 85.71 | 47.41 |
| O5391 | 1 | 1.3 | 72 | 1976 | 2x5/1x8 | 2073 | 977 | 47% | 80 | 202 | 13 | 13 | 68 | 67 | 24 | 17 | 38 | 102,758.00 € | 680.5208 | 5.758384 | 64.28 | 35.56 |
| O5402 | 9 | 1.3A | 48 | 1979 | 8 | 889 | 498 | 56% | 80 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 115,359.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| Conjunto de células urbanas 1.3 | | | | | | | | | | 607 | 39 | 39 | 204 | 202 | 73 | 50 | 114 | 114,191.00 € | 2041.562 | 17.27515 | 192.85 | 106.68 |
| O6421 | 1 | 1.4 | 28 | 1975 | 7 | 811 | 379 | 47% | 80 | 79 | 5 | 5 | 26 | 26 | 10 | 6 | 15 | 113,013.00 € | 264.647 | 2.239372 | 25.00 | 13.83 |
| CONJUNTO DE CÉLULAS URBANAS 1.4 | | | | | | | | | | 79 | 5 | 5 | 26 | 26 | 10 | 6 | 15 | 113,013.00 € | 264.647 | 2.239372 | 25.00 | 13.83 |
| Datos asociados al organismo urbano 1 | | | | | | | | | | 2147 | 138 | 139 | 721 | 713 | 259 | 177 | 405 | 112,013.95 € | 7221.082 | 61.10285 | 682.12 | 377.34 |

1 Datos estadísticos compilados en el mapa de trabajo social de Málaga de 2012 desarrollado por el área de derechos sociales del ayuntamiento de la ciudad.

2 Valor de mercado estimado a través de plataformas bancarias de cálculo de precio de libre acceso (año 2017)

3 De acuerdo con los factores de conversión, los factores primarios de energía y energía primarios y las emisiones de CO2 facilitados por IDEA

Tabla 5.35. Desarrollo de indicadores sociales, ambientales y económicos a nivel de subgrupo y grupo de células urbanas residenciales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AXXI de Málaga y el mapa de trabajo social de la ciudad de 2012.

| Estructura física de los Organismos Urbanos | | | | | | | | | | Indicadores sociales | | | | | | Indicadores económicos | Indicadores medioambientales | | | | | |
|--|---------|----------|---------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|--|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Manzana | Parcela | Subgrupo | Número de células residenciales | Año de construcción | Altura (Bajo+N) | Superficie de parcela | Superficie ocupada | Porcentaje de ocupación | Superficie células urbanas (m ²) | N.º de vecinos ¹ | 0-15 años | | 16-64 años | | ≥65 años | | Viv. unipersonales (>64 años) | Valor medio estimado de vivienda ² | Consumo de energía eléctrica (MWh) | Consumo de GLP (Teq al año) | Consumo total de las principales fuentes de energía (Teq) | Emisión total con relación al consumo (TnCO ₂ equiv) ³ |
| | | | | | | | | | | | M | H | M | H | M | H | | | | | | |
| Organismo Urbano 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O4421 | 2 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 1295 | 360 | 28% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 102,272.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5431 | 1 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 1185 | 360 | 30% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 101,930.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5431 | 2 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 1303 | 360 | 28% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 101,930.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5431 | 3 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 1457 | 360 | 25% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 99,446.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O7426 | 1 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 832 | 360 | 43% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 102,904.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O8413 | 1 | 2.1 | 48 | 1978 | 12 | 1454 | 360 | 25% | 90 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 87,099.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O3441 | 1 | 2.1 | 48 | 1977 | 12 | 1507 | 360 | 24% | 73 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 86,153.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O4441 | 1 | 2.1 | 48 | 1977 | 12 | 937 | 360 | 38% | 104 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 126,356.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O4441 | 3 | 2.1 | 48 | 1977 | 12 | 1246 | 360 | 29% | 104 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 122,377.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5431 | 5 | 2.1A | 48 | 1978 | 12 | 1466 | 403 | 27% | 104 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 107,228.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O5431 | 6 | 2.1A | 48 | 1978 | 12 | 1468 | 421 | 29% | 75 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 107,228.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O6441 | 3 | 2.1B | 28 | 1977 | 7 | 419 | 419 | 100% | 104 | 79 | 5 | 5 | 26 | 26 | 10 | 6 | 15 | 105,359.00 € | 264.647 | 2.239372 | 25.00 | 13.83 |
| O6441 | 4 | 2.1B | 28 | 1977 | 7 | 392 | 392 | 100% | 104 | 79 | 5 | 5 | 26 | 26 | 10 | 6 | 15 | 105,359.00 € | 264.647 | 2.239372 | 25.00 | 13.83 |
| O6441 | 1 | 2.1C | 48 | 1977 | 12 | 425 | 425 | 100% | 88 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 111,534.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| O6441 | 2 | 2.1C | 48 | 1977 | 12 | 434 | 434 | 100% | 88 | 135 | 9 | 9 | 45 | 45 | 16 | 11 | 25 | 111,534.00 € | 453.6805 | 3.838923 | 42.86 | 23.71 |
| Conjunto de células urbanas 2.1 | | | | | | | | | | 1911 | 123 | 124 | 642 | 634 | 231 | 157 | 360 | 105,247.27 € | 6427.141 | 54.38474 | 607.12 | 335.86 |
| O4421 | 1 | 2.2 | 32 | 1978 | 8 | 1216 | 350 | 29% | 100 | 90 | 6 | 6 | 30 | 30 | 11 | 7 | 17 | 117,090.00 € | 302.4537 | 2.559282 | 28.57 | 15.80 |
| O5391 | 7 | 2.2 | 32 | 1978 | 8 | 380 | 180 | 47% | 93 | 90 | 6 | 6 | 30 | 30 | 11 | 7 | 17 | 106,536.00 € | 302.4537 | 2.559282 | 28.57 | 15.80 |
| O5391 | 6 | 2.2 | 32 | 1978 | 8 | 394 | 180 | 46% | 93 | 90 | 6 | 6 | 30 | 30 | 11 | 7 | 17 | 106,536.00 € | 302.4537 | 2.559282 | 28.57 | 15.80 |
| Conjunto de células urbanas 2.2 | | | | | | | | | | 270 | 17 | 18 | 91 | 90 | 33 | 22 | 51 | 110,054.00 € | 907.3611 | 7.677846 | 85.71 | 47.41 |
| Datos asociados al organismo urbano 2 | | | | | | | | | | 2181 | 140 | 141 | 733 | 724 | 263 | 179 | 411 | 107,650.63 € | 7334.502 | 62.06258 | 692.83 | 383.27 |

1 Datos estadísticos compilados en el mapa de trabajo social de Málaga de 2012 desarrollado por el área de derechos sociales del ayuntamiento de la ciudad.

2 Valor de mercado estimado a través de plataformas bancarias de cálculo de precio de libre acceso (año 2017)

3 De acuerdo con los factores de conversión, los factores primarios de energía y energía primarios y las emisiones de CO2 facilitados por IDEA

Tabla 5.35 (continuación). Desarrollo de indicadores sociales, ambientales y económicos a nivel de subgrupo y grupo de células urbanas residenciales. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AXXI de Málaga y el mapa de trabajo social de la ciudad de 2012.

2.2. Elección del organismo urbano: 790 viviendas promovidas por la Cooperativa Corazón de María

A la luz de los resultados recogidos en el apartado 2.1, centrado en el contexto urbano y en la identificación de un tipo representativo de una realidad urbana que se alinee con la hipótesis de partida, se analizan y explican en los siguientes párrafos las características principales del organismo urbano al que pertenece el conjunto de células objeto de estudio.

2.2.1. Análisis del organismo urbano y claves para su regeneración sostenible

El análisis del organismo urbano seleccionado se acomete desde dos perspectivas distintas que pretenden conformar una imagen del mismo que nos permita establecer una serie de conclusiones acerca de cuáles son los aspectos más reseñables a abordar para la regeneración urbana de éste con relación a los intereses de la AXXI. Para ello se estudia, por un lado, el polígono de viviendas desde su origen, a través de los conceptos esenciales que se perseguían entonces, y por otro, el marco urbanístico que establecen sus ordenanzas particulares para el modelo de ciudad consolidado.

2.1.2.1. Origen del Organismo Urbano

La tipología de estudio forma parte de un conjunto de 24 bloques con locales y garajes, lo que supuso un total de 790 viviendas promovidas por la Cooperativa Corazón de María. Bajo este modelo de sociedad se promovieron importantes actuaciones en la periferia de la ciudad entre los años sesenta y ochenta, contándose para muchas de ellas con la financiación del Instituto Nacional de Vivienda (INV) de la dictadura. La participación de dicho organismo en la construcción de estas viviendas permite una lectura en paralelo y transversal de la funcionalidad de modelos similares generados en otras ciudades bajo esta fórmula, ya que todas aquellas edificaciones que entonces se promovieron se ceñían a ordenanzas específicas establecidas por el INV.

Las premisas de partida del proyecto, y por ende del modelo de ciudad que en el polígono de Cártama se pretendió iniciar mediante la construcción de este conjunto, se basaban en la generación de un sistema urbano dotado de importantes servicios comunes y una elevada edificabilidad que permitiese liberar superficie en planta.

A continuación, se detallan los aspectos más significativos del proyecto inicial, siguiéndose para ello el orden de exposición de la memoria del proyecto, al tiempo que se identifica la evolución de cada uno de ellos y su situación actual.

2.1.2.2. Tratamiento del suelo

Una de las principales potencialidades de la intervención planteada es el estudio de los usos a nivel de suelo. En los siguientes párrafos se analizan pormenorizadamente los diez usos previstos del proyecto, así como su estado actual, el cual se ha determinado a través de un análisis planimétrico e *in situ* del proyecto.

1. *Jardineras para embellecer y definir espacios y circulaciones en la zona de acceso a las viviendas.* Dichas jardineras se acotan al ámbito privado de los edificios, en muchas ocasiones son inexistentes y/o se encuentran en una situación de escaso mantenimiento.
2. *Zonas arboladas con suelo de tierra para zonas de juego.* El único sector del barrio que responde a esta descripción del proyecto apenas cuenta con una superficie de 6,230 m²; es más, si considerásemos el resto de las superficies públicas verdes del barrio consolidadas en los últimos cuarenta y cinco años, apenas alcanzaríamos extensión total de escasos 8,600m²

Para contextualizar estas cifras nos servimos de uno de los indicadores urbanos desarrollados por la AXXI que relaciona los espacios verdes urbanos con el número de habitantes a nivel de la ciudad (7.10m²/hab). A través de la aplicación de dicho indicador observamos que esta zona, en función de su población (Ayuntamiento de Málaga, 2012), habría de contar con una superficie total de espacios verdes de 29.330m², lo que se sitúa muy por debajo de la media local.

3. *Zona con pavimento impermeable para la circulación de peatones.* Estas zonas se circunscriben a los estrictos espacios de acerado de las manzanas, aunque en el diseño inicial se dotó de mayor anchura aquellas aceras que daban a las zonas con galerías comerciales.
4. *Zona porticada sobre la que se levanta el edificio.* El uso que cada comunidad de propietarios ha realizado de este espacio bajo el edificio es muy diverso, pero de manera generalizada han sido ocupados con edificación.
5. *Garajes.* Los edificios cuentan con garajes interiores y además el barrio cuenta con una extensión de aparcamientos en superficie, sin que figure en este cómputo aquellos en línea situados junto a las aceras, que supera los 13.300 m².
6. *Comercios.* Los comercios situados en las distintas galerías, así como en las plantas bajas de algunas tipologías dotan al barrio de cierta complejidad urbana, la cual se entiende habría de fomentarse a través de la adecuación de los ámbitos de proximidad a los locales.
7. *Portales y dependencias.* Los portales de los distintos edificios cuentan con espacios y dependencias para que existiese en ellos servicios de portería destinados al mantenimiento y conservación de las distintas zonas comunes del mismo, aunque en ninguno de ellos se dispone de una persona encargada del mantenimiento. A propósito de las dependencias comunes, se disponen de cuartos para el almacenamiento de bicicletas.
8. *Techos de garaje con terraza practicables y sus correspondientes accesos.* Estos espacios son una oportunidad perdida en cada uno de los proyectos, ya que la accesibilidad a los mismos es única y exclusivamente para su mantenimiento, siendo estos espacios extensiones de cubierta sin otra función asociada a las mismas que la de cubrir dichos garajes a nivel de planta baja.
9. *Zonas de carga y descarga de mercancías.* Se prevén este tipo de espacios principalmente en las traseras a las galerías comerciales, aunque en la actualidad se emplean principalmente como zonas de estacionamiento de vehículos.
10. *Accesos a garajes.* Los accesos a los garajes se realizan generalmente a nivel, siendo una excepción aquellos que cuentan con un sótano destinado a este uso. Uno de los aspectos más conflictivos respecto de los accesos de los vehículos a los garajes privativos es que éstos se producen en su mayoría a través de las grandes extensiones de aparcamiento en superficie, lo cual dificulta en ocasiones la circulación y el buen funcionamiento de estos accesos.

2.1.2.3. Estudio de volúmenes, fachadas y distribución

Los edificios propuestos entonces se definieron como componentes verticales sobre el terreno que junto con los demás elementos de la urbanización y suelos a distinto nivel (techos de los garajes) conforman un escenario urbano que persigue generar una percepción de volúmenes de distintas alturas que contrastan entre sí y liberar superficie para el uso y disfrute de los vecinos.

Si atendemos al concepto que rige las fachadas se persigue una estratificación de los distintos niveles a través del recurso constructivo de sustentar la hoja exterior del cerramiento sobre el forjado, lo que, como veremos más adelante, produce una discontinuidad en la envolvente, provocándose pérdidas energéticas a través de la misma. No obstante, todas las decisiones constructivas que determinan el aspecto final de la fachada se justifican a través de la idea de facilitar la conservación de los distintos elementos y asegurar la solidez de los mismos frente a la acción del viento.

En relación con la respuesta al programa de necesidades funcionales del conjunto, se establecen dos tipos de viviendas: una primera de 100m², dotada de sala de estar-comedor con terraza, cocina con lavadero y tendedero, un baño completo y un aseo; y una segunda de 80m² con un programa de idénticas características, pero con una habitación menos. La solución proyectual adoptada es la misma en ambos casos y se apuesta por una solución en planta en forma de H que permite organizar cuatro viviendas por nivel en torno a un núcleo de comunicaciones con dos ascensores. No obstante, se generan variantes sobre los tipos al yuxtaponer unos con otros.

2.1.2.4. Morfología del organismo, los conjuntos y células urbanas a través de la ordenanza particular

El organismo urbano objeto de estudio, al igual que muchos otros dentro de la junta municipal de distrito 6, reciben la consideración de suelo urbano consolidado con planeamiento previo al planeamiento actual (Gerencia Municipal de Urbanismo Obras e Infraestructuras, 2011). A través de la ordenación pormenorizada recogida en el planeamiento vigente se identifican las parcelas donde se desarrollan los distintos conjuntos con la calificación de Ordenación Abierta (OA). Dicha consideración de suelo se regula a través de las ordenanzas específicas, recogidas en el capítulo sexto del título XII del PGOU y teniendo aquellas parcelas que representan el conjunto del organismo urbano la categoría de Subzona OA-1. De este modo se reconocen las características de dichos sectores de la ciudad y se promueve como objetivo principal redirigir el perfil urbano existente hacia una relación de proporcionalidad de los espacios libres con el viario público que propicie una relación más arquitectónica entre éstos y las viviendas.

No obstante, las condiciones de la ordenación establecidas en el documento jurídico no van más allá de regular aspectos tales como la parcelación, la edificabilidad neta (la cual se ve ampliamente superada en el caso de los conjuntos de células estudiados), la ocupación máxima, las alturas y retranqueos, los vuelos y la morfología de las vallas; sin que exista por tanto un instrumento a nivel legislativo que rija y ordene los procesos de regeneración urbana que permitirían dar cumplimiento a los objetivos anteriormente mencionados.

2.2.2. Conclusiones: Debilidades y oportunidades del Organismo Urbano

Una vez analizados los aspectos urbanos más destacables en relación a las premisas que articularon el proyecto inicial de este polígono de viviendas (Archivo Histórico Provincial de Málaga, 2017; Gerencia Municipal de Urbanismo Obras e Infraestructuras, 2017), las potencialidades del mismo en relación a la respuesta que se podría dar a los intereses recogidos en la AXXI a través de las intervenciones en materia de regeneración urbana (Báez Muñoz & Jiménez Melgar, 2015a), así como el marco legislativo de suelo por el cual se rige (Ayuntamiento de Málaga, 2011); se procede a establecer una serie de conclusiones que considero de interés de cara a identificar oportunidades y carencias sobre las potenciales intervenciones a nivel urbano, no siendo las mismas objeto del presente trabajo de investigación, pero sí entendiendo necesario plasmar todo aquello que debe tomarse en consideración de cara al planteamiento de estrategias sostenibles de regeneración de edificios como parte de una operación de mayor calado a nivel urbano (Rubio, 2009).

La creación del organismo urbano de estudio, entre finales de los sesenta y mediados de los setenta, responde esencialmente a la necesidad de vivienda de dicha etapa, fruto del éxodo rural que entonces se produjo en favor del crecimiento de las ciudades, que aglutinaban la oferta de empleo. De este modo se desarrolló a través de cooperativas de viviendas, que contaban con el apoyo económico de la dictadura española, la creación de un barrio altamente denso y con importantes extensiones de espacios libres, que potencialmente habría de dar alojamiento a más de tres mil personas. En este sentido, las estrategias proyectuales, tanto a nivel urbano como a nivel de la vivienda, respondieron muy claramente a aquel contexto histórico; dándose una respuesta convencional de viviendas de 3 y 4 dormitorios en edificios altamente densos (De 30 a 48 viviendas) que se organizaban en torno a importantes extensiones de espacio público, cuyo uso predominante era y es el estacionamiento de los vehículos de los vecinos. Así mismo, el diseño de los distintos sistemas constructivos responde a las capacidades técnicas de entonces y a la celeridad con que fueron construidos los edificios, proponiéndose soluciones muy convencionales y estandarizadas.

En la actualidad, la diversificación del modelo de familia tradicional, la mejora de la movilidad urbana, los cambios en las formas de consumo y la aparición del teletrabajo son los principales factores que hacen que podamos hablar de una obsolescencia funcional del modelo de ciudad que entonces se generó. Del mismo modo, observamos que, si centramos la atención en los aspectos constructivos de los edificios, las soluciones técnicas que se dieron entonces están igualmente obsoletas, ya que no permiten minimizar la demanda de calefacción y refrigeración; lo cual implica no responder a las exigencias de reducción de demanda y consumo que se establecen a través de objetivos europeos.

El futuro de contextos urbanos como el estudiado pasa por dar, a través de estrategias de transformación sobre lo existente, una respuesta perfectible a nivel de organismo y de células urbanas que satisfaga las necesidades sociales actuales y que se plantee mediante distintas fases de un proyecto unitario, alineado con los objetivos de la AXXI. Teniendo por fin último la regeneración sostenible y, lo que es más importante aún, el desarrollo duradero de los distintos sectores que integran la ciudad.

Por otra parte conviene no perder de vista que, al igual que toda actuación sobre la ciudad consolidada, cualquier transformación urbana del sector propuesto habrá de contar con un amplio respaldo del tejido social que lo integra, por lo que habilitar mecanismos de participación a través de estructuras como las ya vistas en la fase 1 (Ayuntamiento de Málaga, 2016a) es determinante de cara a alcanzar consensos y dar de este modo una respuesta más adecuada a las necesidades de los distintos agentes implicados.

Ineludiblemente el planteamiento de propuestas consensuadas, con independencia de los mecanismos que se pudiesen establecer a nivel local para alcanzarlas, habrán de partir de un diagnóstico lo suficientemente preciso como para que podamos avalar su viabilidad. En este sentido, la inclusión de estrategias de transformación, remodelación y/o rehabilitación integral en un documento como la Agenda Local municipal, es esencial, ya que las propuestas recogidas pueden ser evaluadas a través de los indicadores ya definidos u otros que se definiesen en el futuro. De este modo se crea un documento actualizado anualmente y abierto a la participación que recoge no sólo los intereses particulares de los ciudadanos en torno a la regeneración de sus barrios a través de propuestas concretas, sino que además es capaz de evaluarlas mediante indicadores urbanos y establecer prioridades o itinerarios.

Como hemos visto, la AXXI no es un documento vinculante, por lo que para hacerse efectivas las propuestas que en ellas se recojan habrán de contar con definición suficiente como para poder implementarlas en instrumentos de planeamiento general, ordenándose de este modo dichas actuaciones y dotando a las mismas de visión de conjunto, lo cual es esencial para la puesta en marcha de las estrategias de *Remodelación, Transformación Urbana y/o Rehabilitación Integral*.

No obstante, actualmente no se dispone en la ciudad de Málaga de instrumentos técnicos y/o normativos que permitan una regeneración urbana de los espacios públicos y/o privados del organismo objeto de estudio. La ordenanza analizada en el apartado anterior no muestra información detallada acerca de intervenciones de transformación, remodelación y/o rehabilitación integral. Es por todo ello que se hace preciso contar con las herramientas que permitan ordenar actuaciones unitarias de regeneración urbana a nivel de dichos organismos urbanos. En este sentido la figura del Plan Especial de Reforma Interior (PERI) responde de un modo adecuado a dichos intereses, siendo para ello necesario un estudio de detalle y un proyecto urbanístico que respaldase las actuaciones, que habrían de estructurarse en torno a dos líneas principales (Cervero-Sánchez, N & Agustín-Hernández, 2015):

- a) Remodelación Urbana, permitiéndose la consolidación de nueva edificación con un uso dotacional al servicio de los vecinos, así como de las necesidades energéticas del sector urbano, a través de la creación de nodos que permitiesen satisfacer el autoabastecimiento energético a nivel del organismo urbano.
- b) Transformación Urbana: Reestructuración viaria, centrandó el estudio en la potencial peatonalización de numerosos viales existentes y la reconversión de las extensas superficies de aparcamiento en favor de la generación de espacios públicos. Esta transformación urbana iría acompañada de actuaciones a nivel de los edificios, objeto central de la presente investigación y que son más detalladas en el siguiente apartado.

Finalmente, y como conclusión respecto de todo lo visto, podemos afirmar que contamos con los instrumentos necesarios para canalizar intereses ciudadanos en torno a la regeneración urbana de sectores de la ciudad. No obstante, no parece que dichos instrumentos estén lo suficientemente articulados como para que se satisfagan, a través de las herramientas de planeamiento, los objetivos a medio/largo plazo que se establecen a nivel local.

2.3. Elección del conjunto de células urbanas: Torre de 48 viviendas

Determinado el contexto sobre el cual se plantea el desarrollo de la metodología, delimitado por la unidad teórica de organismo urbano (correspondiente al conjunto de 790 viviendas promovidas por la Cooperativa Corazón de María), y habiéndose analizado pormenorizadamente los tipos constructivos de mayor repercusión que en él se dan, en las siguientes líneas se analiza y define el edificio objeto de estudio, que

comporta bajo la premisa sobre la que trabajo la definición y análisis de las distintas células urbanas que lo integran.

2.3.1. Análisis de la célula urbana y claves para la regeneración de su envolvente

La pertenencia del tipo escogido a un conjunto de mayor orden con los cuales mantienen características similares en lo referente a su construcción, pese a existir variaciones en los tipos y la organización en planta, nos permite cubrir un amplio espectro de casos mediante la definición de las características constructivas y la identificación de las claves para su regeneración de uno de sus principales tipos.

La tipología objeto de estudio, tal y como se ha avanzado en apartados anteriores, es una torre de vivienda de bajo más doce plantas, en cada planta se organizan cuatro viviendas de 100m² útiles en torno a un núcleo de comunicaciones longitudinal, que dispone de 2 ascensores y una escalera de un tramo.

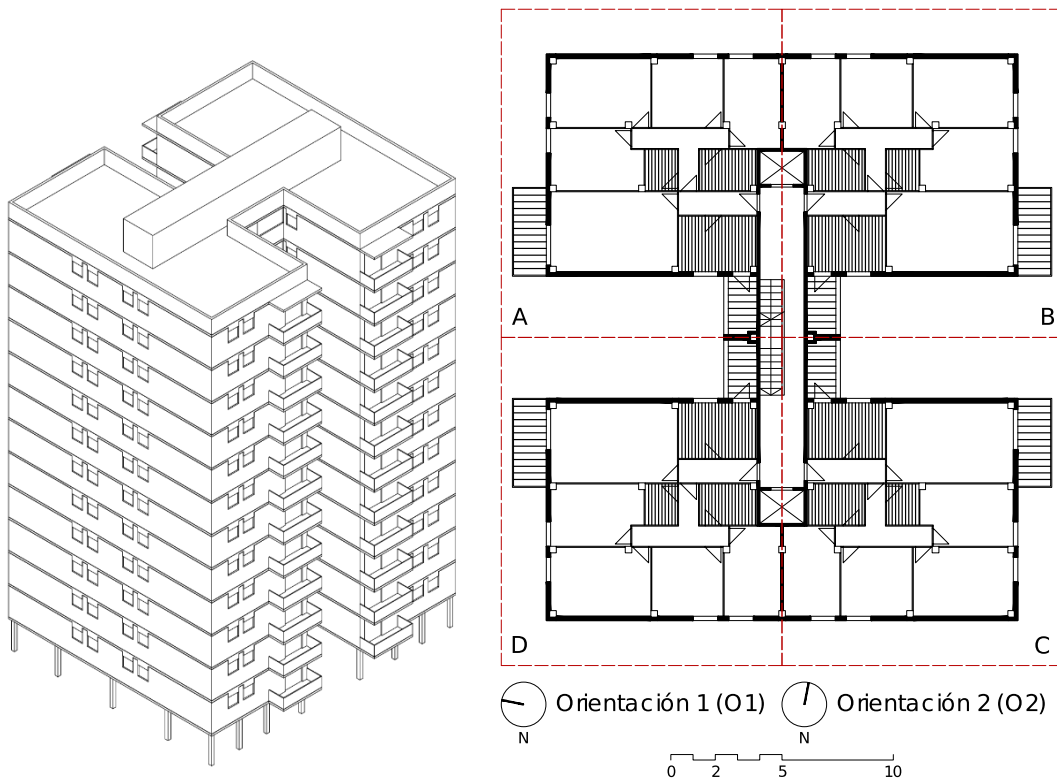


Figura 5.17. Volumetría y planta tipo del conjunto de células urbanas. Fuente: Elaboración propia a partir de información original del proyecto.

2.3.1.1. Definición constructiva del edificio

La facilidad de mantenimiento y conservación fue el concepto esencial que rigió las decisiones proyectuales en torno a la elección de materiales y sistemas constructivos de la envolvente. La hoja exterior es de ladrillo visto y se apoya en la estructura de hormigón armado, resuelta mediante un sistema de pórticos y forjados unidireccionales. Los capialzados de las ventanas se resuelven mediante unos elementos prefabricados de hormigón que se unen a los distintos forjados (Figura 5.18).

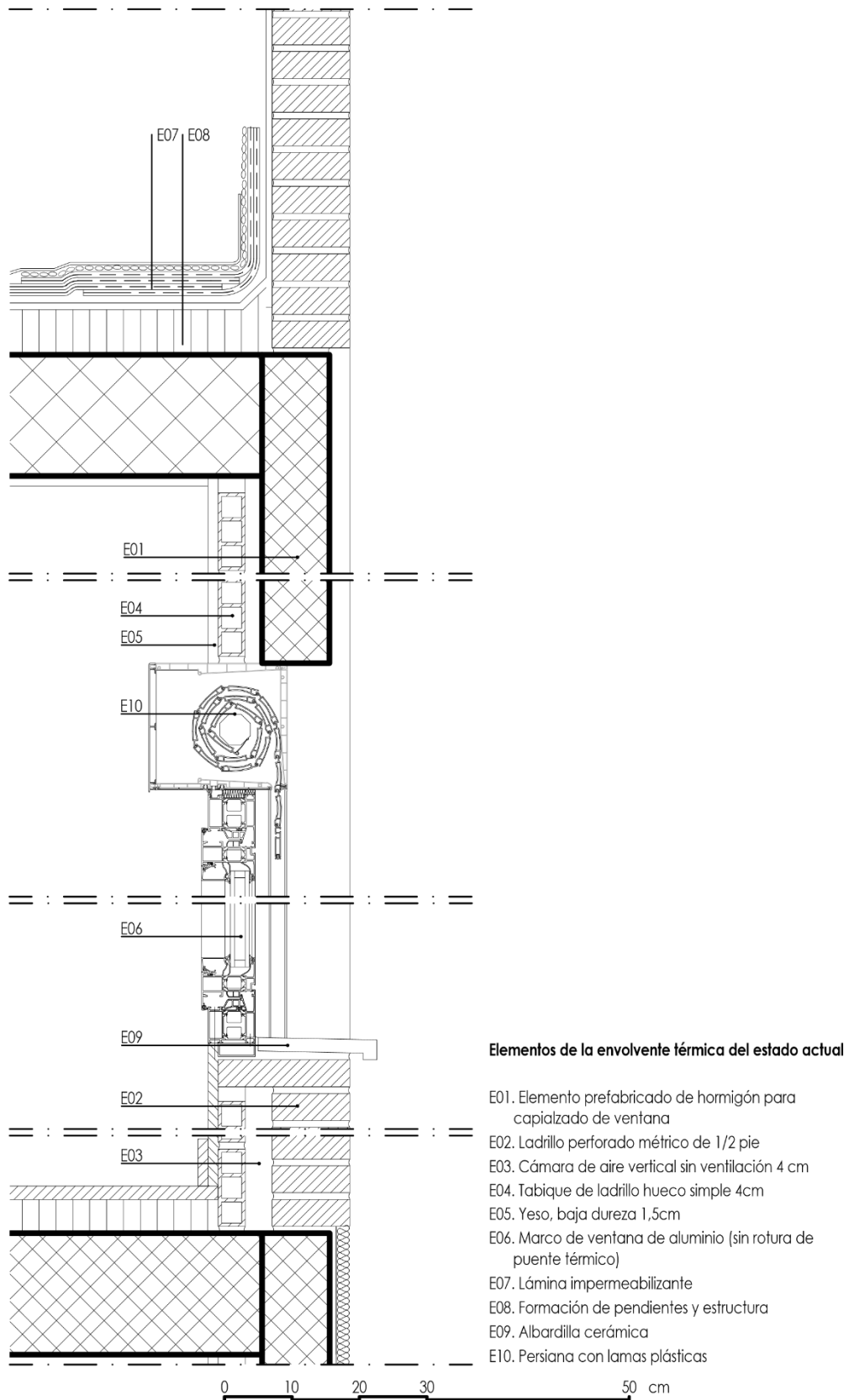


Figura 5.18. Sección constructiva de la envolvente. Fuente: Elaboración propia a partir de información original del proyecto.

2.3.1.2. Evaluación previa del rendimiento energético

A fin de determinar el comportamiento energético teórico actual de la tipología objeto de estudio se realiza un análisis informático del rendimiento energético de la misma. Los cálculos se han realizado mediante la herramienta DesignBuilder (versión 5.0.3.007) y durante esta primera fase del trabajo el modelado de la tipología se ha realizado íntegramente a través de la herramienta, en la cual se han configurado los parámetros correspondientes a la evaluación del rendimiento energético de un edificio según el CTE.

Para ello, se establecen unas características constructivas del tipo acordes con el proyecto de ejecución y modificados del mismo, información a la cual se accedió a través de la gerencia municipal de urbanismo, obras e infraestructuras y del archivo histórico provincial (Archivo Histórico Provincial de Málaga, 2017; Gerencia Municipal de Urbanismo Obras e Infraestructuras, 2017). Esto establece una premisa de partida de un marcado carácter teórico, puesto que los edificios a lo largo de los últimos cuarenta y cinco años han sufrido modificaciones y pequeñas mejoras.

Además, hemos de tomar los resultados obtenidos a través de este tipo de herramienta con ciertas reservas, ya que, como demuestran diversos estudios basados en encuestas y monitorización, los consumos calculados a través de este tipo de herramientas se desvían de los consumos reales (León, Muñoz, León, & Bustamante, 2010).

No obstante, y pese a la desviación de estos resultados, la consideración de los datos de partida del proyecto, así como del uso de simulaciones informáticas, nos permiten objetivar y homogeneizar las características del modelo en una fase inicial de cálculo del rendimiento energético que persigue, en última instancia, determinar el grado de adecuación, a efectos de la mejora del balance energético, de una serie de medidas regenerativas basadas en estrategias pasivas.

A continuación, se detallan las características térmicas del modelo de partida, el cual se ha definido conforme a la sección constructiva del proyecto de ejecución (Figura 5.18):

- **Cubiertas:** Se obtiene mediante los parámetros definidos una resistividad del conjunto de $1.253 \text{ W/m}^2\text{-K}$. La composición de la cubierta original consta esencialmente de 2 capas, formación de pendiente e impermeabilización, con un espesor total de 22 cm sobre el forjado, según datos del proyecto.
- **Envolvente vertical:** Se obtiene una resistividad teórica de $1.436 \text{ W/m}^2\text{-K}$. Sobre dicha envolvente se han definido, tal y como se puede ver más adelante, una serie de puentes térmicos mediante el uso de subsuperficies. Las capas que integran este cerramiento, desde el exterior al interior, son medio pie de ladrillo perforado, una cámara de aire sin ventilar de 4 cm, un ladrillo hueco sencillo de 4 cm de espesor como trasdosado y un enlucido de yeso de 1.5 cm al interior.
- **Huecos:** Se ha establecido la resistividad media del tipo de vidrios instalados en el momento de construcción el edificio, la cual se ha fijado en $5.861 \text{ W/m}^2\text{-K}$. La realidad de los edificios del conjunto estudiado es que las carpinterías han sido sustituidas en muchos casos por otras de mejores características. Además, conviene señalar que no se ha programado en el software sombreamientos locales mediante el uso de persianas que eviten ganancias térmicas internas en meses calurosos, a fin de cuantificar la mejora que comporta el uso de sistema de sombreamientos.
- **Puentes térmicos:** Se han incluido discontinuidades en la envolvente con un elevado nivel de precisión, ya que han sido modelados e incorporados al

modelo en su posición real. Dichos puentes térmicos se han considerado como subsuperficies de la envolvente que presentan una discontinuidad térmica, estableciéndose unos valores de transmitancia térmica para los puentes de forjado, pilares y capialzados de ventanas de $3.892 \text{ W/m}^2\text{-K}$, $2.113 \text{ W/m}^2\text{-K}$ y $1.932 \text{ W/m}^2\text{-K}$ respectivamente. Estos datos calculados difieren notablemente de los datos por defecto que ofrece la herramienta HULC, esto se explica por la singularidad constructiva de la tipología seleccionada.

- **Espacios adiabáticos:** Se han considerado para reducir los tiempos de cálculo de la herramienta. Han sido modelados como componentes y se han considerado como espacios adiabáticos tanto la planta baja del edificio como el conjunto de plantas situadas entre la primera y sexta planta, así como los situados entre la sexta y la decimosegunda planta (Figura 5.19). Los resultados de la planta baja y cubierta se han estimado independientemente y para las restantes diez plantas se han utilizado multiplicadores del programa, lo cual permite obtener resultados del cálculo en lo referente a consumos y emisiones ajustados a la realidad del modelo en su conjunto.

A fin de determinar qué orientación, de las dos principales orientaciones en las cuáles se organizan los tipos, es la que presenta un comportamiento energético más desfavorable, se realizan dos evaluaciones de ambas situaciones, quedando recogidos los resultados en la Tabla 5.36.

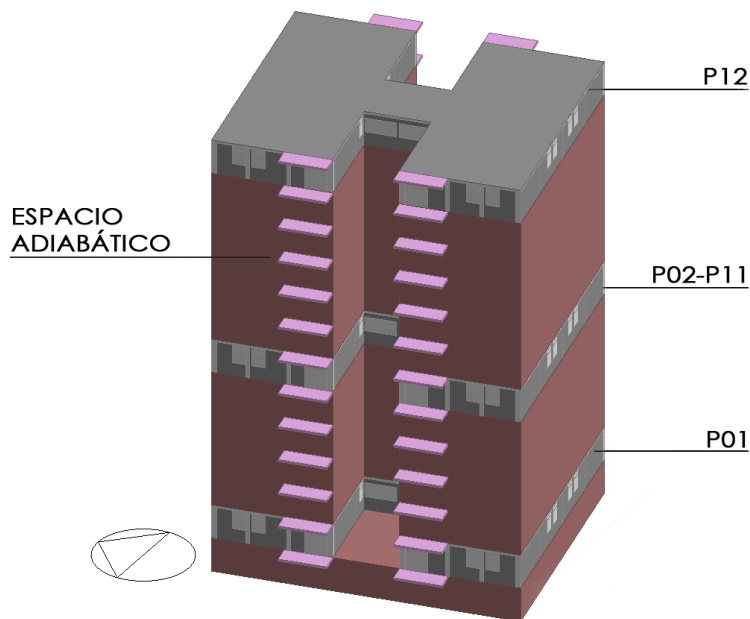


Figura 5.19. Imagen del modelo de cálculo con indicación de elementos de modelado según la orientación 2. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de modelo en DesignBuilder.

| | | Orientación tipología 1 | Orientación tipología 2 |
|---|---|----------------------------|----------------------------|
| Consumos (KWh/m²) | Calefacción | 22.49 | 22.87 |
| | Refrigeración | 5.85 | 6.92 |
| | Total | 57.25 | 58.70 |
| Emisiones | Producción de CO₂ (TnCO₂equiv) | 34.70 | 35.57 |
| Cargas del sistema (KWh/m²) | Enfriamiento sensible | -11.71 | -13.84 |
| | Enfriamiento total | -11.71 | -13.84 |
| | Calentamiento total | 20.69 | 21.04 |
| Confort | Temperatura (° C) | | |
| | Temperatura del aire | 21.93 | 22.04 |
| | Temperatura radiante | 22.14 | 22.31 |
| | Temperatura operativa | 22.04 | 22.17 |
| | Temperatura exterior bulbo seco | 17.99 | 17.99 |
| | Humedad relativa (%) | 54.06 | 53.72 |
| Ganancias internas (KWh/m²) | Ganancias solares ventanas | 32.59 | 37.15 |
| | Calefacción sensible de zona | 20.69 | 21.04 |
| | Refrigeración sensible de zona | -11.53 | -13.64 |

Tabla 5.36. Comparativa de resultados de evaluación de cada una de las orientaciones de los conjuntos de células que integran el organismo urbano. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de modelo en DesignBuilder.

Tal y como observamos en la tabla anterior, las diferencias entre los consumos en calefacción son prácticamente insignificantes, difiriendo entre ellos un 1.7%, sin embargo, la diferencia entre los consumos en refrigeración alcanza el 18%. Esto guarda relación con la geometría del edificio, puesto que en la orientación primera se presenta al Sur menor superficie de fachada que en la segunda, produciéndose en el espacio de patio abierto sombras arrojadas propias que contribuyen a un mejor comportamiento energético del edificio en los meses cálidos. Por todo ello, y basando nuestra elección en el caso más desfavorable de los dos comparados, nos centraremos en un conjunto con la orientación 2.

Así mismo, los resultados de la Tabla 5.36 nos permiten conocer la cantidad de emisiones asociadas al consumo del conjunto de los edificios con similares características, un total de 236 células urbanas. Contextualizados los datos a nivel de cada uno de los edificios según su orientación, obtenemos unas emisiones totales anuales de 171.48 TnCO₂equiv.

La Tabla 5.37 nos muestra los resultados particularizados a nivel de células urbanas a fin de conocer teóricamente la evaluación energética del tipo seleccionado en su estado actual. Los resultados de una evaluación previa muestran un estado de pérdidas por cada uno de los elementos que integran la envolvente que se cifra en los siguientes porcentajes: cubiertas, 3%; infiltraciones por huecos 7%; acristalamiento 35% y envolvente vertical 55%.

| Planta y zona | Confort | | | | Ganancias internas (KWh/m ²) | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------|---------------|---|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------|
| | Temperatura (° C) | | | | H. relativa (%) | Iluminación general | Mis-celá-neos | Ocu-pación | Gan. solares venta-nas | Cal. sensi-ble de zona | Ref. sensi-ble de zona | |
| | T.ª del aire | T.ª ra-diante | T.ª ope-rativa | T.ª ex-terior Bulbo Seco | | | | | | | | |
| 01 | A | 22.10 | 22.42 | 22.26 | 17.99 | 53.51 | 14.45 | 13.01 | 13.19 | 39.31 | 19.94 | -14.72 |
| | B | 21.95 | 22.12 | 22.04 | | 54.01 | | | | 33.60 | 23.67 | -12.79 |
| | C | 22.17 | 22.55 | 22.36 | | 53.28 | | | | 38.72 | 16.73 | -13.58 |
| | D | 22.40 | 22.94 | 22.67 | | 52.56 | | | | 46.38 | 14.30 | -17.14 |
| 02-11 | A | 21.98 | 22.24 | 22.11 | 17.99 | 53.91 | 14.45 | 13.01 | 13.19 | 39.51 | 21.81 | -13.75 |
| | B | 21.83 | 21.93 | 21.88 | | 54.43 | | | | 33.65 | 25.72 | -11.72 |
| | C | 22.01 | 22.30 | 22.16 | | 53.80 | | | | 38.74 | 19.02 | -12.36 |
| | D | 22.24 | 22.69 | 22.46 | | 53.09 | | | | 46.40 | 16.33 | -15.79 |
| 12 | A | 22.01 | 22.17 | 22.09 | 17.99 | 53.85 | 14.45 | 13.01 | 13.19 | 48.55 | 34.16 | -19.72 |
| | B | 21.88 | 21.91 | 21.89 | | 54.26 | | | | 40.93 | 37.47 | -16.49 |
| | C | 21.93 | 22.01 | 21.97 | | 54.11 | | | | 43.26 | 34.99 | -16.69 |
| | D | 22.08 | 22.31 | 22.20 | | 53.62 | | | | 51.80 | 31.98 | -20.72 |
| Consumos (KWh/m²) | | | | | Emisiones (KgCO₂equiv) | | | Cargas del sistema (KWh/m²) | | | | |
| | Apara-tos | Ilumina-ción | Cal. | Ref. | Total | Producción de CO₂ | | | Enfría-miento sensi-ble | Enfría-miento total | Calen-tamiento total | |
| 01-12 | 14.45 | 14.45 | 22.87 | 6.92 | 58.70 | 35,574 | | | -13.84 | -13.84 | 21.04 | |
| Confort | | | | | Ganancias internas (KWh/m²) | | | | | | | |
| Temperatura (° C) | | | | | H. rela-tiva (%) | Ilumi-nación gene-ral | Mis-celá-neos | Ocu-pación | Gan. solares venta-nas | Cal. sensi-ble de zona | Ref. sensi-ble de zona | |
| T.ª del aire | T.ª ra-diante | T.ª ope-rativa | T.ª ex-terior Bulbo Seco | | | | | | | | | |
| 01-12 | 22 | 22 | 22 | 18 | 54 | 14.45 | 13.01 | 13.19 | 37.15 | 21.04 | -13.64 | |

Tabla 5.37. Resultados para la evaluación del estado actual de las células y conjuntos de células urbanas según la orientación 2. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de modelo en DesignBuilder.

Una vez determinados estos datos, se realizan tres evaluaciones sobre la tipología según su orientación 2 que nos permiten determinar los consumos y emisiones del edificio en su estado actual en los años 2020, 2050 y 2080, según las proyecciones de cambio climático del IPCC en su tercer informe conforme a un escenario A2, al modo que se indica en el apartado 1.2.2 de la fase anterior. Así mismo, para la evaluación del modelo de partida sobre el que se realizan las tres simulaciones indicadas se consideran los sombreados locales en huecos mediante el accionamiento de persianas, algo que se descartó en una primera evaluación a fin de poder constatar el impacto de esta medida con relación al consumo y que se cuantifica en el cuarto apartado de esta fase.

En la Tabla 5.38 se recogen los resultados de las distintas simulaciones a lo largo de los próximos sesenta años. Como puede observarse, como consecuencia del calentamiento global, se produce un importante incremento en los consumos de refrigeración, pasando de constituir en el año 2020 el 33.91% del total de la demanda de consumo de sistemas de acondicionamiento térmico a un 81.18% respecto de dicho total para el año 2080. Este incremento del 42.27% se traduce además en un mayor incremento del consumo para alcanzar las temperaturas de consigna, pasándose de

un consumo total de 29.87 kWh/m² a 33.97 kWh/m², lo que supone un incremento de 13.73% de la demanda.

| | | HadCM3-A2-2020 | HadCM3-A2-2050 | HadCM3-A2-2080 |
|---|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Calefacción | kWh/m ² año | 19.74 | 12.22 | 6.39 |
| | Calificación de la demanda (CTE) | D | C | B |
| | MWh | 107.26 | 66.4 | 34.74 |
| | % | 66.09 | 41.72 | 18.82 |
| Refrigeración | kWh/m ² año | 10.13 | 17.07 | 27.58 |
| | Calificación de la demanda (CTE) | C | D | F |
| | MWh | 55.04 | 92.76 | 149.85 |
| | % | 33.91 | 58.28 | 81.18 |
| Total | kWh/m ² | 29.87 | 29.29 | 33.97 |
| Consumo total (incluyendo iluminación) | kWh/m ² | 58.78 | 58.2 | 62.88 |
| Temperatura máxima operativa | | 28.02 | 28.74 | 31.4 |
| Temperatura mínima operativa | °C | 18.27 | 18.43 | 18.69 |
| Temperatura media operativa | | 22.67 | 23.6 | 24.95 |
| Emisiones totales | TnCO _{2equiv} | 193.54 | 191.64 | 207.05 |

Tabla 5.38. Resultados para las distintas evaluaciones del conjunto de células urbanas sin intervenciones según la orientación 2 en los años 2020, 2050 y 2080 conforme al MCG HADCM3-A2. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de modelo en DesignBuilder.

Por otra parte, y a fin de determinar la demanda de la tipología seleccionada con relación al edificio de referencia, según procedimiento del CTE, se ha realizado también el cálculo mediante la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC), a fin de estimar cuánto se desvían los resultados respecto del procedimiento reconocido a nivel normativo.

En la HULC los datos climáticos de partida son genéricos e inherentes al programa y están en función de las distintas zonas climáticas, siendo para el caso de la ciudad de Málaga la zona A3. Los resultados obtenidos se desvían, especialmente para la demanda de calefacción, respecto de los determinados para el año 2020 a través de la herramienta DesignBuilder conforme a los datos climáticos transformados a partir de mediciones locales (ESP_Malaga.084820_SWEC).

Los resultados de la calificación parcial de demanda (HE1) se recogen en la Tabla 5.19. Tal y como puede apreciarse en la misma, la demanda de calefacción se incrementa un 29% respecto de las simulaciones realizadas a través de la herramienta DesignBuilder, mientras que la demanda de refrigeración se reduce un 1.2%.



Figura 5.20. Calificación parcial de la demanda del edificio sin intervención sobre su envolvente. Fuente: Elaboración propia a través de HULC.

2.4. Contextualización de las estrategias de regeneración de la envolvente térmica. Claves para la regeneración de las células y organismo urbano desde la perspectiva del rendimiento energético del edificio

Previo al planteamiento de cualquiera de las distintas estrategias que se ha considerado adoptar en un caso de estudio con un clima mediterráneo subtropical como el que nos ocupa, se define el conjunto de estrategias que son susceptibles de ser implementadas, en función de la tipología del edificio.

Una vez identificadas las mismas, en el apartado 2.4.2 de esta fase se procede a la implementación de cada una de las mejoras en el modelo informático a fin de determinar la repercusión a nivel de células y conjunto de células urbanas, con la idea de contrastar los distintos datos y poder establecer una serie de medidas que posteriormente se analicen desde una perspectiva medioambiental, entendida a través de las emisiones incorporadas a cada una de las soluciones.

2.4.1. Definición del inventario de operaciones

Se identifican en el inventario de medidas regenerativas confeccionado con anterioridad (apartado 2.2.4.1. del estado de la cuestión) las distintas estrategias que se evalúan (Tabla 5.39), para lo cual hemos de poder determinar si son implementables en la tipología de referencia, dadas sus condiciones constructivas de partida. Ya que, bien por falta de concreción en lo relativo a las soluciones constructivas, o la imposibilidad de adaptarlas al carecer del sistema constructivo en cuestión y/o por excesiva afección al uso de una tipología, existen distintas soluciones de las relacionadas en el estado de la cuestión que habrán de ser descartadas. En la tabla referida anteriormente se indica la aplicación o no de la solución y la razón de adopción de este criterio.

No obstante, todas aquellas soluciones *ad hoc* que han sido descartadas de esta evaluación previa mediante la generación de un modelo térmico no dejan de ser propuestas igualmente interesantes y válidas desde el punto de vista de la regeneración de la envolvente, pero es cierto que hemos de contar con una definición precisa del tipo de solución, algo que constituye en sí un proyecto de estrategia de regeneración, lo cual se escapa de esta fase inicial del estudio, ya que se persigue establecer qué medidas estandarizadas y fácilmente aplicables resultan más adecuadas desde la perspectiva de la mejora del rendimiento energético de las viviendas.

| Estrategia de renovación de la envolvente | Código | ¿Aplica al conjunto de referencia? | | | |
|--|---------|------------------------------------|----------|----------|----------|
| | | SI | 1 | 2 | 3 |
| Transformación en cubierta vegetal o ajardinada | EHCP-B1 | X | | | |
| Transformación en cubierta ventilada | EHCP-B2 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento por el exterior | EHCP-M1 | X | | | |
| Optimización de la ventilación de la cubierta | EHCI-B1 | | X | | |
| Demolición parcial y sustitución de la cubierta inclinada | EHCI-C1 | | X | | |
| Demolición y sustitución de la cubierta inclinada por una cubierta plana | EHCI-C2 | | X | | |
| Incorporación de aislamiento en suelo por el interior | EHS-M1 | | X | | |
| Incorporación de aislamiento en suelo por el exterior | EHS-M2 | | X | | |
| Incorporación de aislamiento en techo por el interior | EHT-M1 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento en espacio bajo cubierta inclinada | EHT-M2 | | X | | |
| Adición exterior de invernaderos o galerías acristaladas | EVF-B1 | | | X | |
| Transformación en fachada captadora y acumuladora térmica | EVF-B2 | | | X | |
| Transformación en fachada vegetal modular | EVF-B3 | | | X | |
| Transformación en fachada ventilada | EVF-B4 | X | | | |
| Transformación en fachada vegetal translúcida (galería con vegetación) | EVF-B5 | | X | | |
| Transformación de fachada mediante reparación y pintado con pintura aislante térmica | EVF-B6 | X | | | |
| Transformación de fachada mediante materiales de cambio de fase | EVF-B7 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada | EVF-M1 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento a nivel interno de fachada | EVF-M2 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento por el interior de fachada | EVF-M3 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento en puente térmico por el exterior de la envolvente | EVPT-M1 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento en puente térmico por el interior de la envolvente | EVPT-M2 | | | | X |
| Adición al hueco de elemento de sombra exterior | EVH-B1 | X | | | |
| Adición al hueco de elemento de sombra interior | EVH-B2 | X | | | |
| Incorporación de elementos de sombreado mediante vegetación | EVH-B3 | X | | | |
| Incorporación de aislamiento en contornos de hueco | EVH-M1 | | X | | X |
| Sustitución de la carpintería | EVH-C1 | X | | | |
| Sustitución por vidrios de baja emisividad | EVH-C2 | X | | | |
| Adición de nueva carpintería al exterior del hueco | EVH-C3 | X | | | |
| Incorporación de jardineras al hueco | EVH-C4 | | X | X | X |
| Transformación en jardín vertical | EVM-B1 | | X | | |
| Incorporación de aislamiento por el exterior de la envolvente | EVM-M1 | | X | | |

1 no, imposible adaptación constructiva al tipo
2 no, es preciso proyectar una solución ad hoc
3 no, cargas al vecindario en ejecución de medida

Tabla 5.39. Clasificación de estrategias generales a nivel de la envolvente y selección de aquellas que son evaluadas informáticamente. Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Evaluación y repercusión en términos de mejoras del rendimiento energético del edificio de las distintas operaciones inventariadas

A continuación, se muestran los datos obtenidos para cada una de las medidas regenerativas implementadas en el modelo informático, obteniéndose para cada una de ellas una serie de resultados a nivel de las distintas células urbanas, es decir, los resultados para cada una de las viviendas según su orientación y a nivel de conjunto de células urbanas, mostrándose de este modo los resultados y la repercusión de las medidas en la tipología objeto de estudio.

2.4.2.1. Análisis de las medidas de regeneración basadas en transformaciones bioclimáticas (B)

Con “transformación bioclimática” se entiende toda aquella acción que permite modificar el comportamiento de un sistema constructivo a fin de mejorar el rendimiento energético del edificio sin que para ello sea precisa la incorporación de materiales aislante. En las siguientes líneas se detallan cada una de las transformaciones bioclimáticas propuestas para el edificio de referencia.

- **EHCP-B1. Transformación en cubierta ajardinada**

Para la aplicación de esta transformación se ha considerado un sistema constructivo compuesto por: capa de tierra vegetal, 10 cm e impermeabilización y capas de separación, 5 cm.

Una vez analizado los resultados a nivel de célula urbana observamos los siguientes datos (Tabla 5.40). Como puede observarse, la repercusión de dicha transformación sólo produce modificaciones del comportamiento del rendimiento energético en las viviendas de la decimosegunda planta, pero conviene tomar en consideración estos resultados a fin de poder realizar un análisis comparativo de las medidas regenerativas que pueden plantearse a nivel de cubierta.

Tal y como se desprende de los resultados, observamos que la protección mediante este sistema de la cubierta comporta unas mejoras de las condiciones de confort de las viviendas situadas bajo la misma en los meses cálidos, especialmente en aquellas células con orientación de componente sur.

| EHCP-B1 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA ($C ^\circ$) | -0.12 | -0.12 | -0.13 | -0.12 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.29 | 0.32 | 0.32 | 0.27 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2261.48 | -1938.09 | -2057.67 | -2292.64 |
| | % de diferencia respecto de EA | -6.62% | -5.17% | -5.88% | -7.17% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 3113.26 | 2941.66 | 2919.03 | 3152.67 |
| | % de diferencia respecto de EA | -15.78% | -17.84% | -17.48% | -15.21% |

Tabla 5.40. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-B1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EHCP-B2. Transformación en cubierta plana ventilada**

Se plantea para la implementación de dicha mejora generar una superficie transitable para su mantenimiento a modo de cubierta sobre plots, bajo la cual no se dispondría ningún sistema de aislamiento térmico. Observamos que la simple incorporación de un sistema que permita la protección de la lámina impermeable de la cubierta al tiempo que facilitase la ventilación de la cámara situada entre la protección y la lámina impermeable permite una reducción de la refrigeración y calefacción sensible de zona que se sitúa en torno al 18% y al 4% respectivamente.

El sistema constructivo implementado consta de un sistema conformado mediante losas prefabricadas de 4 cm sustentadas sobre plots que dejan una cámara de espesor variable entre 3-5cm. Esta intervención sobre la cubierta existente tiene una transmitancia térmica teórica que se fija en 0.956 W/m²-K.

Si atendemos a los resultados a nivel de las células urbanas en comparación con los resultados anteriores (Tabla 5.41), apreciamos una mejora del confort en los meses de verano a través de los resultados para las cargas del sistema.

| EHCP-B2 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P12 Confort | ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | -0.18 | -0.18 | -0.19 | -0.17 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | 0.43 | 0.46 | 0.45 | 0.41 |
| G. Solares ventanas (Wh/m ²) | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| % de diferencia respecto de EA | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Calefacción sensible (Wh/m ²) | | -1660.48 | -1298.77 | -1449.83 | -1723.44 |
| % de diferencia respecto de EA | | -4.86% | -3.47% | -4.14% | -5.39% |
| Refrigeración sensible (Wh/m ²) | | 3598.7 | 3396.1 | 3379.17 | 3644.87 |
| % de diferencia respecto de EA | | -18.25% | -20.59% | -20.24% | -17.59% |

Tabla 5.41. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-B2 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **EVF-B4. Transformación en fachada ventilada**

La composición de la solución propuesta consiste en incorporar al plano de la fachada un panel rígido prefabricado sin interposición de aislamiento, estableciéndose una cámara de aire de 5cm, a fin de poder determinar el grado de mejora a nivel del rendimiento energético que comporta el sombreado y ventilación de los paños ciegos del edificio.

Como puede observarse, esta transformación plantea, al igual que ocurriese a nivel de cubierta con la transformación EHCP-B2, la utilización de un sistema constructivo que permita la protección del paramento que está expuesto sin que se emplee para ello materiales aislantes disponibles en la industria. Si atendemos a los resultados a nivel de células urbanas, observamos que este tipo de actuaciones producen una mejora del rendimiento energético en los meses fríos mayor en las orientaciones de componente norte, reduciéndose en el nivel bajo cubierta por las pérdidas y ganancias que se producen a través de dicho sistema constructivo, estos ahorros están en torno al 10%. Por el contrario, si atendemos a los datos que se nos muestran a través de la refrigeración sensible, esta medida tiene un mejor comportamiento en las orientaciones de componente sur, alcanzándose una reducción que podemos fijar en torno al 8% (Tabla 5.42).

| EVF-B4 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.05 | 0.05 | 0.02 | 0.01 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.11 | -0.12 | -0.05 | -0.03 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2133.49 | -2408.18 | -1483.31 | -1303.15 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.70% | -10.17% | -8.87% | -9.11% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1048.83 | 821.44 | 1110.96 | 1447.43 |
| % de diferencia respecto de EA | -7.12% | -6.42% | -8.18% | -8.45% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.06 | 0.07 | 0.04 | 0.04 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.14 | -0.16 | -0.11 | -0.08 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2437.6 | -2718.56 | -1859.21 | -1653.98 |
| | % de diferencia respecto de EA | -11.17% | -10.57% | -9.77% | -10.13% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 900.66 | 656.19 | 901.72 | 1223.82 |
| % de diferencia respecto de EA | -6.55% | -5.60% | -7.30% | -7.75% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.01 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.05 | -0.08 | -0.06 | -0.04 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2017.72 | -2088.89 | -1847.71 | -1751.68 |
| | % de diferencia respecto de EA | -5.91% | -5.58% | -5.28% | -5.48% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1106.79 | 802.27 | 870.88 | 1234.93 |
| % de diferencia respecto de EA | -5.61% | -4.87% | -5.22% | -5.96% | |

Tabla 5.42. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B4 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVF-B6. Transformación de fachada mediante reparación y pintado con pintura térmica**

La transformación propuesta comporta exclusivamente la aplicación de una pintura térmica exterior, para lo cual se han incorporado las características materiales de un producto de la industria. El valor teórico de la transmitancia de los paños ciegos, una vez aplicado este producto, se reduce en $0.32 \text{ W/m}^2\text{-K}$, lo cual comporta unas mejoras a nivel del rendimiento global del edificio que se especifican en la Tabla 5.43.

En términos generales podemos apreciar que esta medida tiene una mayor repercusión en los meses fríos, mejorando especialmente el confort en aquellas viviendas orientadas al norte. En términos generales y en relación con los consumos, se estima unos ahorros entre calefacción y refrigeración de 18.53%, aunque tan sólo una reducción de las emisiones respecto del estado actual de 5.55%.

| EVF-B6 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.08 | 0.09 | 0.05 | 0.05 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.18 | -0.19 | -0.12 | -0.1 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2778.36 | -3086.38 | -2012.04 | -1796.38 |
| | % de diferencia respecto de EA | -13.93% | -13.04% | -12.03% | -12.56% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1022.86 | 812.7 | 134.8 | 1455.97 |
| % de diferencia respecto de EA | -6.95% | -6.35% | -0.99% | -8.50% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.21 | -0.22 | -0.17 | -0.16 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -3105.64 | -3414.73 | -2426.59 | -2195.34 |
| | % de diferencia respecto de EA | -14.24% | -13.28% | -12.76% | -13.44% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 855.63 | 627 | 901.79 | 1208.64 |
| % de diferencia respecto de EA | -6.22% | -5.35% | -7.30% | -7.65% | |
| P12 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.05 | 0.06 | 0.05 | 0.03 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.09 | -0.12 | -0.1 | -0.07 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2618.58 | -2674.04 | -2393.65 | -2310.65 |
| | % de diferencia respecto de EA | -7.67% | -7.14% | -6.84% | -7.23% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1049.73 | 769.48 | 844.96 | 1197.5 |
| % de diferencia respecto de EA | -5.32% | -4.67% | -5.06% | -5.78% | |

Tabla 5.43. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B6 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVF-B7. Transformación de fachada usando materiales con propiedades de cambio de fase**

La solución aquí expuesta comporta el tratamiento de toda la superficie exterior del edificio mediante un material amorfo que tras su aplicación nos ofrece unos valores teóricos de transmitancia, considerando puentes térmicos, de 0.753 W/m² -K.

Para la definición del comportamiento del cambio de fase del material se han definido cuatro puntos en la curva de temperatura-entalpía: Punto 1, para una temperatura de -20° C se establece un valor de entalpía de 0 J/Kg; Punto 2, el valor de 20° C se relaciona con una entalpía de 33.400 J/Kg; punto 3, para una temperatura de 20.50° C se prefija un valor de 70.000 J/Kg y punto 4, para una temperatura de 100.00° C se establece una entalpía de 137.000 J/Kg. Del mismo modo, se ha definido en el programa un algoritmo de cálculo específico basado en Diferencias finitas, que permitiese simular el comportamiento del material en función del clima exterior.

Esta medida comporta importantes mejoras en los meses de invierno y no tanto en los de verano, debido en parte a que no se disipa calor desde el interior de la vivienda al exterior a través de la envolvente (ver Tabla 5.44).

| EVF-B7 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.43 | 0.42 | 0.38 | 0.38 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.96 | -0.93 | -0.87 | -0.88 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 26.58 | 7.46 | 10.22 | -7.23 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.07% | 0.02% | 0.03% | -0.02% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -7935.94 | -8805.25 | -6420.8 | -5733.71 |
| | % de diferencia respecto de EA | -39.79% | -37.19% | -38.37% | -40.08% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 613.31 | 326.42 | 864.98 | 1300.81 |
| % de diferencia respecto de EA | -4.17% | -2.55% | -6.37% | -7.59% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.44 | 0.43 | 0.4 | 0.41 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.98 | -0.96 | -0.93 | -0.94 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 23.83 | 10.29 | 10.21 | -7.08 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.06% | 0.03% | 0.03% | -0.02% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -8659.11 | -9515.9 | -7344.56 | 81377.9 |
| | % de diferencia respecto de EA | -39.69% | -37.00% | -38.61% | 498.21% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 362.31 | 50.95 | 507.23 | 910.14 |
| % de diferencia respecto de EA | -2.63% | -0.43% | -4.10% | -5.76% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.23 | 0.25 | 0.23 | 0.21 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.44 | -0.49 | -0.46 | -0.42 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 4.61 | 20.97 | 25.06 | 3.77 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.01% | 0.05% | 0.06% | 0.01% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -7244.83 | -7478.95 | -6924.59 | -6601.51 |
| | % de diferencia respecto de EA | -21.21% | -19.96% | -19.79% | -20.64% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 535.41 | 85.09 | 215.57 | 731.83 |
| % de diferencia respecto de EA | -2.71% | -0.52% | -1.29% | -3.53% | |

Tabla 5.44. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-B7 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVH-B1. Sombreado mediante elemento continuo exterior a nivel del forjado**

Para la implementación de esta solución se ha realizado un cálculo preliminar basado en cartas solares locales, interpretadas a través del programa Climate Consultant 6.0. Los resultados de la interpretación de los datos solares según las orientaciones se han determinado mediante el modelo de Confort adaptativo definido en el Standard ASHRAE 55-2010.

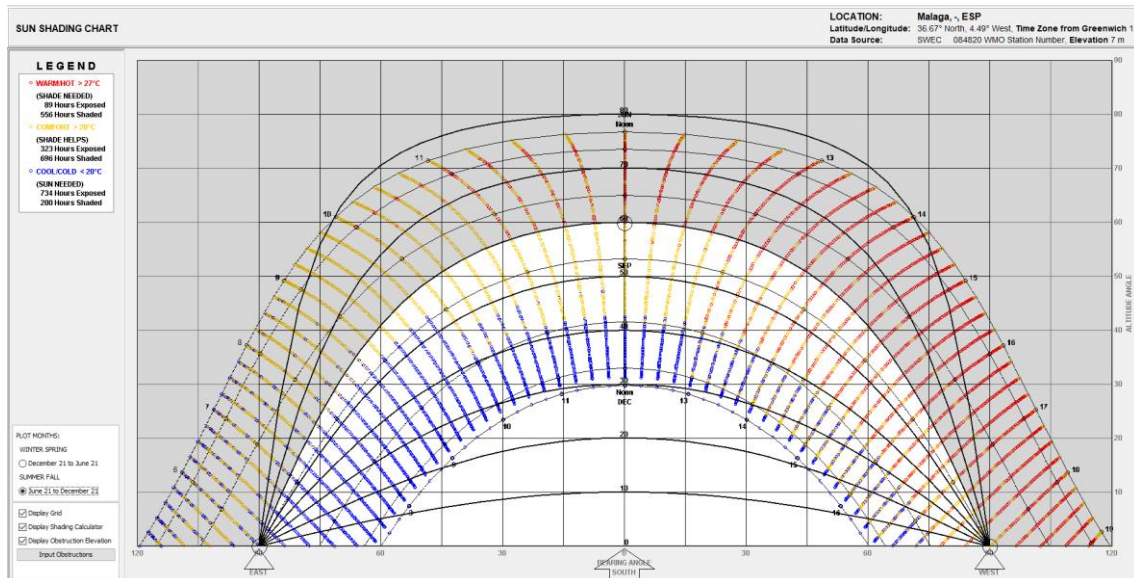


Figura 5.21. Carta solar para localización de la tipología objeto de estudio. Fuente: Climate Consultant 6.0.

Una vez interpretados los resultados de la Figura 5.21 para los meses de verano e invierno, se centra el estudio en dos orientaciones principalmente que habrían de contar con protecciones de cara a asegurar un determinado confort y, lo que pretendemos demostrar a través de la simulación, un ahorro energético significativo. Dichas orientaciones son la sureste y la suroeste, para las cuáles se identifican respectivamente dos ángulos de incidencia respecto del plano horizontal que proyectaría la sombra al interior de la vivienda de 60 y 50 grados sexagesimales. Una vez estudiada esta incidencia en la geometría de la fachada y los huecos se determinan unos voladizos de 60 cm para la orientación sureste y 90 cm para la suroeste, haciéndose extensible dichas dimensiones a todas las fachadas de componente este y oeste, por simplificación del modelo y constructiva.

Del estudio de los distintos resultados (Tabla 5.45) se desprende que el sombreado de todos los paños no resulta una buena medida en meses fríos, ya que se evitan las ganancias solares por huecos y la incidencia del sol sobre los paños ciegos se reduce, así como las ganancias interiores que se generan a través de la transmisión energética por dichos elementos. Es por ello por lo que podemos afirmar que el sombreado del total de las fachadas no es *a priori* una solución óptima, a menos que la combinemos con otras medidas.

| EVH-B1 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.23 | -0.17 | -0.27 | -0.37 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.54 | 0.41 | 0.65 | 0.88 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -6273.67 | -4527.52 | -5698.07 | -8229.87 |
| | % de diferencia respecto de EA | -15.96% | -13.48% | -14.71% | -17.74% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1591.79 | 1018.39 | 1458.91 | 1867.08 |
| | % de diferencia respecto de EA | 7.98% | 4.30% | 8.72% | 13.05% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2283.09 | 1520.38 | 2327.9 | 3778.34 |
| % de diferencia respecto de EA | -15.51% | -11.89% | -17.15% | -22.05% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.22 | -0.16 | -0.25 | -0.33 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.51 | 0.37 | 0.59 | 0.81 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -6249.21 | -4511.71 | -5674.19 | -8215.38 |
| | % de diferencia respecto de EA | -15.82% | -13.41% | -14.65% | -17.70% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1602.39 | 1055.29 | 1489.81 | 1931.23 |
| | % de diferencia respecto de EA | 7.35% | 4.10% | 7.83% | 11.82% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2137.48 | 1385.55 | 2075.81 | 3433.72 |
| % de diferencia respecto de EA | -15.54% | -11.83% | -16.80% | -21.75% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.11 | -0.07 | -0.16 | -0.21 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.25 | 0.18 | 0.36 | 0.47 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -4908.68 | -3571.7 | -5473.87 | -7257.28 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.11% | -8.73% | -12.65% | -14.01% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1268.02 | 893.69 | 1408.11 | 1857.73 |
| | % de diferencia respecto de EA | 3.71% | 2.39% | 4.02% | 5.81% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1475.37 | 832.68 | 1798.21 | 2746.32 |
| % de diferencia respecto de EA | -7.48% | -5.05% | -10.77% | -13.25% | |

Tabla 5.45. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-B1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVH-B2. Sombreado del edificio mediante accionamiento de persianas según programación**

Para la implementación de esta medida se ha considerado un aspecto trascendental en el uso del edificio como es la interacción de los usuarios con los elementos de protección solar. Para ello se ha programado el accionamiento de las persianas una vez rebasado un umbral de irradiación solar, determinado según los criterios establecidos para el cálculo por el CTE. Como podemos observar, la utilización de persianas comporta un porcentaje de reducción en refrigeración sensible que se sitúa en torno al 18%. Los mayores beneficios se obtienen en aquellas células con orientación de componente este.

| EVH-B2 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort ΔT . ^a Operativa respecto de EA (C °) | -0.32 | -0.26 | -0.32 | -0.41 |
| | ΔH . ^a Relativa respecto de EA (%) | 0.73 | 0.59 | 0.69 | 0.9 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -28928.24 | -24130.38 | -28524.72 | -34955.99 |
| | % de diferencia respecto de EA | -73.60% | -71.83% | -73.66% | -75.36% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1878.41 | 972.38 | 1642.36 | 2174.51 |
| | % de diferencia respecto de EA | 9.42% | 4.11% | 9.82% | 15.20% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1944.55 | 2689.02 | 2655.32 | 2410.62 |
| % de diferencia respecto de EA | -13.21% | -21.02% | -19.56% | -14.07% | |
| P02- P11 | Confort ΔT . ^a Operativa respecto de EA (C °) | -0.32 | -0.26 | -0.31 | -0.4 |
| | ΔH . ^a Relativa respecto de EA (%) | 0.73 | 0.59 | 0.69 | 0.89 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -29106.09 | -24182.18 | -28537.64 | -34971.25 |
| | % de diferencia respecto de EA | -73.67% | -71.85% | -73.66% | -75.36% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1917.99 | 975.95 | 1691.93 | 2351.39 |
| | % de diferencia respecto de EA | 8.79% | 3.79% | 8.89% | 14.40% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1988.53 | 2623.91 | 2585.02 | 2397.8 |
| % de diferencia respecto de EA | -14.46% | -22.40% | -20.92% | -15.19% | |
| P12 | Confort ΔT . ^a Operativa respecto de EA (C °) | -0.26 | -0.2 | -0.22 | -0.3 |
| | ΔH . ^a Relativa respecto de EA (%) | 0.55 | 0.44 | 0.46 | 0.6 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -36794.98 | -30380.28 | -32378.41 | -39557.81 |
| | % de diferencia respecto de EA | -75.79% | -74.23% | -74.85% | -76.37% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 2753.4 | 1912.65 | 2163.88 | 2951.5 |
| | % de diferencia respecto de EA | 8.06% | 5.10% | 6.18% | 9.23% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2087.28 | 2561.72 | 2565.22 | 2324.25 |
| % de diferencia respecto de EA | -10.58% | -15.53% | -15.37% | -11.22% | |

Tabla 5.46. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-B2 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **EVH-B3. Sombreado mediante elementos locales exteriores en huecos**

Se ha definido para el estudio de la repercusión de esta solución huecos locales exteriores con un metro de profundidad. Los resultados obtenidos muestran una mejora en los meses de verano, lo cual comporta mejoras en la refrigeración sensible que se sitúan por debajo del 20%.

| EVH-B3 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|-------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P01 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.21 | -0.17 | -0.26 | -0.33 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.5 | 0.41 | 0.62 | 0.78 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -7849.13 | -5953.38 | -8864.16 | -11816.36 |
| | % de diferencia respecto de EA | -19.97% | -17.72% | -22.89% | -25.47% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1342.4 | 841.92 | 2051.92 | 2127.12 |
| | % de diferencia respecto de EA | 6.73% | 3.56% | 12.26% | 14.87% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2276.39 | 1525.6 | 1771.57 | 3152.16 |
| | % de diferencia respecto de EA | -15.46% | -11.93% | -13.05% | -18.39% |
| P02- P11 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.21 | -0.17 | -0.24 | -0.31 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.5 | 0.39 | 0.58 | 0.74 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -8047.27 | -6009.91 | -8879.22 | -11833.7 |
| | % de diferencia respecto de EA | -20.37% | -17.86% | -22.92% | -25.50% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 1386.47 | 905.2 | 2137.16 | 2287.93 |
| | % de diferencia respecto de EA | 6.36% | 3.52% | 11.23% | 14.01% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2257.39 | 1452.05 | 1653.83 | 2971.03 |
| | % de diferencia respecto de EA | -16.41% | -12.39% | -13.38% | -18.82% |
| P12 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.23 | -0.18 | -0.21 | -0.27 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.53 | 0.43 | 0.49 | 0.6 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -14227.09 | -11013.26 | -12229.31 | -15761.31 |
| | % de diferencia respecto de EA | -29.30% | -26.91% | -28.27% | -30.43% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | 2767.4 | 2330.3 | 2551.87 | 2946.83 |
| | % de diferencia respecto de EA | 8.10% | 6.22% | 7.29% | 9.21% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 3294.1 | 1851.67 | 2042.96 | 3667.75 |
| | % de diferencia respecto de EA | -16.70% | -11.23% | -12.24% | -17.70% |

Tabla 5.47. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-B3 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **Comparativo transformaciones bioclimáticas**

Si analizamos comparativamente los resultados obtenidos para todas las intervenciones planteadas bajo la premisa de transformación bioclimática, observamos diversos resultados que se recogen en la Tabla 5.48.

Si clasificamos los resultados en función de las emisiones, observamos que todas aquellas medidas que comportan el sombreado de los huecos conlleva pérdida de ganancias solares en los meses fríos, lo cual acarrea un mayor aporte de calefacción para mantener la temperatura de consigna de las viviendas. Por el contrario, medidas como la EVF-B7, en la cual se emplean materiales de cambio de fase, comportan una reducción de emisiones significativas en torno al 14% respecto del estado actual del edificio. Del mismo modo, los resultados para los consumos de calefacción se alinean en gran medida con los obtenidos para emisiones y las medidas asociadas al sombreado de los huecos no producen igualmente ningún tipo de mejoras.

No obstante, dichas medidas de sombreado, producen importantes mejoras en lo referente al ahorro de energía en los meses de verano que se sitúan en torno al 15-18% del ahorro respecto de la situación actual.

Por otra parte, las medidas que dan una mejor respuesta tanto en los meses cálidos como en los fríos son la EVF-B4 y EVF-B6, transformación en fachada ventilada y actuación sobre la fachada existente mediante pintura térmica.

De manera general, se demuestra que, a excepción de las medidas anteriormente mencionadas (EVF-B4/B6), las transformaciones aquí recogidas no satisfacen por sí solas

los objetivos de reducción de consumos y emisiones establecidos a nivel europeo (Unión Europea, 2012). Esto nos lleva a concluir que las medidas finales que puedan tomarse bajo la perspectiva de una intervención sobre la envolvente de edificios existentes ha de ser una conjunción entre transformaciones bioclimáticas, que principalmente comportan una mejora del rendimiento energético de los edificios en los meses de verano, con medidas que permitan el aislamiento de las viviendas mediante materiales que reduzcan las pérdidas en los meses fríos.

| | | | [B] Transformación bioclimática | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------------------------|--|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|--|
| | | | EA | EHCP | | | EVF | | | EVH | | |
| | | | | B1 | B2 | B4 | B6 | B7 | B1 | B2 | B3 | |
| Confort | Temperatura (C °) | T. del aire | 22.04 | 22.03 | 22.03 | 22.07 | 22.09 | 22.33 | 21.87 | 21.82 | 21.87 | |
| | | T. radiante | 22.31 | 22.3 | 22.29 | 22.37 | 22.42 | 22.82 | 22.02 | 21.9 | 22.02 | |
| | | T. operativa | 22.17 | 22.17 | 22.16 | 22.22 | 22.25 | 22.57 | 21.95 | 21.86 | 21.95 | |
| | | H. relativa (%) | 53.72 | 53.74 | 53.75 | 53.61 | 53.54 | 52.82 | 54.27 | 54.44 | 54.27 | |
| Ganancias internas (Wh/m²) | Ganancias solares ventanas | | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 | 37156 | 31505 | 9684 | 28747 | |
| | Calefacción sensible de zona | | 21043 | 20877 | 20925 | 19023 | 18434 | 13483 | 22501 | 22821 | 22746 | |
| | Refrigeración sensible de zona | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Emisiones (KgCO₂equiv) | Producción de CO₂ | | 35574 | 35390 | 35411 | 33978 | 33598 | 30479 | 35868 | 36003 | 36054 | |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 0.5% | 0.5% | 4.5% | 5.6% | 14.3% | -0.8% | -1.2% | -1.3% | |
| Consumos (Wh/m²) | Calefacción | | 22873 | 22692 | 22745 | 20677 | 20037 | 14655 | 24458 | 24805 | 24724 | |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 0.8% | 0.6% | 9.6% | 12.4% | 35.9% | -6.9% | -8.4% | -8.1% | |
| | Refrigeración | | 6922 | 6800 | 6780 | 6484 | 6498 | 6732 | 5823 | 5699 | 5863 | |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 1.8% | 2.0% | 6.3% | 6.1% | 2.7% | 15.9% | 17.7% | 15.3% | |

Tabla 5.48. Comparativo de medidas regenerativas basadas en la transformación bioclimática de la envolvente. Fuente: Elaboración propia.

2.4.2.2. Análisis de las medidas de regeneración basadas en cambios y/o combinaciones por/con nuevos sistemas constructivos (C)

Bajo esta clasificación se reconocen aquellas medidas que permiten, mediante la sustitución de sistemas constructivos existentes o combinación de éstos con nuevos sistemas constructivos, la mejora de las condiciones climáticas interiores de las células urbanas. Principalmente se centran en medidas potencialmente implementables en huecos, puesto que son estos sistemas constructivos los más fácilmente perfectibles de todo el sistema de envolvente exterior. Prueba de ello son las mejoras que se producen a nivel individual, ya que en numerosas ocasiones se han sustituido las carpinterías exteriores por otras de mejores condiciones.

• **EVH-C1. Sustitución de carpintería exterior del hueco**

La primera de las medidas identificadas se relaciona con una práctica muy extendida, ya que muchos usuarios se han beneficiado a lo largo de los últimos años de subvenciones públicas para la mejora de las carpinterías. No obstante, cabe destacar que en ningún caso dichas subvenciones contemplaban una intervención de mayor orden que permitiese sistematizar soluciones a nivel del organismo urbano, dándose de este modo una respuesta concreta a cada uno de los casos sin que para ello se identificasen objetivos para la mejora del rendimiento energético, etc.

La medida modelada plantea una mejora de la transmitancia del hueco que se estima una vez sustituido en 2.511 W/m²-K, lo cual comporta una importante diferencia respecto de los 5.861 W/m²-K del hueco de proyecto. En términos de mejora del rendimiento a nivel de células urbanas situadas entre el primer nivel y el decimosegundo (Tabla 5.49), observamos que se producen reducciones de calefacción sensible entre el 21-25% en las orientaciones de componente norte y de torno al 28-29% en orientaciones de componente sur. Por el contrario, apreciamos que la refrigeración sensible aumenta, puesto que la estanquidad de las nuevas carpinterías no permite liberar la carga interna con tanta facilidad como las originales, no habiéndose considerado la ventilación natural para este cálculo.

| EVH-C1 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.36 | 0.34 | 0.39 | 0.41 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.87 | -1.83 | -0.97 | -1.01 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 4547.52 | 3800.17 | 4246.32 | 5275.33 |
| | % de diferencia respecto de EA | 11.57% | 11.31% | 10.97% | 11.37% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -4759.37 | -5170.17 | -4692.19 | -4127.36 |
| | % de diferencia respecto de EA | -23.87% | -21.84% | -28.04% | -28.85% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | -843.56 | -1087.34 | -1036.51 | -942.54 |
| % de diferencia respecto de EA | 5.73% | 8.50% | 7.63% | 5.50% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.36 | 0.35 | 0.4 | 0.42 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.89 | -0.87 | -1 | -1.03 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 4538.63 | 3798.3 | 4247.98 | 5277.3 |
| | % de diferencia respecto de EA | 11.49% | 11.29% | 10.97% | 11.37% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -5332.51 | -5841.23 | -5449.29 | -4787.4 |
| | % de diferencia respecto de EA | -24.45% | -22.71% | -28.64% | -29.31% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | -957.31 | -1187.75 | -1117.53 | -1068.7 |
| % de diferencia respecto de EA | 6.96% | 10.14% | 9.04% | 6.77% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.27 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.62 | -0.63 | -0.65 | -0.64 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 5467.86 | 4453.13 | 4720.35 | 5829.95 |
| | % de diferencia respecto de EA | 11.26% | 10.88% | 10.91% | 11.26% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -5306.08 | -5636 | -5600.09 | -5193.19 |
| | % de diferencia respecto de EA | -15.53% | -15.04% | -16.00% | -16.24% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | -1097.78 | -1265.1 | -1231.48 | -1122.99 |
| % de diferencia respecto de EA | 5.57% | 7.67% | 7.38% | 5.42% | |

Tabla 5.49. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVH-C2. Sustitución de acristalamiento en huecos por vidrios de baja emisividad**

Para la implementación de esta medida se propone la sustitución teórica de los vidrios de la carpintería original por un vidrio en cámara con una composición que comprende la disposición de un vidrio de baja emisividad, lo cual comporta un resultado a nivel teórico para la transmitancia de idéntico valor a la medida EVH-C1 (2.511 W/m²-K). Con la implementación de esta medida se persigue determinar el impacto de la utilización de vidrios con estas características en la composición final del sistema constructivo, por lo que se compara principalmente los resultados con la medida anterior.

De manera general observamos una importante reducción de las ganancias solares, lo cual tiene un impacto directo en un menor ahorro en calefacción si comparamos con la medida anterior. No obstante, los resultados se invierten en los meses cálidos, donde gracias a esta medida comenzaríamos a tener ahorros en la refrigeración que se sitúan entre un 7% y un 10%, teniendo mayor importancia en los huecos orientados al oeste.

| EVH-C2 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.02 | 0 | 0 | -0.04 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.01 | -0.04 | -0.04 | 0.05 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -13588.41 | -11685.49 | -13639.44 | -16151.85 |
| | % de diferencia respecto de EA | -34.57% | -34.78% | -35.22% | -34.82% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2117.39 | -2826.66 | -2042.65 | -1547.85 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.62% | -11.94% | -12.21% | -10.82% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1822 | 1482.65 | 1498.42 | 2159.51 |
| % de diferencia respecto de EA | -12.38% | -11.59% | -11.04% | -12.60% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.02 | 0.01 | 0.01 | -0.03 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0 | -0.06 | -0.06 | 0.03 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -13686.38 | -11713.37 | -13644.81 | -16158.19 |
| | % de diferencia respecto de EA | -34.64% | -34.80% | -35.22% | -34.82% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2453.17 | -3267.57 | -2451.54 | -1852.51 |
| | % de diferencia respecto de EA | -11.25% | -12.70% | -12.89% | -11.34% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1773.56 | 1416.44 | 1428.69 | 2060.48 |
| % de diferencia respecto de EA | -12.90% | -12.09% | -11.56% | -13.05% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.02 | 0.01 | 0 | -0.04 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.02 | -0.04 | -0.03 | 0.05 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -16956.71 | -14436.06 | -15264.43 | -18107.96 |
| | % de diferencia respecto de EA | -34.93% | -35.27% | -35.29% | -34.96% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -1872.43 | -2536.58 | -2253.22 | -1621.99 |
| | % de diferencia respecto de EA | -5.48% | -6.77% | -6.44% | -5.07% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 1921.33 | 1306.9 | 1321.7 | 2099.62 |
| % de diferencia respecto de EA | -9.74% | -7.93% | -7.92% | -10.13% | |

Tabla 5.50. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C2 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **EVH-C3. Adición de nueva carpintería al exterior del hueco**

La medida que se aborda consiste esencialmente en la disposición de una carpintería practicable corredera que se dispondría al exterior de los huecos, dicha acción nos ofrece un resultado de la transmitancia calculada que se cuantifica en 1.952 W/m²-K. Los resultados mostrados por el programa para esta medida, en sus distintas orientaciones, evidencian que es la opción más eficaz a efectos de reducir las necesidades de calefacción y refrigeración a lo largo de todo el año; obteniéndose, no obstante, mejores resultados en los meses de verano que en los de invierno.

| EVH-C3 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.09 | -0.06 | -0.08 | -0.14 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.19 | 0.11 | 0.13 | 0.27 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -20712.43 | -17776.5 | -20652.42 | -24551.3 |
| | % de diferencia respecto de EA | -52.69% | -52.91% | -53.33% | -52.93% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2089.85 | -3060.03 | -1990.53 | -1369.98 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.48% | -12.93% | -11.90% | -9.58% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2779.14 | 2353.43 | 2369.71 | 3281.39 |
| % de diferencia respecto de EA | -18.88% | -18.40% | -17.45% | -19.15% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.09 | -0.05 | -0.07 | -0.12 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.17 | 0.08 | 0.1 | 0.24 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -20846.92 | -17815.08 | -20660.55 | -24560.91 |
| | % de diferencia respecto de EA | -52.77% | -52.94% | -53.33% | -52.93% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2460.8 | -3553.71 | -2438.63 | -1674.2 |
| | % de diferencia respecto de EA | -11.28% | -13.82% | -12.82% | -10.25% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2701.36 | 2245.97 | 2255.77 | 3126.92 |
| % de diferencia respecto de EA | -19.64% | -19.17% | -18.25% | -19.80% | |
| P12 | Confort $\Delta T.^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.08 | -0.04 | -0.05 | -0.11 |
| | $\Delta H.^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.15 | 0.07 | 0.08 | 0.19 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | -25747.66 | -21848.23 | -23096.29 | -27484.41 |
| | % de diferencia respecto de EA | -53.03% | -53.38% | -53.39% | -53.06% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -1632.21 | -2539.4 | -2136.2 | -1293.74 |
| | % de diferencia respecto de EA | -4.78% | -6.78% | -6.10% | -4.05% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 2912.33 | 2085.62 | 2104.37 | 3174.42 |
| % de diferencia respecto de EA | -14.77% | -12.65% | -12.61% | -15.32% | |

Tabla 5.51. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVH-C3 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **Comparativo de las medidas de regeneración basadas en cambios y/o combinaciones por/con nuevos sistemas constructivos**

Si analizamos comparativamente los resultados obtenidos para todas las intervenciones planteadas bajo esta premisa (Tabla 5.52), observamos que los resultados analizados desde la perspectiva del confort son muy similares para los tres tipos de intervención, siendo la medida C3 la que más difiere del estado actual. Si analizamos los resultados desde la perspectiva de las emisiones, la sustitución de las carpinterías (medida C1) es la que mejores resultados ofrece, mientras que la incorporación de vidrios de baja emisividad a dicha solución no comporta mejoras bajo esta perspectiva. No obstante, si analizamos los resultados desde la óptica del consumo, los mejores indicadores se relacionan con la medida C3, adición de una carpintería al exterior del hueco existente. Cabe destacar, si comparamos las medidas C1 y C2, que los resultados obtenidos para la intervención en la que nos servimos de vidrios bajo emisivos (C2) ofrecen una mejor respuesta térmica tanto en régimen de verano como de invierno, con unos ahorros asociados más equilibrados.

| | | | [C] Transformación bioclimática | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------------------|--|------------|-----------|-----------|
| | | | EA | EVH | | |
| | | | | C1 | C2 | C3 |
| Confort | Temperatura (C °) | T. del aire | 22.04 | 22.32 | 22.04 | 21.99 |
| | | T. radiante | 22.31 | 22.76 | 22.29 | 22.2 |
| | | T. operativa | 22.17 | 22.57 | 22.16 | 22.09 |
| | | H. relativa (%) | 53.72 | 52.82 | 53.71 | 53.88 |
| Ganancias internas (Wh/m²) | Ganancias solares ventanas | | | | | |
| | | | 37147 | 41333 | 24186 | 17457 |
| | | Calefacción sensible de zona | 21043 | 13483 | 18740 | 18751 |
| | | Refrigeración sensible de zona | - | - | - | - |
| | | 13640 | 13242 | 12010 | 11114 | |
| Emisiones (KgCO₂equiv) | Producción de CO₂ | | 35574 | 32550 | 33555 | 33286 |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 8.5% | 5.7% | 6.4% |
| Consumos (Wh/m²) | Calefacción | | 22873 | 14655 | 20370 | 20382 |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 35.9% | 10.9% | 10.9% |
| | Refrigeración | | 6922 | 6732 | 6094 | 5638 |
| | % Ahorro respecto del EA | | | 2.7% | 12.0% | 18.5% |

Tabla 5.52. Comparativo de las medidas de regeneración basadas en cambios y/o combinaciones por/con nuevos sistemas constructivos. Fuente: Elaboración propia.

2.4.2.3. Análisis de las medidas de regeneración basadas en mejoras del aislamiento (M)

Por último, se recogen en este apartado aquellas medidas más convencionales de cara a la mejora del rendimiento energético de las viviendas, que se relacionan con la incorporación de materiales aislantes en diferentes posiciones de la envolvente.

- **EHCP-M1. Incorporación de aislamiento térmico por el exterior mediante elementos prefabricados**

La medida propuesta comporta la adición de elementos prefabricados que incorporen en su composición 5 cm de XPS, colocándose los mismos apoyados sobre la impermeabilización y con interposición de una capa de separación. El valor de transmitancia resultante calculado por el programa es de 0.50 W/m²-K. Tal y como ocurriese con ciertas medidas vistas con anterioridad, los resultados de esta medida se recogen única y exclusivamente a nivel de la última planta del edificio (Tabla 5.53). Una de las principales diferencias para los resultados de otras acciones sobre la envolvente que ya han sido estudiadas es que los resultados de ahorro en meses cálidos y fríos se asemejan.

| EHCP-M1 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|---------|---|----------|----------|----------|----------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | -0.03 | -0.06 | -0.06 | -0.01 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | 0.16 | 0.26 | 0.22 | 0.1 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -7717.38 | -7304.22 | -7463.33 | -7706.14 |
| | % de diferencia respecto de EA | -22.59% | -19.49% | -21.33% | -24.10% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 3676.56 | 3509.26 | 3484.5 | 3669.99 |
| | % de diferencia respecto de EA | -18.64% | -21.28% | -20.87% | -17.71% |

Tabla 5.53. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHCP-M1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EHT-M1. Incorporación de aislamiento térmico en techo por el interior**

Esta medida acarrea una serie de actuaciones a nivel interno de la vivienda que suponen cargas a los usuarios, por lo que son, *a priori*, actuaciones poco deseables, salvo que se tradujesen en una mejora lo suficientemente notoria que haga pensar en una defensa de la misma. La medida consiste esencialmente en trasdosar el forjado por su parte inferior mediante una aislante de una resistividad térmica de 0.2166 m²-K/W, lo cual comporta unas transmitancias totales a nivel del sistema constructivo resultante de 0.494 W/m²-K. Una vez analizados los resultados (Tabla 5.54), observamos mejoras en los meses fríos, pero una reducción del ahorro respecto de la medida anterior en los meses cálidos, por lo que podemos concluir que aislar la cubierta desde el exterior en el caso que nos ocupa supone una opción más adecuada por dar una mejor respuesta a lo largo del año, además de ser una medida que no comporta cargas a los usuarios.

| EHT-M1 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|---|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P12 Confort | $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.11 | 0.08 | 0.09 | 0.13 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.17 | -0.07 | -0.13 | -0.22 |
| G. Solares ventanas (Wh/m ²) | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| % de diferencia respecto de EA | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Calefacción sensible (Wh/m ²) | | -8915.69 | -8872.05 | -8921.75 | -8829.91 |
| % de diferencia respecto de EA | | -26.10% | -23.68% | -25.50% | -27.61% |
| Refrigeración sensible (Wh/m ²) | | 1848.97 | 2103.39 | 2084.28 | 1774.5 |
| % de diferencia respecto de EA | | -9.37% | -12.76% | -12.48% | -8.56% |

Tabla 5.54. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EHT-M1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **EVF-M1. Incorporación de aislamiento térmico por el exterior de fachada**

La utilización de Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior es una de las medidas de regeneración de la envolvente más extendidas. La solución aquí propuesta consiste esencialmente en incorporar al exterior una capa de 4 cm de aislamiento XPS que se revestiría de mortero, dicha solución ofrece unos resultados teóricos para su transmitancia de 0.524 W/m²-K. Tal y como hemos visto en otras investigaciones (Consoli et al., 2015), pese a ser una medida que comporta importantes mejoras en los meses fríos, no es una buena solución para los meses cálidos, puesto que no se disipa la carga interna de la vivienda a través de los cerramientos y se produce un sobrecalentamiento interior derivado de las ganancias solares a través de los huecos (Tabla 5.55).

| EVF-M1 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.65 | 0.62 | 0.59 | 0.61 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -1.51 | -1.45 | -1.4 | -1.43 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -10437.35 | -11663.2 | -8543.78 | -7566.85 |
| | % de diferencia respecto de EA | -52.34% | -49.27% | -51.06% | -52.90% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 770.44 | 451.38 | 1099.57 | 1565.61 |
| % de diferencia respecto de EA | -5.23% | -3.53% | -8.10% | -9.13% | |
| P02-P11 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.66 | 0.63 | 0.61 | 0.64 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -1.53 | -1.47 | -1.45 | -1.5 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -11372.85 | -12583.26 | -9736.13 | -8704.66 |
| | % de diferencia respecto de EA | -52.14% | -48.92% | -51.18% | -53.29% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 430.94 | 85.43 | 633.3 | 1061.66 |
| % de diferencia respecto de EA | -3.13% | -0.73% | -5.12% | -6.72% | |
| P12 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.33 | 0.36 | 0.34 | 0.31 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.7 | -0.74 | -0.71 | -0.68 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -9826.18 | -10207.7 | -9496.88 | -8994.75 |
| | % de diferencia respecto de EA | -28.76% | -27.24% | -27.14% | -28.13% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 587.11 | 141.5 | 300.09 | 18822.43 |
| % de diferencia respecto de EA | -2.98% | -0.86% | -1.80% | -90.82% | |

Tabla 5.55. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVF-M2. Incorporación de aislamiento térmico a nivel interno de fachada**

Analizamos a continuación un sistema de mejora basado en la inyección de aislamiento térmico con idénticas características resistivas y dimensionales al resto de casos ya vistos. Esta solución no evita la existencia de puentes térmicos en la envolvente, siendo su resultado de transmitancia calculado $0.591 \text{ W/m}^2\text{-K}$. De manera general se evidencia una peor respuesta térmica del edificio si la comparamos con la medida EVF-M1.

| EVF-M2 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P01 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.34 | 0.32 | 0.3 | 0.32 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.78 | -0.72 | -0.7 | -0.75 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -6296.05 | -6879.23 | -5045.53 | -4600.47 |
| | % de diferencia respecto de EA | -31.57% | -29.06% | -30.15% | -32.16% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 417.68 | 222.52 | 581.75 | 859.3 |
| | % de diferencia respecto de EA | -2.84% | -1.74% | -4.29% | -5.01% |
| P02 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.34 | 0.32 | 0.31 | 0.34 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.78 | -0.73 | -0.72 | -0.78 |
| P11 | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -6794.62 | -7349.26 | -5699.95 | -5240.69 |
| | % de diferencia respecto de EA | -31.15% | -28.57% | -29.96% | -32.08% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 225.07 | 21.53 | 334.3 | 577.15 |
| | % de diferencia respecto de EA | -1.64% | -0.18% | -2.71% | -3.66% |
| P12 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.2 | 0.2 | 0.19 | 0.18 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.41 | -0.41 | -0.39 | -0.39 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -5745.77 | -5874.57 | -5427.58 | -5275.95 |
| | % de diferencia respecto de EA | -16.82% | -15.68% | -15.51% | -16.50% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 306.62 | 53.95 | 137.71 | 445.06 |
| | % de diferencia respecto de EA | -1.55% | -0.33% | -0.82% | -2.15% |

Tabla 5.56. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M2 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **EVF-M3. Incorporación de aislamiento térmico por el interior de fachada**

La medida aquí recogida, por las molestias a los usuarios ocasionadas consecuencia de su implementación, no deben ser tomadas en cuenta más allá de verificar el comportamiento de la solución de disponer el aislamiento al interior a través de un trasdosado interior con paneles prefabricados de cartón yeso e interposición de aislamiento térmico de 4 cm , lo cual ofrece un valor de transmitancia calculado de 0.572W/m²-K. Tal y como se puede observar (Tabla 5.57), los resultados difieren ligeramente de los obtenidos con anterioridad, pero se asemejan, no suponiendo tampoco una mayor ventaja la utilización de una solución de este tipo.

| EVF-M3 | | Zona A | Zona B | Zona C | Zona D |
|---------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | N-O | N-E | S-E | S-O |
| P01 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.34 | 0.33 | 0.31 | 0.32 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.76 | -0.72 | -0.7 | -0.73 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -6448.43 | -7098.69 | -5206 | -4694.15 |
| | % de diferencia respecto de EA | -32.33% | -29.99% | -31.11% | -32.82% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 47.54 | 49.1 | 394.84 | 485.65 |
| | % de diferencia respecto de EA | -0.32% | -0.38% | -2.91% | -2.83% |
| P02 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.34 | 0.33 | 0.32 | 0.34 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.77 | -0.73 | -0.72 | -0.76 |
| P11 | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -6956.25 | -7578.04 | -5875.23 | -5355.41 |
| | % de diferencia respecto de EA | -31.89% | -29.46% | -30.88% | -32.79% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | -143.6 | -159.12 | 141.56 | 206.48 |
| | % de diferencia respecto de EA | 1.04% | 1.36% | -1.15% | -1.31% |
| P12 | Confort ΔT . ° Operativa respecto de EA (C °) | 0.19 | 0.2 | 0.19 | 0.18 |
| | ΔH . ° Relativa respecto de EA (%) | -0.38 | -0.39 | -0.38 | -0.36 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -5793.69 | -6061.89 | -5582.13 | -5332.16 |
| | % de diferencia respecto de EA | -16.96% | -16.18% | -15.95% | -16.67% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | -250.61 | -252.71 | -141.88 | -132.7 |
| | % de diferencia respecto de EA | 1.27% | 1.53% | 0.85% | 0.64% |

Tabla 5.57. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVF-M3 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

- **EVPT-M1. Incorporación de aislamiento térmico en puente térmico por el exterior de la envolvente**

La solución propuesta a continuación consiste esencialmente en limitar la transmitancia térmica de aquellos elementos por los cuales se produce una discontinuidad de la envolvente, es por ello por lo que se plantea la protección de los cantos de forjado mediante aislamiento por el exterior, al modo que se plantease en la medida EVF-M1, pero de un modo más localizado. Obtenemos con el sistema constructivo en su conjunto unos valores de transmitancia de 0.680 W/m²-K. Los resultados nos muestran una mejora del comportamiento de la envolvente mayor en los meses de verano y con una escasa repercusión en meses de invierno (Tabla 5.58).

| EVPT-M1 | | Zona A N-O | Zona B N-E | Zona C S-E | Zona D S-O |
|--------------------------------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| P01 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.1 | 0.09 | 0.1 | 0.1 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.23 | -0.22 | -0.23 | -0.24 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2111.96 | -2330.01 | -1845.22 | -1637.86 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.59% | -9.84% | -11.03% | -11.45% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 33.35 | -23.46 | 61.97 | 141.4 |
| % de diferencia respecto de EA | -0.23% | 0.18% | -0.46% | -0.83% | |
| P02- P11 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.1 | 0.09 | 0.1 | 0.1 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.23 | -0.22 | -0.23 | -0.24 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -2289.32 | -2508.08 | -2057.27 | -1862.63 |
| | % de diferencia respecto de EA | -10.49% | -9.75% | -10.81% | -11.40% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 9.37 | -45.12 | 20.79 | 87.78 |
| % de diferencia respecto de EA | -0.07% | 0.39% | -0.17% | -0.56% | |
| P12 | Confort $\Delta T. ^\circ$ Operativa respecto de EA (C $^\circ$) | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.06 |
| | $\Delta H. ^\circ$ Relativa respecto de EA (%) | -0.13 | -0.13 | -0.13 | -0.13 |
| | G. Solares ventanas (Wh/m ²) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | % de diferencia respecto de EA | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% |
| | Calefacción sensible (Wh/m ²) | -1980.78 | -2082.37 | -1991.35 | -1869.63 |
| | % de diferencia respecto de EA | -5.80% | -5.56% | -5.69% | -5.85% |
| | Refrigeración sensible (Wh/m ²) | 48.79 | -42.45 | -18.85 | 65.59 |
| % de diferencia respecto de EA | -0.25% | 0.26% | 0.11% | -0.32% | |

Tabla 5.58. Diferencia de resultados respecto del estado actual para la evaluación de la actuación EVPT-M1 a nivel de células urbanas. Fuente: Elaboración propia.

• **Comparativo de las medidas de regeneración basadas en mejoras del aislamiento**

En la Tabla 5.59 se recogen los resultados de cada una de las medidas propuestas a nivel de conjunto de células urbanas. Como se advierte, la mayor parte de las medidas tienen un mejor comportamiento, y permiten ahorros más importantes, en los meses fríos, mientras que los ahorros en refrigeración apenas alcanzan el 3.5% respecto del estado actual. El sistema de aislamiento térmico exterior se muestra como la más eficaz de las medidas basadas en la incorporación de aislamiento, seguida por la medida EVF-M2.

| | | | [M] Mejora del aislamiento | | | | | | |
|--|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | EA | EHCP | EHT | EVF | EVH | EVPT | |
| | | | | M1 | M1 | M1 | M2 | M3 | M1 |
| Confort | Temperatura (C °) | T. del aire | 22.04 | 22.04 | 22.04 | 22.49 | 22.26 | 22.26 | 22.11 |
| | | T. radiante | 22.31 | 22.31 | 22.32 | 23.06 | 22.71 | 22.72 | 22.43 |
| | | T. operativa | 22.17 | 22.17 | 22.18 | 22.77 | 22.49 | 22.49 | 22.17 |
| | H. relativa (%) | | 53.72 | 53.73 | 53.7 | 52.31 | 53 | 53.01 | 53.5 |
| Ganancias internas (Wh/m²) | | Ganancias solares ventanas | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 | 37147 |
| | | Calefacción sensible de zona | 21043 | 20441 | 20291 | 11026 | 15122 | 14969 | 18989 |
| | | Refrigeración sensible de zona | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 13640 | 13349 | 13470 | 13150 | 13384 | 13654 | 13630 |
| Emisiones (KgCO₂equiv) | | Producción de CO₂ | 35574 | 35089 | 35027 | 28834 | 31600 | 31583 | 34219 |
| | | % Ahorro respecto del EA | | 1.4% | 1.5% | 18.9% | 11.2% | 11.2% | 3.8% |
| Consumos (Wh/m²) | | Calefacción | 22873 | 22219 | 22055 | 11985 | 16437 | 16271 | 20640 |
| | | % Ahorro respecto del EA | | 2.9% | 3.6% | 47.6% | 28.1% | 28.9% | 9.8% |
| | | Refrigeración | 6922 | 6777 | 6837 | 6688 | 6800 | 6938 | 6919 |
| | % Ahorro respecto del EA | | 2.1% | 1.2% | 3.4% | 1.8% | -0.2% | 0.0% | |

Tabla 5.59. Comparativo de medidas regenerativas basadas en la mejora del aislamiento de la envolvente. Fuente: Elaboración propia.

2.5. Discusión de resultados obtenidos y propuesta de proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET)

La regeneración de la envolvente del edificio objeto de estudio desde la perspectiva del ahorro energético a través de actuaciones pasivas sobre la envolvente, comporta significativas mejoras respecto del estado original. Los mayores ahorros se consiguen de manera generalizada a través de aquellas actuaciones que se plantean a nivel de los cerramientos verticales y los huecos.

A fin de distinguir claramente qué actuaciones producen mejores resultados sobre la tipología estudiada, se categorizan las seis mejoras de mayor impacto en función de las condiciones climáticas exteriores.

Actuaciones que mejoran el confort y el rendimiento energético en los meses cálidos:

1. EVH-C3 Adición de nueva carpintería al exterior del hueco (18.55% ahorro en consumo de refrigeración)
2. EVH-B2 Sombreado del edificio mediante accionamiento de persianas según programación (17.68% ahorro en consumo de refrigeración)
3. EVH-B1 Sombreado mediante elemento continuo exterior a nivel del forjado (15.88% ahorro en consumo de refrigeración)
4. EVH-B3 Sombreado mediante elementos locales exteriores en huecos (15.31% ahorro en consumo de refrigeración)
5. EVH-C2 Sustitución de acristalamiento en huecos por vidrios de baja emisividad (11.96% ahorro en consumo de refrigeración)

6. EVF-B4 Transformación en fachada ventilada (6.33% ahorro en consumo de refrigeración)

Actuaciones que mejoran el confort y el rendimiento energético en los meses fríos:

1. EVF-M1 Incorporación de aislamiento térmico por el exterior de fachada (47.60% ahorro en consumo de calefacción)
2. EVF-B7 Transformación de fachada usando materiales de cambio de fase (35.93% ahorro en consumo de calefacción)
3. EVF-M2 Incorporación de aislamiento térmico a nivel interno de fachada (28.14% ahorro en consumo de calefacción)
4. EVF-B6 Transformación de fachada mediante reparación y pintado con pintura térmica (12.40% ahorro en consumo de calefacción)
5. EVPT-M1 Incorporación de aislamiento térmico en puente térmico por el exterior de la envolvente (9.76% ahorro en consumo de calefacción)
6. EVF-B4 Transformación en fachada ventilada (9.60% ahorro en consumo de calefacción)

Sin embargo, no todas las medidas que producen mejores resultados en los meses cálidos producen necesariamente resultados óptimos en los meses fríos y viceversa. Tal y como se observa, las actuaciones que tienen por objeto la incorporación de aislamiento a la envolvente propician una mejora de las condiciones interiores en los meses fríos, mientras que actuaciones relacionadas con el cambio de sistemas constructivos basados principalmente en la protección de los huecos, manifiestan mejores rendimientos en los meses cálidos. De manera general podemos observar que las actuaciones habrán de ir dirigidas principalmente a la protección de los huecos y la mejora de la transmitancia de los paños ciegos.

Por otra parte, la consideración de las emisiones de CO₂ de cada una de las medidas, pone de manifiesto que no todas las medidas que más emisiones reducen ofrecen un mejor comportamiento en régimen de verano e invierno. Cabe destacar que el confort de los usuarios, relacionado esencialmente con las condiciones ambientales interiores (sirviéndonos en esta investigación de los indicadores de temperatura operativa y humedad relativa) mejora en cuanto las condiciones interiores de la vivienda sean más constantes a lo largo de las distintas estaciones, o lo que es lo mismo, que la envolvente de las distintas células urbanas no disipe energía en los meses fríos, ni se produzcan sobrecalentamientos en el interior de la misma consecuencia de un excesivo aislamiento de la vivienda o de descontroladas ganancias solares a través de los huecos.

En este sentido, se relacionan a continuación actuaciones que, por otra parte, ofrecen una mejora equilibrada en ambas situaciones climatológicas, tomándose aquellas que no se desvían más de 10% y habiendo de comportar por sí mismas mejoras de como mínimo el 10% respecto de alguna de las dos principales fuentes de consumo. Esto nos pone sobre la pista de que dichas medidas, con ajustes razonables sobre las mismas, son las más adecuadas en un clima templado como el de Málaga:

1. EVH-C2 (10.94%-11.96%) Sustitución de acristalamiento en huecos por vidrios de baja emisividad
2. EVF-B6 (12.40%-6.13%) Transformación de fachada mediante reparación y pintado con pintura térmica
3. EVH-C3 (10.89%-18.55%) Adición de nueva carpintería al exterior del hueco

No obstante, tal y como hemos visto en la fase 1, la justificación única y exclusivamente de estas actuaciones desde la perspectiva energética resulta insuficiente debido a la poca representatividad del consumo energético a nivel global. Esto no implica en modo alguno que debamos desechar la consideración de estos ahorros, ya que persiguen por encima de otros aspectos mejorar el confort de los usuarios y reducir el consumo derivado de climatización. Sin embargo, la consideración de otros aspectos más allá de los vistos hasta el momento y relacionados con la sostenibilidad puede producir, tal y como se puede ver en la fase siguiente, que los parámetros por los cuáles se determine una actuación u otra se desvíen.

2.5.1. Determinación del Proyecto de Regeneración de la envolvente térmica del conjunto de células urbanas

Una vez puestos los distintos sistemas constructivos en contexto a través de su implementación en el modelo térmico realizado en DesignBuilder, la obtención de resultados del rendimiento energético de cada una de las mejoras y el análisis de dichos resultados a fin de armar criterios en torno a qué medidas comportan un mayor beneficio en términos de ahorro energético y mejora del confort, se procede a caracterizar dos proyectos de regeneración que comprenden distintas estrategias bien diferenciadas y que integran varias de las medidas de mejora ya analizadas. Los proyectos desarrollados son:

- Proyecto de Regeneración 1 (PRET1): EVF-B4+M1; EVH-C3 y EHCP-B2+M1.
- Proyecto de Regeneración 2 (PRET2): EVF-B6; EVH-C2 y EHCP-B1.

Para la evaluación del rendimiento energético de las medidas nos serviremos de la Herramienta Unificada Lider-Calener, ya que nuestro propósito es también poder determinar en qué medida los proyectos de regeneración modelados reducen la demanda energética con relación al edificio de referencia definido por la metodología de cálculo del CTE.

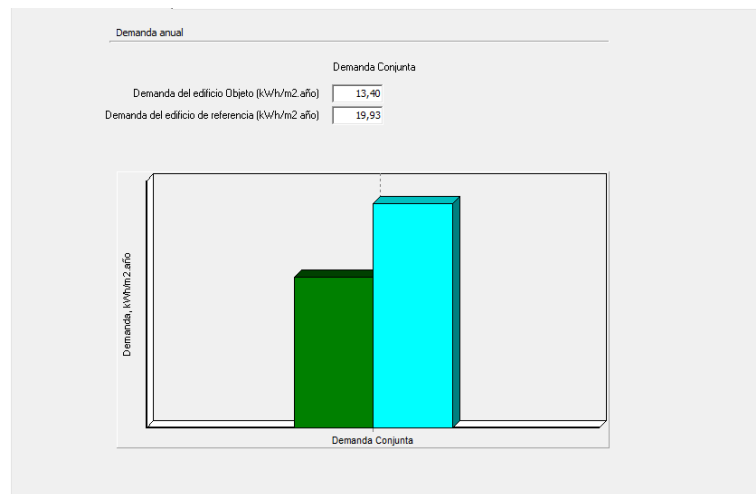


Figura 5.22. Resultado para la demanda del edificio objeto tras la implementación del PRET1 con relación a la demanda del edificio de referencia. Fuente: Elaboración propia a través de HULC.

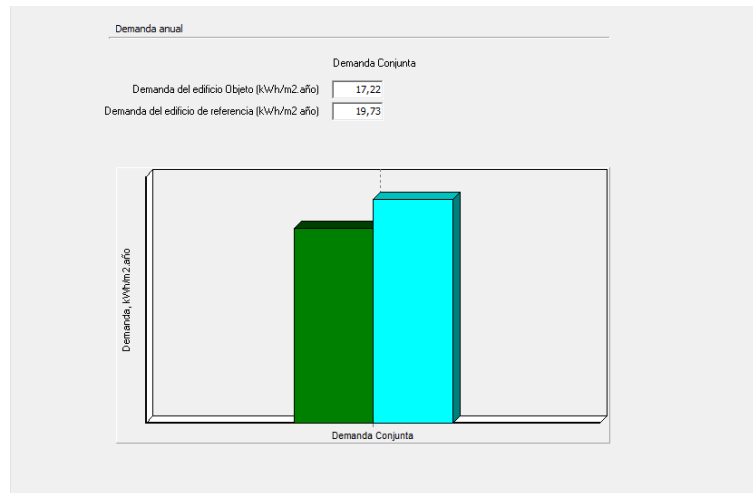


Figura 5.23. Resultado para la demanda del edificio objeto tras la implementación del PRET2 con relación a la demanda del edificio de referencia. Fuente: Elaboración propia a través de HULC.

Tras el modelado y evaluación de ambos proyectos de regeneración se obtiene que ambas opciones de regeneración satisfacen las condiciones mínimas de demanda necesarias para el cumplimiento de la HE-1. Ahora bien, existen diferencias entre ambas y tal y como puede verse en las Figuras 5.22 y 5.23, el PRET1 reduce en un 33% más la demanda conjunta del edificio objeto, mientras que el PRET2 se limita a una reducción de dicha demanda del 13% respecto de los valores de referencia determinados a nivel normativo. De estos datos se desprende que, en términos de eficiencia energética, la opción PRET1 es más adecuada que la PRET2 y es por ello por lo que, en los siguientes apartados de la investigación, nos serviremos del PRET1 para la evaluación de la sostenibilidad integrada de dicho proyecto.

Por todo lo visto, se establece que con relación al clima actual el proyecto de regeneración más adecuado resulta el que combina las siguientes estrategias a nivel de la envolvente:

- **EVF-B4+M1.** Transformación en fachada ventilada + Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada
- **EVH-C3.** Adición de nueva carpintería al exterior del hueco.
- **EHCP-B2+M1.** Transformación en cubierta plana ventilada + Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada

El modelo que se define al integrar todos estos sistemas constructivos es el que nos permite en la fase 4 calcular los ahorros generados a lo largo del ciclo de vida del edificio con relación a las alteraciones climáticas que se determinan conforme a un escenario A2 de incremento de las temperaturas según el tercer informe del IPCC.

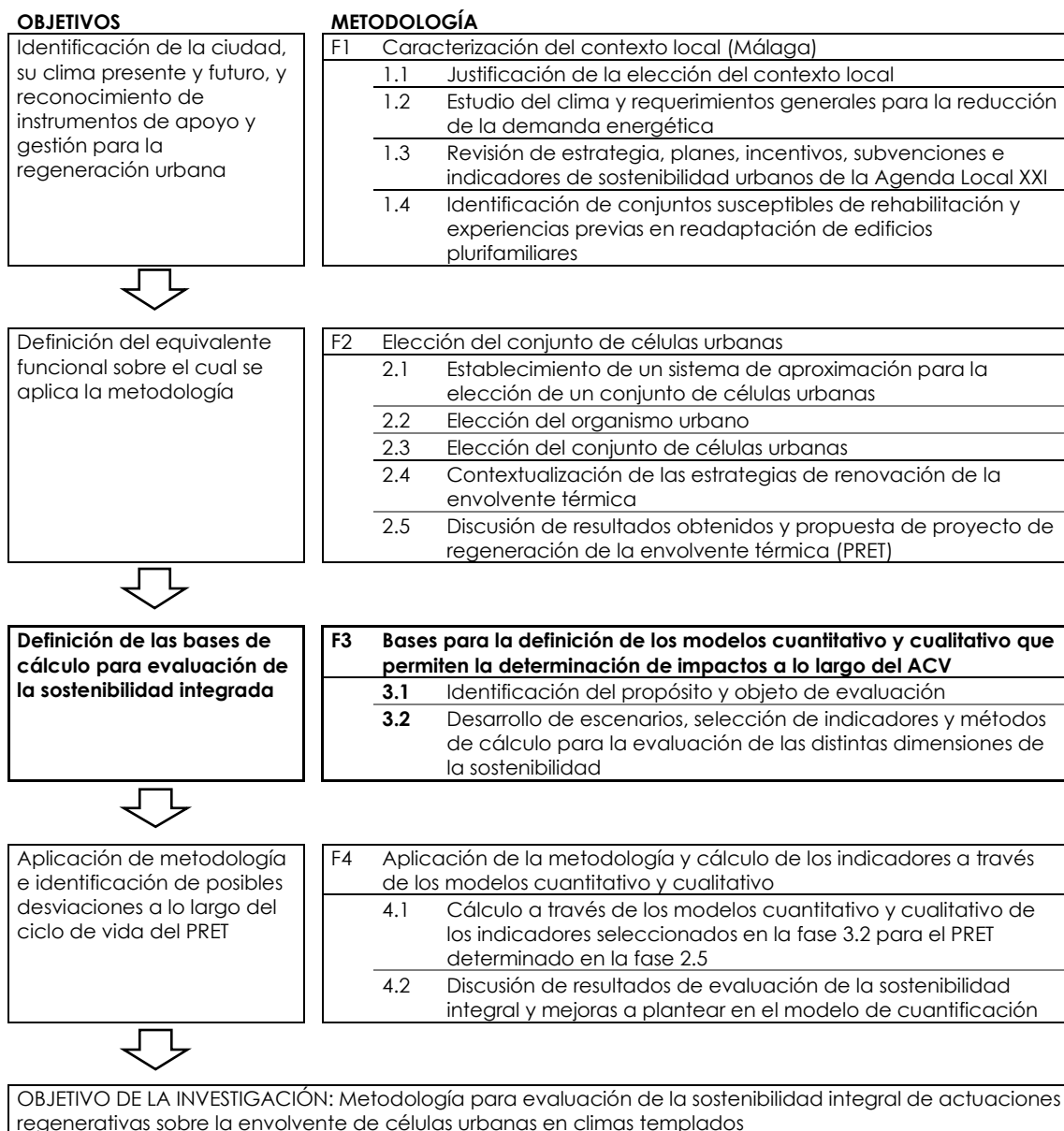
Los sistemas constructivos que integran las soluciones del PRET1 se pueden llevar a cabo a través de distintas opciones de diseño (OODD) a nivel material, habiendo de priorizarse aquellas intervenciones de menor carbono incorporado. La metodología descrita en la fase 3 permite, junto con la estimación de las cargas y beneficios más allá de la implementación de las medidas y que son evaluables a través del rendimiento energético del edificio en su conjunto calculado a través de DesignBuilder, la determinación del periodo de retorno de la inversión y de compensación de las emisiones a la atmósfera.

2.6. Conclusiones de la fase 2

Esta fase se sirve de los instrumentos analizados en la fase 1, permitiéndose establecer un sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas en la ciudad de Málaga perteneciente a un sistema de orden mayor (*organismo urbano*) con el que comparte características constructivas, tipológicas y de diseño de los espacios públicos. Los resultados de la presente fase nos muestran:

- A través del estudio de los indicadores urbanos de la Agenda Local XXI de Málaga se determina el interés para la ciudad que suscita la consolidación a través de la rehabilitación de áreas urbanas con: una elevada densidad de población (200/400 habitantes/ha); un importante número de viviendas; una elevada densidad de viviendas por hectáreas (50-100 viviendas/ha); una importante presencia de tipos residenciales plurifamiliares; una compacidad neta media (3.00/4.00); una complejidad urbana alta (>5), y un techo residencial en torno al 75% que posibilite la presencia de usos distintos.
- La interpretación de los indicadores reconocidos con relación a la regeneración urbana de aquellos sectores de la ciudad identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda y el PGOU de Málaga nos permite preseleccionar dos organismos urbanos que coexisten en el Polígono Carretera de Cártama, cuyo perfil urbano responde a las premisas anteriores.
- Del estudio de los impactos asociados a cada uno de los organismos urbanos preseleccionados (OU1 y OU2), se selecciona el de mayor antigüedad (OU1), correspondiente al proyecto de 790 viviendas promovidas por la cooperativa Corazón de María. Del mismo modo se identifica el conjunto de células con un mayor impacto (OU1.1), antecedente tipológico del OU2.1, siendo en ambos casos torres con una planta en H de 48 viviendas. Ello refuerza el interés de estudiar la regeneración de dicha tipología, dada la importante representatividad en el polígono de viviendas estudiado y en una ciudad con un perfil de edificios con una importante altura.
- Mediante el análisis de las soluciones constructivas del conjunto de células identificado y la evaluación del rendimiento energético del edificio en su estado actual según las dos orientaciones en base a las cuales se disponen la totalidad de los mismos (O1 y O2), se selecciona aquella de mayor impacto (O2). Así mismo, se determina que, para el clima de la ciudad actual, la orientación de los patios abiertos del edificio hacia el sur (O1) favorece que el edificio arroje sombras propias sobre sí mismo en las horas más calurosas lo cual ha permitido cuantificar una reducción en los consumos de refrigeración del 18% de una orientación respecto de la otra.
- La simulación informática del rendimiento energético de diferentes estrategias de renovación de la envolvente existentes sobre el equivalente funcional seleccionado permite preseleccionar un conjunto de las mismas que conforman dos proyectos de regeneración de la envolvente térmica (PRET), seleccionándose de entre estos aquel que limita de un modo más eficaz la demanda conjunta. El proyecto seleccionado queda definido por las estrategias:
 - **EVF-B4+M1.** (0.45 W/m²-K).
 - **EVH-C3.** (1.80 W/m²-K).
 - **EHCP-B2+M1.** (0.44 W/m²-K).

F3. Bases para la definición de los modelos cuantitativo y cualitativo que permiten la determinación de impactos a lo largo del ACV



Esta fase tiene por objetivo central sentar las bases para la definición de los modelos (1) cuantitativo, con arreglo a distintas normas UNE que han permitido estructurar su definición (AENOR, 2018; 2012e: 2016) y (2) cualitativo, establecido conforme a la norma UNE-EN 16309+A1:2015. La información se organiza en los siguientes apartados conforme a la metodología que se ha definido:

3.1. Identificación del propósito y objeto de evaluación. Se introduce la metodología que se sigue, al tiempo que se identifican los conceptos que se manejan a lo largo de la misma y se especifica el objeto de evaluación.

3.2. Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad. Se describe en este apartado suficientemente los escenarios considerados, los indicadores de los cuales se sirve la metodología que se plantea, los métodos de cálculo que se siguen, así como las principales fuentes de información consultadas.

3.3. Conclusiones de la fase 3. Se destacan los resultados de esta fase de la investigación, resumiéndose los indicadores principales que permite evaluar la metodología, al tiempo que subraya el interés de acometer actuaciones proyectuales complementarias a nivel de la envolvente que permitan dar respuesta a indicadores sociales con relación a la accesibilidad, la adaptabilidad, las características espaciales y de confort visual que a través de un proyecto de regeneración de la envolvente de un edificio existente se puede lograr.

3.1. Identificación del propósito y objeto de evaluación

Las evaluaciones de las tres dimensiones de la sostenibilidad del proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET) y de las opciones de diseño (OODD) a nivel constructivo comparten un marco metodológico en el cual se integran. Se analiza en este apartado aquellos denominadores comunes y las consideraciones respecto de los límites del sistema que se han realizado para el desarrollo de cada uno de los escenarios, detallados en función del aspecto de la sostenibilidad a evaluar.

3.1.1. Propósito de la evaluación

- **Finalidad**

El objetivo de la evaluación de la sostenibilidad de un proyecto de regeneración propuesto es cuantificar el comportamiento económico y ambiental con relación a aspectos sociales de las potenciales medidas de regeneración de la envolvente térmica preseleccionadas para el edificio de referencia.

Por un lado, se persigue asistir el proceso de toma de decisiones a un nivel técnico a través de la comparación del comportamiento ambiental/económico de opciones de diseño (OOD) diferentes. De este modo, identificamos como objeto de análisis a los sistemas ensamblados o partes de obra analizados en la fase anterior para la evaluación económica y ambiental.

Por otro, se contextualizan dichos resultados con relación a aspectos sociales, a fin de determinar desviaciones derivadas de las tendencias de consumo de los usuarios, así como para evaluar cualitativamente el grado de adecuación y satisfacción de los usuarios en distintas etapas de uso del edificio a regenerar y regenerado.

- **Uso previsto**

Tal y como ya vimos en el estado de la cuestión, y en línea con lo expresado en la norma de referencia UNE-EN 15643-4:2012, la relación entre análisis económico y análisis de sostenibilidad se satisface a través del principio de que el menor coste de ciclo de vida de las operaciones propuestas a lo largo de su vida útil es el más sostenible. Esto nos lleva a plantear un ajuste razonable entre las medidas propuestas, persiguiéndose ante todo un equilibrio entre las distintas dimensiones, pudiéndose a través de incentivos potenciar aquellas áreas de la sostenibilidad más desequilibradas.

La metodología propuesta no proporciona valores de referencia que permita categorizar o calificar las actuaciones, pero sí compararlas entre sí a través de los impactos que se calculan mediante el modelo de cuantificación.

3.1.2. Especificación del objeto de la evaluación

Siendo el objeto de evaluación los sistemas ensamblados que permiten la regeneración de la envolvente, conviene apuntar que no se ajustan en exclusiva a los mismos, ya que se generan una serie de servidumbres propias de los trabajos de ejecución y/o mantenimiento de las medidas propuestas a lo largo de su Ciclo de Vida, que son contempladas, especialmente desde la perspectiva social. La Tabla 5.60 resume la información general del equivalente funcional.

| | |
|--|--|
| Tipo de edificio | Torre de 48 viviendas construida en 1976 |
| Requisitos técnicos | Normas Básicas de la Edificación. CTE (La tipología seleccionada no satisface dicha norma) RD 253/2012 (La tipología seleccionada no satisface dicha norma) Decreto 293/2009 de Accesibilidad de la Junta de Andalucía (La tipología seleccionada no satisface dicha norma) |
| Requisitos funcionales | Regeneración de la envolvente del edificio a fin de mejorar el rendimiento térmico de la vivienda y la imagen urbana del mismo. |
| Patrón de uso | Tasa de ocupación del 100%. El edificio está ocupado en su totalidad y el uso en todas las células urbanas es el de vivienda. |
| Vida útil requerida | 50 años |
| Condiciones del entorno inmediato | Existencia de amplias zonas de superficies pavimentadas de asfalto que favorecen el fenómeno de isla térmica en dicho sector urbano. |
| Gestor de residuos autorizado | Centro Ambiental de Málaga "Los Ruices", Camino Medioambiental, 10, 29010 Málaga |
| Distancia a gestor de residuos autorizado | 10 km |

Tabla 5.60. Información general del edificio a regenerar. Fuente: Elaboración propia.

El establecimiento de la vida útil requerida (ReqVU) del edificio ha de basarse en el informe de evaluación del edificio, siendo la estructura el principal elemento que ha de ofrecer garantías para las operaciones que en el mismo vayan a ejecutarse. Cualquier acción de regeneración tiene por fin último alargar el periodo de servicio del edificio, es por ello, por lo que el horizonte temporal que se plantea se ve estrictamente condicionado por dicha evaluación y por el planteamiento de actuaciones que sobre la misma se realizasen conforme a las conclusiones de este análisis previo.

Para el caso práctico desarrollado no se cuenta con el respaldo de un informe de evaluación de la estructura del edificio objeto de estudio, a fin de limitar aquellos aspectos que exceden los objetivos principales de la investigación. No obstante, se propone partir de un estado en el cual la estructura ha sido validada mediante la realización de un informe de aptitud y se han calculado y ejecutado, conforme a los requerimientos normativos actuales, tantas operaciones estructurales como fueran requeridas para permitir que la vida útil nominal a partir de la ejecución de dichas actuaciones sea de 50 años, según lo establecido por la instrucción EHE-08 en su art. 5°.

Dicha hipótesis temporal se alinea con las propuestas por otras investigaciones consultadas (Adalberth & Almgren, 2001; Oregi, Hernandez, & Hernandez, 2017; Ortiz, Bonnet, Bruno, & Castells, 2009). De este modo, se establece una vida útil del edificio de 84 años, fijándose el fin de la misma en el año 2070. Según Rincón (Rincón et al., 2013) el fin de la vida útil medio esperado para los edificios residenciales construidos entre los años 1971 y 2001 (un total de 4,270,238 a nivel de España) se espera entre el periodo de 2063 y 2081, por lo que el valor parece coherente con la investigación referida.

Las condiciones del entorno inmediato han sido suficientemente analizadas en la fase anterior. La condición más reseñable del entorno del edificio analizado es la existencia de amplias zonas de superficies usadas para el estacionamiento de vehículos. En la fase de ejecución de los trabajos, esta característica adquiere un valor relevante, dado que permite disponer con facilidad en el entorno todos aquellos medios requeridos para llevar a cabo los trabajos (acopios de materiales, contenedores para gestión de RCD, etc.).

- **Consideraciones respecto del periodo de Estudio de referencia (PER)**

El PER se inicia al momento de la evaluación de las medidas y es coincidente con la restante vida útil del edificio. De este modo se considera el impacto medioambiental y económico que se deriva de cada una de las combinaciones de opciones de diseño

que se planteen a nivel de las actuaciones, lo cual permite ilustrar la adecuación de esta.

• **Límites del sistema**

Los límites para los distintos sistemas ensamblados (parte de la obra, actuaciones a nivel de huecos, fachada, etc.) que se evalúan incluyen las etapas del ciclo de vida y de fin de sistema que se analizan en la Tabla 5.61.

Con relación a las dimensiones medioambientales y económica de las opciones de diseño, se contempla la etapa de producto, de construcción y la gestión de los residuos generados en obra. Así mismo, se considera el módulo D para las evaluaciones económica y medioambiental, dado que tienen por objeto de estudio las opciones de diseño a nivel material de las actuaciones, cuyo fin de ciclo se produce en el momento en el que se implementan en la envolvente. Esta información más allá del límite del sistema se estructura para dichas evaluaciones en:

- Uso de la energía en servicio del edificio (Módulo D_{B6}). Se contempla los beneficios medioambientales y económicos que se derivan de la implementación del PRET, entendidos a través de la reducción de emisiones y los ahorros económicos.
- Mantenimiento, Reparación, Sustitución y Rehabilitación (Módulos D_{B2}, D_{B3} y D_{B4}). Se tiene en cuenta las cargas económicas asociadas a cada una de las opciones de diseño preseleccionadas. Desde un punto de vista medioambiental no se ha cuantificado el impacto de las operaciones de mantenimiento, reparación o sustitución.

Por otra parte, y con relación a la dimensión social, siendo el objeto de evaluación el Proyecto de Regeneración de la envolvente, se evalúa la etapa de uso (Módulos del B1 al B5). Ello implica que se contemple tanto el estado actual del edificio (B1), como aquellos relacionados con el estado proyectado y en ejecución del PRET sobre el edificio objeto de evaluación (Módulos del B2 al B5).

| | | | Evaluación medioambiental | Evaluación social | Evaluación económica |
|--|---|-----------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Etapas de Producto | Suministro de materias primas | A1 | X | MNE | X |
| | Transporte | A2 | X | MNE | X |
| | Fabricación | A3 | X | MNE | X |
| Etapas de proceso de construcción | Transporte | A4 | X | MNE | X |
| | Proceso de construcción e instalación | A5 | X | MNE | X |
| Etapas de uso | Uso | B1 | MNE | X | MNE |
| | Mantenimiento | B2 | MNE | X | MNE |
| | Reparación | B3 | MNE | X | MNE |
| | Sustitución | B4 | MNE | X | MNE |
| | Rehabilitación | B5 | MNE | X | MNE |
| | Uso de energía en servicio | B6 | MNE | X | MNE |
| | Uso del agua en servicio | B7 | MNE | MNE | MNE |
| Etapas de fin de vida | Deconstrucción, demolición | C1 | MNE | MNE | MNE |
| | Transporte | C2 | X | MNE | X |
| | Tratamiento de residuos para su reutilización, recuperación y reciclado | C3 | MNE | MNE | X |
| | Eliminación | C4 | MNE | MNE | X |
| Beneficios y cargas más allá del límite del sistema | Uso de energía en servicio del edificio | D _{B6} | X | MNE | X |
| | Mantenimiento | D _{B2} | MNE | MNE | X |
| | Reparación | D _{B3} | MNE | MNE | X |
| | Sustitución | D _{B4} | MNE | MNE | X |
| | Deconstrucción, demolición | D _{C1} | MNE | MNE | X |

Tabla 5.61. Evaluación de la sostenibilidad y módulos ensayados. Fuente: Elaboración propia.

- **Modelo del edificio. Características físicas.**

La Tabla 5.62 detalla las características físicas del edificio más relevantes desde la perspectiva de la regeneración de la envolvente, así como otra información de interés de cara al planteamiento de otras actuaciones de renovación en otros capítulos de obra.

| Características físicas | |
|------------------------------------|---|
| Tipología | Torre de viviendas en H (25.5 x 21.20m) |
| N.º de viviendas | 48 |
| Superficie construida de vivienda | 103.41 m ² |
| Superficie construida del edificio | 5,203.92 m ² |
| Superficie útil por viviendas | 96.00 m ² |
| Superficie útil total | 4,608 m ² |
| N.º de plantas | 12 plantas |
| Altura entre plantas | 3.00 m |
| Altura libre | 2.74 m |
| Estructura portante | |
| Cimentación | Losa estructural |
| Superestructura | Estructura de hormigón armado y forjados unidireccionales |
| Elementos constructivos | |
| Muros exteriores | ½ pie ladrillo cerámico Cámara de aire 4 cm Trasdosado mediante ladrillo cerámico 4 cm Enfoscado de yeso 1.5 cm |
| Ventanas | Carpinterías metálicas sin rotura de puente térmico (parcialmente modificadas por los propietarios de las viviendas) |
| Cubierta | Cubierta plana con formación de pendiente e impermeabilización sin aislamiento. |
| Particiones interiores | Divisiones interiores de vivienda: bloques de yeso Divisiones entre vivienda y zonas comunes: Medio pie de ladrillo cerámico |
| Puertas y escaleras | El edificio cuenta con un núcleo de comunicaciones no protegido que incumple lo establecido en el CTE-DB-SI |
| Techos | Enlucidos de yeso |
| Instalaciones | |
| Sistemas sanitarios | Red de abastecimiento de AFS con contadores y bomba Red de saneamiento en PVC Red de ACS en viviendas con caldera individualizada |
| Protección contra incendios | Equipos de extinción de incendios individualizados Luces de emergencia |
| Ventilación | Los baños y aseos disponen de shunt de ventilación, la extracción y renovación de aire no es mecánica |
| Aire acondicionado | Los equipos de aire acondicionado son individuales y no todas las viviendas cuentan con ellos. Se sitúan en las fachadas, comportando un importante condicionante a abordar en la intervención a nivel de envolvente del edificio |
| Iluminación | Luminarias en zonas comunes mediante lámparas fluorescentes |
| Telecomunicaciones y seguridad | Dispone de tomas de datos de fibra óptica Dispone de cámaras de vigilancia en portal |
| Mecánicas | Dispone de dos ascensores con capacidad para 4 personas cada uno de ellos |

Tabla 5.62. Información general del edificio a regenerar. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad

Previo al desarrollo de los escenarios, la identificación de los indicadores y métodos de cálculo de los que nos servimos para la evaluación de la sostenibilidad integral, se justifica el interés de los criterios seguidos, contrastándose lo propuesto con otras investigaciones que han servido de referencia.

- **Justificación de criterios de desarrollo de escenarios y selección de indicadores desde una perspectiva medioambiental**

Desde una perspectiva medioambiental se consideran a través del modelo de cuantificación los indicadores ADP (Abiotic resource depletion potential for elements, medido en MJ) y GWP (global warming potential, medido en $\text{KgCO}_{2\text{equiv}}$). Para una comprensión más eficaz del impacto de las combinaciones de opciones de diseño para las distintas actuaciones a nivel de la envolvente se emplea el indicador TPBCO₂ (periodo de compensación de emisiones) y que pone en relación los ahorros en emisiones generados por las medidas realizadas sobre la envolvente con el impacto medioambiental asociado a su implementación.

La representatividad de la muestra elegida a escala de la ciudad hace que la consideración del carbono incorporado a los sistemas constructivos potencialmente empleados para la regeneración de los edificios, y la consecuente reducción de emisiones de CO₂ derivadas de una menor demanda de calefacción y refrigeración de los edificios, se convierta en una cuestión esencial de cara a determinar en qué medida la regeneración de dichos edificios contribuyen eficazmente a la reducción global de emisiones, en línea con los objetivos consignados por la Unión Europea de reducción del 40% para el año 2030 (Unión Europea, 2018). Investigaciones como la llevada a cabo por Rivero (Rivero Camacho, Pereira, Gomes, & Marrero, 2018), ponen de manifiesto la importancia de considerar la huella de carbono de los sistemas constructivos a implementar para la rehabilitación energética de edificios como un instrumento esencial de decisión para la adopción de distintas opciones de diseño.

En la presente investigación, la consideración de los impactos medioambientales de las actuaciones a implementar en sus distintas etapas se organiza y estructura en torno a las premisas metodológicas que se exponen en la norma UNE-EN 15978:2012. Siguiendo estas premisas, se justifican los distintos escenarios, se define el origen de los datos, la trazabilidad de los mismos y se reconoce el método de cálculo que se emplea. Los diferentes datos agregados para el carbono incorporado se integran en un modelo de cuantificación BIM a través de parámetros compartidos, en la línea con lo planteado por Mercader-Moyano para la determinación de la energía y el carbono incorporados de soluciones constructivas existentes en viviendas sociales (Mercader-Moyano, Camporeale, & Cózar-Cózar, 2019). Posteriormente, los resultados obtenidos a través de dicha herramienta se analizan desde una perspectiva de ACV.

- **Justificación de criterios de desarrollo de escenarios y selección de indicadores desde una perspectiva social**

Los indicadores que se determinan a nivel social, a través de los cuales se define el modelo cualitativo, tienen por principales categorías para su desarrollo la accesibilidad, la adaptabilidad, la salud y confort, los impactos sobre el vecindario, el mantenimiento, y la seguridad.

Las características térmicas interiores de las viviendas en su fase de uso resultan determinantes de cara a poder contextualizar marcadores de sostenibilidad medioambientales y económicos. Apoyando esta tesis, los resultados obtenidos por Sánchez-García muestran cómo a través de la consideración del confort adaptativo de

los usuarios se pueden predecir ahorros del 19% y el 25% para escenarios climáticos situados en el año 2050 y 2080 respectivamente, para edificios de viviendas en climas templados, en base a los criterios establecidos por la norma EN 15251 (Sánchez-García et al., 2019). De este modo, la consideración de temperaturas de consignas dinámicas en escenarios climáticos futuros se muestra como una herramienta eficaz para la reducción del consumo de refrigeración y calefacción, muy especialmente si estas instalaciones están centralizadas y son programables. Sin embargo, el equivalente funcional seleccionado no cuenta con sistemas centralizados de climatización sobre los cuales se puedan plantear operaciones, lo cual motiva que cada usuario adecue las condiciones térmicas de su vivienda en función a criterios subjetivos. Por ello, tomar conocimiento de la cultura de consumo de los usuarios resulta una prioridad para, por un lado, predecir retornos de la inversión a través de ahorros de consumo que se consiguen mediante la regeneración pasiva de la envolvente del edificio y, por otro, identificar oportunidades y mejoras de dicha regeneración con relación a redistribuciones interiores y/o cambios de uso que conjuntamente se realicen y que motiven alteraciones de la fachada.

- **Justificación de criterios de desarrollo de escenarios y selección de indicadores desde una perspectiva económica**

Desde una perspectiva económica, la determinación del coste inicial (CO_{INIT}), el coste de mantenimiento (CO_{MA}) del valor actual neto (VAN), el valor anual equivalente (VAE), el coste global (CG) y, muy especialmente, el indicador retorno de la inversión (TPB), son los principales indicadores que la metodología considera.

En esta línea de trabajo, aunque centrando la atención en las estrategias activas para la mejora de la eficiencia energética de edificios existentes en Portugal, conviene mencionar la investigación de Tadeu (Tadeu et al., 2016) que relaciona el coste óptimo de las medidas implementadas con el retorno de la inversión, determinando que para grandes proyectos de inversión se ha de agregar al proceso de cálculo del Valor Actual Neto el valor de la flexibilidad operativa y otros factores estratégicos, como la posibilidad de diferimiento. Por otra parte, Oregi (Oregi et al., 2017) aborda la evaluación de aspectos económicos y medioambientales de actuaciones de regeneración de la envolvente de edificios en España a través de la perspectiva del análisis de ciclo de vida, concluyendo que las etapas de mantenimiento tienen una mayor importancia en el conjunto de la evaluación, especialmente desde la perspectiva económica, algo que también se puede constatar en esta investigación.

Cabe apuntar que los impactos socioeconómicos que se derivan de la presente crisis generada por la COVID-19 hacen que aún no seamos capaces de conocer con precisión parámetros de cálculo con relación a los criterios tradicionales de análisis de inversión y que dependen esencialmente de los escenarios macroeconómicos que se deducen de la actual situación (Fernandes, 2020). De este modo, los resultados expuestos en el presente trabajo a propósito de los distintos indicadores económicos calculados responden a una realidad global anterior a la presente crisis, sin que hayan podido ser incorporados datos actualizados para la tasa de descuento y/o evolución de los precios. No obstante, la metodología desarrollada permite, una vez conocidos dichos parámetros, calcular y comparar los impactos socioeconómicos y medioambientales en países de clima templado.

3.2.1. Desarrollo de escenarios, selección y cálculo de datos ambientales para la evaluación de su comportamiento según UNE-EN 15978:2012

En este apartado se definen los distintos escenarios asociados a los módulos de información, al tiempo que se identifican una serie de indicadores y el origen de los datos de los cuales nos servimos para el cálculo. Se han seleccionado aquellas etapas y escenarios para los cuales ha sido posible identificar fuentes de datos. No obstante, las etapas y escenarios pueden ampliarse en investigaciones futuras, en función de los datos que puedan llegar a ser cuantificados para los sistemas constructivos. En la Tabla 5.63 se analizan los aspectos que vamos a ampliar.

| Límites del sistema | | | Escenario | Indicadores | Origen de datos | Cálculo |
|---|-----------------|--|--|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| Etapa de producto | A1-A3 | Suministro de materias primas y transporte | Evaluación del impacto medioambiental de los productos que integran las soluciones constructivas propuestas. | GWP y ADP | BEDEC y DIT | Modelo de cuantificación en BIM |
| Etapa de construcción | A4-A5 | Fabricación y construcción | Evaluación del impacto medioambiental de la construcción (martillos hidráulicos, maquinaria, transporte, etc.) | GWP y ADP | BEDEC | Modelo de cuantificación en BIM |
| Etapa fin de vida | C2 | Transporte | Evaluación del coste energético del transporte a vertedero de los residuos generados. | GWP y ADP | (DGT, 2018; IDAE, 2017) | Modelo de cuantificación en BIM |
| Beneficios y cargas más allá del límite del sistema | D ₈₆ | Uso de energía | Evaluación energética del edificio tras las propuestas de regeneración de la envolvente. | GWP | Datos climáticos y DIT | Modelo térmico en Design-Builder |

Tabla 5.63. Límites del sistema/escenarios/indicadores/fuentes y herramientas para evaluación medioambiental. Fuente: Elaboración propia.

3.2.1.1. Escenarios y cuantificación del objeto de evaluación

- **Etapa de producto y de construcción (A1-A5)**

Comprende el proceso de fabricación de los sistemas constructivos y materiales que son utilizados en la renovación de la envolvente, así como los procesos de construcción. La información para la etapa comprendida entre los módulos A1 y A3 queda definida mediante las Declaraciones Ambientales de Productos (DAP), según Norma EN15804. Sin embargo, en la actualidad, la mayor parte de los sistemas constructivos no cuentan con dichas declaraciones, aunque sí con Documentos de Idoneidad Técnica (DIT), que han servido a instituciones de referencia como punto de partida para confeccionar bases de datos propias que permitan conocer aproximadamente los impactos ambientales asociados a distintos sistemas constructivos. Del mismo modo, los impactos asociados al proceso de construcción se estiman a través de dichas bases de datos.

- **Etapa de fin de vida (C2)**

Se ciñe a los impactos derivados del transporte a vertedero de los residuos generados en la obra de renovación. Este impacto se ha calculado en función del peso y el volumen de los residuos generados para cada opción de diseño, el cual se ha determinado en base al sistema de clasificación de residuos asociado a cada sistema constructivo según su código LER (Lista Europea de Residuos) identificado en la base de datos de referencia (CYPE Ingenieros, 2018). De esta forma, y en función de la carga máxima de los vehículos que se utilizan (N1 y N2, según la directiva 70/156 CEE) y el combustible principal del 45% de los camiones de transporte en la ciudad de Málaga

(Gasóleo) , las emisiones de CO₂ asociadas a esta actividad se han calculado en función del tipo de vehículo (161.2 g de CO₂/km y 218.47 g de CO₂/km respectivamente), según las tablas estadísticas proporcionadas por la DGT (Dirección general de tráfico) sobre la flota de vehículos (DGT, 2018) y bases de datos IDAE para emisiones de vehículos (IDAE, 2017).

- **Beneficios y cargas más allá del límite del sistema: Uso de energía (D_{B6})**

Por otra parte, en relación con la cuantificación específica del uso de energía en servicio, los procedimientos de cálculo de la propuesta de regeneración se realizan conforme al procedimiento de cálculo determinado por la normativa UNE-EN 15603, relativa a la eficiencia energética de los edificios, el consumo global de energía y la definición de las evaluaciones energéticas. El cálculo se realiza mediante la herramienta Design Builder.

La repercusión de los efectos del cambio climático, cuantificables a través del periodo de compensación de las emisiones de CO₂ a lo largo de la vida útil del edificio regenerado, se determina mediante el cálculo de tres escenarios temporales distintos (2020, 2050 y 2080) que quedan definidos a través de los archivos climáticos locales transformados (ver fase 2, apartado 1.2.2).

3.2.1.2. Origen de los datos ambientales y selección de indicadores

Los datos ambientales consultados, a excepción de ciertos aislamientos que cuentan en la plataforma del ITeC con más información ambiental, se centran en la fase de producto y construcción, no pudiendo evaluarse módulos más allá de estos. Es por este motivo, principalmente, que los datos seleccionados se toman de los valores calculados por la base de datos de referencia (ITeC, 2017), mostrando dos indicadores característicos expresados por unidad de superficie del sistema/producto seleccionado y definido para los módulos que van del A1 al A5, reconocidos por la Norma En 15804:

- **Global warming potential (GWP).** Expresado en KgCO₂equiv y que mide el potencial del calentamiento global
- **Abiotic resource depletion potential for elements (ADP_elementos).** Expresado en valor calorífico neto (MJ) y que mide el potencial de agotamiento de recursos abióticos para combustibles fósiles.

La metodología que utiliza el instituto para calcular los datos de los cuales nos servimos se basa principalmente en la determinación de unos porcentajes de contenido reciclado y materia prima que constituyen cada uno de los elementos unitarios, los cuales tienen asociados valores para su coste energético (MJ) y emisiones de CO₂ a la atmósfera; características de los RCDs y cuantía de los mismos que se generan en obra, principalmente dirigido a la gestión en obra y, finalmente, porcentaje de material reciclado del producto, a fin de conocer los ahorros en emisiones de la utilización de ciertos materiales (ITeC, 2018, pp. 18-22). En el caso de los dos principales indicadores caracterizados, los resultados obtenidos para cada uno de ellos parten o bien de la consideración de los valores más representativos para dicho material a través de bases de datos de referencia (Ecoinvent, 2019) o, de disponerse, de datos directamente facilitados por el fabricante.

El ITeC distingue entre 5 tipos de cálculos mediante los cuales ofrece impactos medioambientales por unidad de superficie:

- Cálculo Genérico del ITeC, CGen. En función de datos genéricos de los materiales utilizados.

- Cálculo Personalizado del ITeC, CPer. En función de datos promediados para el mismo producto con los que se cuente a través de distintos fabricantes o centros de producción.
- Cálculo proveniente de una Ecoetiqueta, CEco. En función de datos determinados a través de la norma ISO 14024.
- Cálculo proveniente de una Autodeclaración, CAut. En función de datos determinados a través de la norma ISO 14001.
- Cálculo proveniente de una DAP de la empresa, CDap. En función de datos colectivos y determinados conforme a los requisitos de la Norma EN 15804.

3.2.1.3. Método de cálculo

Se sigue para el cálculo de los impactos ambientales de los distintos módulos del ciclo de vida de las opciones de diseño a nivel constructivo los principios establecidos por la norma UNE-EN 15978. Contextualizando los indicadores y módulos anteriormente señalados obtenemos una matriz de cálculo como la que sigue:

| Cantidad de productos utilizados en la etapa i | Impacto ambiental por unidad de producto/proceso | Impacto ambiental de la etapa i | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|------------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--|
| $\begin{pmatrix} a_{1,i} \\ a_{2,i} \\ a_{3,i} \\ \dots \\ a_{n,i} \end{pmatrix} \cdot$ | <table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Datos base BEDEC para a₁ etapa i</td> <td style="padding: 5px;">Datos base BEDEC para a₂ etapa i</td> <td style="padding: 5px;">Datos base BEDEC para a₃ etapa i</td> <td style="padding: 5px;">Datos base BEDEC para a... etapa i</td> <td style="padding: 5px;">Datos base BEDEC para a_n etapa i</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">GWP_{a1,i}</td> <td style="padding: 5px;">GWP_{a2,i}</td> <td style="padding: 5px;">GWP_{a3,i}</td> <td style="padding: 5px;">GWP_{a...i}</td> <td style="padding: 5px;">GWP_{an,i}</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">ADP_{a1,i}</td> <td style="padding: 5px;">ADP_{a2,i}</td> <td style="padding: 5px;">ADP_{a3,i}</td> <td style="padding: 5px;">ADP_{a...i}</td> <td style="padding: 5px;">ADP_{an,i}</td> </tr> </table> | Datos base BEDEC para a ₁ etapa i | Datos base BEDEC para a ₂ etapa i | Datos base BEDEC para a ₃ etapa i | Datos base BEDEC para a... etapa i | Datos base BEDEC para a _n etapa i | GWP _{a1,i} | GWP _{a2,i} | GWP _{a3,i} | GWP _{a...i} | GWP _{an,i} | ADP _{a1,i} | ADP _{a2,i} | ADP _{a3,i} | ADP _{a...i} | ADP _{an,i} | $\begin{pmatrix} GWP_{,i} \\ ADP_{,i} \end{pmatrix}$ |
| Datos base BEDEC para a ₁ etapa i | Datos base BEDEC para a ₂ etapa i | Datos base BEDEC para a ₃ etapa i | Datos base BEDEC para a... etapa i | Datos base BEDEC para a _n etapa i | | | | | | | | | | | | | |
| GWP _{a1,i} | GWP _{a2,i} | GWP _{a3,i} | GWP _{a...i} | GWP _{an,i} | | | | | | | | | | | | | |
| ADP _{a1,i} | ADP _{a2,i} | ADP _{a3,i} | ADP _{a...i} | ADP _{an,i} | | | | | | | | | | | | | |

Para i = [A1 a A3, A4, A5]

Fórmula 5.1. Expresión matricial del cálculo de los indicadores medioambientales en las distintas etapas del ciclo de vida de las actuaciones de regeneración del edificio. Fuente: elaboración propia conforme a norma UNE-EN 15978.

De este modo tenemos que las cantidades de productos, determinadas a través de las mediciones de las distintas opciones de diseño para las actuaciones de regeneración de la envolvente determinadas en la fase 2 (EVFB4+M1, EVH-C3 y EHCP-B2+M1) se multiplican por los impactos asociados a las mismas y establecidos por unidad de superficie. Expresándose el impacto conjunto para las etapas A1-A5 y C2.

Por otra parte, el método de cálculo para la etapa D_{B6} se basa en la evaluación informática del rendimiento energético del edificio en los distintos escenarios temporales, al modo que se indica en la fase anterior.

3.2.2. Desarrollo de escenarios, selección y cálculo de datos sociales para la evaluación de su comportamiento según UNE-EN 16309+A1

Cabe destacar que el método de cálculo de referencia basa única y exclusivamente todos sus posibles escenarios en la etapa de uso, contemplándose los módulos que van del B1 al B7 para:

- o El estado actual del edificio.
- o El estado proyectado y en ejecución del PRET sobre el edificio objeto de evaluación del estado proyectado.

No obstante, se entiende que la evaluación podría ser mucho más amplia, ya que hay aspectos sociales tales como la repercusión económica al tejido empresarial local y la generación de puestos de trabajo que bien podrían ser analizados desde esta perspectiva social, aunque se requiere para ello de otro tipo de datos y la evaluación de módulos de información no contemplados en la norma de referencia. Se subraya con ello el interés de futuras líneas de investigación que avancen en la definición de una metodología que permita establecer relaciones entre las actuaciones en edificación y el impacto en el tejido productivo local.

Sin perjuicio de lo anterior, en la investigación se entiende el aspecto social desde la perspectiva de los usuarios en la etapa de uso y conforme a los escenarios ya enunciados.

La determinación de los indicadores que conjuntamente se habrán de evaluar en cada uno de los citados escenarios parte de la premisa de identificar aquellos aspectos/indicadores que se pudiesen relacionar con las medidas de regeneración de la envolvente de los edificios como parte esencial de un proyecto de regeneración conjunta. De este modo, se han preseleccionado una serie de indicadores (Tabla 5.65) cuya evaluación y/o consideración de cara a ulteriores evaluaciones queda determinada por los procesos que siguen para cada uno de los dos escenarios:

1. Estado actual del edificio objeto de evaluación.
 - a. Se identifican los indicadores para la etapa de uso (módulo de información B1) para el escenario del estado actual del edificio, o lo que es lo mismo, previo a cualquier planteamiento de acciones de regeneración. Se obvian el resto de las etapas, puesto que no se consideran trascendentes de cara al objeto de la evaluación, dado que se plantea intervenir sobre el mismo (apartado 3.2.2.1).
 - b. Se propone una serie de cuestiones en base a dicha identificación de indicadores a propósito del interés por parte de los usuarios en que se regenere su edificio (apartado 3.2.2.3).
 - c. Se evalúan dichos indicadores a través de una encuesta telemática y personal (ver fase 4)
2. Estado proyectado y en ejecución del PRET sobre el edificio objeto de evaluación.
 - a. Se identifican indicadores (apartado 3.2.2.2) para:
 - i. Etapa de uso (módulo de información B1), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, con el propósito de determinar la adecuación del PRET a las necesidades de partida.
 - ii. Etapa de mantenimiento (módulo de información B2), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, a fin de poder evaluar los impactos que la implementación de las medidas de regeneración tiene sobre los usuarios.

- iii. Etapa de reparación (módulo de información B3), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, al objeto de conocer qué requerimientos e impactos tienen las medidas propuestas sobre el vecindario.
- iv. Etapa de sustitución (módulo de información B4), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, con el propósito de identificar los impactos que se derivan de las operaciones de sustitución que comporte cualesquiera de las fases del PRET que se pretenda implementar.
- v. Etapa de rehabilitación (módulo de información B5), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, a fin de poder evaluar los impactos asociados a la ejecución de todos los trabajos que se determinen por el Proyecto de Regeneración. Dicha etapa se relaciona estrechamente con el Estudio de Seguridad y Salud que se desarrolle para las obras sobre el edificio, ya que ha de considerarse que el mismo está en uso durante el transcurso de estas.
- vi. Etapa de uso de energía en servicio (módulo de información B6), para el escenario del estado proyectado y en ejecución del PRET, con el propósito de determinar si las medidas propuestas garantizan los ahorros energéticos que se entienden como adecuados dentro de la evaluación del resto de dimensiones de la sostenibilidad del proyecto de regeneración.

| Escenarios | Módulos de información para evaluación | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 |
| Estado actual del edificio | X | MNE | MNE | MNE | MNE | MNE | MNE |
| Estado proyectado y en ejecución del PRET | X | X | X | X | X | X | MNE |

Tabla 5.64. Módulos de información evaluación con relación a los dos escenarios considerados. Fuente: Elaboración propia.

A tenor de lo expuesto, se verifica que la metodología de evaluación que se plantea normativamente ha de ser contextualizada en estos dos escenarios, a fin de conocer tanto el perfil de los usuarios, como el grado de satisfacción y adecuación de las soluciones proyectadas y la afección de la ejecución de estas sobre la vida diaria de los vecinos.

De este modo, considerándose los indicadores propuestos por la norma, se han seleccionado aquellos que se relacionan principalmente con el objeto de la evaluación y aquellos otros que transversalmente guardan relación con la regeneración de la envolvente del edificio (Tabla 5.65).

3.2.2.1. Identificación de los indicadores para evaluación social del estado actual

La norma UNE-EN 16309+A1 plantea una serie de indicadores y una metodología para la evaluación del módulo de información B1 (AENOR, 2015, p.50) que ha servido de apoyo para la identificación de los indicadores que son considerados para la evaluación de los escenarios de implementación del proyecto de regeneración (Estado actual y estado proyectado/en ejecución del PRET).

En la Tabla 5.65 se relaciona, de entre todos los indicadores que pueden ser considerados (ver CD), aquellos que guardan relación con el objeto de estudio. La columna "a" permite identificar la pertinencia o no del indicador (la tabla confeccionada es una selección de los indicadores pertinentes, motivo por el cual la columna "a" es constante). Por otra parte, en las columnas "b" y "c" se determina, por un lado, la existencia o no de un requisito nacional, regional o europeo aplicable al indicador señalado, y por otro, se identifica dicho requisito. Por último, en las columnas

“d”, “e” y “f” se muestra la adopción o no, al presente de la evaluación, de medidas para superar los requisitos identificados en la columna “c”, al tiempo que, en caso negativo, se proporciona un valor para el indicador o se especifican las medidas que han de tomarse para alcanzar los requisitos exigibles y se proporciona el marco normativo que se relaciona con los aspectos reflejados en las columnas “c” y “e”. En síntesis, y con relación a la norma de referencia, cada una de las citadas columnas responde expresamente a las siguientes preguntas y/o especificaciones:

- a) ¿El aspecto es pertinente para el diseño del objeto de evaluación? (Sí/NR/INE)
- b) ¿Existe un requisito nacional, regional o europeo aplicable?
- c) Especificar el requisito mínimo conforme a la reglamentación preferente o, si no está reglamentado, proporcionar los detalles de cualquier requisito en pliego de condiciones del cliente (si no existen, declarar "No")
- d) ¿Se han tomado medidas para superar los requisitos presentados en c? (Sí/No)
- e) Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para alcanzar el comportamiento declarado.
- f) Proporcionar referencias a la documentación pertinente que apoyen lo indicado en la columna "e"

Conviene destacar, que la evaluación del módulo de información B1 del estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración, habrá de satisfacer las carencias manifiestas que se deriven de la evaluación del mismo módulo de información para el estado actual del proyecto. Quiere decirse con esto, que no figuran en las siguientes tablas información respecto de la evaluación de indicadores en la etapa de uso para el estado proyectado/en ejecución del PRET, dado que se entiende que la única diferencia con respecto a la misma evaluación para el estado actual del edificio, es la verificación, en la columna “d”, de que se han tomado medidas para superar o alcanzar los requisitos presentados en la columna “c”, los cuales ya han sido identificados.

La Tabla 5.65 recoge los 38 indicadores seleccionados. Como complemento a estos, en el material complementario de la investigación correspondiente a la presente fase se recogen el total de indicadores que han sido estudiados y que permiten integrar en la metodología impactos que se deriven de otras actuaciones a integrar en el PRET (ver CD con material complementario).

Con relación a las distintas categorías de comportamiento social que esta primera versión de la norma plantea, se han considerado todas las propuestas y, según los criterios que se resumen a continuación, se han tenido en cuenta o no los indicadores pertinentes de cara a la evaluación social de las potenciales estrategias de mejora de la envolvente térmica del edificio a plantear, como parte de un proyecto de regeneración del edificio centrado en la renovación de la envolvente:

- **Accesibilidad.**

La accesibilidad de los edificios es una cuestión que ineludiblemente se habrá de abordar en cualquiera de los proyectos de regeneración de edificios que pudiesen llegar a plantearse. A propósito de esta cuestión, la norma de referencia proporciona indicadores de gran utilidad que habrán de ser atendidos y verificados para el planteamiento de ajustes razonables en los edificios en favor de una mejora de la accesibilidad a los mismos. De todos los indicadores propuestos por la norma, se considera esencial la disposición, dimensiones y facilidad de operación de los ascensores, muy especialmente porque habrá de ser un servicio que se debe garantizar en el transcurso de las obras de regeneración que pudiesen llegar a plantearse. Así mismo, se verifica que las dimensiones del ascensor no garantizan la accesibilidad del mismo, lo cual podría ser objeto de análisis y propuesta de alternativas en el marco de un proyecto de regeneración completo del edificio.

- **Adaptabilidad**

Desde la perspectiva de una evaluación social, el análisis de esta categoría es determinante, puesto que las acciones de regeneración de la envolvente, entendidas dentro del marco de un proyecto de regeneración del edificio, deberían poder satisfacer las mutables necesidades de uso de los usuarios y/o propietarios de las viviendas. Este es uno de los aspectos que más peso tiene en la encuesta que se plantea a los vecinos del edificio, ya que resulta determinante conocer el interés por parte de los mismos para adaptar funcionalmente sus viviendas a través de redistribuciones interiores y/o mejora de las instalaciones. A nivel de identificación de estos indicadores, se observa que ninguno de los mismos se satisface y que las condiciones interiores de la vivienda no se adaptan a requerimientos mínimos a nivel normativo, lo cual, como puede observarse en la fase 4, no se traduce en una necesidad expresa, por parte de los vecinos, de modificar las condiciones interiores de su vivienda.

Esta categoría adquiere al término de la investigación una relevancia determinante a tenor del cambio en las necesidades de los usuarios con relación a la funcionalidad de sus viviendas derivado de la actual crisis sanitaria generada por la COVID-19 y que ya han sido referidas.

- **Salud y confort**

Las características térmicas, de calidad del aire interior, acústicas y de confort visual guardan especial relación con las acciones de regeneración a nivel de la envolvente. Paralelamente, se evidencia que este tipo de operaciones pueden abordarse como una oportunidad para la mejora, no ya sólo a nivel de confort térmico de los usuarios, sino de confort visual, pudiendo llegar a plantearse la apertura de nuevos huecos a nivel de fachada que respondiesen a una mejora del confort visual con el exterior y/o mejora de la iluminación natural de los espacios interiores.

- Impactos sobre el vecindario

Esta subcategoría de comportamiento social es especialmente relevante desde el punto de vista del análisis de los distintos indicadores que la integran para un escenario de ejecución de las obras del proyecto de regeneración. La imposibilidad del desalojo total del edificio para la ejecución de las obras inserta una complejidad en el proceso constructivo que habrá de poder ser evaluada. Las subcategorías de comportamiento social recogidas (Ruido, emisiones, deslumbramiento/sobresombreamiento y choques/vibraciones) nos permiten identificar aspectos relevantes a tener en cuenta para minorar sus impactos sobre el vecindario, tomándose aquellas medidas pertinentes que permitan reducir sus efectos.

- Mantenimiento

Considerar la influencia de las operaciones de mantenimiento y mantenibilidad en la vida diaria de los usuarios de las viviendas es relevante de cara a la toma de decisiones del tipo de soluciones que habrán de implementarse para una mejora de la salud y el confort interior de las viviendas. De este modo, la adopción de medidas de regeneración que comporten un costoso mantenimiento y/o que pudiese repercutir negativamente a la actividad de los usuarios dado que, por ejemplo, hubiesen de ser realizadas desde el interior de las viviendas, habrán de ser descartadas en favor de acciones regenerativas de un bajo coste y que pudiesen llevarse a cabo sin servidumbres de uso y/o visuales respecto de las viviendas.

- **Seguridad**

Parte de los indicadores recogidos bajo esta categoría no son tenidos en cuenta, especialmente aquellos que se relacionan con la resistencia a la nieve (dadas las condiciones climáticas del entorno en el cual se enclava el edificio objeto), el comportamiento ante el sismo o el comportamiento al fuego. Sin embargo, y con relación a los dos últimos aspectos citados, la consideración de las normas aplicables a nivel de productos que en la actualidad están reguladas y las medidas dispuestas tanto en el DB SE, seguridad estructural, y el DB SI, seguridad en caso de incendio, se consideran suficientes y necesarias.

| Módulo B1 | | Uso | a | b | c | d | e | f | |
|----------------------------|------------------------------|--|---|----|----|--|----|---|---|
| Descripción del escenario: | | Estado actual del edificio | | | | | | | |
| Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | | | | |
| 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio | | | | | | | |
| | | 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | | | | |
| 2.9 | 7.2.2 | la disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | | SI | SI | Ascensor accesible de 1.00 x 1.25m | NO | Estudio sustitución de ascensores | CTE DB-SUA, OO-MM y D. 293/2009 |
| 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | | | | |
| 1.1 | 7.3 | la capacidad del edificio para acomodarse a los requisitos individuales de los usuarios | | SI | NO | | NO | Posibilitar nuevas redistribuciones | Ley 38/1999 |
| 1.2 | 7.3 | la capacidad del edificio para acomodarse a cambios en los requisitos de los usuarios | | SI | NO | | NO | Posibilitar nuevas redistribuciones | Ley 38/1999 |
| 1.3 | 7.3 | la capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | | SI | NO | | NO | Actualizar las instalaciones obsoletas | Ley 38/1999 |
| 1.4 | 7.3 | la capacidad del edificio para acomodarse al cambio de uso | | SI | NO | | NO | Inventariar actividades compatibles | Ley 38/1999 |
| 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | | | | |
| | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | | | | |
| 1.1 | 7.4.2.1 | la temperatura de operación (°C o K) (temperatura radiante de las superficies, temperatura del aire y su distribución) | | SI | SI | T. ° op. invierno: 21-23°C T. ° op. verano: 23-25°C | NO | Medidas de renovación de la envolvente del edificio e instalaciones | RITE (IT 1.1.4.1.2.) |
| 1.2 | 7.4.2.1 | humedad (% o g/kg) | | SI | SI | H.R. invierno: 40-50% H.R. verano: 45-60% | NO | Medidas de renovación de la envolvente del edificio e instalaciones | RITE (IT 1.1.4.1.2.) |
| 1.3 | 7.4.2.1 | velocidad del aire (m/s) y distribución | | SI | SI | Velocidad del aire: 4m/s Ventilación verano: 4 r/h Ventilación invierno: 0.72 r/h | NO | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Apéndice C CTE DB-HE, CTE DB-HS3 y RITE |
| 1.4 | 7.4.2.1 | tipo de actividades en el espacio | | SI | SI | Actividad metabólica sedentaria 1.2 met | SI | Considerar para cálculo | RITE (IT 1.1.4.1.2.) |
| 1.5 | 7.4.2.1 | tipo de usuarios (Grado de Vestimenta) | | SI | SI | GV. verano: 0.5 clo GV. invierno: 0.5 clo | SI | - | RITE (IT 1.1.4.1.2.) |
| | | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | |
| 2.2 | 7.4.2.2 | la temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | | SI | NO | | NO | SI | Control manual: uso de toldos, persianas, carpinterías y operación de equipos |
| 2.5 | 7.4.2.2 | la humedad en espacios individuales se puede controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No] | | SI | NO | | NO | SI | Control manual: uso de toldos, persianas, carpinterías y operación de equipos |
| 2.7 | 7.4.2.2 | velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | | SI | NO | | NO | SI | Manual |
| | | 7.4.3 Características de calidad del aire interior | | | | | | | |
| | | 7.4.3.2 Aspectos de calidad del aire interior relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | |
| 4.2 | 7.4.3.2 | ¿hay control de la ventilación de los usuarios mediante control automático y/o manual? [Sí/No] | | SI | NO | | NO | SI | Control manual: uso de toldos, persianas, carpinterías y operación de equipos |
| | | 7.4.4 Características acústicas | | | | | | | |
| 5.5 | 7.4.4 | aislamiento acústico de los edificios existentes | | SI | SI | Considerar opinión de los vecinos respecto de este punto e incorporarlo a los criterios de intervención de ser relevante | NO | Realizar ensayo y adoptar medidas correctivas | CTE DB-HR (sólo en rehabilitación integral) y Norma EN ISO 16283-1 |

5. Desarrollo de la investigación. F3

| Módulo B1 | Uso | a | b | c | d | e | f | |
|--|------------------------------|---|----|----|---|----|--|--|
| Descripción del escenario: | | Estado actual del edificio | | | | | | |
| Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | | | |
| 7.4.5 Características de confort visual | | | | | | | | |
| 7.4.5.1 Aspectos de la característica de confort visual relativos a la estructura del edificio | | | | | | | | |
| 6.2 | 7.4.5.1 | Contribución de luz natural | SI | SI | Cálculos específicos para cada estancia y actividad que han de ser estudiados | NO | Estudio de iluminación para potenciales cambios de uso (Por ejemplo, oficinas) | Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios (IDAE) |
| 6.3 | 7.4.5.1 | ¿Hay una conexión visual con el mundo exterior [Sí/No]? (1) ¿Cuál es la altura del alféizar de las ventanas (en metros)? (2) ¿Existe una vista de las diferentes capas: cielo, ciudad/paisaje y/o terreno? | SI | SI | SI (1) 1.10m (2) SI, siendo las vistas mayores a partir de la 5ª planta | NO | Transformar huecos y potenciar conexión visual con el exterior | - |
| 7.4.5.2 Aspectos de confort visual relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | | |
| 7.2 | 7.4.5.2 | ¿puede el usuario controlar la cantidad de iluminación natural en los espacios individuales? - [Sí/No] | SI | NO | NO | SI | Mediante cortinas y persianas | - |
| 7.4.6 Características espaciales | | | | | | | | |
| 8.2 | 7.4.6 | Altura del suelo al techo (m) | SI | SI | 2.50m | SI | Reducción de altura en distribuidores y baños para clima centralizado | Art.12.2.29 PGOU Málaga CTE-DB SUA/2 |
| 8.6 | 7.4.6 | Espacio exterior (tipo, por ejemplo, balcones, terraza o jardín y área (m2)) | SI | SI | Cuerpo saliente máximo = 1.50m | SI | Aumentar profundidad de terrazas existentes o generar nuevas | Art.12.6.3 PGOU Málaga CTE-DB SE |
| 7.5 Impactos sobre el vecindario | | | | | | | | |
| 11.3 | 7.5.3 | Agua (por ejemplo, gotas del aire acondicionado, agua de canalones y bajantes) | SI | NO | - | NO | Reconducir a red de evacuación de aguas | - |
| 7.5.4 Deslumbramiento/sobresombreamiento | | | | | | | | |
| 12.1 | 7.5.4 | Deslumbramiento nocturno: (1) la protección y la iluminancia (lux) del objeto de evaluación de noche y si es continua o intermitente; (2) la presencia de luz (por ejemplo, parpadeante, intermitente, colorado) que cause irritación, pérdida de concentración, etc. | SI | NO | (1) La protección es continua mediante sistemas de persianas manuales (2) La iluminación es continua y uniforme | NO | Disminuir niveles de contaminación lumínica en entorno. Se acusan problemas para ventilación natural en noches de verano | - |
| 12.2 | 7.5.4 | Deslumbramiento diurno: (1) deslumbramiento emitido por la superficie de un edificio, por ejemplo, causado por los materiales exteriores con una alta reflectividad. | SI | NO | (1) Los materiales actuales no procuran deslumbramientos a edificios del entorno | NO | Las intervenciones en la envolvente no afectan a este indicador | - |
| 12.3 | 7.5.4 | Sobresombreamiento: (1) sobresombreamiento con efectos perjudiciales sobre el vecindario (área y horas de sobresombreamiento sobre los vecinos). | SI | NO | (1) No se detectan sobresombreamientos excesivos consecuencia de edificios del entorno | NO | Evitar sobresombreamientos con operaciones en terrazas | - |
| 7.6 Mantenimiento y mantenibilidad | | | | | | | | |
| 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | SI | SI | No es exigible un Libro del Edificio (LE) que identifique un mantenimiento y control del mismo | NO | Confeccionar un L.E. que indique el mantenimiento de la obra existente y las operaciones de regeneración | Resolución de 11 de junio de 2013, de la Dirección General de los Registros y del Notariado |
| 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | SI | SI | Estudio de Seguridad y Salud (ESS) | NO | ESS para obras de renovación | Real Decreto 1627/1997 |
| 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | SI | SI | ESS | NO | ESS para obras de renovación | Real Decreto 1627/1997 |
| 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal. | SI | SI | ESS | NO | ESS para obras de renovación | Real Decreto 1627/1997 |
| 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | | | |
| | | 7.7.2.2 Resistencia a la lluvia | | | | | | |

| Módulo B1 | | Uso | a | b | c | d | e | f |
|--|------------------------------|---|----|----|--|----|---|-----------------------------|
| Descripción del escenario: | | Estado actual del edificio | | | | | | |
| Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | | | |
| 15.1 | 7.7.2.2 | Resistencia a las lluvias y a las lluvias torrenciales | SI | SI | Normas EN 12865, EN 1027 y EN 12208 | NO | Controlar mediante ensayos específicos los sistemas constructivos instalados | Ley 38/1999 |
| 15.2 | 7.7.2.2 | Capacidad de evacuación de agua | SI | SI | Disponer red evacuación de aguas pluviales | NO | Dotar de red para reaprovechamiento de agua pluvial recogida por envolvente | CTE DB HS 5 |
| 7.7.2.3 Resistencia al viento | | | | | | | | |
| 16.1 | 7.7.2.3 | Aumento de la resistencia estructural | SI | NO | Normas EN 12865, EN 1027 y EN 12208 | NO | Estudio aptitud servicio estructura | - |
| 16.2 | 7.7.2.3 | Medidas para impedir el desprendimiento de la fachada o de sus elementos | SI | SI | NO | NO | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | DIT de productos utilizados |
| 16.3 | 7.7.2.3 | Medidas para mejorar la impermeabilidad al aire de los cerramientos del edificio frente al viento | SI | SI | NO | NO | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | DIT de productos utilizados |
| 7.7.2.5 Resistencia a las inundaciones | | | | | | | | |
| 18.3 | 7.7.2.5 | Integridad frente al agua de los cerramientos del edificio y los sótanos | SI | SI | NO | NO | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | DIT de productos utilizados |
| 7.7.2.6 Resistencia a la radiación solar | | | | | | | | |
| 19.1 | 7.7.2.6 | Medidas de control solar, como sombreado (por ejemplo, persianas, cornisas, aleros, pantallas) y/o tipos de cristales de ventanas | SI | NO | UNE-EN 13561:2015 | NO | Exigir cumplimiento norma a productos y adoptar medidas para el control conforme a estudio solar previo | - |
| 19.2 | 7.7.2.6 | Filtros ultravioletas | SI | NO | UNE-EN 410:2011 | NO | Exigir cumplimiento norma a productos y adoptar medidas para el control conforme a estudio solar previo | - |
| 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | SI | - | - | - | - | RITE |
| 19.6 | 7.7.2.6 | Inercia térmica | SI | NO | NO | NO | Estudio de paños ciegos transformables | CTE |

Tabla 5.65. Selección de los 32 indicadores para el módulo de información B1 conforme al escenario "Estado actual del edificio" (EA). Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2. Asignación de influencias para el resto de los módulos

Una vez han sido determinados los indicadores del módulo de información B1 para un escenario del estado proyectado/en ejecución del proyecto de regeneración, cuya determinación, tal y como hemos visto con anterioridad, es entendida como una respuesta en positivo de todos aquellos aspectos que se han identificado como medidas para superar los requisitos presentados en la columna "c", se determinan las influencias sobre los módulos de información B2-B7 de dichas medidas adoptadas.

Para ello, la norma de referencia propone una metodología mediante la cual se expresa la relación entre la etapa de uso (módulo de información B1) y el resto de los módulos de información. La Tabla 5.66 establece la relación de dichos indicadores para con el resto de las etapas. Tal y como se avanzó en la Tabla 5.64, no se evalúa el módulo de información relativo al uso de agua en servicio. Por otra parte, la consideración del módulo B5, relativo a la etapa de rehabilitación, adquiere especial importancia, dado que el proyecto de regeneración completo comprende una serie de medidas que se llevan a cabo a lo largo de la vida útil del edificio. La identificación de una serie de indicadores, que permitan una mejora de las medidas que se hayan de tomar en el trascurso de las obras, a fin de minimizar impactos sobre los usuarios del edificio, se convierte en uno de los aspectos más relevantes, dada la premisa esencial de que el edificio estará en uso durante la ejecución de las obras.

Una vez se han asignado las distintas influencias, se analizan pormenorizadamente cada una de ellas, con relación a los módulos ya indicados. En las Tablas que van de la 5.67 a la 5.71 se expresan los distintos indicadores seleccionados para los módulos B2-B6, indicándose:

- Columna "1". La disposición, medida o actividad específica (según se especifica en B1).
- Columna "2". El escenario en B2-B7 relativo a la disposición, medida o actividad reconocida en la columna "1".
- Columna "3". Impacto en el módulo B2-B7 asociado al escenario reconocido en la columna "2"
- Columna "4". Identificación de medidas para evitar impactos reconocidos en la columna "3" o propuesta de valor.

| Asignación de las influencias | | Aspecto o indicador de impacto para el edificio Módulo de información B1 | Disposición, medida o actividad | Influencia en el módulo | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--|-------------------------|--|-----|-----|-----|----|
| Aspecto / indicador número | Aspecto conforme al apartado | | | Indicador | Disposición, medida o actividad específica | SI | SI | SI | SI |
| | | | | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 |
| 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio | | | | | | | |
| | | 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | | | | |
| 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Sustitución de ascensores | X | X | X | X | X | - |
| 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | | | | |
| 1.1 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a los requisitos individuales de los usuarios | Posibilitar nuevas redistribuciones | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 1.2 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios en los requisitos de los usuarios | Posibilitar nuevas redistribuciones | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 1.3 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | Actualizar las instalaciones obsoletas | INE | X | X | X | X | - |
| 1.4 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse al cambio de uso | Inventariar actividades compatibles | INE | INE | INE | X | X | - |
| 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | | | | |
| | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | | | | |
| 1.1 | 7.4.2.1 | La temperatura de operación (°C o K) (temperatura radiante de las superficies, temperatura del aire y su distribución) | Adoptar medidas de transformación de la envolvente del edificio | INE | INE | INE | X | X | - |
| 1.2 | 7.4.2.1 | Humedad (% o g/kg) | | INE | INE | INE | X | X | - |
| 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | X | X | X | X | X | - |
| 1.4 | 7.4.2.1 | Tipo de actividades en el espacio | - | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| 1.5 | 7.4.2.1 | Tipo de usuarios (Grado de vestimenta) | - | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| | | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | |
| 2.2 | 7.4.2.2 | La temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | X | X | X | X | INE | - |
| 2.5 | 7.4.2.2 | La humedad en espacios individuales se puede controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 2.7 | 7.4.2.2 | Velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | X | X | X | X | INE | - |
| | | 7.4.3 Características de calidad del aire interior | | | | | | | |
| | | 7.4.3.2 Aspectos de calidad del aire interior relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | |
| 4.2 | 7.4.3.2 | ¿Hay control de la ventilación de los usuarios mediante control automático y/o manual? [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | INE | INE | X | X | X | - |
| | | 7.4.4 Características acústicas | | | | | | | |
| 5.5 | 7.4.4 | Aislamiento acústico de los edificios existentes | Realizar ensayo y adoptar medidas correctivas | NR | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.4.5 Características de confort visual | | | | | | | |
| | | 7.4.5.1 Aspectos de la característica de confort visual relativos a la estructura del edificio | | | | | | | |
| 6.2 | 7.4.5.1 | Contribución de luz natural | Estudio de iluminación a efectos de soportar potenciales cambios de uso (Por ejemplo, oficinas) | INE | INE | INE | X | X | - |
| 6.3 | 7.4.5.1 | ¿Hay una conexión visual con el mundo exterior [Sí/No]? (1) ¿Cuál es la altura del alféizar de las ventanas (en metros)? (2) ¿Existe una vista de las diferentes capas: cielo, ciudad/paisaje y/o terreno? | Transformar huecos y potenciar conexión visual con el exterior | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.4.5.2 Aspectos de confort visual relativos al usuario y al sistema de control | | | | | | | |
| 7.2 | 7.4.5.2 | ¿Puede el usuario controlar la cantidad de iluminación natural en los espacios individuales? - [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.4.6 Características espaciales | | | | | | | |
| 8.2 | 7.4.6 | Altura del suelo al techo (m) | Reducción de altura en distribuidores y baños para implementación de sistema centralizado de clima en vivienda | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 8.6 | 7.4.6 | Espacio exterior (tipo, por ejemplo, balcones, terraza o jardín y área (m2)) | Posibilidad de aumentar profundidad de terrazas existentes o generar nuevas | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.5 Impactos sobre el vecindario | | | | | | | |
| 11.3 | 7.5.3 | Agua (por ejemplo, gotas del aire acondicionado, agua de canalones y bajantes) | Reconducir a red de evacuación de aguas | NR | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.5.4 Deslumbramiento/sobresombreamiento | | | | | | | |
| 12.1 | 7.5.4 | Deslumbramiento nocturno: (1) la protección y la iluminancia (lux) del objeto de evaluación de noche y si es continua o intermitente; (2) la presencia de luz (por ejemplo, parpadeante, intermitente, colorado) que cause irritación, pérdida de concentración, etc. | Disminuir niveles de contaminación lumínica en entorno. Se acusan problemas para ventilación natural en noches de verano | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| 12.2 | 7.5.4 | Deslumbramiento diurno: (1) deslumbramiento emitido por la superficie de un edificio, por ejemplo, causado por los materiales exteriores con una alta reflectividad. | Procurar que las intervenciones a nivel de la envolvente no afecten este indicador | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| 12.3 | 7.5.4 | Sobresombreamiento: (1) sobresombreamiento con efectos perjudiciales sobre el vecindario (área y horas de sobresombreamiento sobre los vecinos). | Evitar sobresombreamientos con operaciones en terrazas | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| | | 7.6 Mantenimiento y mantenibilidad | | | | | | | |
| 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | X | X | X | X | INE | - |
| 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | Realizar ESS | X | X | X | X | INE | - |

5. Desarrollo de la investigación. F3

| Asignación de las influencias | | Aspecto o indicador de impacto para el edificio Módulo de información B1 | Disposición, medida o actividad | Influencia en el módulo | | | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|---|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aspecto / indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | Disposición, medida o actividad específica | SI | SI | SI | SI | SI | MNE |
| | | | | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 |
| 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | Realizar ESS | X | X | X | X | INE | - |
| 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal. | Realizar Estudio de Seguridad y Salud (ESS) para el transcurso de las obras de regeneración del edificio | X | X | X | X | INE | - |
| 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | | | | |
| | | 7.7.2.2 Resistencia a la lluvia | | | | | | | |
| 15.1 | 7.7.2.2 | Resistencia a las lluvias y a las lluvias torrenciales | Controlar mediante ensayos específicos los sistemas constructivos instalados | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 15.2 | 7.7.2.2 | Capacidad de evacuación de agua | Dotar de red separativa para reaprovechamiento de agua pluvial | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.7.2.3 Resistencia al viento | | | | | | | |
| 16.1 | 7.7.2.3 | Aumento de la resistencia estructural | Ensayar estructura | INE | INE | INE | INE | INE | - |
| 16.2 | 7.7.2.3 | Medidas para impedir el desprendimiento de la fachada o de sus elementos | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 16.3 | 7.7.2.3 | Medidas para mejorar la impermeabilidad al aire de los cerramientos del edificio frente al viento | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.7.2.5 Resistencia a las inundaciones | | | | | | | |
| 18.3 | 7.7.2.5 | Integridad frente al agua de los cerramientos del edificio y los sótanos | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | INE | INE | INE | X | INE | - |
| | | 7.7.2.6 Resistencia a la radiación solar | | | | | | | |
| 19.1 | 7.7.2.6 | Medidas de control solar, como sombreadamiento (por ejemplo, persianas, cornisas, aleros, pantallas) y/o tipos de cristales de ventanas | Exigir cumplimiento norma a productos instalados y adoptar medidas para el control solar en base a estudio solar previo | INE | INE | INE | X | INE | - |
| 19.2 | 7.7.2.6 | Filtros ultravioletas | Exigir cumplimiento norma en relación con las características luminosas y solares de los acristalamientos | NR | INE | INE | X | INE | - |
| 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | X | X | X | X | X | - |
| 19.6 | 7.7.2.6 | Inercia térmica | Estudiar incorporación de paños ciegos de la envolvente que pudiesen funcionar como muros trombe | INE | INE | INE | X | X | - |

Tabla 5.66. Asignación de influencias con relación a los indicadores seleccionados. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

| Módulo B2 | | Mantenimiento | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------|----------------------------|---|--|--|---|--|--|
| Especificación del escenario: | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | Módulos de información | | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto / indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | |
| | 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio | | | | |
| | | | 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | |
| X | 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Estudio sustitución de ascensores | Operaciones de mantenimiento preventivo de los ascensores con una frecuencia mensual (RD 88/2013) | Imposibilidad de acceso por parte de los usuarios a las distintas plantas del edificio | Disposición de un itinerario accesible alternativo. No simultanear operaciones de mantenimiento de ambos ascensores |
| | 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | |
| | | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Operaciones de mantenimiento de sistema de ventilación natural del edificio en su conjunto propuesto por el PRET (RITE) | No existen importantes impactos a nivel social y de uso del edificio durante las operaciones de mantenimiento | - |
| | | | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 2.2 | 7.4.2.2 | La temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas, carpinterías y accionamiento de equipos de clima | Operaciones de mantenimiento preventivo de elementos de protección solar propuestos por el PRET (UNE EN 13561:2004) | Mantenimiento desde el interior de vivienda. Sin impactos asociados a otros vecinos. | - |
| X | 2.7 | 7.4.2.2 | Velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas, carpinterías y accionamiento de equipos de clima | Operaciones de mantenimiento conjuntas de elementos de protección solar y sistemas de ventilación natural al nivel del edificio | No se identifican importantes impactos a nivel social y de uso del edificio durante las operaciones de mantenimiento | - |
| | | | 7.4.4 Características acústicas | | | | |
| NR | 5.5 | 7.4.4 | Aislamiento acústico de los edificios existentes | Realizar ensayo y adoptar medidas correctivas | Verificación mediante ensayos de que las exigencias determinadas por el PRET se cumplen realmente. | No se identifican importantes impactos a nivel social y de uso del edificio durante la realización de los ensayos acústicos | - |
| | | | 7.5 Impactos sobre el vecindario | | | | |
| NR | 11.3 | 7.5.3 | Agua (por ejemplo, gotas del aire acondicionado, agua de canalones y bajantes) | Reconducir a red de evacuación de aguas | Verificación de la viabilidad de medida a adoptar en el PR | - | - |
| X | 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | Operaciones de mantenimiento preventivo de los sistemas de mejora de la envolvente térmica del edificio | Servidumbres de vistas desde el exterior al interior por parte de los operarios de mantenimiento, así como los impactos a nivel acústico de las tareas de limpieza y mantenimiento | Consensuar con comunidad de vecinos los horarios de realización de dichas tareas de mantenimiento, así como el alcance de las mismas |
| X | 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | Operaciones de mantenimiento preventivo de los sistemas de mejora de la envolvente térmica del edificio | Servidumbres de vistas desde el exterior al interior por parte de los operarios de mantenimiento, así como los impactos a nivel acústico de las tareas de limpieza y mantenimiento | Consensuar con comunidad de vecinos los horarios de realización de dichas tareas de mantenimiento, así como el alcance de las mismas |
| X | 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal | | | | |
| | 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | |
| NR | 19.2 | 7.7.2.6 | Filtros ultravioletas | Exigir cumplimiento norma en relación con las características solares de los acristalamientos | Verificar cumplimiento de la exigencia determinada en PR | - | - |
| X | 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | Operaciones de mantenimiento de equipos individuales a cargo de cada uno de los usuarios de las viviendas | No existe repercusión a nivel del uso, ni impacto social alguno a nivel de la comunidad de vecinos | - |

Tabla 5.67. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B2 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

5. Desarrollo de la investigación. F3

| Módulo B3 | | | Reparación | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|--|---|---|--|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | Módulos de información | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCAPARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 | |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | |
| | 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | |
| X | 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Estudiar, si fuese pertinente algo requerido por los usuarios, la sustitución de ascensores | Operaciones de mantenimiento preventivo de los ascensores con una frecuencia mensual (RD 88/2013) | Imposibilidad de acceso por parte de los usuarios a las distintas plantas del edificio a través de dichos elementos | Disposición de un itinerario accesible alternativo |
| | 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | |
| X | 1.3 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | Actualizar las instalaciones obsoletas | Operaciones de reparación de instalaciones | Repercusión económica a la comunidad de propietarios | Consensuar la pertinencia y/o urgencia de reparación de los elementos afectados por el PR |
| | 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | |
| | | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Operaciones de mantenimiento de sistema de ventilación natural del edificio en su conjunto propuesto por el PRET (RITE) | No existen a priori importantes impactos a nivel social y de uso del edificio durante las operaciones de mantenimiento | - |
| | | | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 2.2 | 7.4.2.2 | La temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Reparación de elementos de protección solar propuestos por el PRET (UNE EN 13561:2004) | Repercusión económica a los propietarios de las viviendas afectadas | Informar a los propietarios de los costes derivados de la reparación de los elementos de protección dañados |
| X | 2.7 | 7.4.2.2 | Velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Operaciones de reparación conjuntas de elementos de protección solar y sistemas de ventilación natural al nivel del edificio | Repercusión económica a la comunidad de propietarios | Consensuar la pertinencia y/o urgencia de reparación de los elementos afectados por el PR |
| | | | 7.6 Mantenimiento y mantenibilidad | | | | |
| X | 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | Operaciones de reparación de los sistemas de mejora de la envolvente térmica del edificio conforme al Libro del Edificio Regenerado | Los impactos más reseñables se relacionan con las servidumbres de vistas desde el exterior al interior por parte de los operarios de mantenimiento, así como los impactos a nivel acústico de las tareas de limpieza y mantenimiento. Amén de los costes económicos derivados de dichas reparaciones. | Informar sobre los costes y consensuar con la comunidad de vecinos los horarios de realización de dichas tareas de reparación, así como el alcance de las mismas para informar a todos de las fechas en las cuales tendrán lugar |
| X | 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal | | | | |
| | 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | |
| X | 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | Operaciones de reparación de equipos individuales por usuarios de las viviendas | No existe repercusión a nivel del uso, ni impacto social alguno a nivel de la comunidad de vecinos | - |

Tabla 5.68. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B3 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

| Módulo B4 | | | Sustitución | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|--|---|---|---|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | | Módulos de información | 1 | 2 | 3 | 4 |
| X (Sí), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| | 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio | | | | |
| | | | 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | |
| X | 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Estudiar, si fuese pertinente algo requerido por los usuarios, la sustitución de ascensores | Operaciones de sustitución, de ser necesario y exigible por parte de los usuarios mediante consulta a los mismos | Imposibilidad de acceso por parte de los usuarios a las distintas plantas del edificio a través de dichos elementos | Disposición de un itinerario accesible alternativo |
| | 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | |
| X | 1.3 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | Actualizar las instalaciones obsoletas | Sustitución de instalaciones obsoletas como parte del desarrollo de alguna de las fases del PR | Repercusión económica a la comunidad de propietarios | Consensuar la pertinencia y/o urgencia de sustitución de las instalaciones afectadas por el PR |
| | 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | |
| | | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Operaciones de sustitución y mejora del sistema de ventilación natural del edificio en su conjunto propuesto por el PRET (RITE) | Existe afección a los usuarios del edificio por las operaciones de sustitución del sistema de ventilación, ya que hace necesario la sustitución de shunts con afección al interior de las viviendas | Consensuar la pertinencia y/o urgencia de sustitución del sistema de ventilación afectado por el PR |
| | | | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 2.2 | 7.4.2.2 | La temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Sustitución de elementos de protección solar propuestos por el PRET (UNE EN 13561:2004) | Repercusión económica a los propietarios de las viviendas afectadas | Informar a los propietarios de los costes derivados de la sustitución de los elementos de protección dañados u obsoletos |
| X | 2.7 | 7.4.2.2 | Velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Operaciones de sustitución conjuntas de elementos de protección solar y sistemas de ventilación natural al nivel del edificio | Existe afección a los usuarios del edificio por las operaciones de sustitución del sistema de ventilación, ya que hace necesario la sustitución de shunts con afección al interior de las viviendas | Consensuar la pertinencia y/o urgencia de sustitución del sistema de ventilación afectado por el PR |
| | | | 7.4.3 Características de calidad del aire interior | | | | |
| | | | 7.4.3.2 Aspectos de calidad del aire interior relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| INE | 4.2 | 7.4.3.2 | ¿Hay control de la ventilación de los usuarios mediante control automático y/o manual? [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | - | - | - |
| | | | 7.6 Mantenimiento y mantenibilidad | | | | |
| X | 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | Operaciones de sustitución de los sistemas de mejora de la envolvente térmica del edificio | Los impactos más reseñables se relacionan con las servidumbres de vistas desde el exterior al interior por parte de los operarios de encargados de las obras, así como los impactos a nivel acústico de las tareas de sustitución. Amén de los costes económicos derivados de dichas reparaciones | Informar sobre los costes y consensuar con la comunidad de vecinos los horarios de realización de dichas tareas de sustitución, así como el alcance de las mismas para informar a todos de las fechas en las cuales tendrán lugar |
| X | 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal | | | | |
| | 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | |
| | | | 7.7.2.2 Resistencia a la lluvia | | | | |
| X | 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | Operaciones de sustitución de equipos individuales a cargo de cada uno de los usuarios de las viviendas | No existe repercusión a nivel del uso, ni impacto social alguno a nivel de la comunidad de vecinos | - |

Tabla 5.69. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B4 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

5. Desarrollo de la investigación. F3

| Módulo B5 | | | Rehabilitación | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---|---|---|--|--|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | | Módulos de información | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | |
| | 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | |
| X | 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Estudiar, si fuese pertinente algo requerido por los usuarios, la sustitución de ascensores | Trabajos de rehabilitación funcional y/o energética enmarcadas dentro del proyecto de regeneración que afecten al edificio en su conjunto o parte del mismo | Imposibilidad de acceso por parte de los usuarios a las distintas plantas del edificio a través de los ascensores | Minimización del uso de los ascensores por parte de los operarios y disposición de un itinerario accesible alternativo |
| | 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | |
| X | 1.1 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a los requisitos individuales de los usuarios | Posibilitar nuevas redistribuciones | Trabajos de redistribución interior de las viviendas | Imposibilidad de uso normal de la vivienda y/o sus instalaciones por parte de los usuarios en función del nivel del grado de intervención | Los vecinos afectados por las obras habrán de disponer de una vivienda alternativa durante el transcurso de las obras |
| X | 1.2 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios en los requisitos de los usuarios | Posibilitar nuevas redistribuciones | Trabajos para la actualización de las instalaciones interiores de las viviendas | Imposibilidad de uso normal de las instalaciones del edificio durante el periodo de trabajo | Acotar temporalmente los trabajos de sustitución/ reparación para la minimización del impacto a los usuarios |
| X | 1.3 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | Actualizar las instalaciones obsoletas | Trabajos de sustitución/ reparación de instalaciones obsoletas como parte del desarrollo de alguna de las fases del PR | Imposibilidad de uso normal de las instalaciones del edificio durante el periodo de trabajo | Acotar temporalmente los trabajos de sustitución/ reparación para la minimización del impacto a los usuarios |
| X | 1.4 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse al cambio de uso | Inventariar actividades compatibles | Trabajos de ejecución de las obras para la adaptación de viviendas a usos compatibles (Empresarial y servicios terciarios, excepto hostelería) | Incompatibilidad de instalaciones de telecomunicación para con el resto de las instalaciones del edificio | La ejecución de estas obras ha de ser compatible con las instalaciones del edificio |
| | 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | |
| | | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 1.1 | 7.4.2.1 | La temperatura de operación (°C o K) (temperatura radiante de las superficies, temperatura del aire y su distribución) | Adoptar medidas de transformación de la envolvente del edificio | Trabajos de ejecución de la transformación de la envolvente del edificio | Impactos a nivel acústico y servidumbre de vistas al interior de las viviendas durante la realización de los trabajos | Coordinar horarios de intervención para con los vecinos a fin de minimizar impactos |
| X | 1.2 | 7.4.2.1 | Humedad (% o g/kg) | | | | |
| X | 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Trabajos de sustitución/ reparación del sistema de ventilación natural del edificio en su conjunto | Impactos a nivel funcional en el interior de las viviendas para la sustitución y/o reparación de shunts | |
| X | 2.2 | 7.4.2.2 | 7.4.2.2 Aspectos de características térmicas relativos al usuario y al sistema de control La temperatura de operación en espacios individuales se puede controlar (en caso afirmativo: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Trabajos de sustitución/ reparación de elementos de protección solar propuestos por el PRET | Impactos a nivel acústico y servidumbre de vistas al interior de las viviendas durante la realización de los trabajos | Coordinar horarios de intervención y plazos de ejecución de la misma para con los vecinos a fin de minimizar impactos |
| X | 2.5 | 7.4.2.2 | La humedad en espacios individuales se puede controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | | | |
| X | 2.7 | 7.4.2.2 | Velocidad y distribución del aire en espacios individuales se pueden controlar (si es sí: manual o automáticamente) [Sí/No]. | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Trabajos de sustitución/ reparaciones conjuntas de elementos de protección solar y sistemas de ventilación natural al nivel del edificio | Impactos a nivel acústico, servidumbre de vistas al interior de las viviendas y a nivel funcional en el interior de las viviendas para la sustitución y/o reparación de shunts | Coordinar horarios de intervención y plazos de ejecución de la misma para con los vecinos a fin de minimizar impactos |
| | | | 7.4.3 Características de calidad del aire interior | | | | |
| | | | 7.4.3.2 Aspectos de calidad del aire interior relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 4.2 | 7.4.3.2 | ¿Hay control de la ventilación de los usuarios mediante control automático y/o manual? [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | ídem indicador 2.2 y 2.5 | ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 | ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 |
| | | | 7.4.4 Características acústicas | | | | |
| X | 5.5 | 7.4.4 | Aislamiento acústico de los edificios existentes | Realizar ensayo y adoptar medidas correctivas | Trabajos de mejora de aislamiento acústico a nivel del edificio y las viviendas | Impactos a nivel funcional en el interior de las viviendas para la mejora del aislamiento acústico mediante el trasdosado de divisiones | Coordinar horarios de intervención y plazos de ejecución de la misma para con los vecinos a fin de minimizar impactos |

| Módulo B5 | | | Rehabilitación | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---|--|--|--|--|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | Módulos de información | Indicador | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | | | | | |
| | | | 7.4.5 Características de confort visual | | | | |
| | | | 7.4.5.1 Aspectos de la característica de confort visual relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 6.2 | 7.4.5.1 | Contribución de luz natural | Estudio de iluminación a efectos de soportar potenciales cambios de uso (Por ejemplo, oficinas) | Trabajos de ampliación de ventanas o incorporación de nuevas ventanas | Impactos a nivel acústico por los trabajos de demolición parcial | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| X | 6.3 | 7.4.5.1 | ¿Hay una conexión visual con el mundo exterior [Sí/No]? (1) ¿Cuál es la altura del alféizar de las ventanas (en metros)? (2) ¿Existe una vista de las diferentes capas: cielo, ciudad/paisaje y/o terreno? | Transformar huecos y potenciar conexión visual con el exterior | Trabajos de ampliación de ventanas o incorporación de nuevas ventanas | Impactos a nivel acústico por los trabajos de demolición parcial | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| | | | 7.4.5.2 Aspectos de confort visual relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 7.2 | 7.4.5.2 | ¿Puede el usuario controlar la cantidad de iluminación natural en los espacios individuales? - [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | Ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 | Ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 | Ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 |
| | | | 7.4.6 Características espaciales | | | | |
| X | 8.2 | 7.4.6 | Altura del suelo al techo (m) | Reducción de altura en distribuidores y baños para implementación de sistema centralizado de clima en vivienda | Trabajos de ejecución de falsos techos, plénum y/o conductos para clima | Impacto funcional a nivel de la vivienda donde se adopten estas medidas | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| X | 8.6 | 7.4.6 | Espacio exterior (tipo, por ejemplo, balcones, terraza o jardín y área (m2)) | Posibilidad de aumentar profundidad de terrazas existentes o generar nuevas | Trabajos de ejecución de ampliación de terrazas y áreas exteriores | Sobresombreamientos de otras viviendas e impacto a nivel acústico | |
| | | | 7.5 Impactos sobre el vecindario | | | | |
| X | 11.3 | 7.5.3 | Agua (por ejemplo, gotas del aire acondicionado, agua de canalones y bajantes) | Reconducir a red de evacuación de aguas | Trabajos de reconducción de aguas a red de saneamiento | Impactos funcionales a nivel de las viviendas | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| | | | 7.6 Mantenimiento y mantenibilidad | | | | |
| X | 14.1 | 7.6 | Frecuencia y la duración del mantenimiento rutinario (incluyendo las tareas de limpieza), las reparaciones, las sustituciones y/o la rehabilitación | Confeccionar un LE que indique el mantenimiento rutinario de la obra consolidada y las operaciones de regeneración | Trabajos de mantenimiento y limpieza de zonas comunes durante el transcurso de las obras de rehabilitación | Impacto sobre los trabajos de mantenimiento y limpieza del edificio derivados de la generación de polvo y/o residuos durante la ejecución de las distintas obras | Aumentar la frecuencia de mantenimiento y limpieza de zonas comunes |
| X | 14.2 | 7.6 | Impactos sobre la salud y el confort de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.3 | 7.6 | Seguridad de los usuarios durante las tareas de mantenimiento | | | | |
| X | 14.4 | 7.6 | Capacidad para usar el edificio (usabilidad) mientras se llevan a cabo las tareas de mantenimiento, por ejemplo, como una relación de la duración esperada del mantenimiento y la limpieza que causan perturbaciones en los días de uso normal. | | | | |
| | 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | |
| | | | 7.7.2.2 Resistencia a la lluvia | | | | |
| X | 15.1 | 7.7.2.2 | Resistencia a las lluvias y a las lluvias torrenciales | Controlar mediante ensayos específicos los sistemas constructivos instalados | Trabajos de mejora de impermeabilización en encuentros singulares de cubierta y/o fachada | Impactos a nivel acústico y servidumbre de vistas al interior de las viviendas durante la realización de los trabajos | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| X | 15.2 | 7.7.2.2 | Capacidad de evacuación de agua | Dotar de red separativa para reaprovechamiento de agua pluvial | Trabajos para la ejecución de una red separativa de agua que permitiese la captación del agua de cubierta | Impactos a nivel acústico y servidumbre de vistas al interior de las viviendas durante la realización de los trabajos, de discurrir bajantes por fachadas, ocultas en cámara | |
| | | | 7.7.2.3 Resistencia al viento | | | | |
| X | 16.1 | 7.7.2.3 | Aumento de la resistencia estructural | Ensayar estructura | Trabajos a nivel de fachada ventilada implementada | - | Evaluar aptitud de estructura para disposición de anclajes |
| X | 16.2 | 7.7.2.3 | Medidas para impedir el desprendimiento de la fachada o de sus elementos | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | | - | Ejecución con arreglo a prescripciones del fabricante |
| X | 16.3 | 7.7.2.3 | Medidas para mejorar la impermeabilidad al aire de los cerramientos del edificio frente al viento | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | | | |

5. Desarrollo de la investigación. F3

| Módulo B5 | | | Rehabilitación | 1 | 2 | 3 | 4 |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---|---|--|--|--|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | | Módulos de información | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | | | | |
| | | | 7.7.2.5 Resistencia a las inundaciones | | | | |
| X | 18.3 | 7.7.2.5 | Integridad frente al agua de los cerramientos del edificio y los sótanos | Contar y evaluar las fichas de los materiales instalados | Trabajos a nivel de fachada ventilada implementada | Posibles infiltraciones derivadas de incorrectos anclajes o de operaciones intermedias | Control de ejecución de las obras preventivo |
| | | | 7.7.2.6 Resistencia a la radiación solar | | | | |
| X | 19.1 | 7.7.2.6 | Medidas de control solar, como sombreadamiento (por ejemplo, persianas, cornisas, aleros, pantallas) y/o tipos de cristales de ventanas | Exigir cumplimiento norma a productos instalados y adoptar medidas para el control solar en base a estudio solar previo | Ídem indicador 2.2 y 2.5 | Ídem indicador 2.2 y 2.5 | Ídem indicador 2.2 y 2.5 |
| X | 19.2 | 7.7.2.6 | Filtros ultravioletas | Exigir cumplimiento norma en relación con las características luminosas y solares de los acristalamientos | Trabajos sustitución/repación/incorporación de nuevas carpinterías | Impactos funcionales a nivel de las viviendas, salvo si se duplica la carpintería al exterior (servidumbre de vistas e impacto acústico) | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |
| X | 19.5 | 7.7.2.6 | Aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | Trabajos de sustitución/repación de HVAC individuales | Impacto a nivel de envolvente del edificio | Integrar elementos en fachadas bajo huecos de ventanas, protegiendo visualmente mediante paneles transpirables |
| X | 19.6 | 7.7.2.6 | Inercia térmica | Estudiar incorporación de paños ciegos de la envolvente que pudiesen funcionar como muros trombe | Trabajos en huecos de ventana para conformar superficies que funcionasen como muros trombe | Impactos a nivel acústico y servidumbre de vistas al interior de las viviendas durante la realización de los trabajos | Coordinar horarios y plazos de ejecución con los vecinos |

Tabla 5.70. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B5 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

| Módulo B6 | | | Uso de energía en servicio | | | | |
|------------------------------|---------------------------|------------------------------|--|---|---|--|---|
| Especificación de escenario: | | | Estado proyectado y en ejecución del proyecto de regeneración | | | | |
| Influencia: | B2-B6 | Módulos de información | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| X (SÍ), NO, NR e INE | Aspecto/ indicador número | Aspecto conforme al apartado | Indicador | Disposición, medida o actividad específica (en el objeto de evaluación según se especifica en B1-USO) | ESCENARIO en B2-B7, relativo a la disposición/medida /actividad | Impacto en el módulo B2-B7 (especificación de qué impactos sociales tiene el escenario para el uso y/o los usuarios del edificio) | Proporcionar un valor para el indicador o especificar brevemente las medidas tomadas para evitar impactos en los módulos B2-B7 |
| | 1 | Accesibilidad | 7.2.2.1 Aproximación al edificio | | | | |
| | | | 7.2.2.2 Acceso y movimientos en el edificio | | | | |
| X | 2.9 | 7.2.2 | La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores | Estudiar, si fuese pertinente algo requerido por los usuarios, la sustitución de ascensores | Trabajos de rehabilitación funcional y/o energética enmarcadas dentro del proyecto de regeneración que afecten al edificio en su conjunto o parte del mismo | Imposibilidad de acceso por parte de los usuarios a las distintas plantas del edificio a través de los ascensores | Minimización del uso de los ascensores por parte de los operarios y disposición de un itinerario accesible alternativo |
| | 2 | Adaptabilidad | 7.3 Adaptabilidad | | | | |
| X | 1.3 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse a cambios técnicos | Actualizar las instalaciones obsoletas | Uso de las instalaciones incorporadas a la vivienda y consumo energético de la nueva instalación | Consumo energético elevado derivado de los nuevos equipos de iluminación, unidades terminales de clima, etc. | Limitación de potencia y dimensionado de LGAs conforme a nuevas demandas de consumo y limitación del mismo a través de la eficiencia energética de los equipos instalados |
| X | 1.4 | 7.3 | La capacidad del edificio para acomodarse al cambio de uso | Inventariar actividades compatibles | Uso de las instalaciones asociadas a los nuevos usos incorporados | | |
| | 3 | Salud y Confort | 7.4.2 Características térmicas | | | | |
| | | | 7.4.2.1 Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 1.1 | 7.4.2.1 | La temperatura de operación (°C o K) (temperatura radiante de las superficies, temperatura del aire y su distribución) | Adoptar medidas de transformación de la envolvente del edificio | Uso de las viviendas y aclimatación de los espacios por cada uno de los usuarios | Desviaciones de los resultados esperados con relación a la reducción de la demanda del edificio tras la implementación de las estrategias de mejora de la envolvente térmica | Cuantificar consumos mediante contadores inteligentes a fin de determinar si los ahorros reales se ajustan a los ahorros esperados |
| X | 1.2 | 7.4.2.1 | Humedad (% o g/kg) | | | | |
| X | 1.3 | 7.4.2.1 | Velocidad del aire (m/s) y distribución | Renovar el sistema de ventilación natural del edificio | Uso de las viviendas y aclimatación de los espacios por cada uno de los usuarios | Desviaciones de los resultados esperados con relación a la reducción de la demanda del edificio tras la implementación de las estrategias de mejora de la envolvente térmica | Cuantificar consumos mediante contadores inteligentes a fin de determinar si los ahorros reales se ajustan a los ahorros esperados |
| | | | 7.4.3 Características de calidad del aire interior | | | | |
| | | | 7.4.3.2 Aspectos de calidad del aire interior relativos al usuario y al sistema de control | | | | |
| X | 4.2 | 7.4.3.2 | ¿Hay control de la ventilación de los usuarios mediante control automático y/o manual? [sí/no] | Medidas de control manuales: uso de toldos, persianas y carpinterías | ídem indicador 3/1.1-1.3 | ídem indicador 2.2 y 2.5 | ídem indicador 2.2 y 2.5 |
| | | | 7.4.5 Características de confort visual | | | | |
| | | | 7.4.5.1 Aspectos de la característica de confort visual relativos a la estructura del edificio | | | | |
| X | 6.2 | 7.4.5.1 | Contribución de luz natural | Estudio de iluminación a efectos de soportar potenciales cambios de uso (Por ejemplo, oficinas) | Trabajos de ampliación de ventanas o incorporación de nuevas ventanas | ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 | ídem indicador 3/2.2 y 3/2.5 |
| | 4 | Seguridad | 7.7.2 Resistencia a las consecuencias del cambio climático | | | | |
| X | 19.5 | 7.7.2.6 | aire acondicionado, sistemas de ventilación | - | ídem indicador 3/1.1-1.3 | ídem indicador 3/1.1-1.3 | ídem indicador 3/1.1-1.3 |
| X | 19.6 | 7.7.2.6 | inercia térmica | Estudiar incorporación de paños ciegos de la envolvente que pudiesen funcionar como muros trombe | ídem indicador 3/1.1-1.3 | ídem indicador 3/1.1-1.3 | ídem indicador 3/1.1-1.3 |

Tabla 5.71. Propuesta de indicadores de evaluación del módulo de información B6 para escenario según el proyecto de regeneración proyectado. Fuente: Elaboración propia a partir de metodología UNE EN 16309+A1.

La determinación de los 32 indicadores de impacto social con relación a la implementación de medidas de regeneración de la envolvente térmica en el edificio permite:

- Conocer en mayor profundidad las necesidades de los vecinos con relación a las actuaciones que sobre el edificio se producen y cómo con ellas se responde a estas (módulo B1 de estado actual).
- Determinar, a través de la asignación de influencias establecidas para con dichos indicadores, aquellos impactos que se han de considerar a lo largo del ciclo de vida del edificio y las medidas que permiten evitarlos o minimizarlos, así como las propuestas de valor que proceden para cada uno de ellos (Tablas 5.67 a 5.71).

Del análisis de las medidas para evitar los impactos sociales a lo largo del ciclo de vida a propósito de la ejecución del PRET se infiere que la organización de un plan de mantenimiento de los sistemas que se implementen permite reducir impactos. Así mismo, se constata que en la medida de lo posible es más que adecuado simultanear la ejecución del PRET con actuaciones que persigan transformaciones funcionales a nivel interno de la vivienda, lo cual permite reducir ostensiblemente a lo largo del ciclo de vida los impactos al vecindario.

Todo ello destaca el interés del modelo cualitativo planteado, que queda definido a través de los indicadores seleccionados y que se evalúa previo a la ejecución de las actuaciones (fase 4), para la definición del proyecto de ejecución y para el mantenimiento del edificio.

Finalmente, se destaca por su relevancia, indicadores que permiten respaldar la adopción de actuaciones proyectuales a nivel de la envolvente que mejoren la calidad y el confort de las viviendas:

- **Indicador 7.2.2.** La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores (asociado a la intervención y en módulo B5). Se habrá de perseguir en la medida de lo posible simultanear actuaciones a nivel de la envolvente del edificio con obras a nivel interno de las viviendas, dado que la disposición de medios auxiliares para la renovación de las envolventes (andamios y/o sistemas de elevación de materiales exteriores) permite no depender exclusivamente de los elementos de comunicación de la torre de viviendas, mejorando esto además la seguridad durante los trabajos.
- **Indicador 7.3.** Adaptabilidad (asociado a la intervención y en módulo B5). Redistribuir espacios internos al tiempo que se transforma la envolvente vertical posibilita la integración de nuevos huecos en fachadas que mejoren la relación interior/exterior de la misma, así como la orientación e iluminación de las estancias.
- **Indicador 7.4.6.** Espacio exterior (asociado a la intervención y en módulo B5). La recuperación de espacios exteriores que se han perdido y la ampliación de los existentes son estrategias de diseño que pueden estudiarse e incorporarse al PRET.
- **Indicador 7.4.5.1.** Características de confort visual (asociado a la intervención y en módulo B5). Transformar los huecos existentes y definirlos como elementos perfectibles sobre los cuáles se puede intervenir a lo largo de la restante vida útil del edificio es un elemento destacado para la definición en el diseño de un sistema de módulos y ritmos de fachada que permita dar respuesta a las distintas redistribuciones interiores.

3.2.2.3. Evaluación de indicadores a través de encuesta del estado actual

La percepción de los usuarios con relación a la necesidad de renovación de sus inmuebles es un aspecto que ha sido estimado como el responsable del 44% de las operaciones de regeneración de los edificios (Marteinsson, 2005) . En línea con estas premisas, resulta pertinente conocer la visión subjetiva de los usuarios sobre el estado de sus viviendas y del edificio.

Para la realización de la encuesta se han sintetizado los indicadores en preguntas muy concretas que se han dividido en distintos bloques según se indica en la Tabla 5.72.

| Categorías y subcategorías de comportamiento social | Aspecto/ Indicador número | Pregunta con relación al indicador |
|--|---|--|
| Adaptabilidad | 2/1.1 | ¿Se acomoda la vivienda a tus necesidades? 1. ¿Cuántas personas vivís en la vivienda? 2. ¿Se usan todas las habitaciones? 3. Evalúa del 0 al 5, siendo el cinco la puntuación más alta, cómo de satisfecho/a estás con las características de cada una de las habitaciones de la vivienda. a. Vestíbulo b. Cocina c. Lavadero d. Salón-Comedor e. Aseo f. Dormitorios g. Baño h. Terraza 4. ¿Has pensado en cambiar de vivienda? 5. ¿Has pensado en modificar la distribución de tu vivienda? |
| | 2/1.2 | ¿Se acomoda la vivienda a los cambios que se dan en tu vida? a. SI/NO ¿Por qué? |
| | 2/1.3 | ¿Se acomoda la vivienda a la nueva tecnología con que cuentas en la vivienda? b. SI/NO ¿Por qué? |
| | 2/1.4 | ¿Has pensado en un uso diferente de esta vivienda compatible con el de residencia? (tipo negocio personal) c. SI/NO ¿Qué tipo de negocio y qué necesitarías? |
| | Salud y confort | Aspectos de características térmicas relativos a la estructura del edificio |
| | 3/1.2 | ¿Sientes excesiva humedad en tu vivienda? c. SI/NO |
| | 3/1.3 | ¿Consideras que tu casa está adecuadamente ventilada? |
| | 3/1.4 | ¿Sientes confort en tu vivienda las actividades que realizas en ella? |
| | 3/1.5 | ¿Sueles cambiar demasiado tu vestimenta entre verano e invierno? |
| Salud y confort | Aspectos de características térmicas relativos al usuario y sistema de control | 3/2.2 ¿Puedes controlar la temperatura de los espacios de la vivienda? a. SI/NO ¿Qué sistema empleas (manual/automático)? |
| | 3/2.3 | ¿Dispones de algún sistema que te permita conocer a qué temperatura está la habitación? |
| | 3/2.5 | ¿Puedes controlar el nivel de humedad de las habitaciones? |
| | 3/2.7 | ¿Puedes controlar la velocidad y distribución del aire en las habitaciones? |
| | 3/4.2 | ¿Puedes controlar la ventilación en tu casa mediante algún sistema automático? |

| Categorías y subcategorías de comportamiento social | Aspecto/ Indicador número | Pregunta con relación al indicador |
|---|---------------------------|--|
| | 3/5.5 | ¿Consideras adecuado el nivel de aislamiento acústico del edificio? |
| | 3/5.6 | ¿Tiene tu vivienda suficiente luz natural? |
| | 3/7.2 | ¿Tienes toldos en casas? ¿Los usas? |
| | 3/8.2 | ¿Consideras que tu vivienda tiene una altura adecuada? |
| | 3/8.6 | ¿Dispones de un espacio exterior en tu vivienda suficiente para el uso que haces del mismo? ¿Qué necesitas? |
| | 3/11.1 | ¿Consideras que hay demasiada contaminación y que eso afecta a las necesidades de limpieza de tu vivienda? |
| | 3/11.2 | ¿Percibes malos olores en tu vivienda derivados de instalaciones del edificio? ¿De qué instalaciones concretamente? |
| | 3/11.3 | ¿Dispones de aire acondicionado en la vivienda? |
| | 3/12.1 | ¿Consideras que existe en tu entorno excesiva contaminación lumínica? ¿Es complicado oscurecer la vivienda por las noches? |
| | 3/12.2 | ¿Consideras excesiva la luz que entra durante el día y te produce deslumbramientos? |
| | 3/12.3 | ¿Los edificios de alrededor hacen sombra a tu vivienda que impida que cuente con suficiente iluminación? |
| | 3/14.1 | ¿Dirías que se realiza un mantenimiento adecuado de la vivienda? ¿Cada cuánto tiempo se realizan reparaciones en ella? |
| Seguridad | 4/15.1 | ¿En tu experiencia dirías que tu vivienda resiste adecuadamente las lluvias torrenciales de los últimos años? ¿Has notado desperfectos/humedades/filtraciones? |
| | 4/15.2 | ¿Has tenido problemas de filtraciones por agua de lluvia en techos o zonas próximas al mismo? |
| | 4/18.3 | ¿Has tenido problema de humedad/condensaciones/filtraciones en fachada? ¿Cuál? |
| | 4/19.1 | ¿Qué medidas de control solar utilizas con mayor frecuencia (persianas/cortinas/toldo)? |
| | 4/19.2 | ¿Has cambiado las ventanas por una de mejores características en los últimos diez años? |
| | 4/19.6 | ¿Consideras que tu vivienda se beneficia de su orientación en los meses de verano y eso hace que ahorres en calefacción? |

Tabla 5.72. Formulario para encuesta telemática y presencial con relación a los indicadores a evaluar desde la perspectiva social para el módulo B1. Fuente: Elaboración propia.

La encuesta se ha de realizar a nivel del edificio donde se intervenga. Sin embargo, y a fin de recoger una muestra representativa más amplia con relación al organismo urbano, para la aplicación del modelo cualitativo se consideran a los vecinos de distintas torres de viviendas que responden al equivalente funcional. Los resultados son analizados en la fase 4 de la investigación, extrayéndose conclusiones respecto de los mismos que pudiesen afectar al modelo cuantitativo.

3.2.3. Desarrollo de escenarios, selección y cálculo de datos económicos para la evaluación del comportamiento de dicha dimensión según UNE-EN 16627 y UNE-EN 15459-1

Al objeto de satisfacer las condiciones específicas que se establecen normativamente para el cálculo del Coste de Ciclo de Vida (CCV), en este apartado se desarrollan aquellos escenarios que han sido seleccionados, al tiempo que se reflejan sus indicadores, de dónde se toman los datos y el método de cálculo del que nos serviremos. De un modo resumido, todos los asuntos que se abordan en esta sección quedan recogidos en la Tabla 5.73. Por otra parte, y debido principalmente a las distintas fuentes de los datos que se han de tener en cuenta para la evaluación económica, se ha entendido más adecuado para su comprensión especificar la selección de los mismos por cada una de las etapas.

| Límites del sistema | | Escenario | Indicadores | Origen de datos | Cálculo | |
|---|----------------------|--|--|--|--------------------|--------------------|
| Etapa de producto | A0 | Preconstrucción | Evaluación de aspectos económicos (gastos/incentivos) con que cuentan las actuaciones a desarrollar | € | AYTO. y JA | BIM + PRESTO |
| | A1- A3 | Suministro de materias primas y transporte | Evaluación económica de descompuestos de partidas asociadas a materiales utilizados en las actuaciones de regeneración | € | Base de datos CYPE | BIM + PRESTO |
| Etapa de construcción | A4- A5 | Fabricación y construcción | Evaluación económica de descompuestos asociados al coste de la mano de obra y el transporte | € | Base de datos CYPE | BIM + PRESTO |
| | Etapa de fin de vida | C2 | Transporte | Evaluación del coste económico del transporte a vertedero de los residuos generados. | € | Base de datos CYPE |
| C3 | | Tratamiento de residuos | Evaluación de costes económicos del tratamiento y vertido de los residuos. | € | Ayto. | BIM + PRESTO |
| C4 | | Vertido | | | | |
| Beneficios y cargas más allá del límite del sistema | DB6 | Uso de energía | Evaluación del consumo del edificio en fase operacional | € | REE y OMIE | BIM + PRESTO |
| | DB2 | Mantenimiento | Estimación de costes de mantenimiento, reparaciones y sustituciones en condiciones de uso normal | € | Base de datos CYPE | BIM + PRESTO |
| | DB3 | Reparación | | | | |
| | DB4 | Sustitución | | | | |
| DC1 | Demolición | Estimación de costes de demolición de las medidas de regeneración del edificio | | | | |

Tabla 5.73. Límites del sistema/escenarios/indicadores/fuentes y herramientas para evaluación económica. Fuente: Elaboración propia.

3.2.3.1. Escenarios, cálculo de ingresos y costes del objeto de evaluación y origen de los datos

- **Etapa de producto (A0-A5)**

Con anterioridad al inicio de todas las posibles actuaciones de regeneración, hay una serie de aspectos determinantes a la hora de acometer las mismas y que no han podido ser tenidos en cuenta para la evaluación de las otras dimensiones de la sostenibilidad, puesto que se relacionan exclusivamente con cuestiones económicas determinantes para el arranque de estas actuaciones. El origen de los datos a este respecto se analiza más adelante.

Es por ello, que, previo a cualquier otra consideración, hemos de contar con un conocimiento preciso de los costes e incentivos asociados a las actuaciones que van a realizarse. En el apartado 1.3.2 de la fase 1 se analizan pormenorizadamente los planes, incentivos y subvenciones promovidos a nivel estatal, autonómico y local con que cuentan las actuaciones a plantear, a partir de las conclusiones de dicho apartado se confecciona la Tabla 5.74, la cual recoge los principales aspectos a considerar desde una perspectiva económica en la etapa de preconstrucción de las medidas de regeneración de la envolvente térmica. Así mismo, se han considerado para la elaboración de dicha tabla, aspectos tales como los costes de licencias de las actuaciones que propone el Proyecto de Regeneración, los honorarios profesionales y los incrementos del presupuesto base de licitación (Beneficio Industrial y costes indirectos).

| Costes/ingresos | Origen de datos y/o conceptos | ¿aplica? | % | Cuantía mín-máx |
|--|---|----------|-----|----------------------|
| Incentivos o subvenciones a los que pueden acogerse los promotores/usuarios de las actuaciones de regeneración | Programa de fomento de mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas (Ministerio de fomento) | SI | 40% | 384,000€ 672,000€ |
| Costes de licencias a solicitar | Ordenanza fiscal n.º 15. Tasas por actuaciones urbanísticas (Ayuntamiento de Málaga, 2013). Montante en función de las clases de actuación. | SI | - | - |
| Honorarios profesionales | Recomendaciones del COAMA (España, 2009) | SI | - | - |
| Incrementos del presupuesto base de licitación | Gastos generales | SI | 13% | - |
| | Beneficio Industrial | SI | 6% | - |
| | Impuesto sobre el Valor Añadido | SI | 21% | - |

Tabla 5.74. Cuantificación y aplicabilidad de los costes e ingresos asociados al proyecto de regeneración de la envolvente térmica del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de diverso origen.

De todos los programas, analizados en fases anteriores, a los cuales podrían acogerse las actuaciones, se ha optado por trabajar con la hipótesis de que las actuaciones que van a plantearse en el caso de estudio se acogen al *Programa de fomento de la mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas* promovido por el Ministerio de Fomento. Los requisitos y limitaciones establecidos en dicho programa responden a las características de las actuaciones, del perfil de usuarios y del propio edificio, comportando además la más favorable de las situaciones respecto de la financiación de las actuaciones.

Para el cálculo de las cuantías a las que se tendrían acceso es necesario determinar previamente el valor del IPREM (Indicador Público de Renta de Efectos Múltiples), indicador del que se sirven los distintos programas de subvenciones y ayudas a la regeneración de los edificios para establecer unos máximos, atendiendo a aquellos ingresos familiares que no superen en un número determinado de veces dicho indicador. Los resultados para este indicador en el año 2019 establecían: un IPREM mensual de 537.84 €; un IPREM anual (12 pagas) de 6,454.03 € y un IPREM anual (14 pagas) de 7,519.59 €. En el caso de los dos programas a los cuales podría acogerse el edificio objeto de estudio de la investigación, obtenemos que los ingresos familiares para que dichas ayudas se viesan incrementadas habrían de situarse por debajo de los umbrales que se identifican en la Tabla 5.75.

| Incentivo | Condiciones | Umbrales | | |
|---|--|---------------|-------------|------------|
| Programa de fomento de mejora de la eficiencia energética y sostenibilidad en viviendas | Se establece un máximo de 8,000€ por vivienda que se pueden ver incrementados en un 75%. | 3.0 IPREM | mensual | 1,613.52€ |
| | | | anual (12p) | 19,362.09€ |
| | | | anual (14p) | 22,558.77€ |
| Plan de vivienda y rehabilitación de Andalucía 2016-2020 | Se fija hasta 7,200€ si los ingresos familiares son inferiores a 2.50 veces el IPREM | 2.50 IPREM | mensual | 1,344.60€ |
| | | | anual (12p) | 16,135.08€ |
| | Se fija hasta 8,800€ si los ingresos familiares son inferiores a 1.50 veces el IPREM | 1.50 IPREM | mensual | 806.76€ |
| | | | anual (12p) | 9,681.05€ |
| | | | anual (14p) | 11,279.39€ |

Tabla 5.75. Umbrales para el incremento de las ayudas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos contenidos en el plan y programas identificados.

Los datos se han contextualizado en el edificio de referencia a través de la encuesta realizada a los vecinos (Ramos-Martín, 2020a), donde se pedía a los encuestados que identificasen el rango de ingresos mensuales medios familiares brutos. Se ha entendido el indicador mensual como más adecuado de cara a incorporarlo en el cuestionario por sencillez en el planteamiento de la pregunta. De este modo se han identificado en el cuestionario los umbrales de 800€, 1,300€ y 1,600€. Los resultados muestran que los ingresos de un 47.10% de los vecinos encuestados se sitúan por debajo del primero de los umbrales, un 17.60% tienen ingresos mensuales por debajo de los 1,300€ mensuales, frente al 8.80%, cuyos ingresos se sitúan entre los 1,300€ y 1,600€. Los ingresos familiares del 26.50% de los vecinos restantes se sitúan por encima de los 1,600€. Con todo ello, a fin de confeccionar un perfil de usuarios demandantes de las ayudas para la rehabilitación de edificios, podemos determinar que, con relación a los resultados de las encuestas realizadas, un 73.50% de los vecinos encuestados están en disposición de unas ayudas que se verían incrementadas a 8,000€ por vivienda. Estos resultados se extrapolan al edificio objeto de la evaluación, con lo que se determina que en torno a 34 vecinos podrían acogerse a un incremento de las ayudas, pudiendo alcanzarse hasta una cobertura de hasta el 75% de la inversión correspondiente, lo cual habría de gestionarse mediante expediente aparte.

Al ser determinante la consideración de los asuntos referidos para la etapa de preconstrucción (A0) desde el punto de vista del alcance de la intervención y del planteamiento de distintas fases de actuación, habrán de ser prefijadas, consensuadas y deben estructurar la toma de decisiones en el resto de las evaluaciones.

Sin perjuicio de lo anterior, se habrían de poner a prueba fórmulas público-privadas para cubrir el total de las obras a realizar. Esto nos lleva a plantear figuras de promoción que pueden ir desde la organización de cooperativas vecinales para la regeneración de los edificios, a la participación de entidades encargadas de promover y coordinar estas actuaciones, que pudiesen contar o no con el apoyo de entidades financieras que tengan algún interés en la regeneración de los inmuebles o del entorno urbano en el cual se insertan. En cualesquiera de las fórmulas que se determinen como más idóneas, e incluso en la coexistencia de varias, se habrá de establecer con suficientes garantías que los intereses de los agentes intervinientes se alejan de la especulación inmobiliaria. Esto es sólo posible si a través de la concesión de líneas de financiación de las actuaciones se exige a quienes participen de la gestión de dichas intervenciones que existe un fin ético en las mismas, no provocándose fenómenos relacionados con la gentrificación del barrio y/o el deterioro del tejido social existente.

| Módulo de información A0 | | | | | | | |
|--|---|-----------------|--------------------|---------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Coste de tasas por actuaciones urbanísticas | | | | | | | |
| Epígrafe | Tipo de actuación | Tasa (€) | Tasa Mínima | Tipo de tasa | Actuación del PRET (Uds.) | Superficie/ Longitud | Tasa resultante |
| A2.5 | Reforma interior de vivienda sin cambio de uso y sin modificaciones estructurales | 50 | - | F | 5 | - | 250 |
| A2.6 | Reforma interior de vivienda con cambio de uso y con modificaciones estructurales | 7.5 | 120 | S | N | 20 | 150 |
| A2.7 | Reparación y mantenimiento de instalaciones y zonas de uso común interiores de las edificaciones y obras de escasa entidad para eliminar barreras arquitectónicas | 50 | - | F | 1 | - | 50 |
| A2.8 | Obras en zonas comunes No incluidas en el epígrafe A2.7 | 240 | - | F | 0 | - | 0 |
| A2.9 | Reparación y pintura de fachada sin alterar los huecos existentes en la fachada | 50 | - | F | 0 | - | 0 |
| A2.10 | Apertura de huecos, colocación o sustitución de rejas o barandas y colocación o sustitución de cierres | 6 | 50 | S | 0 | 50 | 300 |
| A2.11 | Revestimientos, aplacados, alicatados, pinturas | 50 | - | F | 1 | 50 | 50 |
| A2.12 | Obras exteriores en edificaciones en zonas ajardinadas, piscinas y/o zonas comunes que no afecten a la fachada, ni a la cubierta, ni a la vía pública, consistentes exclusivamente en la reparación, ejecución de revestimientos, soleras y/o solerías. | 50 | - | F | 0 | - | 0 |
| A2.13 | Reparación y mantenimiento del vallado existente en solar edificado | 50 | - | F | 0 | 50 | 0 |
| A2.14 | Ejecución o modificación de vallado | 0.5 | 50 | S | | | |
| A2.15 | Instalación de ascensor | 240 | - | F | | | |
| A2.16 | 1.-Instalación de piscina privada | 240 | - | F | 0 | - | 0 |
| | 2.-Instalación de piscina de uso colectivo | 450 | | F | 0 | | 0 |
| A2.17 | Instalaciones deportivas descubiertas | 0.5 | 50 | S | 0 | 0 | 0 |
| A2.20 | Otras Obras Menores e instalaciones No incluidas en los epígrafes anteriores que requieran proyecto o intervención técnica | 120 | - | F | | | |
| A2.22 | Rehabilitación de inmuebles. Actuaciones globales que abarcan varios tipos de obra. Si afectan a más del 50% de los capítulos de obra del inmueble, la tasa será la que corresponda como Obra Nueva | | | | | | |

F Tasa fija por vivienda o unidad de actuación
S Tasa en función de superficie/longitud de intervención

Tabla 5.76. Cálculo de tasas municipales para la rehabilitación de inmuebles. Fuente: elaboración propia a partir de la información contenida en la ordenanza n.º 15 de Málaga, relativa a los costes de tasas por actuaciones urbanísticas.

Por otra parte, la evaluación de los costes de tasas por las actuaciones urbanísticas derivadas de la ejecución de las obras del proyecto de regeneración es otro de los aspectos fundamentales a considerar desde la perspectiva económica en la etapa de

preconstrucción. En la Tabla 5.76 se recogen y cuantifican las actuaciones y los costes de tasas asociados a las mismas.

Por último, se habrán de determinar los costes asociados a las etapas de construcción que van desde los módulos A1 al A5. Tal y como se recoge en la Tabla 5.73, la fuente principal para obtener estos datos son las bases de datos existentes a nivel autonómico. Fruto de la aplicación de dichos costes asociados a las mediciones generadas mediante el modelo Revit se obtienen los resultados que son analizados más adelante, donde además se han incluido los costes e ingresos no anuales que se han obtenido en la etapa de preconstrucción. Tal y como puede apreciarse los incentivos económicos con que cuenta la comunidad de propietarios para afrontar los gastos de las obras, cubren el 40% del total del presupuesto de ejecución material.

- **Etapas de fin de vida (C2-C4)**

La consideración de estos escenarios comprende las labores de transporte de los residuos generados en las obras de renovación hasta las localizaciones para su procesamiento y/o almacenamiento (C2). Del mismo modo, se contemplan los costes derivados del tratamiento de residuos de construcción, sujetos a una serie de tasas municipales (C3 y C4).

- **Etapas más allá del límite del sistema (DB1-DB7)**

Se persigue la cuantificar los costes e ingresos generados como consecuencia de la ejecución del Proyecto de Regeneración analizado. En la Tabla 5.73 quedan recogido los principales módulos analizados, el origen de los datos que se aplican y las herramientas de cálculo. En las siguientes líneas se amplía dicha información e identifican los aspectos que han hecho que se descarte la evaluación de determinados módulos.

Previo al análisis en profundidad de los escenarios estudiados y atendiendo al segundo aspecto señalado en el párrafo anterior, se indican a continuación los módulos que se han descartado de la evaluación económica, así como los motivos que han llevado a ello:

- Módulo DB1

Tal y como se reconoce en la metodología de referencia (AENOR, 2016, p.39), la consideración de este módulo persigue incorporar a la evaluación hipótesis que no pudiesen estar cubiertas dentro de los módulos B2 y B7, como por ejemplo los costes de mantenimiento asociados al edificio cuando este estuviese desocupado no se utilizase. Bajo esta premisa no podríamos servirnos de esta hipótesis porque esto cambia el objeto de evaluación del edificio, en tanto que pasan de ser evaluadas las viviendas o el propio edificio y no las actuaciones sobre la envolvente propuestas. Es por ello, que considero que la evaluación de este módulo no aporta información valiosa respecto del objeto de estudio, pese a que pudiese ser interesante considerarlo a nivel de los costes de mantenimiento asociados a cada una de las viviendas que pudiesen estar sin uso, aunque, con ello, se cambiase por completo el objeto de evaluación, que pasaría a ser el edificio en su conjunto.

- Módulo DB5

Los aspectos que pudiesen relacionarse con la rehabilitación del objeto de evaluación no deben considerarse porque con la puesta en servicio del proyecto de regeneración estudiado, que constituye en sí una actuación de rehabilitación sobre el edificio, se prolonga la vida útil de este al punto de que no sean necesarias futuras actuaciones de rehabilitación sobre el objeto de evaluación (las propias medidas de rehabilitación de la envolvente) a efectos

de mejorar el rendimiento energético de las viviendas, aunque si reparaciones, mantenimientos y sustituciones, que quedan recogidos en los módulos B2, B3 y B4, que sí son estudiados.

En resumen, la consideración del supuesto de que la vida útil requerida de la torre de viviendas es igual a la vida útil de los sistemas ensamblados para la mejora del rendimiento energético y las condiciones de confort de los usuarios de la vivienda, hace que se descarten escenarios de rehabilitación de las propias actuaciones de regeneración a nivel de la envolvente, sin que por otra parte pueda ser desdeñable la consideración de este módulo siempre y cuando se lleven a cabo reformas interiores de las viviendas que tengan por objeto la modificación de huecos en fachada, lo cual es difícilmente asumible en la evaluación a un nivel inicial, puesto que los intereses de los usuarios pueden cambiar en cualquier momento.

- o Módulo D_{B7}

El estudio del uso de agua en servicio tras la ejecución de las actuaciones es un aspecto que para el edificio de referencia no podemos considerar, por no existir relación entre el objeto de evaluación y el módulo a evaluar. No obstante, no es así en todos los casos, ya que en aquellos edificios que cuentan con un sistema de calefacción centralizado o individualizado por vivienda, dotados de dispositivos intercambiadores dependientes de un agua pretratada por los equipos de climatización, también verían reducido el consumo de agua tras las actuaciones de regeneración, lo cual debería ser considerado desde el punto de vista económico.

Como puede verse, la consideración de los distintos módulos viene en gran medida condicionada por el objeto de evaluación, así como la tipología de edificio seleccionada, lo cual incide sobre la necesidad del planteamiento de una metodología acorde tanto con el tipo de actuaciones, como con las tipologías susceptibles de ser regeneradas y evaluadas bajo las consideraciones realizadas en esta investigación.

Por otra parte, se analiza en los siguientes puntos los módulos considerados, las hipótesis realizadas para su cálculo y el origen de los datos:

- o Módulos D_{B2}, D_{B3} y D_{B4}

Los costes reales de mantenimiento, reparación y sustitución es algo extraordinariamente complejo de prever, ya que es difícil determinar el número de reparaciones que requerirán los elementos, los accidentes o catástrofes meteorológicas que puedan llegar a producirse, etc. Es por ello por lo que, para la evaluación de estos escenarios, nos servimos del módulo de mantenimiento decenal que desarrolla CYPE para su base de datos y que basa sus cálculos en la información directa contenida en los documentos de idoneidad técnica de los sistemas constructivos empleados y otra información aportada por los fabricantes. De este modo, podremos determinar el coste de mantenimiento decenal estimado de cada una de las operaciones de regeneración propuestas, así como el coste del conjunto de ellas.

- o Módulo D_{B6}

Los ahorros económicos se determinan a través de la estimación de los consumos calculados mediante la herramienta DesignBuilder a lo largo del ciclo de vida del edificio para los distintos escenarios temporales basados en archivos climáticos locales transformados, a fin de determinar la repercusión del cambio climático en el periodo de retorno de la inversión económica.

Para ello se toman los datos calculados en el apartado 2.3.1.2, donde se cuantifican los ahorros en KWh/m² año. El total de dicha cuantía multiplicado por el total de la superficie útil de las viviendas nos permite determinar el consumo anual del edificio. Con dicha cantidad se realiza una estimación de los costes energéticos asociados a los consumos, comparándose estos con el consumo del edificio tras el proyecto de regeneración, a fin de contemplar este dato como ingresos en el total de la evaluación económica.

Para la determinación de los costes económicos nos serviremos del Informe de Precios Energéticos Regulados que elabora anualmente el Instituto para la Diversificación y el Ahorro Económico, dependiente del Ministerio para la transición ecológica en base a la metodología de cálculo expresada en el Real Decreto Legislativo 216/2014 (España, 2014c). Los valores de precio real son difícilmente determinables, ya que las compañías comercializadoras de servicios energéticos no facilitan con suficiente claridad los métodos de cálculo de las tarifas y se aplican conceptos difícilmente comprensibles en las facturas. Al servirnos de esta fuente de datos y de la citada metodología, contamos con una fuente de datos cuya implementación está en auge y que, en la actualidad, es aplicable a aquellos hogares que dispongan de contador inteligente, por lo que se entiende este método de determinación de los costes como adecuado, habida cuenta de que en el edificio de referencia ya han sido instalados dichos dispositivos de lectura.

La hipótesis de cálculo de estos costes parte de la premisa de contar con unos peajes de acceso a baja tensión que no fijan discriminación de horarios, lo cual establece que nos encontremos en un tipo de tarifa 2.0A, determinándose de este modo unos costes al mes que se recogen en la Tabla 5.77. Sin perjuicio de lo anterior, éstos costes fluctúan diariamente, el cálculo de los mismos queda igualmente legislado a través del RD 216/2014, pero distintas entidades expresan a través de sus páginas dichos datos (OMIE, 2019; REE, 2019b), dada la complejidad del cálculo, sujeto a múltiples variables económicas.

o Módulo Dc1

La determinación de los costes de eliminación de las actuaciones permite definir el coste global de la intervención, tal y como se detalla en el apartado 3.2.3.2. El interés de considerar este módulo es meramente indicativo y se pone al servicio de comparar distintas opciones de diseño y no tanto respecto de informar con la obtención del mismo a quienes afronten la inversión de los gastos que se derivan de estas actuaciones fuera del ciclo de vida (propietarios de las viviendas). Cabe señalar que, en la hipótesis de que el edificio fuese de una propiedad única, este indicador adquiriría relevancia de cara a la determinación de los costes de derribo y eliminación del inmueble.

| Tarifa 2.0a | Peaje de acceso | | Coste de comercialización | | Coste de energía |
|-------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---|------------------|
| | Térmico de potencia €/KW y mes | Término de energía €/ KWh y mes | Término de potencia €/ KW y mes | Término de energía €/KWh y mes | |
| | 3.1702855 | 0.044027 | 0.25942 | 0.001647 (2014) 0.001970 (2015) 0.001589 (2016) 0.000557 | OMIE y REE |

Tabla 5.77. Precios voluntarios para el pequeño consumidor (PVPC). Fuente: elaboración propia a partir de los datos del informe para 2019 realizado por el IDAE.

De este modo, y considerando las distintas herramientas se ponen a nivel de los usuarios para la determinación de los costes asociados al consumo energético (REE, 2019a), se determinan los distintos valores contenidos en la Tabla 5.78, que nos permiten determinar la evolución del PVPC a lo largo de los últimos cinco años. A fecha de la investigación en curso, se determina un precio voluntario para el pequeño consumidor de referencia que se sitúa en 0.113466 €/KWh.

| Estudio evolución PVPC Tarifa por defecto (Peaje 2.0 A) para consumos por vivienda de referencia | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|---------------------------|--------|
| Mes | 2014 | | 2015 | | 2016 | | 2017 | | 2018 | | 2019 | |
| | Facturación mensual (KWh) | | Facturación mensual (KWh) | | Facturación mensual (KWh) | | Facturación mensual (KWh) | | Facturación mensual (KWh) | | Facturación mensual (KWh) | |
| | P.A. | C.E. | P.A. | C.E. | P.A. | C.E. | P.A. | C.E. | P.A. | C.E. | P.A. | C.E. |
| Ene | - | | 0.1279 | | 0.1038 | | 0.1477 | | 0.1206 | | 0.1296 | |
| | | | 0.0440 | 0.0838 | 0.0440 | 0.0598 | 0.0440 | 0.1037 | 0.0440 | 0.0765 | 0.0440 | 0.0856 |
| Feb | - | | 0.1193 | | 0.0920 | | 0.1213 | | 0.1215 | | 0.1207 | |
| | | | 0.0440 | 0.0753 | 0.0440 | 0.0479 | 0.0440 | 0.0773 | 0.0440 | 0.0775 | 0.0440 | 0.0767 |
| Mar | - | | 0.1179 | | 0.0918 | | 0.1107 | | 0.1072 | | 0.1144 | |
| | | | 0.0440 | 0.0739 | 0.0440 | 0.0478 | 0.0440 | 0.0667 | 0.0440 | 0.0632 | 0.0440 | 0.0703 |
| Abr | 0.0954 | | 0.1213 | | 0.0861 | | 0.1116 | | 0.1095 | | 0.1155 | |
| | 0.0440 | 0.0514 | 0.0440 | 0.0773 | 0.0440 | 0.0421 | 0.0440 | 0.0675 | 0.0440 | 0.0655 | 0.0440 | 0.0715 |
| May | 0.1113 | | 0.1182 | | 0.0886 | | 0.1129 | | 0.1212 | | 0.1112 | |
| | 0.0440 | 0.0672 | 0.0440 | 0.0742 | 0.0440 | 0.0446 | 0.0440 | 0.0688 | 0.0440 | 0.0771 | 0.0440 | 0.0672 |
| Jun | 0.1196 | | 0.1267 | | 0.1006 | | 0.1140 | | 0.1234 | | 0.1081 | |
| | 0.0440 | 0.0756 | 0.0440 | 0.0827 | 0.0440 | 0.0566 | 0.0440 | 0.0700 | 0.0440 | 0.0794 | 0.0440 | 0.0641 |
| Jul | 0.0913 | | 0.1320 | | 0.1029 | | 0.1132 | | 0.1274 | | 0.1130 | |
| | 0.0440 | 0.0473 | 0.0440 | 0.0880 | 0.0440 | 0.0589 | 0.0440 | 0.0692 | 0.0440 | 0.0834 | 0.0440 | 0.0690 |
| Ago | 0.1211 | | 0.1257 | | 0.1040 | | 0.1129 | | 0.1323 | | 0.1059 | |
| | 0.0440 | 0.0770 | 0.0440 | 0.0816 | 0.0440 | 0.0599 | 0.0440 | 0.0689 | 0.0440 | 0.0882 | 0.0440 | 0.0619 |
| Sep | 0.1312 | | 0.1183 | | 0.1062 | | 0.1139 | | 0.1383 | | 0.1027 | |
| | 0.0440 | 0.0872 | 0.0440 | 0.0743 | 0.0440 | 0.0622 | 0.0440 | 0.0698 | 0.0440 | 0.0942 | 0.0440 | 0.0587 |
| Oct | 0.1297 | | 0.1162 | | 0.1187 | | 0.1246 | | 0.1319 | | - | |
| | 0.0440 | 0.0857 | 0.0440 | 0.0722 | 0.0440 | 0.0746 | 0.0440 | 0.0806 | 0.0440 | 0.0879 | | |
| Nov | 0.1211 | | 0.1230 | | 0.1234 | | 0.1299 | | 0.1298 | | - | |
| | 0.0440 | 0.0771 | 0.0440 | 0.0790 | 0.0440 | 0.0793 | 0.0440 | 0.0859 | 0.0440 | 0.0858 | | |
| Dic | 0.1226 | | 0.1221 | | 0.1300 | | 0.1284 | | 0.1310 | | - | |
| | 0.0440 | 0.0786 | 0.0440 | 0.0781 | 0.0440 | 0.0860 | 0.0440 | 0.0843 | 0.0440 | 0.0870 | | |
| Media | 0.1053 | €/KWh | 0.1224 | €/KWh | 0.1040 | €/KWh | 0.1201 | €/KWh | 0.1245 | €/KWh | 0.1135 | €/KWh |
| Diferencia porcentual respecto del año anterior | | | 1.162% | | 0.850% | | 1.155% | | 1.037% | | 0.911% | |
| Diferencia porcentual respecto a origen | | | 1.08% | | | | | | | | | |

P.A. Peaje de Acceso
C.E. Coste de energía

Tabla 5.78. Estudio evolución del Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor mensual y anual desde fecha de registros existentes. Fuente: elaboración propia a partir de datos de la aplicación Lumios de la Red Eléctrica de España (año de consulta 2019).

Finalmente, a fin de contrastar la realidad del edificio objeto de estudio con la referencia para la determinación del coste de la energía, se han comparado los valores medios de consumos energéticos obtenidos para la encuesta realizada (ver apartado 4.1.3.4) en el edificio objeto. De este modo se han podido obtener unos valores medios anuales de consumos energéticos de 666.96€ por vecino para el año 2019, lo cual nos permite determinar, en base a los consumos estimados por el modelo informático utilizado, un coste de 0.118194964€/kWh, lo cual se aproxima a los valores obtenidos en la Tabla 5.78, con un margen de error del 4.16%.

Con ello podemos concluir que los valores de referencia obtenidos a través de Red Eléctrica de España son aceptables para el modelo matemático que se plantea, por lo que se toma el valor de referencia de 0.113466 €/KWh para la estimación del retorno de la inversión a través de los ahorros en la factura energética tras la implementación del proyecto de regeneración.

Complementariamente, y a fin de obtener unos ingresos/costes a futuro que permitan tomar datos en el presente, conviene determinar el incremento por el cual se calcula la evolución de los precios de la energía eléctrica. En este sentido el Operador del Mercado Ibérico de Energía, aportó en su último informe (2018, p. 56) un incremento del precio ponderado para comercializadores (exceptuando comercializadores de referencia) y consumidores directos que se sitúa en el 2%. Dicho incremento coincide con los valores por defecto para el mismo concepto que se establecen en la norma UNE 15459-1:2018, que detalla el procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios, con arreglo a la directiva de eficiencia energética en edificios (EPBD) y se entiende por tanto adecuado en el presente para tomarlo como valor de referencia para los cálculos que se expresan más adelante.

3.2.3.2. Selección de indicadores y método de cálculo

Para la selección de indicadores que nos permitan obtener información respecto de la evaluación económica de las actuaciones nos apoyaremos tanto en la normativa de referencia (AENOR, 2016, pp.49-50), como en la norma UNE EN 15459-1:2018. A tales efectos, los cálculos de los costes agregados de las operaciones a plantear y/o beneficios económicos que puedan calcularse a lo largo de la vida útil del edificio tras las intervenciones constituyen la base para la determinación de lo que financieramente se conoce como el flujo de caja de la inversión que se pretende realizar (CF).

Uno de los principales indicadores que reconoce la normativa UNE-EN 16627 es el Valor Actual Neto (VAN) (Fórmula 5.2). Mediante la obtención de dicho indicador podremos determinar el valor actual que aporta el proyecto evaluado a lo largo de todo el periodo de evaluación, para así poder compararlo con otros proyectos alternativos. Tal y como se reconoce en la norma, para poder evaluar distintos proyectos habremos de considerar una tasa de descuento real del 3%, lo cual se toma a su vez del Reglamento Delegado UE n.º 244/2012 de la Comisión de 16 de enero de 2012 para el cálculo de las medidas de coste óptimo, ampliando la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (AENOR, 2016, p.48).

$$VAN = -CO_{INIT} + \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + RAT_{disc})^t}$$

Siendo

CO_{INIT} la inversión inicial para sufragar los costes de las obras, incluyendo los incentivos y ayudas;

CF_t los ingresos y costes durante el periodo de estudio asociados al proyecto de regeneración;

t número de periodos considerados;

RAT_{disc} tasa de descuento.

Fórmula 5.2. Expresión matemática para el cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Fuente: UNE-EN 16627:2015.

La determinación de los costes e ingresos a lo largo del periodo de estudio parten de la premisa esencial de comparar los costes del edificio de referencia, es decir el edificio en el estado actual y bajo las premisas de un mantenimiento acorde con los sistemas de envolvente térmica que lo integran, con los costes asociados al mantenimiento de las actuaciones de regeneración de la envolvente y con los ingresos derivados de ahorros de energía. El nivel de agregación de los costes e ingresos está en función del nivel de detalle disponible, cuyas fuentes se han detallado al inicio de este apartado.

A fin de clarificar cómo se calcula uno de los elementos más importantes definidos en la Fórmula 5.2 como es la inversión inicial, se establece en la Fórmula 5.3 los conceptos que engloba dicha inversión inicial.

$$CO_{INIT} = C_{pem} + C_{ht} + C_{tm} - S$$

Siendo

C_{pem} costes del presupuesto de ejecución material (sin I.V.A.);

C_{ht} costes honorarios técnicos (sin I.V.A.);

C_{tm} costes de tasas municipales;

S subvención otorgada por la administración para sufragar parte de los costes de obra.

Fórmula 5.3. Expresión matemática para el cálculo de la inversión inicial. Fuente: UNE-EN 16627:2015.

Paralelamente a la obtención del valor actual nominal, habremos de poder determinar el beneficio anual equivalente que se obtuviese con las distintas combinaciones de opciones de diseño a nivel de la envolvente que se pretendan evaluar. Para la determinación del valor anual equivalente (VAE), que permite conocer los ingresos equivalentes que se producirían a lo largo del periodo de estudio de referencia, nos serviremos de la expresión recogida en la Fórmula 5.4.

$$VAE = VAN \times \left[\frac{RAT_{disc}}{1 - (1 + RAT_{disc})^{-t}} \right]$$

Siendo

VAN valor actual neto;
 t número de periodos considerados;
 RAT_{disc} tasa de descuento.

Fórmula 5.4. Expresión matemática para el cálculo del Valor Anual Equivalente (VAE). Fuente: UNE-EN 16627:2015.

Por otra parte, y a fin de determinar indicadores complementarios a la norma anteriormente citada, tales como el periodo de retorno de la inversión y el coste global de la intervención, se considera lo establecido por la norma UNE-EN 15459-1:2018 para el cálculo de dichos indicadores.

Para la determinación del coste general (CG) (ver Fórmula 5.5), se habrán de considerar los distintos costes asociados a la implementación de las soluciones constructivas, así como el valor residual de aquellos sistemas implementados. Dentro de los costes anuales se tienen en cuenta los costes de la energía, de mantenimiento de los elementos de la envolvente sobre los que se intervendría. Se establecen para cada uno de los costes enunciados unos valores de actualización de los precios de los componentes y/o servicios, así como unos costes para los derechos de emisión conforme a los datos recogidos por la plataforma online Carbon Pricing Dashboard (2017) para el año 2019, que establecen un coste de 16.56\$ por tonelada de CO₂ emitida. Así mismo, se consideran los costes que comporta la eliminación y desmantelamiento de los distintos sistemas constructivos que integran la envolvente al fin de la vida útil prevista para el edificio.

$$CG = CO_{INIT} + \sum_i \left[\sum_{j=1}^{TC} (CO_{a(i)}(j) * (1 + RAT_{xx(i)}) + CO_{CO2(i)}(j)) * D_{-f(i)} + CO_{fdisp(TLS)}(j) - VAL_{fin(t_{TC})}(j) \right] [€]$$

Siendo

CO_{INIT} coste de la inversión inicial;
 $CO_{a(i)}(j)$ coste anual para el año i del componente o servicio j;
 $(1 + RAT_{xx(i)})$ evolución de los precios para el año i del componente o servicio;
 $CO_{CO2(i)}(j)$ coste de las emisiones de CO₂ para la medida j durante el año i;
 $D_{-f(i)}$ factor de descuento del año i;
 $CO_{fdisp(TLS)}(j)$ coste final de eliminación para desmantelamiento;
 $VAL_{fin(t_{TC})}(j)$ valor residual del sistema ensamblado j para el año TC;
 TC periodo de cálculo.

Fórmula 5.5. Expresión matemática para el cálculo del Coste Global (CG). Fuente: UNE-EN 15459-1:2018.

Para el estado del proyecto regenerado, la previsión de que todos los sistemas implementados en el edificio tengan una vida útil esperada igual al periodo de cálculo hace que dicho valor residual sea cero. No obstante, la consideración de dicho valor residual final (ver Fórmula 5.6) es interesante para prever los costes globales del edificio sin rehabilitar, ya que se habrá de llevar a cabo un plan de mantenimiento y regeneración de los distintos sistemas, aunque no estuviesen estos orientados a una mejora de la eficiencia energética, que producirán un valor residual, dado que la vida útil de los sistemas que se implementen se harán conforme al plan de mantenimiento del edificio y en alguno de los casos la vida útil de dichos sistemas superará el periodo de estudio de referencia.

$$VAL_{fin}(j) = V_{(0)}(j) * (1 + RAT_{pr})^{n*LS(j)} * \left[\frac{t_{TC} - n * LS(j)}{LS(j)} \right] * D_{f_{t_{TC}}} [€]$$

Siendo

| | |
|---|---|
| $V_{(0)}(j)$ | último coste de reposición (en la fecha de sustitución); |
| n | número de sustituciones durante el periodo de cálculo; |
| RAT_{pr} | evolución del precio de los productos; |
| $LS(j)$ | vida útil esperada del sistema ensamblado j ; |
| $\left[\frac{t_{TC} - n * LS(j)}{LS(j)} \right]$ | amortización lineal del último coste de sustitución; |
| $D_{f_{t_{TC}}}$ | valor de la tasa de descuento al finalizar el periodo de cálculo. |

Fórmula 5.6. Expresión matemática para el cálculo del Valor residual (final). Fuente: UNE-EN 15459-1:2018.

Paralelamente, conviene señalar que todos los costes se determinan para cada uno de los años del estudio conforme a la evolución de los precios que se establezca para cada uno de los conceptos. Así mismo, para la obtención del coste global, se considera el valor actual (presente) de los costes a lo largo de la vida útil y del valor residual, mediante la aplicación de un factor de descuento según se indica en la Fórmula 5.7.

$$D_{-f(i)} = \left(\frac{1}{1 + RAT_{disc}} \right)^i$$

Siendo

| | |
|--------------|--|
| RAT_{disc} | el factor de descuento; |
| i | número de años i desde el año de inicio. |

Fórmula 5.7. Expresión matemática para el cálculo del factor de descuento. Fuente: UNE-EN 15459-1:2018.

Otro de los indicadores complementarios a los que he aludido antes y que resulta especialmente interesante de cara a la toma de decisiones es el periodo de retorno de la inversión. Mediante dicho indicador se puede establecer con claridad el número de años necesarios para que se compense la inversión inicial realizada mediante la reducción de costes asociados al consumo de energía (Fórmula 5.8). Para el caso que nos ocupa, puesto que el coste inicial de referencia para el edificio en su estado actual sería 0, puesto que no se prevé costes algunos asociados a la no adopción de ninguna medida, comporta que la siguiente expresión sea igual que el valor actual nominal, o lo que es lo mismo, los retornos de la inversión se producirán cuando el valor actual nominal sea igual a cero.

$$\sum_{t=1}^{TPB} CF_t * \left(\frac{1}{1 + RAT_{disc}} \right)^t - CO_{INIT} + CO_{INIT\ ref} = 0$$

| | |
|------------------------------|--|
| <i>TPB</i> | es el último año del período de recuperación de la inversión (cuando la fórmula es igual a cero); |
| <i>t</i> | número de años desde el año de inicio. |
| <i>RAT_{disc}</i> | el factor de descuento; |
| <i>CO_{INIT}</i> | costes de inversión inicial; |
| <i>CO_{INIT ref}</i> | costes de inversión inicial para el caso de referencia (0 para la opción de no regenerar la envolvente); |
| <i>CF_t</i> | diferencia de los costes anuales (diferencia de flujo de tesorería) entre el edificio regenerado y el edificio sin ningún tipo de acción sobre el mismo. |

Fórmula 5.8. Expresión matemática para el periodo de retorno de la inversión. Fuente: UNE-EN 15459-1:2018.

3.3. Conclusiones de la fase 3

La metodología define y propone límites del sistema y escenarios para la evaluación en coherencia con el equivalente funcional, seleccionándose aquellas etapas del ciclo de vida del edificio regenerado para las cuales es posible en la actualidad contar con información. A nivel de las soluciones constructivas para la renovación de la envolvente, se verifica la viabilidad de integrar en un modelo de cuantificación:

- Los impactos medioambientales, definidos a través de los módulos que van del A1 al A5 (etapa de producto y de proceso de construcción), módulo C2 (transporte de los residuos de RCD, perteneciente a la etapa de fin de vida) y el módulo D_{B6} (uso de la energía en servicio), a través del cual se determina los beneficios más allá del límite del sistema derivados de los ahorros energéticos a lo largo del ACV que se consiguen a través del PRET.
- Los impactos económicos, definidos mediante los módulos que van del A0 al A5 (costes asociados a la producción y construcción de las soluciones), del C2 al C4 (costes derivados del transporte, tratamiento para la reutilización, recuperación y reciclado, y eliminación de los RCDs asociados a la implementación del PRET) y los beneficios tras la implementación de las medidas que tienen su origen en los ahorros económicos a lo largo del PER (módulos D_{B6}), así como los costes asociados al mantenimiento, sustitución y/o reparación de dichas medidas (módulos D_{B2-B4}).

Con relación a los escenarios desarrollados para el modelo cualitativo, se constata el interés de contar con un perfil de uso de los vecinos del edificio con anterioridad al planteamiento de cualquier intervención que permita conocer los intereses de estos con relación a las transformaciones que sobre la envolvente se producirán a fin de contribuir con ello a la mejora de aspectos tales como la adaptabilidad, la salud y el confort, y la seguridad. Por este motivo se consideran dos escenarios diferenciados:

- El estado actual del edificio. Donde se evalúa el módulo B1 a fin de constatar los intereses de los usuarios con relación a las transformaciones que se han de producir sobre el edificio a propósito de la renovación de la envolvente.
- El estado proyectado y en ejecución del PRET. Donde se verifica la adecuación de la estrategia a través de la evaluación del módulo B1 y se evalúan los restantes módulos de uso (del B2 al B6, exceptuando el módulo B7 para el uso del agua en servicio). La determinación de dichos módulos se establece a través

de la asignación de influencias de unos sobre otros, lo cual establece una consideración diferente de cada uno de los indicadores para cada uno de los citados módulos.

Los indicadores para las dimensiones económica y medioambiental descritos en esta fase permiten comparar distintas combinaciones de opciones de diseño constructivo (COOD) para cada una de las actuaciones de regeneración de la envolvente térmica. El modelo cuantitativo permite la obtención de los siguientes indicadores de impacto con relación a dichas dimensiones para el PRET conforme a la COOD que se evalúe:

- CO_{INIT} (€). Coste inicial de la propuesta.
- CO_{MA} (€/año). Coste de mantenimiento de las COOD a lo largo de la restante vida útil. Dichos costes se actualizan a lo largo del ACV con relación a los parámetros financieros establecidos.
- VAN (€). Valor actual neto de la propuesta, determina el valor presente de la misma con relación a los ingresos y costes que se producen a lo largo de todo el periodo de estudio de referencia, verificándose la aportación de valor siempre y cuando el valor sea positivo.
- VAE (€). Valor anual equivalente, establece el rendimiento anual uniforme de la inversión en la transformación del edificio.
- CG (€). Coste general, muestra información actualizada del total de costes económicos asociados a la COOD considerando todas las etapas vistas, incluido el desmantelamiento de los sistemas ensamblados.
- TPB (años). Periodo de retorno de la inversión, permite conocer el año a partir del cual la intervención genera un valor económico a través de los ahorros energéticos que permite la implementación de las actuaciones.
- GWP ($KgCO_{2equiv}$). Potencial de calentamiento global (también identificado como carbono incorporado a la COOD), cuantifica el impacto medioambiental asociado a la implementación de las medidas sobre la envolvente.
- TPB CO_2 (años). Periodo de compensación de emisiones, pone en relación el impacto medioambiental de la COOD con los ahorros en emisiones derivados de la implementación de las medidas, permitiendo conocer a partir de qué año se produce un ahorro real de emisiones.

Por otra parte, la identificación de indicadores para la evaluación social del estado actual (Módulo B1) nos lleva a la selección de 32 indicadores que están relacionados con las actuaciones que a nivel de la envolvente se plantean. A través de la asignación de influencias de unos módulos sobre otros a lo largo de la etapa de uso del edificio, se contextualizan dichos indicadores para cada uno de los módulos.

La evaluación de indicadores pertenecientes al módulo B1 para el estado actual del edificio permite prever el grado de intervención sobre el mismo, al tiempo que se identifican las tendencias de consumo actuales con relación a la categoría de salud y confort, siendo a este respecto determinante conocer de cara a la estimación de ahorros de emisiones y consumos a lo largo del ACV:

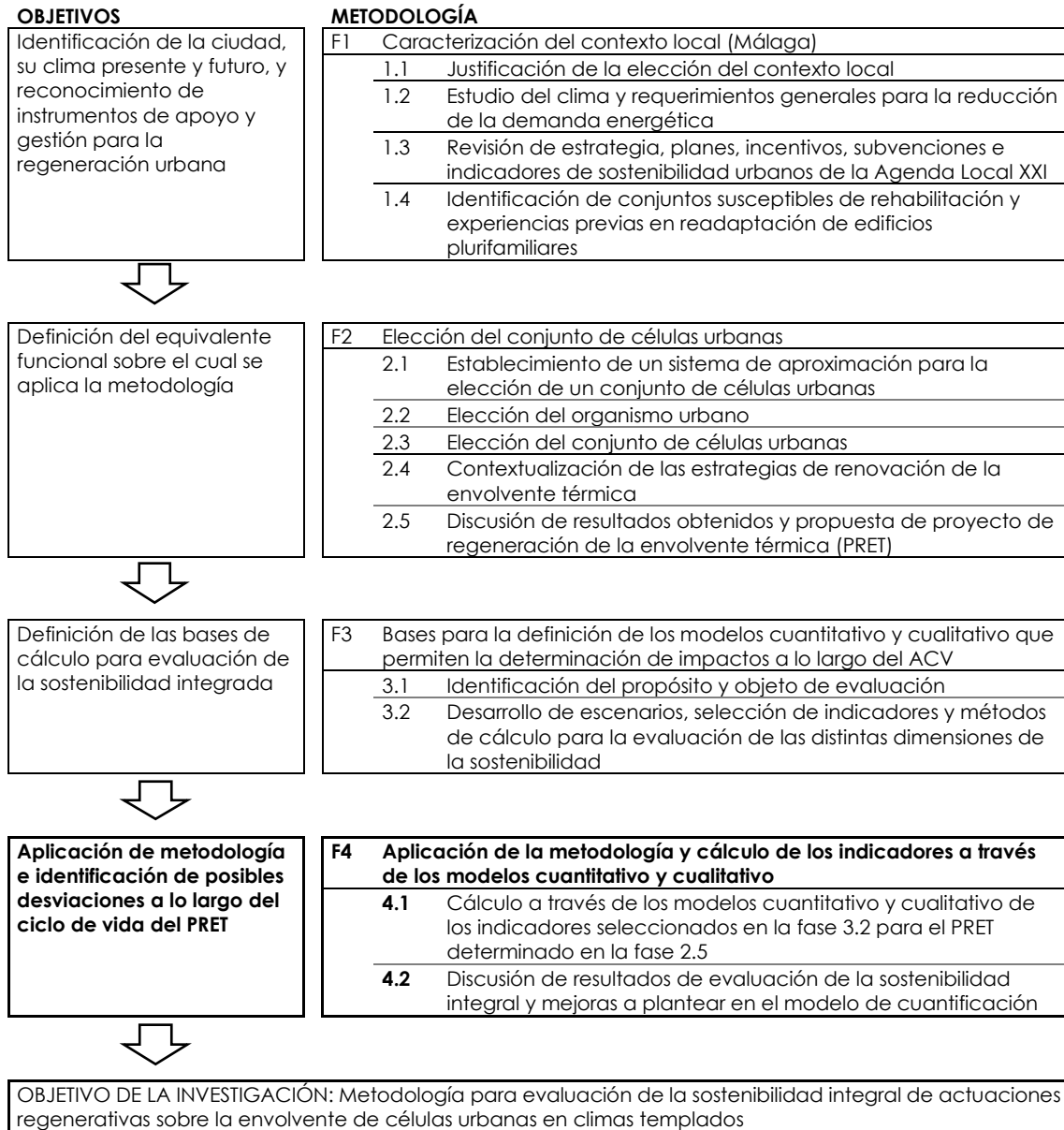
- La tendencia de consumo de los usuarios con relación a la climatización de su vivienda.
- El grado de satisfacción de los vecinos para con su vivienda y las intervenciones de los mismos realizadas a nivel de la envolvente térmica del edificio.

Con relación al segundo de los aspectos enunciados, cabe destacar que, como uno de los efectos colaterales de la pandemia global generada por la COVID-19, un importante número de vecinos ha detectado durante los meses de confinamiento las carencias de la vivienda con relación a un uso más prolongado de la misma, lo cual está motivando en el presente la realización de obras de adaptación y adecuación de los distintos espacios de la vivienda que no se habían previsto hasta la fecha. Sin embargo, tal y como se ve en la fase 4, este cambio de tendencia no ha podido ser integrado en la aplicación de la metodología propuesta por haberse realizado el estudio de campo con anterioridad a la pandemia, pero se constata que la metodología propuesta es sensible al mismo.

La evaluación de los indicadores relativos a los módulos que van del B2 al B6 para el estado proyectado y en ejecución del PRET se realiza a través de unas fichas de verificación que han quedado descritas en esta fase y que constituyen una guía de cara a la toma de decisiones que el proyectista habrá de integrar en el PRET, siendo además un documento que ha de sumarse al libro del edificio regenerado a fin de realizar un seguimiento de los indicadores. Cabe destacar por su importancia una serie de indicadores que respaldan la adopción de actuaciones proyectuales a nivel de la envolvente:

- Indicador 7.2.2. La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores (asociado a la intervención y en módulo B5). Las actuaciones sobre la envolvente y para la mejora de la adaptabilidad que conjuntamente se produjeren a nivel interno de las viviendas motiva que se haya de realizar un estudio en detalle de la accesibilidad al edificio, dado el impacto que sobre el normal uso de los elementos de comunicación se produce como consecuencia del proyecto en ejecución. Esto pone de relieve el interés de intervenir conjuntamente sobre la envolvente y el interior de las viviendas, dado que la disposición de medios auxiliares para la renovación de la envolvente (andamios y/o sistemas de elevación de materiales exteriores) permite no depender exclusivamente de los espacios de comunicación del edificio, lo cual mejora además la seguridad de los trabajos.
- Indicador 7.3. Adaptabilidad (asociado a la intervención y en módulo B5). La transformación de la envolvente del edificio junto con la ejecución de obras de adaptación de las viviendas permite la posibilidad de integrar nuevos huecos en fachadas que mejoren la relación interior/externo de la misma, así como la orientación e iluminación de las estancias.
- Indicador 7.4.6. Espacio exterior (asociado a la intervención y en módulo B5). Recuperar las terrazas que se han cerrado, así como aumentar las ya existentes son opciones de diseño que han de contemplarse en el PRET.
- Indicador 7.4.5.1. Características de confort visual (asociado a la intervención y en módulo B5). La transformación de los huecos y definición de los mismos como elementos perfectibles sobre los cuáles se puede intervenir a lo largo de la restante vida útil del edificio es un elemento destacado para la definición en el diseño de un sistema de módulos y ritmos de fachada que permita dar respuesta a las distintas redistribuciones.

F4. Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores a través de los modelos cuantitativo y cualitativo



La primera fase de la investigación permite reconocer desde una escala de la ciudad aquellos aspectos que condicionan la toma de decisiones para la identificación de conjuntos de células urbanas susceptibles de ser regenerados desde una óptica medioambiental. Con ello se pone el énfasis en la aportación de valor mediante las intervenciones, así como la mejora del confort térmico y, por ende, del rendimiento energético del edificio.

En la segunda fase se pone de relieve el potencial que las Agendas Locales representan de cara al empleo de sus indicadores urbanos para la definición de sistemas de aproximación que permitan, bajo las premisas que se establezcan, la elección de organismos urbanos sobre los cuales dirigir actuaciones de regeneración. Ello ha permitido definir un equivalente funcional sobre el cual resulta pertinente evaluar, a través de distintos modelos, la sostenibilidad de la intervención que se plantee.

La fase 3 permite identificar el propósito y el objeto de dicha evaluación de la sostenibilidad, al tiempo que desarrolla los escenarios, reconoce los indicadores de los que se servirá para su cálculo y define el mismo. Gracias a ello se establecen dos modelos de cuantificación abstractos, así como una estructura y procedimientos ampliables y perfectibles que pueden replicarse en otros contextos para la obtención de resultados.

La última fase tiene por objetivo aplicar al equivalente funcional seleccionado en la fase 2 los modelos que se han definido en la fase 3, así como identificar las posibles desviaciones que se derivan de la consideración de aspectos sociales en conjunto con los medioambientales y económicos. El contenido se estructura en dos apartados:

4.1. Cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5. Donde se detallan los resultados de la aplicación de los modelos cuantitativos (dimensiones económica y medioambiental) y el modelo cualitativo (dimensión social)

4.2. Discusión de resultados de evaluación integrada y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación. Este apartado persigue identificar las alteraciones sobre los resultados del modelo cuantitativo (a través de los indicadores retorno de la inversión económica y periodo de compensación de emisiones) que se generan al priorizar unas dimensiones de la sostenibilidad frente a otras, así como determinar el peso específico de la dimensión social respecto de la desviación de los resultados esperados analizados en el apartado anterior.

4.1. Cálculo a través de los modelos cuantitativo y cualitativo de los indicadores seleccionados en la fase 3.2 para el PRET determinado en la fase 2.5

En el presente apartado se muestran los resultados de la aplicación de la metodología para el proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET) de un edificio representativo de una realidad urbana de orden mayor que hemos definido como *organismo urbano*. Para ello, tal y como se ha visto en la fase 3 para la determinación de los métodos de cálculo de cada una de las dimensiones, los resultados que a continuación se analizan son fruto de modelos diferenciados:

- **Modelo cuantitativo.** La evaluación de las dimensiones medioambiental y económica se basan en dicho modelo y responde a las características físicas de una propuesta estandarizada de mejora de los elementos afectados por la intervención. Dicho modelo cuantitativo se desarrolla en dos fases:
 - **Modelo cuantitativo Inicial (MCI).** Permite determinar los impactos de los indicadores medioambientales y económicos de distintos conjuntos de opciones de diseño (COOD) a lo largo de la restante vida útil del edificio y los pone en relación con los ahorros teóricos para dicho periodo de tiempo.
 - **Modelo cuantitativo final (MCF).** Parte del MCI, integrándose en el mismo los resultados del modelo cualitativo en lo referente a las tendencias de consumo de los usuarios y el grado de intervención de estos sobre la envolvente, lo cual permite calcular las desviaciones con relación a, entre otros indicadores, el retorno de la inversión económica y el periodo de compensación de emisiones.
- **Modelo cualitativo.** La evaluación de la dimensión social, por el contrario, es única y exclusivamente sensible a la obtención de resultados por medio de las encuestas realizadas (las cuales pueden verse en el CD de anejos a la investigación) y basadas en las experiencias de los usuarios finales de las viviendas del edificio sobre el cual se plantea la intervención. Todos aquellos resultados que no son integrados en el MCI para la obtención del MCF forman parte del conjunto de prerequisites con los que ha de plantear el proyectista la intervención.

Para cada uno de los modelos cuantitativos se genera un libro informático de trabajo, en el cual se programa e integran los cálculos necesarios para la obtención de resultados (ver CD con anejos) y que se desarrollan en detalle en la fase 3. La herramienta desarrollada permite un número máximo de opciones de diseño (OOD) constructivo para cada una de las actuaciones de regeneración de la envolvente:

- **EVF-B4+M1.** Con un límite de tres opciones a nivel del sistema de fachada ventilada (EVF-B4) y un máximo de tres opciones a nivel del aislamiento que se incorpora (EVF-M1).
- **EHCP-B2+M1.** Con un límite de dos opciones de diseño para la transformación en cubierta plana ventilada (EHCP-B2) y de 3 opciones de aislamiento incorporado (EHCP-M1).
- **EVH-C3.** Con un límite de dos opciones de diseño para la adición de nueva carpintería al exterior del hueco.

A través del modelo cuantitativo en su primera fase (MCI) se han obtenido los resultados de las siguientes Tablas (Tablas 5.79, 5.80 y 5.81), fruto de la evaluación de las distintas estrategias que integran el PRET y diversas opciones de diseño a nivel de producto. Dichos resultados se analizan en los apartados 4.1.2. y 4.1.4 para el comportamiento ambiental y económico respectivamente.

| EVF-B4+M1 B4 Transformación en fachada ventilada | | M1 Incorporación de aislamiento por el exterior | | Indicadores ambientales | | | | | Indicadores económicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|--|--------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------------------|---|---------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|--|---|--------------------|----------------------|-----------------------|---|-------------------|----|--------------------------------|----------------|---|--------------------|-------|--|
| Medición (m ²) y código de estrategia | Opciones de diseño (OOD) | | Construcción (A1-A5) | | | Transporte (C2) | Construcción (A1-A5) | | Transporte, tratamiento de residuos y vertido (C2-C4) | | | | | | Costes más allá del límite del sistema (Módulo D _{B2-B4}) | | | | | | | | | | | | |
| | Opciones de diseño a nivel de componente constructivo | Opciones a nivel de subcomponente | ADP_combustibles fósiles (MJ) | | GWP (kg CO ₂ equiv) | | Costes no anuales (€) | Transporte (C2) a vertedero (€) | | Coste de tratamiento (C3) | | Canon de vertido (C4) | | Estimación de cantidad de residuos esperados | | | Total, Módulos C2-C4 | Mantenimiento decenal | | | | | | | | | |
| | | | por m ² | MJ | por m ² | kg CO ₂ | | kg CO ₂ | por m ² | € | por m ³ | € | por m ³ | € | Tipo de residuo | por m ³ | | | € | Tn/m ² | Tn | m ³ /m ² | m ³ | € | por m ² | €/año | |
| EV 3037.3 | OP1 | Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL. | Panel laminado decorativo de alta presión HPL | 172.48 | 523,873.50 | 10.23 | 31,071.58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Perfilería de aluminio para formación de fachada ventilada | 194.93 | 592,060.89 | 11.10 | 33,714.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 367.41 | 1,115,934.39 | 21.33 | 64,785.61 | 1612.00 | 128.1 | 389,108.50 | 1.08 | 15.00 | 8.29 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | OP2 | Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas de hormigón polímero de una cara vista. | Pieza de hormigón polímero para fachada de una cara vista | 70.29 | 213,491.82 | 6.68 | 20,289.16 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Estructura de soporte de aluminio para formación de fachada ventilada con piezas de hormigón | 250.35 | 760,388.06 | 14.36 | 43,615.63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 320.64 | 973,879.87 | 21.04 | 63,904.79 | 1612.00 | 133.6 | 405,752.91 | 20.93 | 15.00 | 45.20 | | | | | | | | | | | | | |
| | OP3 | Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas cerámicas. | Pieza cerámica para fachada de gres porcelánico extruido de una cara vista | 61.91 | 188,039.24 | 4.70 | 14,275.31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Estructura de soporte de aluminio para formación de fachada ventilada con piezas cerámicas | 692.16 | 2,102,297.57 | 39.41 | 119,699.99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 754.07 | 2,290,336.81 | 44.11 | 133,975.30 | 2184.70 | 111.2 | 337,687.01 | 25.34 | 15.00 | 75.72 | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 5.79. Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño (OOD) para la estrategia EVF-B4+M1. Fuente: Elaboración propia a partir de la contextualización de los datos de las distintas fuentes de información analizadas (MCI).

5. Desarrollo de la investigación. F4

| EVF-B4+M1 | | B4 | Transformación en fachada ventilada | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|--|-------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------|---|-------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|---|-------------------|----|--------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|--------------|--|
| | | M1 | Incorporación de aislamiento por el exterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medición (m ²) y código de estrategia | Opciones de diseño (OOD) | | Indicadores ambientales | | | | | Indicadores económicos | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Opciones de diseño a nivel de componente constructivo | | Construcción (A1-A5) | | Transporte (C2) | | | Construcción (A1-A5) | | Transporte, tratamiento de residuos y vertido (C2-C4) | | | | | | Costes más allá del límite del sistema (Módulo D _{B2-B4}) | | | | | | | | |
| | | | ADP combustibles fósiles (MJ) | | GWP (kg CO ₂ equiv) | | Costes no anuales (€) | | | Transporte (C2) a vertedero (€) | | Coste de tratamiento (C3) | | Canon de vertido (C4) | | Estimación de cantidad de residuos esperados | | | Total, Módulos C2-C4 | | Mantenimiento decenal | | | |
| | | | por m ² | MJ | por m ² | kg CO ₂ | kg CO ₂ | por m ² | € | por m ³ | € | por m ³ | € | Tipo de residuo | por m ³ | € | Tn/m ² | Tn | m ³ /m ² | m ³ | € | por m ² | €/año | |
| EV 3037.3 | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) para aislamientos | 142.07 | 431,509.21 | 4.09 | 12,422.56 | | | | | | | | Mezcla sin clasificar | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Taco y soporte de nylon para fijar materiales aislantes | 1.13 | 3,432.15 | 0.17 | 516.34 | | | | | | | | Plásticos | | | | | | | | | | |
| | | | 143.20 | 434,941.36 | 4.26 | 12,938.90 | 1612.00 | 11.28 | 34,260.74 | 1.05 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | 0.23 | 69.86 | |
| | OP2 | Plancha de poliestireno expandido (EPS) | 73.71 | 223,879.38 | 10.88 | 33,045.82 | | | | | | | | Mezcla sin clasificar | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M1 | | Taco y soporte de nylon para fijar materiales aislantes | 3.01 | 9,142.27 | 0.44 | 1,336.41 | | | | | | | Plásticos | | | | | | | | | | | |
| | | | 76.72 | 233,021.66 | 11.32 | 34,382.24 | 1612.00 | 8.82 | 26,788.99 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | 0.18 | 54.67 | |
| OP3 | Plancha de poliestireno extruido (XPS) | 147.43 | 447,789.14 | 21.76 | 66,091.65 | | | | | | | | Mezcla sin clasificar | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Taco y soporte de nylon para fijar materiales aislantes | 3.01 | 9,142.27 | 0.44 | 1,336.41 | | | | | | | Plásticos | | | | | | | | | | | |
| | | | 150.44 | 456,931.41 | 22.20 | 67,428.06 | 1612.00 | 8.30 | 25,209.59 | 1.01 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | 0.17 | 51.63 | |

Tabla 5.79 (continuación). Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño (OOD) para la estrategia EVF-B4+M1. Fuente: Elaboración propia a partir de la contextualización de los datos de las distintas fuentes de información analizadas (MCI).

5. Desarrollo de la investigación. F4

| Medición (m ²) y código de estrategia | Opciones de diseño (OOD) | | Indicadores ambientales | | | | Indicadores económicos | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---|--------------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|-------------|--|---|--------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|-------------|
| | Opciones de diseño a nivel de componente constructivo | Opciones a nivel de subcomponente | Construcción (A1-A5) | | | | Transporte (C2) | | Construcción (A1-A5) | | Transporte, tratamiento de residuos y vertido (C2-C4) | | | | | | | Costes más allá del límite del sistema (Módulo D _{B2-B4}) | | | | | |
| | | | ADP_combustibles fósiles (MJ) | | GWP (kg CO ₂ equiv) | | | | Costes no anuales (€) | | Transporte (C2) a vertedero (€) | | Coste de tratamiento (C3) | | Canon de vertido (C4) | | Estimación de cantidad de residuos esperados | | | Total, Módulos C2-C4 | Mantenimiento decenal | | |
| | | | por m ² | MJ | por m ² | kg CO ₂ | kg CO ₂ | por m ² | € | por m ³ | € | por m ³ | € | Tipo de residuo | por m ³ | € | Tn/m ² | Tn | m ³ /m ² | m ³ | € | por m ² | €/año |
| EH 419.3 | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) para aislamientos | 142.07 | 59,569.95 | 4.09 | 1,714.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 142.07 | 59,569.95 | 4.09 | 1,714.94 | 1612.00 | 11.28 | 4,729.70 | 1.91 | 0.78 | | | | 18.41 | 7.55 | 8.10E-05 | 0.03 | 1.35E-04 | 0.41 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7.55 | | 0.03 | | | | 0.41 | 14.48 | 0.23 | 9.64 |
| M1 | OP2 | Plancha de poliestireno expandido (EPS) | 73.71 | 30,906.60 | 10.88 | 4,561.98 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 73.71 | 30,906.60 | 10.88 | 4,561.98 | 1612.00 | 8.82 | 3,698.23 | 1.91 | 0.44 | | | | 18.41 | 4.19 | 4.50E-05 | 0.02 | 7.50E-05 | 0.23 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4.19 | | 0.02 | | | | 0.23 | 8.05 | 0.23 | 9.64 |
| OP3 | Plancha de poliestireno extruido (XPS) | 147.43 | 61,817.40 | 21.76 | 9,123.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 147.43 | 61,817.40 | 21.76 | 9,123.97 | 1612.00 | 8.30 | 3,480.19 | 1.91 | 0.74 | | | | 18.41 | 7.16 | 7.70E-05 | 0.03 | 1.28E-04 | 0.39 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 7.16 | | 0.03 | | | | 0.39 | 13.73 | 0.23 | 9.64 |

Tabla 5.80 (continuación). Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño para la estrategia EHCP B2+M1 a nivel de cubierta. Fuente: Elaboración propia a partir de la contextualización de los datos de las distintas fuentes de información analizadas (MCI).

| EVH C3 | | C3 Adición de carpintería por el exterior | | Indicadores ambientales | | | | | Indicadores económicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------|-----------------------|---|---------------------------------|------|---------------------------|---|-----------------------|-------------------|--|--------------------------------|---|----------------------|--------------------|-----------------------|--|--|--|
| Medición [N.º de ventanas / Balconeras (NV/NB), Superficie Ventanas / Balconeras (SV/SB)] y código de estrategia | Opciones de diseño (OOD) | | | Construcción (A1-A5) | | | | | Transporte (C2) | | Construcción (A1-A5) | | | | | Transporte, tratamiento de residuos y vertido (C2-C4) | | | | | Costes más allá del límite del sistema (Módulo D _{B2-B4}) | | | | | | |
| | Opciones de diseño a nivel de componente constructivo | | | ADP_combustibles fósiles (MJ) | | GWP (kg CO ₂ equiv) | | | | | Costes no anuales (€) | | Transporte (C2) a vertedero (€) | | Coste de tratamiento (C3) | | Canon de vertido (C4) | | Estimación de cantidad de residuos esperados | | | Total, Módulos C2-C4 | | Mantenimiento decenal | | | |
| | | | | por m ² | MJ | por m ² | kg CO ₂ | kg CO ₂ | por m ² | € | por m ³ | € | por m ³ | € | Tipo de residuo | por m ³ | € | Tn/m ² | Tn | m ³ /m ² | m ³ | € | por m ² | €/año | | | |
| NV 240.00 NB 48.00 SV 290.40 SB 172.80 | C3 | OP1 | Adición de ventana de 110x110 cm, con ventana de PVC no plastificado. | Sellado de junta de carpinterías con el hueco de obra (ml) | 1.81 | 1,911.36 | 0.27 | 285.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ventana de PVC no plastificado (Ud.) | 2,430 | 583,252.80 | 333.21 | 79,970.40 | | | | | 1.91 | 0.01 | | | | 18.41 | 0.06 | 1.90E-05 | 0.00 | 1.30E-05 | 3E-03 | | | | |
| | | | | Colocación de marco de acero (Ud.) | 59.67 | 14,320.80 | 8.26 | 1,982.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Vidrio aislante de luna incolora de 6/12/6 mm (m ²) | 427.68 | 124,198.27 | 26.18 | 7,602.67 | | | | | 2.06 | 0.02 | | | | 27.38 | 0.23 | 2.08E-04 | 0.05 | 3.47E-05 | 8E-03 | | | | |
| | | | | | 2,919 | 723,683.23 | 367.92 | 89,840.59 | | 363.5 | 87,232.80 | | 0.02 | | | 0.29 | | 0.05 | | 0.01 | | 32.7 | 785.04 | | | | |
| | | | Adición de balconera de 180x200 cm, con balconera de PVC no plastificado. | Sellado de junta de carpinterías con el hueco de obra (ml) | 4.03 | 1,547.52 | 0.59 | 226.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Balconera de PVC no plastificado (Ud.) | 7,642 | 366,811.68 | 1,033 | 49,597.44 | | | | | 1.91 | 0.01 | | | | 18.41 | 0.10 | 3.40E-05 | 0.01 | 2.30E-05 | 6E-03 | | | | |
| | | | | Colocación de marco de acero (Ud.) | 116.71 | 5,602.08 | 16.73 | 803.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Vidrio aislante de luna incolora de 6/12/3+3 mm (m ²) | 2,091 | 361,302.34 | 128.00 | 22,118.40 | | | | | 2.06 | 0.23 | | | | 27.38 | 3.01 | 2.75E-04 | 0.07 | 4.58E-04 | 1E-01 | | | | |
| | | | | | 9,854 | 735,263.62 | 1,179 | 72,745.44 | | 661.2 | 31,739.04 | | 0.24 | | | 3.11 | | 0.07 | | 0.12 | | 59.5 | 285.65 | | | | |
| Totales | | | | | | 1,458,946.8 | | 162,586.03 | 1612.00 | | 118,971.84 | | 0.26 | | | 3.21 | | 0.14 | | 0.14 | 3.47 | | 1070.69 | | | | |

Tabla 5.81. Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño para la estrategia EVH C3 a nivel de huecos. Fuente: Elaboración propia a partir de la contextualización de los datos de las distintas fuentes de información analizadas (MCI).

5. Desarrollo de la investigación. F4

| EVH C3 | | C3 Adición de carpintería por el exterior | | Indicadores ambientales | | | | | Indicadores económicos | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|--------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|-------------------|-----------------------|------|---------------------------------|-------------|---------------------------|---|-----------------------|-------------------|--|--------------------------------|---|----------------------|--------------------|-----------------------|--------|--|--|
| Medición [N.º de ventanas / Balconeras (NV/NB), Superficie Ventanas / Balconeras (SV/SB)] y código de estrategia | Opciones de diseño (OOD) | | | Construcción (A1-A5) | | | | | Transporte (C2) | | Construcción (A1-A5) | | | | | Transporte, tratamiento de residuos y vertido (C2-C4) | | | | | Costes más allá del límite del sistema (Módulo D _{B2-B4}) | | | | | | |
| | Opciones de diseño a nivel de componente constructivo | | | ADP combustibles fósiles (MJ) | | GWP (kg CO ₂ equiv) | | | | | Costes no anuales (€) | | Transporte (C2) a vertedero (€) | | Coste de tratamiento (C3) | | Canon de vertido (C4) | | Estimación de cantidad de residuos esperados | | | Total, Módulos C2-C4 | | Mantenimiento decenal | | | |
| | | | | por m ² | MJ | por m ² | kg CO ₂ | kg CO ₂ | por m ² | € | por m ³ | € | por m ³ | € | Tipo de residuo | por m ³ | € | Tn/m ² | Tn | m ³ /m ² | m ³ | € | por m ² | €/año | | | |
| NV 240.00 NB 48.00 SV 290.40 SB 172.80 | C3 | OP2 | Adición de ventana de 110x110 cm, con ventana de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico. | Sellado de junta de carpinterías con el hueco de obra (ml) | 1.81 | 1,911.36 | 0.27 | 285.12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Ventana de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico (Ud.) | 3,320 | 796,708.80 | 471.21 | 113,090.40 | | | | | 1.91 | 0.01 | | | 18.41 | 0.06 | 1.90E-05 | 0.00 | 1.30E-05 | 3E-03 | | | | | |
| | | | | Colocación de marco de acero (Ud.) | 59.67 | 14,320.80 | 8.26 | 1,982.40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Vidrio aislante de luna incolora de 6/12/6 mm (m ²) | 427.68 | 124,198.27 | 26.18 | 7,602.67 | | | | | 2.06 | 0.02 | | | 27.38 | 0.24 | 2.17E-04 | 0.05 | 3.62E-05 | 9E-03 | | | | | |
| | | | | | 3,809 | 937,139.23 | 505.92 | 122,960.59 | 465.6 | 111,746.40 | 0.02 | | | | | | 0.30 | | 0.06 | | | 0.01 | 51.2 | 1229.28 | | | |
| | | | | Adición de balconera de 180x220 cm, con balconera de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico. | Sellado de junta de carpinterías con el hueco de obra (ml) | 4.03 | 1,547.52 | 0.59 | 226.56 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Balconera de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico (Ud.) | 10,981 | 527,082.72 | 1,559 | 74,838.24 | | | | | 1.91 | 0.01 | | | 18.41 | 0.10 | 3.40E-05 | 0.01 | 2.30E-05 | 6E-03 | | | | |
| | | | | | Colocación de marco de acero (Ud.) | 116.71 | 5,602.08 | 16.73 | 803.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Vidrio aislante de luna incolora de 6/12/3+3 mm (m ²) | 2,091 | 361,302.34 | 128.00 | 22,118.40 | | | | | 2.06 | 0.24 | | | 27.38 | 3.15 | 2.88E-04 | 0.07 | 4.80E-04 | 1E-01 | | | | |
| | | | | | | 13,193 | 895,534.66 | 1,704 | 97,986.24 | 698.8 | 33,543.84 | 0.25 | | | | | | 3.26 | | 0.08 | | | 0.12 | 76.9 | 368.98 | | |
| Totales | | | | 1,832,673.9 | | 220,946.83 | 1612.00 | | | 145,290.24 | 0.27 | | | 3.36 | | 0.15 | | 0.14 | 3.63 | | | 1598.26 | | | | | |

Tabla 5.81 (continuación). Determinación de impactos medioambientales y económicos de las distintas opciones de diseño para la estrategia EVH C3 a nivel de huecos. Fuente: Elaboración propia a partir de la contextualización de los datos de las distintas fuentes de información analizadas (MCI).

Las tablas de la 5.79 a la 5.81 muestran la cuantificación de los impactos medioambientales y económicos para los módulos seleccionados. En base a dichas opciones de diseño se realizan una serie de combinaciones de opciones de diseño (COOD) para cada una de las actuaciones regenerativas (EVF-B4+M1, EHCP-B2+M1 y EVH-C3) que son analizadas y jerarquizadas en base a sus impactos desde una perspectiva medioambiental (apartado 4.1.2) y desde una perspectiva económica (apartado 4.1.4). Dichas opciones de diseño son las siguientes:

- **EVF-B4+M1.** Actuaciones regenerativas a nivel de la envolvente térmica vertical, elementos de fachada:
 - **Estrategia de transformación Bioclimática. Transformación en fachada ventilada (B4):**
 - Opción 1.** Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL.
 - Opción 2.** Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas de hormigón polímero de una cara vista.
 - Opción 3.** Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas cerámicas.
 - **Estrategia de mejora del aislamiento térmico. Incorporación de aislamiento por el exterior de la fachada (M1):**
 - Opción 1.** Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW)
 - Opción 2.** Plancha de poliestireno expandido (EPS)
 - Opción 3.** Plancha de poliestireno extruido (XPS)
- **EHCP-B2+M1.** Actuaciones regenerativas a nivel de la envolvente térmica horizontal de cubierta plana:
 - **Estrategia de transformación Bioclimática. Transformación en cubierta plana ventilada (B2):**
 - Opción 1.** Rehabilitación energética con losa filtrante para formación de cubierta transitable con cámara ventilada.
 - Opción 2.** Cubierta invertida transitable con pendientes de un pavimento de terrazo sobre soportes.
 - **Estrategia de mejora del aislamiento térmico. Incorporación de aislamiento por el exterior de la cubierta (M1):**
 - Opción 1.** Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW)
 - Opción 2.** Plancha de poliestireno expandido (EPS)
 - Opción 3.** Plancha de poliestireno extruido (XPS)
- **EVH-C3.** Actuaciones regenerativas a nivel de la envolvente térmica vertical, elementos de huecos en fachada:
 - **Estrategias de cambio del sistema constructivo por uno nuevo o combinación del existente con uno nuevo. Adición de nueva carpintería al exterior del hueco (C3):**
 - Opción 1.** Adición de ventanas y balconeras de PVC no plastificado.
 - Opción 2.** Adición de ventanas y balconeras de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico.

4.1.1. Resultados de la simulación energética del Proyecto de Regeneración a lo largo del periodo de estudio de referencia bajo la perspectiva del cambio climático (Evaluación Módulo DB6).

La simulación de los modelos térmicos del edificio, en su estado actual (EA) y tras la aplicación de un proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET) a lo largo de los distintos años en los cuales se ha realizado las transformaciones climáticas para un escenario A2 conforme a las proyecciones realizadas por el IPCC en su tercer informe y que pronostican un aumento de las temperaturas de entre 1.4–5.8°C para el año 2100 (Watson, 2001), pone de relieve el peso específico en términos de consumo y emisiones de los equipos de refrigeración. En este sentido, observamos una evolución de los consumos de calefacción que desciende a lo largo de los distintos años, frente a unos consumos de refrigeración que aumentan; lo cual motiva que, pese a la adopción de actuaciones de regeneración de la envolvente del edificio, a partir del año 2050 se descompensen los consumos en los meses cálidos y en los meses fríos, llegando a situarse los consumos de refrigeración por encima del 70% del total (Tabla 5.82). Esto conlleva una pérdida de eficacia de las medidas, ya que los porcentajes de reducción del consumo descienden de un 47% para la situación actual a un 34% para el año 2080, cayendo trece puntos el ahorro a lo largo del periodo de simulación. Por ello, los ahorros energéticos, así como las emisiones, a lo largo del periodo de estudio de referencia varían, lo cual se tiene en cuenta desde la perspectiva de análisis de ciclo de vida del PRET con relación al retorno de la inversión económica y el periodo de compensación de las emisiones.

| | | | HadCM3-A2-2020 | HadCM3-A2-2050 | HadCM3-A2-2080 |
|-------------------|--|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| EA | Calefacción | kWh/m ² año | 19.74 | 12.22 | 6.39 |
| | | Calificación de la demanda (CTE) | D | C | B |
| | | MWh | 107.26 | 66.4 | 34.74 |
| | | % | 66.09 | 41.72 | 18.82 |
| | Refrigeración | kWh/m ² año | 10.13 | 17.07 | 27.58 |
| | | Calificación de la demanda (CTE) | C | D | F |
| | | MWh | 55.04 | 92.76 | 149.85 |
| | | % | 33.91 | 58.28 | 81.18 |
| | Total | kWh/m ² año | 29.87 | 29.29 | 33.97 |
| | Consumo total (incluyendo iluminación) | kWh/m ² año | 58.78 | 58.2 | 62.88 |
| | T.ª máxima operativa | °C | 28.02 | 28.74 | 31.4 |
| | T.ª mínima operativa | | 18.27 | 18.43 | 18.69 |
| | T.ª media operativa | | 22.67 | 23.6 | 24.95 |
| Emisiones totales | TnCO _{2equiv} | 193.54 | 191.64 | 207.05 | |

| | | | HadCM3-A2-2020 | HadCM3-A2-2050 | HadCM3-A2-2080 |
|-----------------------------------|--|----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| PRET | Calefacción | kWh/m ² año | 8.05 | 4.27 | 1.53 |
| | | Calificación de la demanda (CTE) | C | B | A |
| | | MWh | 43.73 | 23.18 | 8.31 |
| | Refrigeración | kWh/m ² año | 7.79 | 12.95 | 20.88 |
| | | Calificación de la demanda (CTE) | B | C | D |
| | | MWh | 42.33 | 70.36 | 113.46 |
| | Total | % | 49.19 | 75.22 | 93.18 |
| | | kWh/m ² año | 15.82 | 17.22 | 22.41 |
| | Consumo total (incluyendo iluminación) | kWh/m ² año | 44.75 | 46.12 | 51.32 |
| | T.ª operativa | °C | 27.64 | 29.29 | 32.45 |
| | T.ª mínima operativa | | 19.02 | 19.22 | 19.56 |
| | T.ª media operativa | | 23.20 | 24.14 | 25.49 |
| | Emisiones totales | TnCO _{2equiv} | 147.35 | 151.88 | 168.98 |
| Reducción de Consumos y emisiones | Reducción consumos | % | 47.0% | 41.2% | 34.0% |
| | Reducción emisiones | % | 23.9% | 20.7% | 18.4% |

Tabla 5.82. Simulación de consumos, emisiones de CO_{2equiv} y temperatura operativa durante diferentes años para las proyecciones climáticas basadas en el Modelo de Circulación General HadCM3-A2 para el EA y el PRET. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de los modelos térmicos de simulación.

La tabla 5.82 permite constatar las alteraciones con origen en las transformaciones climáticas antropogénicas a lo largo de los próximos sesenta años para el rendimiento energético, las condiciones de confort interior y las emisiones asociadas. Todos los resultados se detallan para el estado actual (EA) y el estado una vez intervenido el edificio (PRET), comparándose la reducción del consumo y emisiones en las dos últimas filas. Por un lado, y con relación al rendimiento energético, se detallan los consumos anuales de calefacción y refrigeración normalizados por superficie (kWh/m². año); la calificación de la demanda energética según el CTE; los consumos totales anuales (expresados en MWh); el porcentaje que representa el consumo por refrigeración y/o calefacción respecto del total, y el consumo anual total normalizado por superficie, incluyéndose la iluminación (kWh/m². año). Por otra parte, y con relación al confort, se detalla: la temperatura operativa (°C), incorporándose los mínimos y máximos a lo largo del año. Del mismo modo, se detallan las emisiones totales que se derivan del consumo del edificio, medidas en TnCO_{2equiv}.

Los resultados muestran, en línea con recientes investigaciones realizadas en el mismo contexto climático (Rodrigues & Fernandes, 2020) (Rodrigues & Fernandes, 2020), que las ganancias internas no se disipan fácilmente a través de las envolventes con los valores de transmitancia más bajos, lo cual comporta, para el escenario climático previsto para el año 2080, incrementos en el consumo total para climatización del 41.66% para el PRET, frente al 13.73% para el EA, respecto de los consumos presentes para cada uno de los modelos simulados.

Sin embargo, y para el mismo periodo de simulación (2080), si comparamos el consumo total del PRET con el del edificio sin regenerar, observamos reducciones del

34.00%, evidenciándose, no obstante, una pérdida de la eficacia de las actuaciones ocasionada esencialmente por un sobrecalentamiento de los espacios interiores más acusado en los periodos cálidos del edificio regenerado. En términos de consumos totales, se observa una pérdida de la eficacia de las actuaciones, las cuales permiten ahorros de 76.23 MWh al inicio del periodo de simulación, viéndose reducidos estos en 13.41 MWh al término de dicho periodo, lo que supone una reducción del 17.60%. Los ahorros en emisiones asociados a dichos consumos bajo las mismas premisas se ven igualmente reducidos (17.58%). La demanda de refrigeración para el PRET se incrementa para los años 2050 y 2080 un 66.22% y un 268.03% respecto de los valores obtenidos para el presente (Figura 5.24.b).

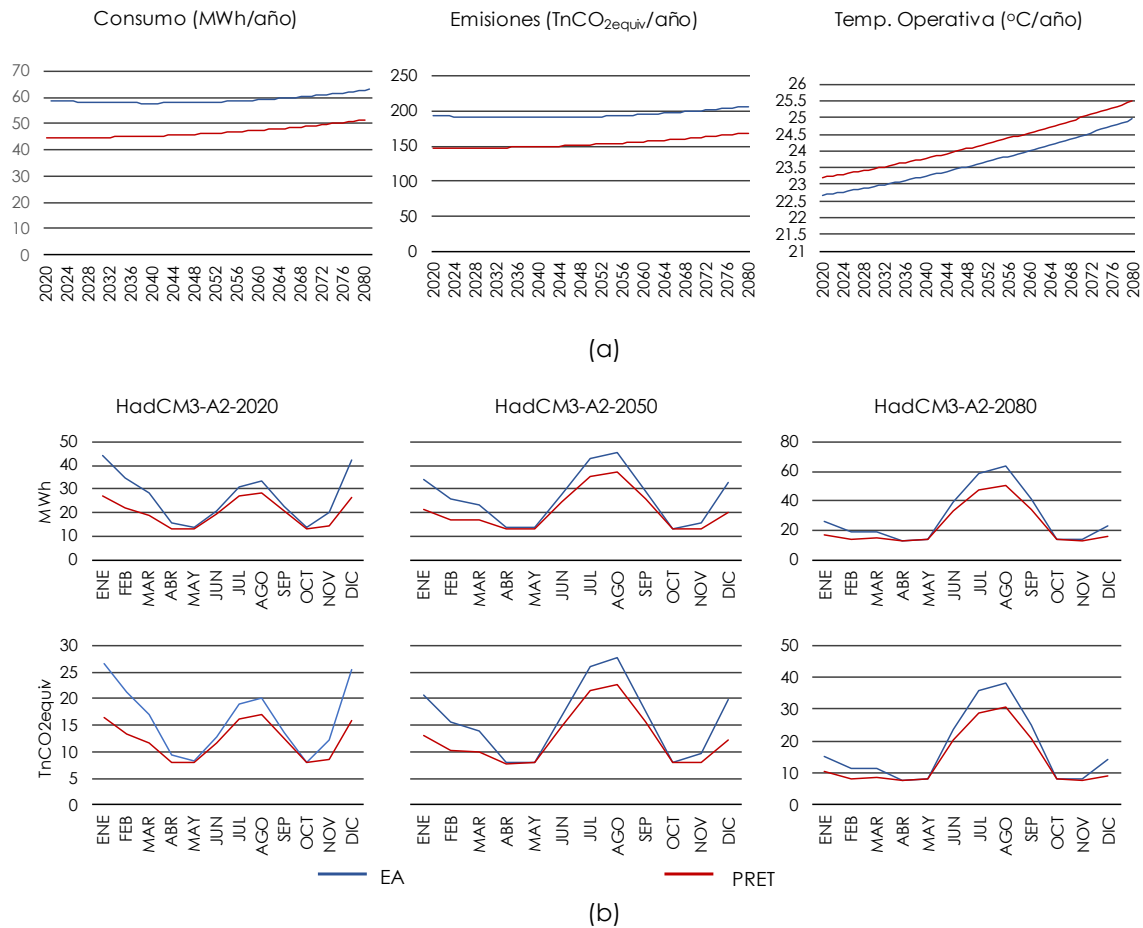


Figura 5.24. (a) Evolución anual para el total de los consumos, emisiones y temperatura operativa. (b) Evolución mensual del consumo y emisiones calculado para los distintos años. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del modelo térmico de simulación.

La Figura 5.24.a detalla la evolución de los consumos, emisiones y de la temperatura operativa a lo largo de los próximos sesenta años. A través de la interpolación de los valores calculados para los años 2020, 2050 y 2080 se han podido determinar los totales para los años intermedios. En rojo se representa la evolución para cada uno de los aspectos referidos del edificio en su estado actual (EA) y del proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET). Tal y como puede advertirse para las tres gráficas, la distancia entre ambas curvas se reduce a lo largo de los años, lo cual pone de manifiesto una pérdida de la eficacia de las estrategias de regeneración que se implementan y que tienen su origen en la modificación del clima, algo que puede verse de un modo particularizado en la Figura 5.24.b.

Dicha Figura 5.24.b nos permite ver la evolución anual de los consumos y emisiones del EA y el PRET a lo largo de un año para las tres simulaciones realizadas (para los años 2020, 2050 y 2080). *Grosso modo* se advierte una reducción de los consumos y, por ende, de las emisiones en los meses fríos, al tiempo que aumenta significativamente la demanda en los meses cálidos (se hace notar el cambio en los rangos definidos en el eje de ordenadas de la gráfica para el año 2080).

A fin de contextualizar los valores obtenidos para la simulación en el periodo de vida útil estimado del equivalente funcional (cuyo fin de vida se prevé en el año 2070, bajo las premisas expuestas en el apartado 3.1.2, por las que se determina una vida útil requerida de 50 años), se obtienen los valores para cada uno de los años del periodo de estudio de referencia. Dichos valores se determinan mediante una interpolación segmentaria cuadrática de los valores obtenidos para los tres años en los que se ha realizado la simulación, determinándose la evolución de los consumos y emisiones a lo largo de la vida útil del edificio regenerado (Figura 5.24.a y hoja "1.3. DB6. Energía (A+E)" de los distintos libros informáticos de trabajo que pueden consultarse en el CD con el material complementario de la investigación). Esto nos permite calcular la pérdida de eficacia de las medidas al término del PER, siendo del 17.52% para los ahorros en consumos y del 17.50% para los ahorros en emisiones.

Con el objetivo de ilustrar la pérdida de eficacia, conviene comparar los valores obtenidos para el consumo total del edificio en el presente y al término del PER, con la limitación que se establece en la reciente actualización del DB-HE para la justificación de un edificio de consumo de energía casi nulo (ECCN), que para la zona climática de invierno "A" se limita a 50kWh/m². año. La evolución de los consumos totales se incrementa de 44.75 kWh/m². año para el año 2020 a 49.16 kWh/m². año para el año 2070, superándose en el año 2075 los valores límites de consumo total establecidos en 0.19kWh/m². año (lo cual excede el PER). Por tanto, se verifica que, bajo las premisas establecidas a nivel normativo, la intervención realizada sobre el mismo permite que pueda ser considerado como un ECCN a lo largo de todo el ciclo de vida. Sin embargo, conviene destacar que la reciente actualización del CTE define por vez primera el concepto de ECCN, pudiendo estos valores ser alterados en ulteriores actualizaciones que motivasen el aumento de las exigencias a los edificios existentes y, por tanto, la pérdida de esta consideración.

Así mismo, se constata que a lo largo de la restante vida útil del edificio las actuaciones pasivas planteadas en el PRET consiguen reducir el consumo y las emisiones totales asociadas a dicho periodo en un 21.30%, lo cual supone un ahorro de emisiones total de 2,048.54 TnCO₂equiv.

Por otra parte, y con relación al confort, se ha calculado la temperatura operativa para los distintos modelos y escenarios, verificándose que el menor incremento de temperatura media se corresponde con el del edificio sin rehabilitar (EA). Se confirma, por tanto, que una envolvente con una transmitancia térmica más baja provoca en escenarios futuros sobrecalentamientos, lo cual va en perjuicio del confort de las viviendas, que, en cualquiera de las hipótesis de regeneración que se consideren, aumentan la temperatura media interior respecto de las proyecciones para su estado actual en el año 2080 (24.90 °C) un 2.16%.

Esta cuestión permite poner de relieve una cuestión esencial que se ha de considerar bajo las premisas expuestas: *la adaptabilidad y perfectibilidad de las actuaciones de regeneración de la envolvente*. Conviene destacar a este propósito el interés en el planteamiento tanto de actuaciones que puedan ser modificables a lo largo de los años, como la utilización de sistemas y materiales con propiedades de cambio de fase que permitan un mejor comportamiento en los dos regímenes climáticos, abriéndose con ello nuevas líneas de investigación.

4.1.2. Evaluación de la sostenibilidad ambiental de proyectos de regeneración de la envolvente térmica y comunicación de resultados (Módulos A1-A5 y C2)

La Tabla 5.83 muestra, a modo de resumen, los resultados obtenidos para la estimación de las emisiones por unidad de superficie asociadas a la implementación de cada una de las distintas opciones de diseño conforme al MCI. Tal y como se advierte, las actuaciones de mejora a nivel de huecos de fachadas son las de mayor impacto con relación a la superficie del sistema constructivo implementado, frente a las actuaciones de mejora de la envolvente vertical a nivel de paños ciegos. A este propósito, se pone de relieve la necesaria transformación de los sistemas de producción industrial de carpinterías a fin de reducir el carbono incorporado asociado a su fase de fabricación y puesta en obra, especialmente en aquellos basados en el uso de perfiles de aluminio, cuya implementación comporta entre el 30% y 61% del total de emisiones asociadas al conjunto de combinaciones de opciones de diseño analizadas. En este sentido, conviene destacar el interés de la utilización de sistemas de carpintería que garanticen la utilización de aluminio reciclado, permitiendo a través del uso de materiales provenientes de posconsumo un ahorro del 76.74% de las emisiones asociadas a la producción de cada kilogramo de aluminio. Marcas como Technal desarrollan en la actualidad sistemas que certifican la producción bajo estas premisas, lo cual supone un esperanzador avance que contribuye al fomento de una economía circular.

Así mismo, en la misma Tabla 5.83, podemos ver que las emisiones asociadas al transporte de residuos promediadas por metro cuadrado de estrategia implementada son muy similares para todas aquellas intervenciones que se realizan a nivel de los paños ciegos. No obstante, a nivel de huecos de fachada y cubierta dichas emisiones se ven incrementadas, ya que las áreas de intervención son menores y, por ende, las emisiones aumentan. Esto hace pensar que dichas actuaciones son más interesantes cuando se realizan sobre el conjunto de edificios que responden a dicha tipología, a fin de minimizar el impacto asociado a la intervención.

| Módulo | | | | Módulos de información A | | Módulos de información C2 |
|-----------|----|------|---|--------------------------|--|--|
| Indicador | | | | ADP | GWP | GWP |
| Unidades | | | | MJ/m ² | KgCO _{2equiv} /m ² | KgCO _{2equiv} /m ² |
| EVF | B4 | OP.1 | Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL. | 367.41 | 21.33 | 0.53 |
| | | OP.2 | Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas de hormigón polímero de una cara vista. | 320.64 | 21.04 | 0.53 |
| | | OP.3 | Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas cerámicas. | 754.07 | 44.11 | 0.72 |
| | M1 | OP.1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | 143.20 | 4.26 | 0.53 |
| | | OP.2 | Plancha de poliestireno expandido (EPS) | 76.72 | 11.32 | 0.53 |
| | | OP.3 | Plancha de poliestireno extruido (XPS) | 150.44 | 22.20 | 0.53 |
| EHCP | B2 | OP.1 | Rehabilitación energética con losa filtrante para formación de cubierta transitable con cámara ventilada. | 220.94 | 218.53 | 3.84 |
| | | OP.2 | Cubierta invertida transitable con pendientes de un pavimento de terrazo sobre soportes. | 332.22 | 32.18 | 3.84 |
| EVH | C3 | OP.1 | Añadición de ventanas y balconeras de PVC no plastificado. | 6747.02 | 730.35 | 3.48 |
| | | OP.2 | Añadición de ventanas y balconeras de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico. | 8409.56 | 990.47 | 3.48 |

Tabla 5.83. Evaluación medioambiental de módulos A1-A5 y C2 del PRET por unidad de superficie de sistemas y opciones a implementar. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del modelo de cuantificación inicial.

Una vez determinados los impactos para cada una de las opciones de diseño (OOD) implementadas, se realiza un total de 108 combinaciones posibles de OOD en función de los límites establecidos con anterioridad (9 OOD para la EVF, 6 OOD para la EHCP y 2 OOD para la EVH). Los resultados obtenidos se resumen en la Figura 5.25.a y las tablas con los cálculos están disponibles en el CD con el material complementario. Dichas soluciones son comparadas entre sí (hoja "3.1. Clasificación COOD (A)" de los distintos libros informáticos de trabajo), determinándose la de menor impacto medioambiental.

Se resume a continuación los impactos medioambientales (módulos A1-A2 y C2) para el indicador GWP (en KgCO_{2equiv}) para las combinaciones de opciones de diseño que se discuten en esta fase calculados a través del MCI. Los resultados para las restantes combinaciones pueden ser consultados en el CD con el material complementario:

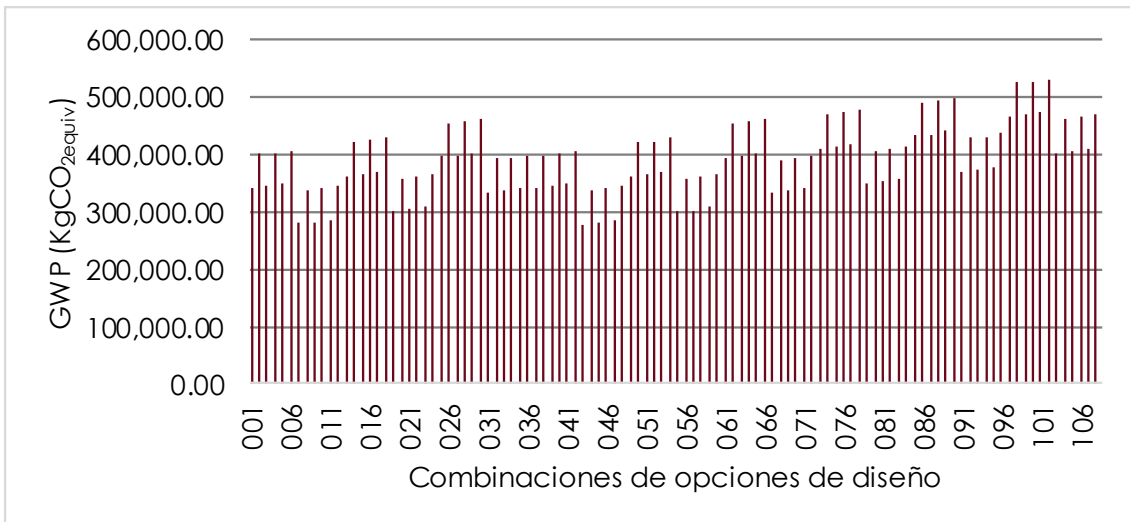
- **COOD 001.** 341,715.11 KgCO_{2equiv}
 - EVF B4+M1-OP1+OP1: 77,724.51 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EHCP B2+M1-OP1+OP1: 93,344.57 KgCO_{2equiv} (A1-A5)+ 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EVH C3-OP1: 162,586.03 KgCO_{2equiv} (A1-A5)+ 1,612.00 KgCO_{2equiv} (C2).
- **COOD 029.** 403,613.30 KgCO_{2equiv}
 - EVF B4+M1-OP1+OP3: 132,213.67 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EHCP B2+M1-OP1+OP3: 100,753.60 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EVH C3-OP1: 162,586.03 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 1,612.00 KgCO_{2equiv} (C2).

- **COOD 043.** 278,362.78 KgCO_{2equiv}
 - EVF B4+M1-OP2+OP1: 76,843.69 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EHCP B2+M1-OP2+OP1: 30,873.06 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EVH C3-OP1: 162,586.03 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 1,612.00 KgCO_{2equiv} (C2).
- **COOD 102.** 531,736.49 KgCO_{2equiv}
 - EVF B4+M1-OP3+OP3: 201,403.36 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,796.70 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EHCP B2+M1-OP1+OP3: 100,753.60 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 3,224.00 KgCO_{2equiv} (C2).
 - EVH C3-OP2: 220,946.83 KgCO_{2equiv} (A1-A5) + 1,612.00 KgCO_{2equiv} (C2).

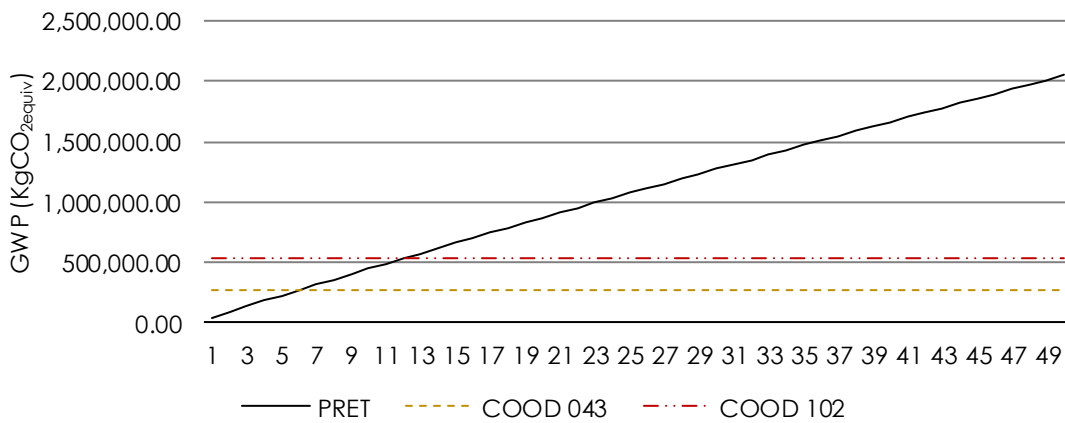
Los resultados de dicha comparación muestran que, aún en la combinación de menor impacto (combinación 043), las emisiones asociadas a la evaluación de los módulos A1-A5 y C2 son de 278,362.78 KgCO_{2equiv}. Si comparamos este resultado con la evolución de los ahorros de emisiones de CO₂ que se alcanzan a través de la intervención planteada a lo largo del PER para el PRET, que permite un mayor ahorro de emisiones a lo largo de su vida útil (2,048,535.83 KgCO_{2equiv}), obtenemos que las emisiones incorporadas a la ejecución del proyecto se compensarán en un plazo de 6.79 años, periodo tras el cual podemos hablar de un ahorro real de emisiones de gases de efecto invernadero (Figura 5.25.b).

La determinación del periodo de compensación de emisiones contempla la pérdida de eficacia del proyecto de regeneración ocasionada por el aumento de la demanda de refrigeración a lo largo del PER, lo cual comporta un factor diferenciador respecto de investigaciones previas (Genchi, Kikegawa, & Inaba, 2002). Por otra parte, cabe destacar que no se han contemplado hipótesis adicionales tales como la reducción anual de las emisiones de los sistemas de producción de energía, por lo que, una vez determinado los ahorros a lo largo del PER con relación a las proyecciones climáticas que se han calculado, se establece una relación inversamente proporcional entre las emisiones asociadas al proceso constructivo de las actuaciones de regeneración y las emisiones ahorradas anualmente gracias a la implementación de los sistemas de mejora de la envolvente que se han analizado (Figura 5.25.b).

Por otra parte, cabe destacar la importancia que, en el marco del conjunto de actuaciones de regeneración a nivel urbano, tiene la consideración de la hipótesis de reducción de emisiones asociadas a los sistemas de producción. La determinación de estos valores, conforme a los compromisos medioambientales adquiridos, permite la optimización del periodo de compensación de las emisiones de las actuaciones sobre los edificios.



(a)



(b)

Figura 5.25. (a) Resultados del indicador GWP para las 108 combinaciones de actuaciones aplicadas sobre el edificio. (b) Resultados del indicador GWP para la combinación 043 (opción de diseño con menor emisión de carbono) y la combinación 102 (opción de diseño con mayor emisión de carbono) en relación con la evaluación de las reducciones de emisiones durante el PER para un PRET que considera las alteraciones del cambio climático en el consumo. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del modelo de cuantificación.

La figura 5.25.a resume los consumos asociados al proceso de construcción de cada una de las COOD. En el eje de abscisas se detallan las 108 combinaciones, mientras que en el eje de ordenadas se expresan las emisiones asociadas a cada una de dichas combinaciones (en KgCO₂equiv).

La figura 5.25.b refleja el periodo de compensación de emisiones. En el eje horizontal se muestra el número total de años del periodo de estudio de referencia, mientras que en el eje vertical se recogen las emisiones equivalentes asociadas. La línea horizontal amarilla muestra las emisiones totales equivalentes de la implementación de la COOD 043, que es la de menor impacto medioambiental, mientras que la línea horizontal roja señala la misma información para la COOD 102 (la de mayor impacto). La línea inclinada negra muestra los ahorros en emisiones que se generan gracias al PRET a lo largo del periodo de estudio de referencia. La intersección entre dicha línea inclinada y las líneas horizontales para cada una de las COOD determina el periodo de compensación de emisiones.

De toda la información analizada, se puede concluir que las emisiones asociadas a los procesos constructivos para la regeneración del edificio objeto suponen entre un 13.59% para la COOD de menor impacto (la 043) y 25.96% para la COOD de mayor impacto (la 102) del total de emisiones ahorradas a lo largo del PER, en función de las distintas opciones de diseño estudiadas. Cabe destacar, que para los cálculos se han omitido las emisiones asociadas a los módulos C3 y C4, por lo que, los impactos medioambientales expuestos son sensiblemente menores a los reales.

4.1.3. Evaluación de la sostenibilidad social de proyectos de regeneración de la envolvente térmica y comunicación de resultados (Módulo B1)

A continuación, se analizan los resultados de las encuestas realizadas durante siete meses a los vecinos de distintos edificios pertenecientes al *organismo urbano* que se ha estudiado (Ramos-Martín, 2020).

El primer modo de abordar la realización de las encuestas, cuyo periodo de escrutinio queda comprendido entre los meses de marzo y junio del 2019, consistió en facilitar a través de microrredes de comunicación el enlace de la encuesta, la cual se había presentado a través de un formulario de Google suficientemente intuitivo. Para ello, se realizó una consulta genérica en distintos edificios, a través de una hoja de contactos que habrían de rellenar en el caso de estar interesados. Bajo estas premisas, fueron 12 el número total de vecinos que respondieron a la llamada.

Dado el fracaso de participación, si consideramos que el total de viviendas por edificio son 48 y del conjunto de edificios con idénticas características es de 236 viviendas, se entendió necesario otro sistema para abordar la investigación de campo que exigió la figura de un encuestador, que realizó presencialmente las encuestas a los distintos vecinos. Con ello, se obtuvo un mayor índice de participación, lo cual probablemente se explique a través del elevado perfil de edad de los encuestados, quienes no disponen de conocimientos informáticos para la realización de la encuesta.

El total de personas encuestadas es de 34, lo cual representa el 70.8% de un edificio y, única y exclusivamente, el 14.4% respecto del total de células urbanas de los distintos conjuntos del polígono de viviendas estudiado. Estos índices de participación nos permiten considerar los resultados con un margen de error del 10.2% y un nivel de confianza del 80.0% si se contextualizan a nivel del barrio, pero con un margen de error del 6.0% si son los datos contextualizados a nivel de edificio, bajo la premisa del mismo nivel de confianza. No obstante, hemos considerado la muestra lo suficientemente representativa como para establecer conclusiones respecto de los resultados obtenidos, dada la uniformidad de las respuestas.

| Encuestado | Fecha y hora de la encuesta | Orientación de la vivienda (Salón-comedor) | Número de la planta de la vivienda | ¿Eres el propietario/a de la vivienda o estás en régimen de alquiler de la misma? | Media de edad de los usuarios de la vivienda |
|---------------------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|---|--|
| 1 | 30-3-19 17:30 | Sur | 8 | Propietario/a | 45-65 años |
| 2 | 9-4-19 8:42 | Oeste | 5 | Propietario/a | 45-65 años |
| 3 | 9-4-19 15:29 | Oeste | 5 | Propietario/a | 45-65 años |
| 4 | 9-4-19 16:00 | Este | 2 | Propietario/a | 45-65 años |
| 5 | 9-4-19 16:34 | Sur | 12 | Propietario/a | >65 años |
| 6 | 10-4-19 8:15 | Sur | 1 | Propietario/a | 45-65 años |
| 7 | 10-4-19 13:30 | Norte | 10 | Propietario/a | 45-65 años |
| 8 | 10-4-19 21:44 | Sur | 2 | Propietario/a | 45-65 años |
| 9 | 11-4-19 19:32 | Sur | 1 | Propietario/a | 45-65 años |
| 10 | 16-4-19 0:46 | Este | 8 | Propietario/a | 45-65 años |
| 11 | 22-4-19 21:17 | Este | 6 | Propietario/a | 45-65 años |
| 12 | 10-6-19 14:53 | Este | 12 | Propietario/a | 20-45 años |
| 13 | 9-10-19 17:29 | Oeste | 8 | Propietario/a | 20-45 años |
| 14 | 9-10-19 17:58 | Norte | 10 | Propietario/a | >65 años |
| 15 | 9-10-19 18:09 | Este | 11 | Propietario/a | 20-45 años |
| 16 | 9-10-19 18:16 | Sur | 12 | Propietario/a | >65 años |
| 17 | 9-10-19 18:26 | Sur | 12 | Propietario/a | >65 años |
| 18 | 9-10-19 18:45 | Oeste | 1 | Propietario/a | >65 años |
| 19 | 9-10-19 19:01 | Este | 1 | Propietario/a | >65 años |
| 20 | 9-10-19 19:11 | Oeste | 2 | Propietario/a | >65 años |
| 21 | 23-10-19 17:26 | Oeste | 7 | Propietario/a | >65 años |
| 22 | 23-10-19 17:38 | Este | 7 | Propietario/a | >65 años |
| 23 | 23-10-19 18:09 | Sur | 4 | Propietario/a | >65 años |
| 24 | 23-10-19 18:21 | Oeste | 3 | Propietario/a | 45-65 años |
| 25 | 23-10-19 18:34 | Oeste | 2 | Propietario/a | >65 años |
| 26 | 30-10-19 16:55 | Sur | 8 | Propietario/a | 45-65 años |
| 27 | 30-10-19 17:08 | Norte | 8 | Propietario/a | 45-65 años |
| 28 | 30-10-19 17:24 | Norte | 7 | Propietario/a | >65 años |
| 29 | 30-10-19 17:36 | Norte | 2 | Propietario/a | >65 años |
| 30 | 30-10-19 17:47 | Norte | 8 | Propietario/a | 45-65 años |
| 31 | 30-10-19 18:02 | Norte | 11 | Propietario/a | >65 años |
| 32 | 30-10-19 18:19 | Sur | 3 | Propietario/a | >65 años |
| 33 | 30-10-19 18:43 | Norte | 3 | Propietario/a | >65 años |
| 34 | 30-10-19 19:18 | Sur | 8 | Propietario/a | 20-45 años |
| Resumen datos de partida | | 23.53% Norte | 11.76% P. 1 | 100% Propietario/a | 11.80% 20-45 años |
| | | 32.35% Sur | 76.47% P. 2-11 | | 41.20% 45-65 años |
| | | 20.59% Este | 11.76% P. 12 | | 47.10% >65 años |
| | | 23.53% Oeste | | | |

Tabla 5.84. Resultados de encuestas personales, definición de datos de partida. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Como puede apreciarse en la Tabla 5.84, donde se expresan los datos de partida, el total de las personas encuestadas son propietarios de las viviendas. Así mismo, la media de edad de estas se sitúa mayoritariamente por encima de los 65 años, lo cual establece un perfil de población vieja en los edificios (47.1%). La relación de estas dos circunstancias es un aspecto determinante para la contextualización de los resultados de las evaluaciones de las otras dos dimensiones de la sostenibilidad, ya que el análisis de asuntos, tales como los periodos de retorno de la inversión a realizar o el interés manifiesto por parte de los usuarios en la adopción de medidas de menor impacto medioambiental, son relevantes para conocer el grado de aceptación de las medidas a adoptar.

Por otra parte, y con relación a las características físicas de las viviendas de los encuestados, se reconoce un cierto equilibrio entre las orientaciones de las mismas, existiendo un mayor número de viviendas con salones orientados al sur (sur-este). Del mismo modo, se verifica que el 76.4% de las viviendas de las cuales se obtienen datos corresponde a células urbanas situadas entre las plantas 2 y 11, con lo que limitan en

horizontal con viviendas, lo cual es a su vez coherente con el modelo térmico del edificio que se ha desarrollado y del cual ya se han obtenido resultados.

A continuación, se analizan los resultados de las encuestas para cada una de las categorías de comportamiento social. Adicionalmente, se han querido determinar a través de la encuesta aspectos que guardan relación con las dimensiones medioambiental y económica y que se incorporan como dos categorías de comportamiento social complementarias (Tabla 5.91).

4.1.3.1. Resultados para encuesta con relación a la categoría de comportamiento social "Adaptabilidad"

Como cuestión previa a la evaluación de la adaptabilidad de las viviendas, se ha querido determinar a través de la encuesta, tanto el número de personas que viven en las viviendas, como el grado de satisfacción de los usuarios para con las distintas dependencias.

De este modo, se ha podido cuantificar que mayoritariamente (Tabla 5.85), con un 42.2%, residen en las viviendas dos personas con edades medias comprendidas entre los veinte y sesenta y cinco años. El perfil de viviendas habitadas por tres personas comporta un 23.5% de los encuestados, cuyos usuarios tienen principalmente edades comprendidas entre los cuarenta y cinco y sesenta y cinco años. Los hogares integrados por una sola persona tienen una representación entre los encuestados del 17.6%, siendo en su totalidad personas con una edad superior a los sesenta y cinco años. Este último dato, nos pone ante el reflejo de una situación bastante extendida, como es la soledad de la población anciana, algo que es abordado en profundidad por investigaciones que han sido consultadas (Barrios et al., 2015; Dominguez-Arribas et al., 2011; de Diego et al., 2015).

Por otra parte, y con relación al grado de satisfacción de los usuarios con su vivienda, observamos que es bastante elevado, por lo cual, difícilmente se requieran de transformaciones funcionales de gran alcance. Por estancias, las peor valoradas son los aseos y el vestíbulo.

| Adaptabilidad (I) | 2/1.1 | ¿Cuántas personas vivís en la vivienda? | | 3 |
|-------------------|-------|--|------------------|-----|
| | | Evalúa del 0 al 5, siendo el cinco la puntuación más alta, cómo de satisfecho/a estás con las características de cada una de las habitaciones de la vivienda. | Vestíbulo | 3.9 |
| | | | Cocina | 4.3 |
| | | | Lavadero | 4.2 |
| | | | Salón-comedor | 4.4 |
| | | | Aseo | 3.9 |
| | | | Dormitorios | 4.3 |
| | | | Baño | 4.1 |
| | | | Terraza | 4.2 |
| | | | Valoración media | 4.2 |

Tabla 5.85. Resultados de encuestas personales, análisis de adaptabilidad (I). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

| | | | | |
|---------------------------|--------------|---|---|-------------|
| Adaptabilidad (II) | 2/1.2 | ¿Se acomoda la vivienda a tus necesidades actuales? | Si 100.0% | No - |
| | | ¿Se acomoda la vivienda a los cambios que se dan en tu vida? | Si 94.1% | No 5.9% |
| | | Si la respuesta es negativa ¿Por qué no se acomoda la vivienda a los cambios? ¿Qué mejorarías? | Necesidades funcionales. Cambio de distribución. | |
| | | ¿Has pensado en cambiar de vivienda? | Si 11.8% | No 88.2% |
| | | ¿Has pensado en modificar la vivienda en la que vives? | Si 41.2% | No 58.8% |
| | | 2/1.3 | ¿Se acomoda la vivienda a la nueva tecnología? | Si 97.1% |
| | | 2/1.4 | ¿Has pensado en un uso diferente de esta vivienda compatible con el de residencia? | Si - |

Tabla 5.86. Resultados de encuestas personales, análisis de adaptabilidad (II). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Tal y como se indica en la Tabla 5.86, las viviendas de las personas encuestadas se acomodan a sus necesidades actuales mayoritariamente, así como a los cambios que se producen en su vida y los cambios tecnológicos. Por otra parte, el 88.2% de los encuestados no ha pensado en cambiar de vivienda. No obstante, la proporción entre aquellas personas que desean modificar su vivienda y las que no es más equilibrada, siendo un 58.8% de los vecinos los que no querrían modificar su vivienda y un 41.2% aquellos que sí estarían dispuestos a realizar modificaciones interiores y/o redistribuciones. Con relación al planteamiento de nuevos usos de las células urbanas, los vecinos han respondido en su totalidad que no han pensado en compatibilizar el uso de vivienda con ningún otro.

Sin embargo, los resultados aquí recogidos son previos a la pandemia generada por la COVID-19. Un hecho de tal magnitud e importancia que está modificando las preferencias de los usuarios con relación a los espacios de su vivienda habitual y la necesidad de desempeñar en ellos actividades tales como el trabajo a distancia, el ejercicio físico y/o distintas actividades de ocio. El estudio de estas preferencias, con relación a las actuaciones que sobre las viviendas se lleven a cabo y puedan ser integradas en un Proyecto de Regeneración sostenible de todo el edificio, se entiende como una investigación a futuro que revierte un importante interés y que, de servirse de la metodología propuesta, proporciona información sobre la sostenibilidad integrada de las actuaciones que se planteen con relación a la vida útil requerida del edificio. Por ello, será una investigación pertinente a futuro incidir en la realización de la encuesta que ha sido realizada a fin de contrastar los resultados y prever tendencias en las necesidades de transformación funcional de los edificios.

4.1.3.2. Resultados para encuesta con relación a la categoría de comportamiento social "Salud y Confort"

Conocer los usos y costumbres de los usuarios para aclimatar su residencia tanto en los meses cálidos como en los fríos es importante, ya que, en gran medida, las actuaciones de regeneración de los edificios habrán de responder a dichos perfiles de uso. En este sentido, cabe destacar que, de manera general, los vecinos no reconocen pasar frío en los meses de invierno. Sin embargo, el total de vecinos encuestados admite mayoritariamente, con un 55.9%, que pasa calor en el interior de la vivienda en los meses cálidos, lo cual es un efecto que se acrecentará a lo largo de los siguientes años como consecuencia del cambio climático.

| | | | | |
|---------------------|---|--|------------------|---|
| Salud y confort (I) | 3/1.1 | ¿Pasas o pasáis frío en el interior de la vivienda en invierno? | Si 23.5% | No 76.5% |
| | | ¿Qué medidas se toman para evitarlo? | Estufa 58.3% | HVAC 8.3% Vestimenta 33.3% |
| | 3/1.2 | ¿Pasas o pasáis calor en el interior de la vivienda en verano? | Si 55.9% | No 44.1% |
| | | ¿Qué medidas se toman para evitarlo? | HVAC 40.0% | Refrigeración portátil 55.0% Vestimenta 5.0% |
| | 3/1.3 | ¿Sientes excesiva humedad en tu vivienda? | Si 8.8% | No 91.2% |
| | 3/1.4 | ¿Ventilas diariamente la vivienda? | Si 97.1% | No 2.9% |
| | 3/1.5 | ¿Sientes confort en las actividades que realizas en tu vivienda? | Si 97.1% | No 2.9% |
| | 3/2.2, 3/2.5, 3/2.7 y 3/4.2 | ¿Consideras una incomodidad cambiar tu vestimenta en el interior de la vivienda? | Si 5.9% | No 94.1% |
| | 3/2.2, 3/2.5, 3/2.7 y 3/4.2 | ¿Puedes controlar la T.ª y H.ª de las hab.? | Si 88.2% | No 11.8% |
| | | En caso afirmativo ¿Qué sistema empleas? | Manual 100.0% | Domótica - |
| 3/2.3 | ¿Dispones de algún sistema para saber a qué T.ª y H.ª están las habitaciones? | Si 14.7% | No 85.3% | |

Tabla 5.87. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (I). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Por estaciones, los equipos de acondicionamiento climático interior de mayor uso son: en régimen de invierno, equipos individuales de calefacción conectados a la red eléctrica, con un 58.3% y equipos de climatización individuales, con un 8.3%; en régimen de verano, equipos de ventilación y refrigeración portátiles conectados a la red eléctrica, con un 55.0% y los equipos individuales de climatización, con un 40.0%. De manera general, se observa que un importante número de los encuestados tiende a modificar única y exclusivamente su vestimenta en el interior de las viviendas para mejorar sus condiciones de confort en la misma, siendo mayor el número de vecinos que aumentan el grado de vestimenta en los meses fríos, un 33.3%, frente a aquellos que reducen dicho grado de vestimenta en los meses más cálidos, un 5.0%. Sin perjuicio de lo anterior, existe un elevado porcentaje de vecinos, un 41.1%, que no siente disconfort térmico en el interior de su vivienda en ninguna de las dos clasificaciones climáticas que se han establecido.

Si atendemos a los perfiles de uso de los sistemas de acondicionamiento interiores, observamos que existe un mayor uso de los equipos individuales de calefacción y refrigeración. Del mismo modo, y siendo el uso de los equipos de aire acondicionado más extendido en los periodos cálidos, se observa que tan sólo un 13.0% de las personas,

que reconocen un discomfort térmico en la vivienda durante todo el año, se sirven de dicho dispositivo para aclimatar su vivienda en ambos regímenes. Con todo ello, se establece que parte de los consumos de energía del 56.0% de los usuarios se destinan a aclimatar térmicamente la vivienda, mientras que el resto de los vecinos no haría uso de la misma por este motivo. Esto es un hecho relevante, especialmente si consideramos que las acciones de regeneración persiguen la reducción de dichos consumos, los cuales no existen, a tenor del estudio de campo realizado, en poco menos de la mitad del edificio. Esto, tal y como se ve en el apartado 4.2, tiene repercusiones respecto del retorno de la inversión esperado, ya que podría hacer que dichos periodos se dilatasen en el tiempo, dada la representatividad de los consumos asociados al acondicionamiento térmico interior.

Paralelamente, y para el resto de los aspectos que nos permiten determinar las condiciones de confort higrotérmico de los usuarios (Tabla 5.87), se ha identificado que mayoritariamente existe la percepción de un adecuado nivel de humedad de las distintas estancias, en las cuales se regula la temperatura mediante el control manual de la ventilación exterior, el accionamiento de persianas/toldos y/o el encendido de alguno de los equipos de climatización ya expresados. No obstante, las operaciones realizadas por los vecinos no son hoy en día cuantificables, contando sólo el 14.7% de los mismos con algún dispositivo que les permita medir la temperatura de las habitaciones.

| | | | | | | |
|-----------------------------|---------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------|
| Salud y confort (II) | 3/5.5 | ¿Consideras adecuado aislamiento acústico de la vivienda? | SI 52.9% | NO 47.1% | | |
| | 3/5.6 | ¿Cuenta la vivienda con suficiente luz natural? | SI 100.0% | NO 0.0% | | |
| | 3/7.2 | ¿Dispone de toldos la vivienda? ¿Los usas? (uso diario/estacional) | Si, no se usan 5.9% | Si, uso diario 35.3% | Si, uso estac. 8.8% | No 50.0% |
| | 3/8.2 | ¿Consideras que la altura interior de tu vivienda es adecuada? | SI 97.1% | NO 2.9% | | |
| | 3/8.6 | ¿Dispones de una terraza de una superficie suficiente para el uso que haces de la misma? | SI 94.1% | NO 5.9% | | |
| | 3/11.1 | ¿Consideras que hay mucha contaminación exterior y eso afecta a las necesidades de limpieza de la vivienda? | SI 58.8% | NO 41.2% | | |
| | 3/11.2 | ¿Percibes malos olores en tu vivienda derivados de las instalaciones del edificio? ¿De qué instalaciones concretamente? (saneamiento/shunts de ventilación) | Si, olores san. 26.5% | Si, olores shunt 2.9% | Si, olores shunt +san. 8.8% | No 61.8% |

Tabla 5.88. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (II). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Si analizamos con más detalle los mecanismos de control manual de la temperatura en las distintas estancias (Tabla 5.88), cabe destacar que la mitad de los usuarios encuestados no dispone de toldos en su vivienda. Sin embargo, en el restante de los casos, su uso es principalmente diario. Por otro lado, y atendiendo a los sistemas mecánicos para el acondicionamiento térmico interior de los espacios, observamos que más del 80.0% de las personas encuestadas dispone de aire acondicionado en sus viviendas, utilizándose de manera general para la refrigeración de las estancias en días calurosos.

Complementariamente, existen algunos indicadores estudiados que nos permiten conocer propiedades adicionales con las que habría de contar la envolvente del edificio, a fin de una mejora más amplia de las condiciones de confort y salud. Estos son

los casos, por ejemplo, del aislamiento acústico y la polución exterior. Para el primero de los aspectos reseñados, se ha detectado un destacable desconfort acústico de las células urbanas, existiendo un 47.1% de residentes que no considera adecuado el nivel de aislamiento acústico de la envolvente. Este hecho, aun no relacionándose exclusivamente con el confort higrotérmico de los usuarios, es relevante desde el punto de vista de la determinación de las características de la envolvente del edificio, la cual habrá de contemplar especialmente esta doble función, dada la representatividad de los datos obtenidos a este respecto. Con relación al otro indicador señalado, la polución exterior, existe una amplia percepción por parte de algo más de la mitad de los vecinos (58.8%) de que la contaminación exterior afecta a las necesidades de limpieza de la vivienda. Este aspecto, dado que las condiciones de limpieza y mantenimiento de las viviendas son extraordinariamente subjetivas, es difícilmente evaluable. No obstante, existen actuaciones a nivel técnico que nos permiten disponer de una envolvente que contribuyese activamente a la reducción de dicha contaminación ambiental. Este es el caso, por ejemplo, de los materiales con propiedades fotocatalíticas, mediante los cuales se puede llegar a conformar entornos urbanos que se viesen beneficiados gracias a las propiedades para reducir la contaminación ambiental de los mismos (AIF, 2019).

| | | | | | | |
|------------------------------|---------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Salud y confort (III) | 3/11.3 | ¿dispones de aire acondicionado en la vivienda? | Si 82.4% | No 17.6% | | |
| | | En caso afirmativo ¿lo usas con mucha frecuencia? | Todo el año 0.0% | Sólo en verano 17.9% | D. Calurosos 82.1% | |
| | 3/12.1 | ¿consideras que existe en tu entorno excesiva contaminación lumínica? ¿es complicado oscurecer la vivienda por las noches? | Si, difícil osc. 11.8% | Si, sin difícil osc. 8.8% | No 79.4% | |
| | 3/12.2 | ¿los edificios de alrededor hacen sombra a la vivienda? ¿afirmarías que no cuentas con suficiente luz directa? | Si, más luz 2.9% | Si, no más luz 11.8% | No 85.3% | |
| | 3/14.1 | ¿dirías que se realiza un mantenimiento adecuado de la vivienda? ¿cada cuánto tiempo se realizan reparaciones? | Si, reparación mensual 2.9% | Si, reparación anual 55.9% | No, reparación mensual 5.9% | No, reparación anual 35.3% |

Tabla 5.89. Resultados de encuestas personales, análisis de salud y confort (III). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Finalmente (Tabla 5.89), se recoge a través de la encuesta, el grado de satisfacción de los usuarios respecto de la iluminación interior de sus viviendas. Existe una tendencia mayoritaria a reconocer que la vivienda cuenta con suficiente luz natural. Sin embargo, y analizando los indicadores 3/12.2 y 3/12.3, se observa que en torno al 11.8% de los vecinos considera excesiva la iluminación de la vivienda, lo cual pone de manifiesto la deficiencia de los sistemas para sombrear los huecos en estas viviendas. Por otro lado, una minoría en torno al 2.9%, reconoce que su vivienda está insuficientemente iluminada. Tal y como pudo advertirse en el análisis en profundidad que se realizó sobre el objeto de estudio en la fase 2, la disposición de los huecos en planta y de las distintas estancias, no responden en modo alguno a la orientación de las viviendas, lo cual no beneficia a las mismas. La apertura de nuevos huecos en fachada y redistribuciones interiores al servicio del uso de la vivienda, posibilitan una mejora de estos aspectos, algo que ha de ser abordado en un proyecto de regeneración que tuviese por objeto, no sólo la mejora del rendimiento energético de las viviendas, sino la mejora del confort de los usuarios y la actualización de unas viviendas obsoletas desde el punto de vista funcional y tecnológico.

4.1.3.3. Resultados para encuesta con relación a la categoría de comportamiento social “Seguridad”

Los aspectos relacionados con la seguridad se han abordado, al igual que el resto, desde la perspectiva de los usuarios. De este modo, se puede determinar que, de manera generalizada, no existen reseñables problemas a abordar desde la perspectiva de la categoría de indicadores evaluados (Tabla 5.90). Del mismo modo, hay una percepción generalizada de que las viviendas cuentan con una adecuada orientación (70.5%), siendo las viviendas orientadas a norte y/u oeste las más penalizadas a este respecto, cuyos usuarios, un 29.4%, reconocen que su vivienda no tiene una buena orientación.

| | | | | | | | |
|----------------------|---------------|---|---------------|-------------|--|-----------------|-----------------------|
| Seguridad (I) | 4/15.1 | En tu experiencia ¿dirías que la vivienda resiste adecuadamente las lluvias torrenciales de los últimos años? ¿notas desperfectos/ humedades/filtraciones en elementos de la envolvente? | Si 8.8% | No - | Si, EVF 5.9% | Si, EVH 2.9% | Si, no desp. 82.4% |
| | 4/15.2 | ¿Has tenido problemas de filtraciones por agua de lluvia? | Si 97.1% | No 2.9% | | | |
| | 4/18.3 | ¿Has tenido problema de humedad (H)/condensaciones (C)/filtraciones (F) en fachada? | Si, H 5.9% | Si, C - | Si, F - | No 94.1% | |
| | 4/19.1 | ¿Qué medidas de control solar utilizas con mayor frecuencia? [Persianas (P), Cortinas (C) o Toldos (T)] | P 70.6% | C 14.7% | T 14.7% | | |
| | 4/19.2 | ¿Has cambiado las ventanas por unas de mejores características en los últimos 10 años? | Si 52.9% | No 47.1% | | | |
| | 4/19.6 | ¿Consideras buena la orientación de la vivienda? ¿ahorras por ello energía? | Si 67.6% | No 29.4% | Si, pero no impacto en factura 2.9% | | |

Tabla 5.90. Resultados de encuestas personales, análisis de seguridad. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Por otra parte, conviene señalar que en torno a un 53.0% de los vecinos han cambiado las ventanas en los últimos 10 años, por lo que contemplar una estrategia que persiguiese la sustitución de dichas carpinterías comportaría como mínimo un gasto difícilmente justificable a dichos vecinos, ya que éstos han realizado hasta la fecha una inversión en mejorar las condiciones internas de su vivienda.

4.1.3.4. Resultados para encuesta con relación a las dimensiones medioambiental y económica”

A fin de poner en relación las dimensiones medioambientales y económicas con los perfiles de los distintos usuarios, se ha querido incorporar a la encuesta una serie de cuestiones (no incluidas en la metodología de referencia) que se entienden especialmente relevantes para conocer el grado de compromiso medioambiental de los usuarios, así como evaluar la tendencia de consumo energético y nivel de ingresos de las familias (Tabla 5.91).

Desde la perspectiva económica, se ha podido confirmar que la mayor parte de las familias (73.5%) tienen unos ingresos familiares inferiores a 1,600€ mensuales, lo cual, tal y como pudo verse en el apartado 3.2.3.1 posibilita el aumento de la cuantía asignada a través de subvenciones, para la rehabilitación a buena parte de los vecinos del edificio. Con estas premisas, se establece la cuantía a la que tiene acceso el edificio objeto de estudio. Otro de los aspectos a considerar es el gasto medio por familia en energía, lo cual nos permite así mismo establecer unos retornos de la inversión económica a través de los ahorros en las facturas. Dicho gasto medio mensual se promedia a partir de las respuestas de todos los vecinos que han facilitado datos acerca de la factura energética, cifrándose en 55.58€.

| | | | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------|-------------------|------------------|-------|
| Información económica | ¿Los ingresos medios familiares de la vivienda se sitúan por debajo de las siguientes cifras? | 800€ /mes | 1,300€ /mes | 1,600€ /mes | No |
| | ¿Cuál es el gasto medio mensual de tu factura energética? | 47.1% | 17.6% | 8.8% | 26.5% |
| | ¿Sabías que cambiando las ventanas del edificio y aislando mejor el mismo puede ahorrarse hasta un 20% en energía? | Si 57.1% | | No 42.9% | |
| Información medioambiental | ¿Conoces qué son los gases de efecto invernadero y cuál es su repercusión en términos de aceleración del cambio climático? | Si 42.9% | | No 57.1% | |
| | Según pudo determinar un informe de la unión europea de 2010, en torno al 40% de las emisiones de GEI se deben a la producción de frío y calor en los edificios. ¿conocías este dato? | Si 21.4% | | No 78.6% | |
| | ¿Te consideras una persona preocupada por el medio ambiente? | Si 92.9% | | No 7.1% | |
| | ¿Quiénes consideras que han de tomar parte activa para minimizar los impactos del cambio climático? | Sociedad 85.7% | Políticos 7.1% | Empresas 7.1% | |
| | ¿Estarías dispuesto a poner dinero de tu bolsillo para que se implementasen en tu edificio medidas que permitiesen reducir las emisiones derivadas del consumo de energía? | Si 100.0% | | | |
| | | | | | |

Tabla 5.91. Resultados de encuestas personales, análisis de información económica y medioambiental complementaria. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos mediante encuestas a distintos vecinos del conjunto de edificios promovidos por la cooperativa corazón de María.

Desde el punto de vista medioambiental, la encuesta arroja información acerca del grado de compromiso de los usuarios para con la lucha contra el cambio climático y el conocimiento por parte de los mismos de cuestiones concretas en materia de eficiencia energética y compromiso medioambiental.

Se observa que la práctica totalidad de las personas encuestadas manifiesta una preocupación por el medio ambiente (92.9%), al tiempo que asumen que es un problema que habrá de ser acometido a nivel general por parte de toda la sociedad. Por otro lado, y con relación a aspectos que se centran más en los conocimientos de las personas encuestadas a propósito de los temas planteados, se advierte que en un porcentaje importante (78.6%) se desconoce el peso específico del sector residencial en el conjunto de emisiones de GEI a la atmósfera. Por el contrario, si se percibe un mayor conocimiento respecto de la reducción del consumo energético que se consigue a través de medidas como el cambio de carpinterías.

Todas las personas encuestadas han manifestado que estarían dispuestas a contribuir económicamente en la transformación de su edificio a fin de reducir las emisiones que se derivan del consumo del mismo.

Los resultados obtenidos desde la perspectiva medioambiental se alinean a su vez con aquellos obtenidos por parte del real instituto Elcano para su informe de julio de 2019 sobre la percepción de los ciudadanos españoles respecto del cambio climático (Lázaro Touza, González Enríquez, & Francés, 2019). Dicho informe recalca que la población española en su mayoría (97%) percibe con una importante preocupación el cambio climático, siendo la mayor amenaza que afronta nuestra sociedad en la actualidad. Además, al igual que ha podido evidenciarse a través de la encuesta realizada en los edificios del conjunto estudiado, aunque con relación al aumento del impuesto de circulación para destinar dichos fondos a mitigar el cambio climático, se aprecia que mayoritariamente (56%) las personas encuestadas están dispuestas a afrontar económicamente gastos en favor de una mejora global en términos medioambientales.

4.1.4. Evaluación de la sostenibilidad económica de proyectos de regeneración de la envolvente térmica y comunicación de resultados (Módulos A0-A5, C2-C4 y D_{B2-B4})

La Tabla 5.92 sigue el mismo esquema de la ya analizada desde la perspectiva medioambiental, pero a diferencia de la misma, en esta ocasión se analizan además los impactos económicos asociados a los módulos C2, C3, C4 y D_{B2-B4}. En línea con los resultados para la evaluación medioambiental, observamos que los sistemas de mayor coste económico con relación a la superficie son aquellos que persiguen la mejora de los huecos en fachada. Por el contrario, la regeneración de la cubierta mediante un sistema de losa filtrante resulta la opción más económica de regeneración de envolvente, seguida con una significativa diferencia por el sistema de fachada ventilada mediante piezas cerámicas.

| Módulo | | Módulos de información A1-A5 | Módulos de información C2-C4 | Módulos de información D _{B2-B4} | |
|-----------|------|--|------------------------------|---|------|
| Indicador | | Costes no anuales | Costes no anuales | Costes anuales periódicos | |
| Unidades | | €/m ² | €/m ² | €/m ² . año | |
| EVF | B4 | OP.1 Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL. | 128.11 | 19.20 | 1.00 |
| | | OP.2 Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas de hormigón polímero de una cara vista. | 133.59 | 114.36 | 0.88 |
| | | OP.3 Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas cerámicas. | 111.18 | 183.95 | 2.56 |
| M1 | OP.1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | 11.28 | 15.90 | 0.02 |
| | | OP.2 Plancha de poliestireno expandido (EPS) | 8.82 | 11.03 | 0.02 |
| | | OP.3 Plancha de poliestireno extruido (XPS) | 8.30 | 15.33 | 0.02 |
| EHCP | B2 | OP.1 Rehabilitación energética con losa filtrante para formación de cubierta transitable con cámara ventilada. | 46.11 | 39.96 | 3.04 |
| | | OP.2 Cubierta invertida transitable con pendientes de un pavimento de terrazo sobre soportes. | 133.59 | 122.12 | 0.40 |
| EVH | C3 | OP.1 Adición de ventanas y balconeras de PVC no plastificado. | 484.06 | 0.01 | 0.05 |
| | | OP.2 Adición de ventanas y balconeras de aluminio lacado blanco con rotura de puente térmico. | 578.92 | 0.01 | 0.06 |

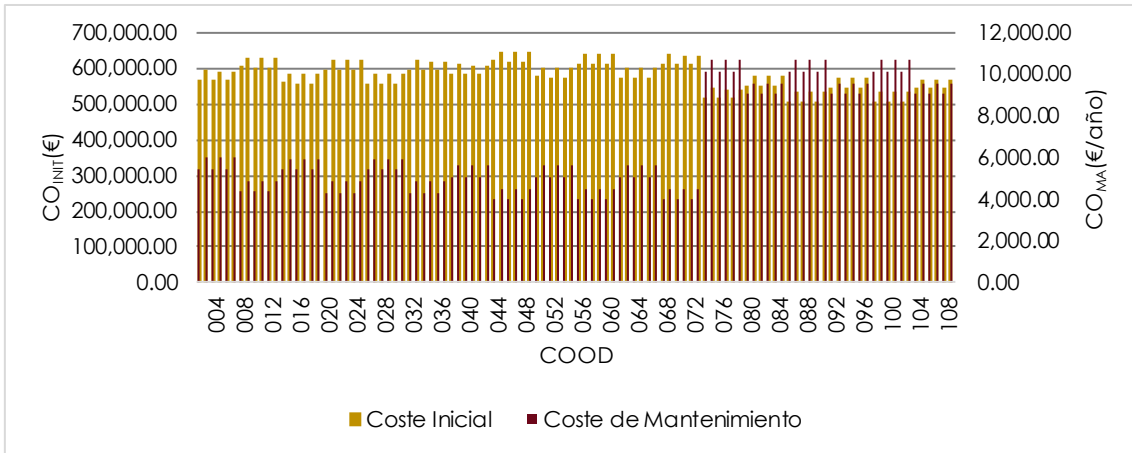
Tabla 5.92. Evaluación económica de módulos A, C y D_{B2-B4} del Proyecto de Regeneración por unidad de superficie de sistemas y opciones a implementar. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del MCI.

Los resultados anteriores se evalúan sobre la tipología seleccionada para determinar la repercusión económica a evaluar y comparar. Para ello, se han contextualizado los datos con relación a la superficie de las distintas envolventes, obteniéndose para las 108 combinaciones de actuaciones los resultados que se muestran en la Figura 5.26.a. Las tablas con los cálculos están disponibles en el CD con el material complementario. Dichas soluciones son comparadas entre sí (hoja "3.2. Clasificación COOD (E)" de los distintos libros informáticos de trabajo), determinándose la de menor impacto económico.

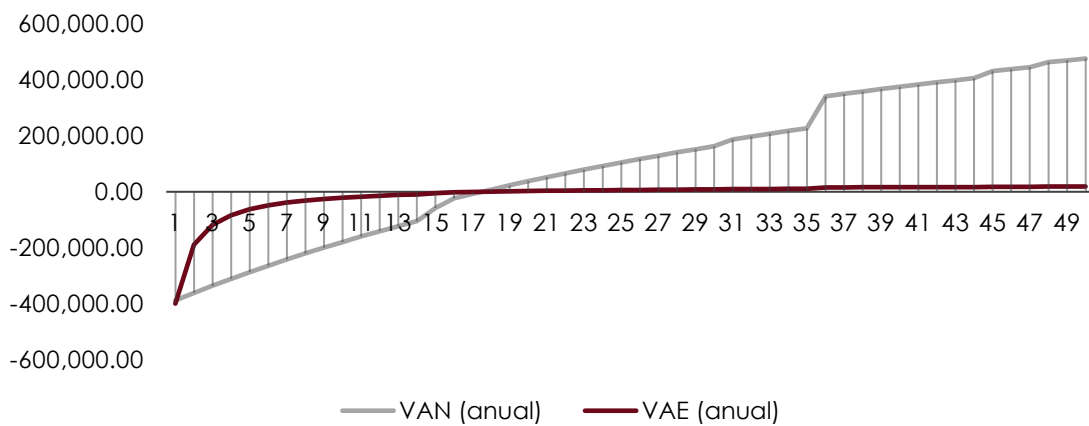
Se resume a continuación los impactos económicos (módulos A1-A2 , C2-C4 y D_{B2-B4}) para los costes no anuales y costes anuales que se discuten en esta fase calculados a través del MCI. Los resultados para las restantes combinaciones pueden ser consultados en el CD con el material complementario:

- **COOD 001.** Costes no anuales, 566,492.75 €; costes anuales, 5,457.87 €/año.
 - EVF B4+M1-OP1+OP1: 423,369.25 € (A1-A5); 33.08 € (C2-C4), y 3,104.12 €/año (D_{B2-B4})
 - EHCP B2+M1-OP1+OP1: 24,063.63 € (A1-A5); 51.49 € (C2-C4), y 1,283.06 €/año (D_{B2-B4})
 - EVH C3-OP1: 118,971.84 € (A1-A5); 3.47 € (C2-C4), y 1,070.69 €/año (D_{B2-B4})
- **COOD 029.** Costes no anuales, 556,190.90 €; costes anuales, 5,439.64 €/año.
 - EVF B4+M1-OP1+OP3: 414,318.09 € (A1-A5); 32.65 € (C2-C4), y 3,085.90 €/año (D_{B2-B4})
 - EHCP B2+M1-OP1+OP3: 22,814.11 € (A1-A5); 50.74 € (C2-C4), y 1,283.06 €/año (D_{B2-B4})
 - EVH C3-OP1: 118,971.84 € (A1-A5); 3.47 € (C2-C4), y 1,070.69 €/año (D_{B2-B4})
- **COOD 043.** Costes no anuales, 619,973.45 €; costes anuales, 3,990.73 €/año.
 - EVF B4+M1-OP2+OP1: 440,013.65 € (A1-A5); 112.93 € (C2-C4), y 2,742.68 €/año (D_{B2-B4})
 - EHCP B2+M1-OP2+OP1: 60,743.99 € (A1-A5); 127.56 € (C2-C4), y 177.36 €/año (D_{B2-B4})
 - EVH C3-OP1: 118,971.84 € (A1-A5); 3.47 € (C2-C4), y 1,070.69 €/año (D_{B2-B4})
- **COOD 102.** Costes no anuales, 531,218.42 €; costes anuales, 10,699.32 €/año.
 - EVF B4+M1-OP3+OP3: 362,896.60 € (A1-A5); 163.10 € (C2-C4), y 7,818.01 €/año (D_{B2-B4})
 - EHCP B2+M1-OP1+OP3: 22,814.11 € (A1-A5); 50.74 € (C2-C4), y 1,283.06 €/año (D_{B2-B4})
 - EVH C3-OP2: 145,290.24 € (A1-A5); 3.63 € (C2-C4), y 1,598.26 €/año (D_{B2-B4})

Paralelamente, y para todas las combinaciones de opciones estudiadas, se han equiparado los retornos económicos, en forma de reducción de costes energéticos derivados de un menor consumo de las viviendas, consignándose los mismos en base al PRET, cuyos ahorros energéticos se modifican a lo largo de todo el PER como consecuencia de los efectos del cambio climático y de aquellas variables económicas consideradas (Tabla 5.93).



(a)



(b)

Figura 5.26. (a) Resultados para los indicadores Coste inicial (CO_{INIT}) y Coste de Mantenimiento (CO_{MA}) para las 108 combinaciones de opciones de diseño aplicadas (COOD). (b) Evolución del Valor Actual Neto (VAN) y Valor Anual Equivalente (VAE) a lo largo del PER para la COOD 029. Fuente: elaboración propia a partir de resultados del MCI.

La Figura 5.26.a resume la información económica para cada una de las opciones de diseño realizadas, a través del indicador Coste inicial (CO_{INIT}) situado en la vertical izquierda y el indicador Coste de mantenimiento (CO_{MA}), que se sitúa en el eje vertical de la derecha. La relación entre un menor coste inicial y un menor coste de mantenimiento permite determinar la COOD óptima desde una perspectiva económica (la COOD 029).

La figura 5.26.b particulariza la relación entre el valor actual neto y el valor anual equivalente a lo largo del periodo de estudio de referencia. Tal y como se advierte en la gráfica a partir del año 17 los indicadores pasan a ser positivos, con lo que se determina ese año como el primero a partir del cual se obtienen retornos de la inversión a través de los ahorros que esta genera. Entre los años 35 y 36 se produce un aumento importante del valor actual neto, debido a que en ese año finaliza la vida útil de la envolvente del edificio sin regenerar, con lo que habría de hacerse frente entonces a su total recuperación.

| Descripción | Símbolo | Valor (%) |
|--|---------------------|-----------|
| Tasa de descuento ¹ | RAT _{disc} | 3.00 |
| Evolución de los precios de la energía ² | RAT _{en} | 2.00 |
| Evolución de los precios de la mano de obra ³ | RAT _{hu} | 1.81 |
| Evolución de los precios de los productos ⁴ | RAT _{pr} | 1.41 |
| Evolución de los precios de los servicios ⁵ | RAT _{ser} | 1.40 |

1. Reglamento Delegado UE n.º 244/2012 de la Comisión de 16 de enero de 2012 para el cálculo de las medidas de coste óptimo.

2. OMIE (2018). Evolución del mercado de energía eléctrica.

3. Índice de costes del sector de la construcción. CNAE 2009. Base 2015.

4. Global-rates.com.

5. INE índice de precios del sector servicios para actividades de limpieza/mantenimiento.

Tabla 5.93. Determinación de datos financieros para el cálculo del CCV. Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes referidas.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 5.26.a existe una relación destacable entre los costes de mantenimiento y el coste de la inversión inicial de las opciones de regeneración analizadas, verificándose que opciones con un menor coste de inversión inicial (a partir de la COOD 073) cuentan con unos mayores costes de mantenimiento anual. Esto tendrá una gran importancia si se estudian las soluciones desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida, ya que combinaciones de opciones con un coste elevado, pese a que pudiesen contar con bajos costes de mantenimiento, comportarán mayores periodos de retorno de la inversión que aquellas opciones con unos menores costes iniciales de implementación. Esto nos lleva a la conclusión de que las opciones más adecuadas desde el punto de vista económico habrán de ser aquellas con un menor coste de inversión inicial y un menor coste de mantenimiento anual. Si analizamos el conjunto de combinaciones bajo este criterio, observamos que la COOD 029 es la más adecuada, contando con un coste de inversión inicial de 556,190.90€ y unos costes de mantenimiento anual de 5,439.64€/año. Por ello, es dicha combinación de opciones de diseño la cual se analiza desde una perspectiva de ACV, a fin de poder calcular los distintos indicadores económicos que nos permiten conocer en profundidad las implicaciones de adopción de esta medida.

Por otra parte, y con el propósito de establecer la diferencia existente entre el coste global de la conservación de los sistemas constructivos del edificio sin rehabilitar y el coste global de los sistemas de mejora a implementar, se determinan una serie de costes asociados al plan de mantenimiento que habría de seguirse a fin de asegurar el correcto comportamiento de los distintos sistemas constructivos existentes.

Para dicho cálculo se determina el valor residual por amortización del coste de sustitución de los sistemas que se mantengan con relación al número de sustituciones que se produzcan y la vida útil de las mismas, sirviéndonos para la determinación de los costes económicos de la misma fuente de datos (CYPE Ingenieros, 2018). Los mantenimientos y costes de sustitución que se han supuesto son los siguientes:

- **A nivel de fachada (EVF)**, se considera una vida útil de la envolvente vertical original igual a 80 años, periodo tras el cual se habrá de plantear una reparación en profundidad que permita alargar la vida útil del sistema constructivo. Ante la dificultad de estimar los costes a futuro de una reparación integral del sistema constructivo existente, se determina un coste actualizado de la intervención consistente conceptualmente en la sustitución del sistema constructivo por uno de similares características, debido a la superación de la vida útil del sistema constructivo. Con total seguridad una operación de tal envergadura carezca de sentido y se habrán de plantear actuaciones que persigan la rehabilitación energética de la fachada. No obstante, con la determinación de estos costes se viene a ilustrar el impacto económico que comporta el mantenimiento de sistemas constructivos como los existentes junto con los costes asociados a las emisiones por un excesivo consumo y al pago de la correspondiente factura energética. Respecto

del mantenimiento, se consideran unos costes anuales en línea con los planteados para sistemas de nueva construcción (1.83 €/m² los diez primeros años).

- **A nivel de la cubierta (EHCP)**, se considera una vida útil de los sistemas existentes de 15 años, tras los cuales se plantea el desmontaje y sustitución de la capa de impermeabilización en cubierta plana, no transitable, autoprottegida, por lámina asfáltica. Para el mantenimiento del sistema constructivo existente, se considera el mantenimiento anual propio de un sistema de similares características de nueva construcción (15.05 €/m² los diez primeros años).
- **A nivel de huecos de fachada (EVH)**, se considera una vida útil de las carpinterías existentes de 30 años. Una vez concluido dicho periodo, se realizan una serie de reparaciones con sustituciones puntuales que permiten alargar la vida útil de los sistemas existentes, bajo el supuesto de que dichas reparaciones no persiguiesen la mejora del rendimiento energético del edificio (80.63€/Ud. los diez primeros años).

Así mismo, se determina el coste de las emisiones de gases de efecto invernadero del edificio sin rehabilitar, lo cual se establece, tal y como vimos en el apartado 3.2.3.2, conforme a los datos obtenidos a través de la plataforma online Carbon Pricing Dashboard (2017) para el año 2019, que establecen un coste de 14.84€ por tonelada de CO₂ emitida, con una evolución interanual de dichas tasas del 1.40%. Finalmente, para la determinación del coste global en línea con lo dispuesto por la norma UNE-EN 15459-1:2018, se determinan también los costes de eliminación para desmantelamiento de los sistemas constructivos existentes (D_{C1}). Con todo lo anterior, se obtiene que el coste global de no adoptar medidas para el edificio que no persiguiesen más que el mero mantenimiento de los sistemas existentes es de 1,016,869.36€ (Tabla 5.94).

| Descripción | Símbolo | Valor |
|---|---|---------------------|
| Valor residual calculado por amortización lineal del coste de sustitución. Para vida útil (LS) de sistemas constructivos existentes | VAL _{fin} EVF | -100,743.08 |
| | VAL _{fin} EHCP | -89,969.96 |
| | VAL _{fin} EVH | -68,094.08 |
| Costes para el año i del componente o servicio j del edificio sin PR | CO _{a (50)} (EA) | 1,875,169.31 |
| Coste de las emisiones de gases de efecto invernadero | CO _{O2 (50)} (EA) | 145,038.44 |
| Costes totales actualizados | (CO _{xx} + CO _{C.O2}) *D _f (50) | 673,411.76 |
| Coste final de eliminación para desmantelamiento | CO _{_fclisp (TLS)(EA)} | 84,650.48 |
| Coste Global | CG | 1,016,869.36 |

Tabla 5.94. Determinación del coste global del estado actual (sin regeneración de la envolvente). Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del modelo de cuantificación inicial, según UNE 15459-1:2018.

Una vez determinados todos los costes e ingresos que se generan a lo largo de la vida útil de la combinación 029 se determina el Coste Inicial (Fórmula 5.3). Para la determinación de dicho coste se mayor el PEM, al considerar conceptos tales como las tasas urbanísticas, los gastos generales (13%), el beneficio industrial (6%) y los honorarios técnicos (6%).

Una vez obtenido dicho coste real, se está en disposición de determinar los distintos indicadores económicos, que hemos analizado en el apartado anterior, de la opción que, tal y como se ha podido verificar, es la económicamente óptima. Estos indicadores económicos son el Coste Global (Fórmula 5.5), CG; Valor Actual Neto, VAN (Fórmula 5.2) y Valor Anual Equivalente, VAE (Fórmula 5.4).

Los resultados de la evaluación muestran que dicha combinación tiene el menor coste global, siendo el mismo de 1,256,469.87€, siendo un 23.56% mayor que el CG de no intervenir sobre el edificio. Paralelamente, obtenemos que, el VAN para el PER es de 476,699.33€, lo cual comporta retornos de la inversión a partir del año 17 (Figura 5.26.b).

Con independencia de todo lo anterior, observamos que los retornos de inversión económica y compensación de emisiones quedan estrechamente condicionados a la cultura de consumo de los usuarios, quienes reconocen mayoritariamente no hacer un uso de la energía para el acondicionamiento térmico de la misma. Por este motivo, el contexto social se muestra como un factor clave a la hora de evaluar los impactos medioambientales y económicos a lo largo del ACV, habiendo de contextualizarse la relación entre dichos impactos a fin de orientar la toma de decisiones hacia un equilibrio razonable que permita beneficios en el medio-largo plazo.

4.2. Discusión de resultados de evaluación integradas y mejoras a plantear en el modelo de cuantificación

Previo al análisis de los resultados de la aplicación de la metodología, conviene realizar una abstracción de todas las fases que se han seguido hasta la presente, a fin de diferenciar con claridad la metodología general de su aplicación. En síntesis, el modelo desarrollado permite:

1. La elección de organismos y conjuntos de células urbanas, a través de Indicadores contenidos en la Agenda Local XXI, susceptibles de ser regenerados a partir de unas premisas dadas. En base a ello se permite la elección del equivalente funcional de mayor repercusión.
2. La contextualización de estrategias de regeneración en base a una estructura ordenada y perfectible de intervenciones sobre los distintos sistemas de envolvente que integren los edificios a evaluar. Esto posibilita la definición de un PRET que resulte adecuado con relación a la realidad climática.
3. La evaluación de indicadores medioambientales, sociales y económicos conforme a unos escenarios adecuados al equivalente funcional. Ello es posible a través de la determinación de dos modelos diferenciados: modelo cuantitativo (dimensiones medioambiental y económica) y modelo cualitativo (dimensión social).

Contrastar los resultados de ambos modelos en favor de determinar la afección de unos indicadores para con otros en base al pliego de condiciones de la intervención se convierte en un aspecto determinante para una aplicación exitosa de la metodología que aporte valor y conocimiento a los agentes intervinientes. Las variables que intervienen en dicho proceso son múltiples y responden a intereses muy diversos, por lo que el método de partida establecido tiene por premisa esencial contrastar cada una de las dimensiones desde tres perspectivas: socio-ambiental; socio-económica, y económico-ambiental.

La discusión de los resultados obtenidos de la aplicación se centra en la contraposición de los datos cuantitativos a nivel económico-medioambiental calculados (MCI) y los resultados cualitativos que se han determinado mediante las encuestas realizadas. Adicionalmente, se muestra de interés para comprender la repercusión en la evaluación de la consideración del cambio climático y los aspectos sociales, confeccionar un modelo a partir de los ya realizados en los cuales los ahorros energéticos son constantes a lo largo del ACV, o lo que es lo mismo, no se considera la repercusión en consumo y emisiones que se derivan de las alteraciones climáticas a lo largo del ciclo de vida (modelo de cuantificación tradicional, MCT). Los resultados para los distintos indicadores económicos y medioambientales fruto de la aplicación se recogen en la Tabla 5.95.

Cabe destacar que la metodología desarrollada no cuenta con un marco de referencia que permita calificar el proyecto de regeneración con relación a los aspectos económicos y medioambientales que se han podido contextualizar socialmente. En el presente no existe a nivel normativo umbrales de emisiones y/o costes de intervenciones sobre los edificios que nos permitan juzgar la adecuación de los resultados obtenidos a una escala local.

Sin embargo, la metodología permite comparar las distintas combinaciones de opciones de diseño (COOD) con relación a la repercusión que estas tienen más allá de su implementación, habiéndose determinado las cargas (mantenimiento, sustitución y reparación) y beneficios (ahorros energéticos en fase operacional) más allá de la implementación de las actuaciones. Los principales resultados de la encuesta que justifican la existencia de un MCF son:

- El 56% de las personas entrevistadas afirman aclimatar térmicamente su vivienda en régimen de verano o invierno haciendo uso de aparatos eléctricos.
- El 53% de los vecinos han cambiado sus ventanas por otras de mejores características hace menos de diez años.

Estos dos hechos comportan, por un lado, la minoración de los gastos energéticos derivados del consumo de climatización tanto del estado actual como del estado renovado y, por otro, la minoración de los costes de intervención a nivel de huecos, dado que será difícilmente justificable de cara a los usuarios de las viviendas intervenir sobre elementos que no se consideran amortizados.

Estas dos premisas se introducen en el modelo de cuantificación precedente (MCI), conformándose un modelo de cuantificación final (MCF), en el cual se han comparado las 3 opciones de diseño que permiten:

- La selección de la combinación de menor impacto desde la perspectiva medioambiental (Combinación 043).
- La selección de la combinación de menor impacto desde la perspectiva económica (Combinación 029).
- La selección de la combinación con un menor impacto medioambiental y económico respectivamente (Combinación 001).

Los resultados para cada uno de los indicadores calculados se determinan en la Tabla 5.95. En las siguientes líneas se discuten los mismos y contrastan con los resultados obtenidos en el MCI, es decir, sin la consideración de la dimensión social, y en el MCT, sin la consideración de la dimensión social y con unos ahorros en emisiones y consumos constantes a lo largo del PER, es decir, sin tomar en consideración las alteraciones que el cambio climático introducen a lo largo del ACV.

| | | | | | 1 | 2 | 3 | Desviación de resultados | | | |
|--|---------------------|-------------------------|---|---|---|---|--|--------------------------|----------|----------|--|
| | | | | | MCT. Resultado de indicadores con ahorros de energía constantes (No C.C.) | MCI. Resultado de indicadores con ahorros de energía variables (C.C.) | MCF. Resultado de indicadores con ahorros de energía variables e incorporando tendencias de consumo (C.C.+S) | 2 de 1 | 3 de 2 | 3 de 1 | |
| Combinación de opción de diseño 001 | EVF | B4+M1 | OP1 | Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL. | | | | | | | |
| | | | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | | | | | | | |
| | EHCP | B2+M1 | OP1 | Piezas prefabricadas de hormigón aligerado y filtrante | | | | | | | |
| | | | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | | | | | | | |
| EVH | C3 | OP1 | Adición de carpinterías de PVC no plastificado. | | | | | | | | |
| Indicadores económicos | CO _{INIT} | € | | | 445,723.41 | 445,723.41 | 396,198.51 | = | -12.50% | -12.50% | |
| | CO _{MA} | €/año | | | 5,457.87 | 5,457.87 | 4,890.40 | = | -11.60% | -11.60% | |
| | VAN | € | | | 497,355.23 | 467,981.27 | 152,876.84 | -6.28% | -206.12% | -225.33% | |
| | VAE | € | | | 19,329.96 | 18,188.32 | 5,941.63 | -6.28% | -206.12% | -225.33% | |
| | CG | € | | | 1,254,273.72 | 1,264,863.23 | 1,140,173.99 | 0.84% | -10.94% | -10.01% | |
| | TPB | años | | | 17.00 | 18.00 | 35.00 | 5.56% | 48.57% | 51.43% | |
| Indicadores medioambientales | GWP | KgCO ₂ equiv | | | 341,715.11 | 341,715.11 | 255,544.51 | = | -33.72% | -33.72% | |
| | TPB CO ₂ | años | | | 7.40 | 8.34 | 11.14 | 11.30% | 25.12% | 33.58% | |
| Combinación de opción de diseño 029 | EVF | B4+M1 | OP1 | Revestimiento para formación de fachada ventilada con panel laminado decorativo de alta presión HPL. | | | | | | | |
| | | | OP3 | Plancha de poliestireno extruido (XPS) | | | | | | | |
| | EHCP | B2+M1 | OP1 | Piezas prefabricadas de hormigón aligerado y filtrante | | | | | | | |
| | | | OP3 | Plancha de poliestireno extruido (XPS) | | | | | | | |
| EVH | C3 | OP1 | Adición de carpinterías de PVC no plastificado. | | | | | | | | |
| Indicadores económicos | CO _{INIT} | € | | | 437,632.33 | 437,632.33 | 388,107.43 | = | -12.76% | -12.76% | |
| | CO _{MA} | €/años | | | 5,439.64 | 5,439.64 | 4,872.18 | = | -11.65% | -11.65% | |
| | VAN | € | | | 506,073.29 | 476,699.33 | 161,594.90 | -6.16% | -195.00% | -213.17% | |
| | VAE | € | | | 19,668.79 | 18,527.15 | 6,280.47 | -6.16% | -195.00% | -213.17% | |
| | CG | € | | | 1,245,880.35 | 1,256,469.87 | 1,131,780.63 | 0.84% | -11.02% | -10.08% | |
| | TPB | años | | | 16.00 | 17.00 | 35.00 | 5.88% | 51.43% | 54.29% | |
| Indicadores medioambientales | GWP | KgCO ₂ equiv | | | 403,613.30 | 403,613.30 | 317,442.70 | = | -27.15% | -27.15% | |
| | TPB CO ₂ | años | | | 8.74 | 9.85 | 13.84 | 11.30% | 28.80% | 36.84% | |
| Combinación de opción de diseño 043 | EVF | B4+M1 | OP2 | Revestimiento para la formación de fachada ventilada con piezas de hormigón polímero de una cara vista. | | | | | | | |
| | | | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | | | | | | | |
| | EHCP | B2+M1 | OP2 | Cubierta invertida transitable con pendientes de un pavimento de terrazo sobre soportes. | | | | | | | |
| | | | OP1 | Placa rígida de lana mineral de vidrio (MW) | | | | | | | |
| EVH | C3 | OP1 | Adición de carpinterías de PVC no plastificado. | | | | | | | | |
| Indicadores económicos | CO _{INIT} | € | | | 487,727.15 | 487,727.15 | 438,202.24 | = | -11.30% | -11.30% | |
| | CO _{MA} | €/año | | | 3,990.73 | 3,990.73 | 3,423.27 | = | -16.58% | -16.58% | |
| | VAN | € | | | 505,827.61 | 476,453.65 | 161,349.22 | -6.17% | -195.29% | -213.50% | |
| | VAE | € | | | 19,659.24 | 18,517.61 | 6,270.92 | -6.17% | -195.29% | -213.50% | |
| | CG | € | | | 1,157,841.57 | 1,157,841.57 | 1,157,841.57 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | |
| | TPB | años | | | 18.00 | 19.00 | 35.00 | 5.26% | 45.71% | 48.57% | |
| Indicadores medioambientales | GWP | KgCO ₂ equiv | | | 278,362.78 | 278,362.78 | 192,192.18 | = | -44.84% | -44.84% | |
| | TPB CO ₂ | años | | | 6.03 | 6.79 | 8.38 | 11.30% | 18.89% | 28.06% | |

C.C. Considerando efectos del Cambio Climático
S Consideración de aspectos sociales

Tabla 5.95. Relación de indicadores medioambientales y económicos contextualizados a través de resultados de encuesta para cada una de las 3 opciones de diseño óptimas desde una perspectiva económica (029), medioambiental (043) y de respuesta equilibrada a ambas dimensiones (001) y sus diferencias. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de los 3 modelos distintos calculados (MCT, MCI y MCF).

La Tabla 5.95 muestra los resultados de cálculo para los indicadores económicos (CO_{INIT}, CO_{MA}, VAN, VAE, CG, TPB) y medioambientales (GWP, TPB CO_{2equiv}) calculados para los tres modelos (MCT, MCI y MCF). Los resultados se han contextualizado para las 3 combinaciones de opciones de diseño que se han demostrado más eficaces desde una perspectiva medioambiental (COOD 043), económica (COOD 029), y de equilibrio entre impactos económicos y medioambientales (COOD 001).

4.2.1. Discusión de resultados de evaluación desde la perspectiva socio-ambiental

Las emisiones asociadas a las actuaciones de mejora estudiadas comportan un impacto medioambiental que tiene su origen en el carbono incorporado de los materiales utilizados y su puesta en obra, cuyo periodo de compensación es de 6.79 años para la combinación más sostenible medioambientalmente (COOD 043) y de 12.98 años para la combinación con mayor impacto medioambiental (COOD 102), habiéndose calculado ambos valores para el MCI.

Desde una perspectiva socio-ambiental, y si contextualizamos los resultados en base a la cultura actual de los vecinos con relación al uso de energía para el acondicionamiento térmico de las viviendas, observamos que dichos plazos de compensación de emisiones para las opciones referidas se amplían a 8.38 años (COOD 043) y 18.07 años (COOD102), incrementándose entre un 23.4% y un 39.2% el periodo de compensación de emisiones (Figura 5.27).

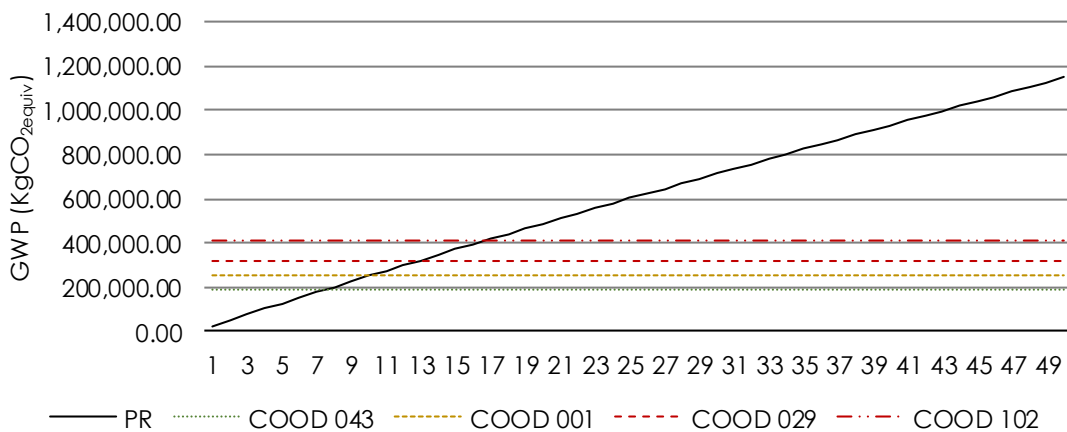


Figura 5.27. Periodo de compensación de emisiones para las combinaciones de opciones de diseño (COOD) 043, 001, 029 y 102. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del MCF.

El bajo nivel de participación en las encuestas realizadas denota la escasa preocupación que genera el tema planteado a los vecinos. Pese a ello, se ha podido constatar el interés de aquellas personas que han decidido participar, verificándose que el edificio cuenta con una importante población envejecida y que, en la práctica totalidad, son propietarios de las viviendas. La ocupación de dichas viviendas oscila de media entre 2 y 3 personas, existiendo desde el punto de vista de la adaptabilidad un grado de satisfacción aceptable de los propietarios con sus inmuebles. No obstante, el elevado perfil de edad de los propietarios procurará que en un plazo de menos de veinte años esta situación sea completamente diferente, habiendo cambiado entonces los propietarios de las viviendas, sus intereses con relación a estas y los estándares de calidad.

Se verifica que existe conciencia medioambiental en la mayor parte de las personas que han participado en el estudio (92.9%), al tiempo que se confirma que todos los encuestados estarían dispuestos a contribuir económicamente a mejorar la eficiencia energética de sus viviendas y del edificio en su conjunto.

El elevado perfil de edad de los vecinos encuestados (47.1%) pone de relieve que mayoritariamente las necesidades actuales de transformación del edificio cambiarán en un periodo inferior a los veinte años (cuando se supere la esperanza de vida media de sus habitantes), lo cual podrá exigir transformaciones a partir de la mitad de la restante vida útil de los inmuebles que habrán de estructurarse en base a la metodología desarrollada. No obstante, cabe destacar el interés que revierte el planteamiento de intervenciones en el presente a nivel funcional en las viviendas en las que reside una población anciana, especialmente si consideramos los efectos de la pandemia actual y la necesidad que se impone tácitamente a que las personas más vulnerables al virus permanezcan la mayor parte del tiempo en sus viviendas. Adaptar las viviendas a estas necesidades comportará la mejora de las instalaciones sanitarias, la recuperación de espacios exteriores y/o ampliación de los mismos, la reducción del número de habitaciones en favor de generar espacios más amplios, etc. Siendo todas estas actuaciones adecuadas de cara a ulteriores usos de la vivienda, por la aportación de valor que generan con relación a nuevas necesidades que la crisis actual ha puesto de manifiesto.

4.2.2. Discusión de resultados de evaluación desde la perspectiva socio-económica

Se ha podido verificar que los usuarios encuestados cuentan con una buena disposición a participar económicamente en la transformación de sus edificios para una mejora de la sostenibilidad de los mismos. Igualmente, se ha constatado la importante desviación (incrementándose entre un 184.2%-205.9% los periodos de compensación económica) de los resultados obtenidos para la evaluación de la sostenibilidad económica de la implementación de las distintas combinaciones de opciones de diseño asociadas al PER a lo largo del ciclo de vida del edificio, al relacionarse los mismos con los resultados de las encuestas.

La consideración de aspectos tales como el porcentaje de vecinos que han reemplazado las carpinterías por una de mejores características y el bajo número de usuarios que afirma consumir energía para aclimatar su vivienda a lo largo del año, hacen que la consideración de los retornos de la inversión que se han determinado para la COOD 029 (la más eficiente desde el punto de vista económico), se amplíe de 17 a 35 años (Figura 5.28).

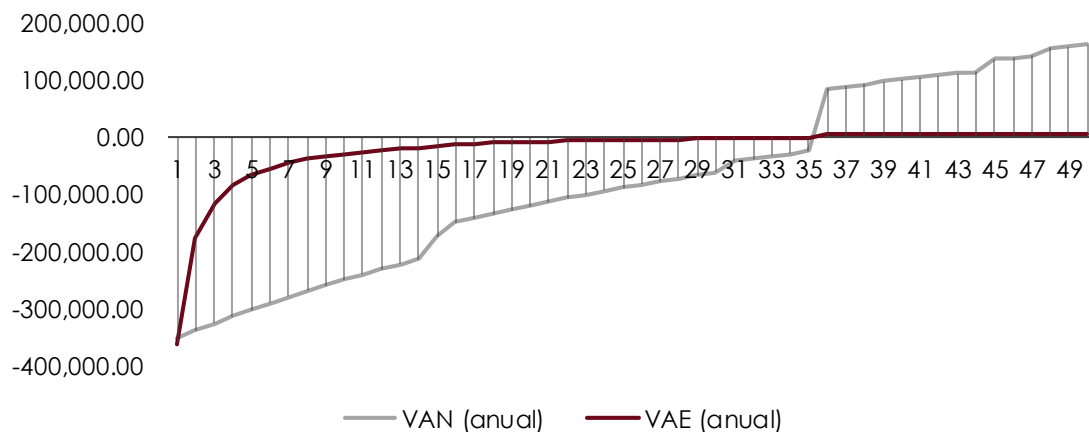


Figura 5.28. Evolución del Valor Actual Neto (VAN) y Valor Anual Equivalente (VAE) a lo largo del PER para la combinación 029 considerando aspectos sociales. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del MCF.

La figura 5.28 particulariza, a través de los indicadores VAN y VAE a lo largo del PER, el periodo de retorno de la inversión. Tal y como puede advertirse, la reducción de los consumos esperados a lo largo de la vida útil y que se basa en las actuales tendencias de consumo provocan que se obtengan retornos de la inversión económica a partir del año 35, viniendo a coincidir este horizonte temporal con la fecha prevista en la cual se extingue la vida útil del sistema de envolvente actual.

4.2.3. Discusión de resultados de evaluación desde la perspectiva económico-ambiental

Complementariamente, y a fin de establecer conclusiones en torno a aspectos económicos y medioambientales, se verifica que la combinación de menor coste económico, la combinación 029 tiene un impacto medioambiental, medido a través del indicador GWP, de 317,442.70 Kg CO₂equiv, siendo la sexagésimo sexta medida más sostenible medioambientalmente, lo cual dista de ser un aspecto positivo desde la óptica medioambiental, comportando además un periodo de compensación de emisiones a través de los ahorros esperados a lo largo de la vida útil de 13.84 años a nivel del edificio, al considerarse las tendencias de consumo de los usuarios (MCF).

Por otra parte, los indicadores económicos de la COOD 043 (de menor impacto medioambiental), contextualizados a nivel social, muestran un coste global (CG) de 1,157,841.57 € y un periodo de retorno de la inversión de 35 años, lo cual incrementa los valores obtenidos para la combinación 029 un 2.30% con relación al CG, pero iguala en años el periodo del retorno de la inversión. Esto pone de manifiesto que, actualmente y para las medidas estudiadas, la implementación de medidas de menor impacto medioambiental comporta unos costes de inversión inicial algo más elevados, pero que tampoco suponen unas desviaciones significativas con relación a los periodos de retornos de la inversión a través de los ahorros energéticos.

La COOD 001 es de todas las estudiadas la que cuenta con el menor impacto económico y medioambiental, contando con un coste inicial de 396,198.51€ y un coste de mantenimiento de 4,890.40€ (Figura 5.29). El periodo de compensación de emisiones se cifra en 11.14 años y el periodo de retorno de la inversión a través de los ahorros energéticos iguala al del resto de opciones. La consideración de aspectos sociales hace que ambos datos se desvíen respecto de los obtenidos en el MCI, incrementándose el TPB un 51.43% y el TPB CO₂ un 33.58%.

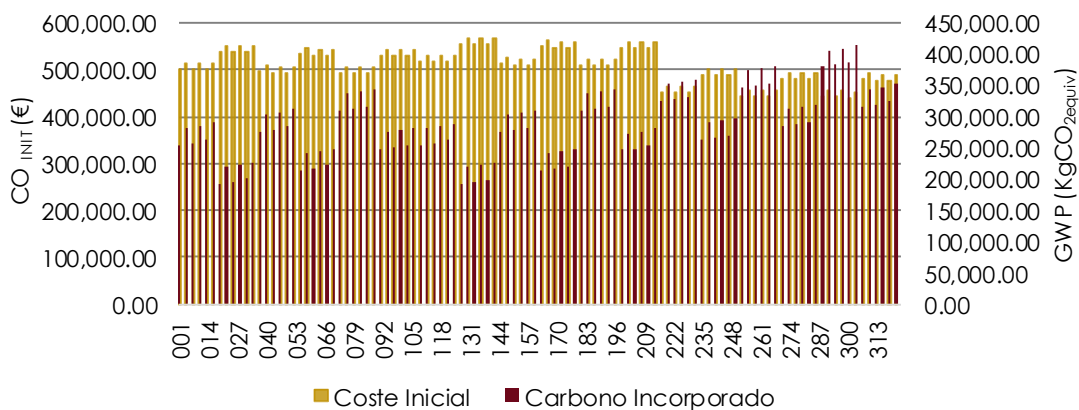


Figura 5.29. Comparación de los Costes Iniciales y emisiones asociadas (GWP) para cada una de las opciones de diseño. Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del MCF.

La Figura 5.30 muestra la sección constructiva tipo de la que se ha determinado como la solución más sostenible desde una perspectiva medioambiental y económica (COOD 001). El proyecto de ejecución para la regeneración de la envolvente térmica del edificio detallará la intervención y habrá de integrar singularidades tales como la ubicación de las unidades exteriores de aire acondicionado y el trazado de instalaciones de telecomunicación, dado que actualmente se sitúan ambos elementos en fachada. A este propósito, tal y como se profundiza en las conclusiones, es determinante la conceptualización de una solución proyectual que permita dar respuesta a situaciones diversas relacionadas con los elementos existentes en la fachada, así como con las redistribuciones interiores y las aperturas de nuevos huecos o ampliación de los mismos que pudiesen ser requeridas por los usuarios de las viviendas.

Con todo lo visto, se pone de relieve el interés de considerar aspectos y dimensiones que vayan más allá de la mera consideración de actuaciones de renovación a nivel de la envolvente que se centren única y exclusivamente en la mejora del rendimiento energético de los edificios. Que estas actuaciones aporten valor a la vivienda existente y sean capaces de mejorar las condiciones internas de la misma, el confort y su funcionamiento es algo que permite sumar intereses de cara a la consecución del nuevo Pacto Verde Europeo.

El estado de la edificación actual, del cual se hace eco el último informe del GBCe, relativo a la Agenda de la UE para la edificación sostenible, muestra una situación en la cual contamos con 26 millones de viviendas y edificios no residenciales que ocupan 1,656 metros cuadrados y continúan siendo responsables del 40% de las emisiones y del 30% del consumo energético. La obligación de cara a los objetivos comprometidos con la UE de reducir las emisiones en un 55% y el consumo en un 40% en diez años exige una rápida transformación del sector y del modelo desarrollado hasta la fecha.

En consecuencia, la regeneración del parque inmobiliario existente se ha de vertebrar en base a dichos objetivos y en favor de una mejora de la sostenibilidad medioambiental, no siendo, sin embargo, y a la luz de la investigación realizada, los únicos aspectos que pueden ser tomados en consideración. En suma, podemos afirmar que la mejora del confort y la adaptabilidad son relevantes. Contribuir activamente a la mejora de estos aspectos a través de las medidas que se lleven a cabo para la mejora del rendimiento energético es algo que además se respalda en un cambio en las demandas actuales con relación a la funcionalidad de las viviendas y que las medidas de confinamiento de la población han puesto de manifiesto y continuarán haciéndolo hasta que podamos dar por superada la actual pandemia generada por la COVID-19.

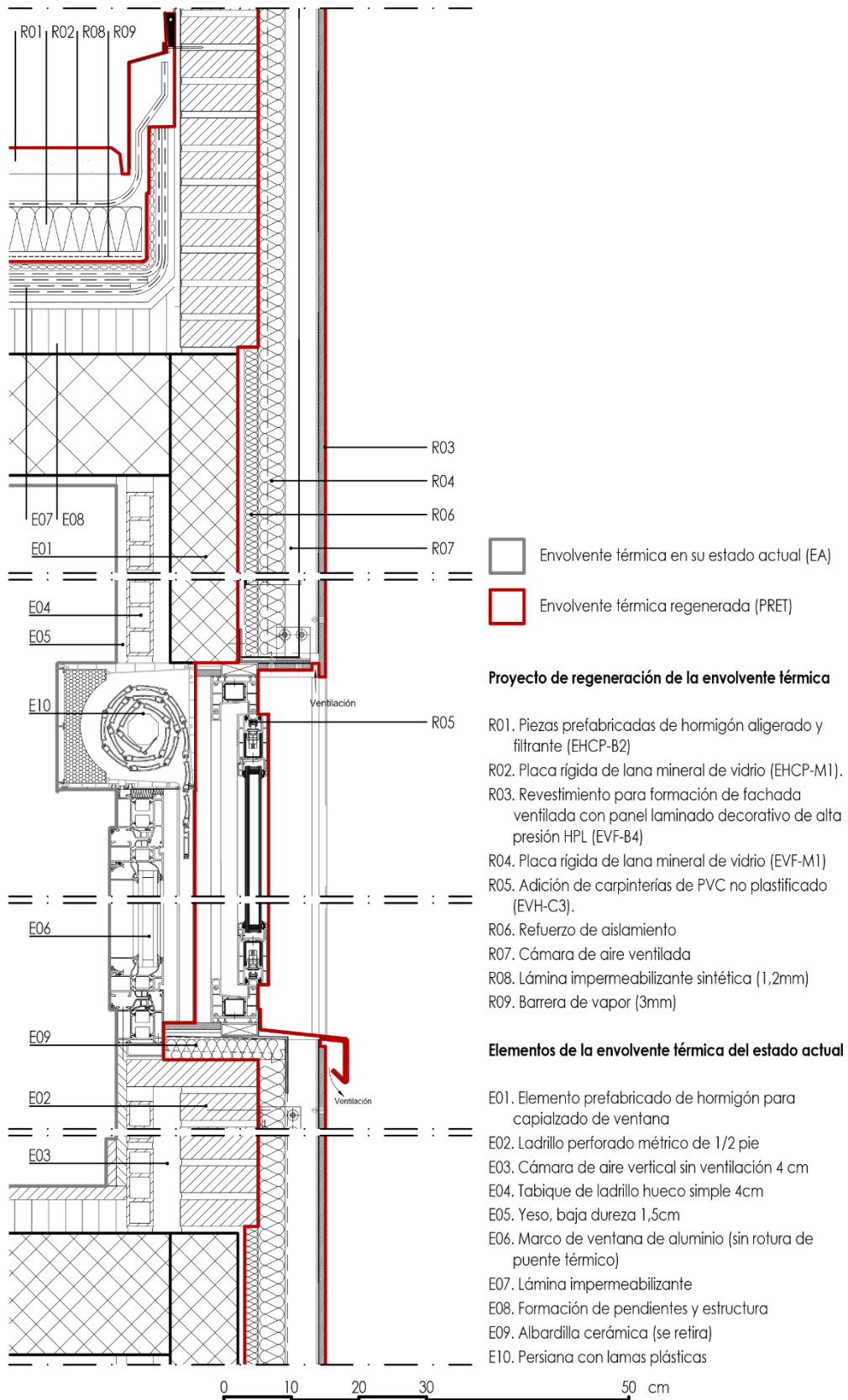


Figura 5.30. Sección constructiva tipo de la combinación de opciones de diseño 001. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Conclusiones de la Fase 4

Se resume a continuación las principales conclusiones tras la aplicación de la metodología y la discusión de los resultados obtenidos. El análisis de los distintos modelos térmicos simulados muestra con relación a los consumos y emisiones del PRET a lo largo del periodo de estudio de referencia:

- Los efectos del cambio climático a lo largo del ciclo de vida del edificio provocan una pérdida de la eficacia de las actuaciones de regeneración de la envolvente que se ha calculado para el equivalente funcional. Se prevé una reducción en los ahorros de consumos totales y de emisiones al término del periodo de estudio de referencia con relación a los ahorros calculados al inicio de 17.52% y 17.50% respectivamente.
- El PRET consigue reducir el consumo y las emisiones totales a lo largo del ciclo de vida del edificio un 21.30%, lo cual supone un ahorro de emisiones total de 2,048.54 TnCO_{2equiv}.
- El establecimiento de unos valores para la envolvente térmica más bajos provoca en escenarios futuros sobrecalentamientos en el interior de las viviendas, lo que motiva un incremento de los consumos de refrigeración; los cuales pasan de 7.79 kWh/m². año a 17.93 kWh/m². año, lo que supone un incremento del 230% a lo largo de la vida útil del edificio regenerado.

Por otra parte, la integración de los resultados más relevantes de la encuesta en el modelo de cuantificación inicial (MCI) ha permitido la obtención de un modelo de cuantificación final (MCF), de cuyo análisis se desprenden las siguientes conclusiones:

- Con relación al periodo de compensación de emisiones, se cuantifica una desviación de los resultados del MCI que tienen su origen en una demanda de consumo inferior a la estimada inicialmente. Se observa cómo se amplían dichos periodos de compensación de emisiones, incrementándose en un 23.4% para la COOD de menor impacto medioambiental (la 043) y en un 39.2% para la COOD de mayor impacto medioambiental (la 102).
- El coste inicial se ve reducido al considerar el número total de vecinos que han intervenido recientemente sobre la envolvente del edificio. Pese a ello, el retorno de la inversión económica aumenta, debido a una tendencia de consumo energético de los usuarios inferior a la estimada a través de las simulaciones realizadas. Se ha calculado para la COOD más eficiente desde el punto de vista económico (la 029) un retorno de la inversión que se amplía en un 51.43% y que pasa de los 17 a los 35 años.
- Se determina la combinación de opciones de diseño 001 como la más eficaz desde la perspectiva medioambiental y económica, contando con un periodo de compensación de emisiones de 11.14 años y un retorno de la inversión que iguala al de las restantes actuaciones y se fija en los 35 años.
- La consideración a lo largo del ACV del cambio climático (MCI) y la integración de aspectos sociales que minimizan el grado de intervención y los consumos en base a las actuales tendencias de consumo (MCF) permiten afirmar que los resultados en ahorros de emisiones y consumos se desvían notablemente. Así pues, se ve que para la COOD 1 (con un menor impacto medioambiental y económico) pasa de un periodo de compensación de emisiones de 7.40 (MCT) a 11.14 años (MCF), incrementándose un 33.58%, y el retorno de la inversión se incrementa en un 51.43%, pasando de 17 a 35 años. Por todo ello se muestra como pertinente contextualizar las intervenciones de renovación de la envolvente con relación a estos dos aspectos.

6. Conclusiones

A través de la investigación propuesta se ha dado respuesta a cada uno de los objetivos secundarios de la misma, alcanzándose el objetivo principal a través de la definición de una metodología integrada que permite cuantificar y evaluar la sostenibilidad de las actuaciones de renovación de edificios existentes en un clima templado. La consideración del cambio climático, así como la integración de indicadores sociales, medioambientales y económicos permiten evaluar de un modo más adecuado las actuaciones, detectando oportunidades en el contexto en el cual se aplican y que pueden fomentar el fortalecimiento del sector industrial, dada la representatividad a escala de la ciudad del equivalente funcional del que nos hemos servido para su aplicación.

En este apartado se resumen las principales conclusiones de la investigación con relación a la metodología propuesta y su aplicación, al tiempo que se establecen futuras líneas de investigación. Del mismo modo, se detalla la transferencia y aplicación al ámbito profesional de la investigación.

6.1. Conclusiones con relación a la metodología propuesta

6.1.1. Sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas

1. Se verifica la pertinencia del desarrollo de la investigación en el contexto seleccionado. Constatándose a través de distintas investigaciones la elevada esperanza de vida media de los edificios de la comunidad andaluza, así como el importante parque inmobiliario existente ineficiente desde el punto de vista energético. Málaga se muestra como el segundo municipio de la comunidad con mayor número de edificios construidos en el siglo XX, contando con una tasa de incremento de los hogares superior al de la ciudad con mayor número de viviendas existentes (Sevilla). Esta tendencia de aumento del número de hogares y de población respaldan, junto con el interés por parte de la administración local en una transformación sostenible de la ciudad plasmado a través de la Agenda Local XXI, la elección del contexto local.
2. Se calculan las alteraciones climáticas a las que se verán sometidos los edificios sobre los que se interviene, estimadas a través de un modelo de circulación general HadCM3 conforme a un escenario A2 y las proyecciones realizadas por el IPCC en su tercer informe. Se consigue con ello transformar a través de la herramienta CCWorldWeather (versión 1.9) la realidad climática actual en línea con dichas proyecciones. De manera general se observa una tendencia a la simplificación climática del municipio que verá incrementadas sus temperaturas y reducidas sus precipitaciones.
3. Se validan las fuentes de información locales y autonómicas consultadas para el establecimiento del sistema de aproximación para la elección de un conjunto de células urbanas.
 - a. A través de los indicadores de la Agenda Local XXI, los avances que sobre los mismos se realizan y la información que aportan, se permite dar soporte a la definición del sistema de aproximación que se propone.
 - b. Los conjuntos urbanos susceptibles de ser rehabilitados reconocidos por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda en Málaga, y por el Plan Municipal de Vivienda, Rehabilitación del municipio de Málaga, permiten definir el marco sobre el cual se contextualizan los indicadores urbanos seleccionados.

- c. A través del análisis del conjunto de planes e incentivos se verifica que los proyectos integrales (a nivel urbano y de los edificios) que cuenten con una participación público-privada presentan ventajas respecto de su financiación. Por tanto, entender las actuaciones de renovación de edificios de un modo aislado limita las opciones de sufragar las intervenciones a través de los múltiples instrumentos que se han desarrollado y desarrollan en la actualidad.
- d. Mediante el análisis de las intervenciones existentes en el contexto local se observa que las mismas se han orientado principalmente a la consolidación y reparación de elementos de la envolvente, así como a la mejora de la accesibilidad de los edificios. La consideración de aspectos medioambientales no está presente en las actuaciones llevadas a cabo, más allá del hecho de prolongar la vida útil de un edificio existente. Igualmente, no se ha verificado una toma en consideración de aspectos económicos y sociales que pudiesen ser evaluables con una perspectiva de ACV de las propuestas.

6.1.2. Desarrollo de escenarios, selección de indicadores y métodos de cálculo para la evaluación de las distintas dimensiones de la sostenibilidad

4. La metodología define y propone límites del sistema y escenarios para la evaluación en coherencia con el equivalente funcional. A nivel de las soluciones constructivas para la renovación de la envolvente, se verifica la viabilidad de integrar en un modelo cuantitativo:
 - a. Los impactos medioambientales, definidos a través de los módulos que van del A1 al A5, módulo C2, y el módulo D_{B6}.
 - b. Los impactos económicos, definidos mediante los módulos que van del A0 al A5, del C2 al C4, y los módulos D_{B6} y D_{B2-B4}.
5. Se constata el interés para la evaluación social a través del modelo cualitativo de contar con un perfil de uso de los vecinos del edificio en base a dos escenarios diferenciados:
 - a. El estado actual del edificio (EA). Evaluándose el módulo B1, a fin de determinar los intereses sociales con relación a las transformaciones sobre el edificio.
 - b. El estado proyectado y en ejecución del PRET. Verificándose la adecuación de la estrategia (módulo B1) y definiéndose los restantes impactos a lo largo de la etapa de uso del edificio a través de una asignación de influencias.
6. El modelo cuantitativo permite la obtención de los siguientes indicadores de impacto con relación a las dimensiones medioambiental y económica:
 - a. Coste inicial del PRET [CO_{INIT} (€)].
 - b. Coste de mantenimiento de las COOD [CO_{MA} (€/año)].
 - c. Valor actual neto del PRET [VAN (€)].
 - d. Valor anual equivalente del PRET [VAE (€)].
 - e. Coste general del PRET [CG (€)].
 - f. Periodo de retorno de la inversión económica del PRET [TPB (años)].
 - g. Potencial de calentamiento global de las COOD y del PRET [GWP (KgCO_{2equiv})].

- h. Periodo de compensación de emisiones del PRET [TPB CO₂ (años)].
- 7. Se identifican para la evaluación social (módulo B1) un total de 32 indicadores que están relacionados con las actuaciones que a nivel de la envolvente se plantean. A través de estos se confecciona una encuesta que permite:
 - a. Conocer la tendencia de consumo en climatización de los usuarios.
 - b. Determinar el grado de satisfacción de los vecinos con relación a la vivienda y sus intereses con relación a las transformaciones que pudiesen requerir.
- 8. Se determinan fichas de verificación para el estado proyectado y en ejecución del PRET de cara a la toma de decisiones que el proyectista habrá de integrar en la intervención, siendo un documento que ha de sumarse al libro del edificio regenerado a fin de realizar un seguimiento de los indicadores a lo largo de su ciclo de vida. Destacan por su importancia los indicadores sociales, asociados todos ellos a la etapa de ejecución y el módulo B5:
 - a. Indicador 7.2.2. La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores.
 - b. Indicador 7.3. Adaptabilidad.
 - c. Indicador 7.4.6. Espacio exterior.
 - d. Indicador 7.4.5.1. Características de confort visual.

6.2. Conclusiones con relación a la aplicación de la metodología

6.2.1. Elección del conjunto de células urbanas

- 9. Se determina el interés para la ciudad que suscita la consolidación a través de la rehabilitación de áreas urbanas con:
 - a. una elevada densidad de población (200/400 habitantes/ha);
 - b. un importante número de viviendas;
 - c. una elevada densidad de viviendas por hectáreas (50-100 viviendas/ha);
 - d. una importante presencia de tipos residenciales plurifamiliares;
 - e. una compacidad neta media (3.00/4.00);
 - f. una complejidad urbana alta (>5),
 - g. y un techo residencial en torno al 75% que posibilite la presencia de usos distintos.
- 10. Se selecciona un *organismo urbano* (OU1) a través de la interpretación de los indicadores de la Agenda Local XXI contextualizados estos en aquellos sectores de la ciudad identificados por la Delegación Territorial de Fomento y Vivienda y el PGOU de Málaga. Del mismo modo se identifica el conjunto de células con un mayor impacto (OU1.1), una torre de 48 viviendas resuelta en 12 niveles.
- 11. Se identifica a través de la simulación informática del rendimiento energético de diferentes actuaciones de renovación un PRET que limita de un modo más eficaz la demanda conjunta en el clima presente. El proyecto seleccionado queda definido por las actuaciones:
 - a. EVF-B4+M1. Transformación en fachada ventilada + Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada (0.45 W/m²-K).
 - b. EVH-C3. Adición de nueva carpintería al exterior del hueco (1.80 W/m²-K).

- c. EHCP-B2+M1. Transformación en cubierta plana ventilada + Incorporación de aislamiento por el exterior de fachada (0.44 W/m²-K)

6.2.2. Aplicación de la metodología y cálculo de los indicadores

12. A través de las distintas simulaciones realizadas se permite determinar para el ciclo de vida del edificio regenerado:

- a. La pérdida de eficacia del PRET. Habiéndose cuantificado a través de la reducción del 17.52% en los ahorros de consumos totales y de un 17.50% de emisiones al término del periodo de estudio de referencia.
- b. La reducción total del consumo y emisiones del PRET. Verificándose una reducción del consumo y emisiones del 21.30%, lo que supone un ahorro de emisiones total de 2,048.54 TnCO_{2equiv}.
- c. El incremento de los consumos en refrigeración; los cuales pasan de 7.79 kWh/m². año a 17.93 kWh/m². año al término de la vida útil del PRET.

13. La integración de los resultados más relevantes de la encuesta en el modelo de cuantificación inicial (MCI) permite la obtención de un modelo de cuantificación final (MCF):

- a. Con relación al periodo de compensación de emisiones, se cuantifica una desviación de los resultados del MCF respecto del MCI que tienen su origen en una demanda de consumo inferior a la estimada inicialmente. Se verifica un incremento de dicho periodo de compensación de emisiones que se sitúa entre el 23.4% y el 39.2% para todas las COOD analizadas.
- b. El retorno de la inversión económica aumenta, debido a una tendencia de consumo energético de los usuarios inferior a la estimada a través de las simulaciones realizadas. Se constata que incluso para la COOD más eficiente desde el punto de vista económico (la 029) el periodo de retorno de la inversión se amplía en un 51.43%.
- c. La combinación de opciones de diseño más eficaz, es decir, aquella con un impacto medioambiental y económico más ajustado, cuenta con un periodo de compensación de emisiones de 11.14 años, estableciéndose como año para el retorno de la inversión el 2055 o, lo que es lo mismo, una vez superado el 70% de la restante vida útil.

6.3. Futuras líneas de investigación

Se enumeran los aspectos sobre los que se entiende pertinente ahondar a fin de completar la investigación llevada a cabo:

1. Mantener actualizada la investigación a través de la solicitud a las industrias locales de datos con relación a las emisiones asociadas a las etapas de producción y construcción de distintas opciones de diseño para el PRET definido a fin de confirmar o rechazar las hipótesis con relación a los impactos económicos y medioambientales. Esto permite confeccionar un inventario de actuaciones con el cual se elabore una guía de diseño a nivel local que permita clasificar las intervenciones.
2. Ampliar los módulos evaluados con relación a cada una de las dimensiones de la sostenibilidad:
 - a. Aspectos sociales. Determinar cargas y beneficios asociados al empleo de sistemas constructivos para la renovación de la envolvente térmica del edificio con arraigo a nivel local y la identificación de empresas constructoras con protocolos medioambientales, permitiéndose con ello el fomento de una economía circular y mejorándose el tejido productivo local (módulos A1 al A5).
 - b. Aspectos económicos. Actualizar, conforme a un plan de mantenimiento basado en el proyecto de ejecución de las actuaciones de regeneración de la envolvente y reflejado en el libro del edificio regenerado, las actuaciones que sobre el edificio se realizan y los costes asociados a las mismas (módulos D_{B2}-D_{B4}). La actualización de estos módulos, así como la verificación de los ahorros generados a través de las lecturas de los contadores inteligentes (módulo D_{B6}), permite generar conocimiento a través de las intervenciones, precisando la repercusión real de las mismas con relación al periodo de retorno de la inversión económica, a fin de plantear mejoras que permitan optimizar ulteriores operaciones.
 - c. Aspectos medioambientales. Identificar impactos asociados a las actuaciones de deconstrucción y demolición que pudiesen llevarse a cabo en el edificio durante el transcurso de las obras de renovación de la envolvente, por ejemplo, apertura de nuevos huecos (Módulo C1). Así como incorporar en la evaluación información local relativa al impacto asociado al tratamiento de residuos y la eliminación (módulos C3-C4).
3. Avanzar en el estudio y definición de soluciones basadas en el empleo de materiales de cambio de fase, dado las ventajas que presentan con relación a escenarios climáticos futuros para esta región, en los cuales se requiere de una envolvente térmica que permita disipar el calor acumulado en el interior de los edificios.
4. Definir la interoperabilidad del modelo BIM del edificio intervenido para con el modelo de cuantificación desarrollado, permitiéndose la evaluación iterativa de las opciones de diseño a través de una interfaz de programación gráfica (por ejemplo y para el caso de desarrollo de proyectos en Revit, Dynamo).
5. Profundizar en la implementación de las fases 1 y 2 de la investigación en la Agenda Local XXI a fin de definir nuevos indicadores que permitan la detección de sectores de la ciudad obsoletos y con potencial para su transformación.
6. Determinar la sensibilidad de la herramienta para escenarios macroeconómicos con relación al impacto en el tejido productivo generado por la pandemia por COVID-19. A este propósito, será esencial la incorporación de la evolución del PIB y sus implicaciones para con los datos financieros que permiten el cálculo del TPB.

6.4. Transferencia y aplicación al ámbito profesional

A continuación, se ilustra la aplicación práctica que se deriva de la investigación y que tiene por objeto definir, por un lado, acciones que se llevan a cabo desde el ámbito profesional y que se apoyan en los hallazgos más relevantes que se transfieren y, por otro, la descripción de un entorno de trabajo y colaboración, que a nivel técnico se soporta en el empleo de una metodología BIM, bajo el cual es pertinente la consideración del presente trabajo de investigación y que es fruto de la aplicación del mismo.

6.4.1. Transferencias al ámbito profesional

1. Determinación de valores límites de consumo total normalizado por área para el equivalente funcional y caracterización de valores límites de consumo por refrigeración y calefacción. Mediante la identificación de estos parámetros se puede, a partir de las conclusiones que se extraen de la investigación, concluir en qué medida se contribuye mediante el diseño de una envolvente térmica perfectible del edificio en la reducción de la demanda de este. La determinación de la pérdida de rendimiento de la solución que se proponga, como consecuencia de los efectos del cambio climático, comporta que las soluciones que se deseen proyectar sean perfectibles a lo largo de la etapa de uso del edificio; por lo que aspectos relacionados con la prefabricación y el ensamblaje de sistemas constructivos que permitan mantener constante la demanda, pese a las alteraciones climáticas, adquieren una importante relevancia.
2. Identificación de opciones de diseño de la envolvente que limiten la demanda de consumo energético para la climatización del edificio a lo largo de la vida útil del mismo. Tal y como se ha apuntado, la envolvente del edificio, bajo las premisas teóricas desarrolladas en la investigación, pasa a entenderse como un proyecto de envolvente, que se mantiene vivo a lo largo de la vida útil del edificio. Por ello, para la identificación de opciones de diseño se persigue conceptualizar el sistema de envolvente que se habría de generar en el edificio. Uno de los aspectos a los que la investigación apunta es a la necesidad de que los sistemas de envolvente permitan la disipación del calor interior en futuros escenarios climáticos. En este sentido, opciones de diseño que incorporen materiales de cambio de fase se convierten en prioritarias, en tanto que la industria posibilite su implementación. Sin embargo, los resultados de la experiencia en el ámbito laboral demuestran que en el presente la presencia de estos materiales es incipiente y aún no se han desarrollado a nivel de la envolvente exterior sistemas que estén comercializándose. Por el contrario, no es desdeñable la implementación a futuro de sistemas constructivos con dichas propiedades, lo que refuerza la idea de desarrollar una envolvente perfectible a lo largo de la vida útil del edificio que gracias al ensamblaje de las distintas capas que la integren permita adaptarse a los escenarios climáticos futuros.
3. Diseño de la envolvente del edificio tomando en consideración los resultados del proyecto de investigación. Los resultados del proyecto muestran una pérdida en el porcentaje de ahorros en el consumo de refrigeración y calefacción a lo largo del periodo de simulación (hasta el año 2080) que se cifra en el 12.94 puntos. Para el periodo de estudio de referencia dicha reducción en el porcentaje de ahorros de consumos es de 10.61 puntos y en emisiones de 4.81 puntos. Esto supone un hecho significativo para un edificio residencial como el analizado en la investigación, pero especialmente relevante para edificios de mayor entidad y mayores consumos totales que se analizasen desde el ámbito profesional, dado que la consideración de la pérdida de eficacia de las actuaciones que en el presente se adopten tendrá una repercusión directa en los sistemas de climatización centralizados proyectados.

4. Adaptación de metodología desarrollada en el proyecto de investigación para la evaluación de la estrategia de diseño adoptada. Se toman como bases metodológicas las distintas normas UNE analizadas, las fuentes de datos referidas y los métodos de cálculo de los distintos indicadores medioambientales, sociales y económicos. Mediante la aplicación de dicha metodología, la cual basa sus preceptos en línea con los establecidos por la organización internacional de normalización (ISO), se persigue someter a juicio la opción de diseño y determinar desde una triple perspectiva la adecuación de la misma a lo largo de la vida útil.
5. Evaluación de la sostenibilidad integrada del diseño de un sistema constructivo perfectible para una envolvente térmica adaptativa. Tras la evaluación de las distintas opciones de diseño estudiadas se puede determinar la adecuación de la misma con relación a las premisas de partida establecidas por el promotor, lo cual permite orientar la decisión mediante un conocimiento amplio de las implicaciones para con la sostenibilidad de la opción que se adopte.
6. Resultados y determinación de beneficios socioeconómicos y medioambientales con relación a propuestas convencionales de envolvente térmica. Los resultados de todo el proceso desarrollado se habrán de integrar en un documento único a disposición del gestor del mantenimiento del edificio. Mediante dicho documento se puede hacer un seguimiento de las evaluaciones realizadas, permitiendo contar con información suficiente para las alteraciones de la envolvente perfectible en base a los resultados reales de consumo que se consignan en fase operacional.
7. Por lo tanto, se abren posibilidades de innovación y desarrollo de la investigación en el sector de la construcción, que deberán atender a nuevas necesidades de una población en constante cambio en sus formas de vida, en sus demandas energéticas, y en su estructura social y cultural. Con ello se profundiza adicionalmente en la transferencia en un beneficio de la sociedad civil, consolidándose así la imagen pública universitaria como colaboradora activa en nuevos proyectos en los que la mejora de la eficiencia energética en edificaciones de clima templado, se realizan de una forma global desde el ámbito de la sostenibilidad, a través de tesis doctorales como la presente, que opta a la mención industrial.

6.4.1. Modelo de aplicación al ámbito profesional

Tal y como ha podido verse, la consideración de aspectos que permitan determinar el grado de sostenibilidad integrada de las distintas actuaciones de regeneración de las torres de viviendas comporta el manejo de una importante cantidad de información a través de los indicadores que se han podido calcular en el modelo de cuantificación inicial. Esto requiere del uso de herramientas específicas que permitan integrar toda esta información. En este sentido, se apuesta decididamente por las posibilidades que ofrece la metodología BIM al objeto de integrar en un modelo gráfico del edificio gran cantidad de información asociadas a las distintas familias y materiales que en el modelo se proyecten.

Por otra parte, la interoperabilidad de dichos modelos para con programas de cálculo del rendimiento energético, como los ya utilizados en la investigación (DesignBuilder y HULC), hacen de los modelos de información de edificios una herramienta extraordinariamente útil de cara a la centralización y coordinación de distintas disciplinas en base a un modelo gráfico fácilmente comprensible por todos los agentes intervinientes.

Así mismo, conviene destacar las posibilidades que en la actualidad ofrecen diversas interfaces de programación gráfica de cara a la integración de los algoritmos de cálculo que se han desarrollado en las fases 3 y 4 de la investigación. Mediante

dichas programaciones se pueden obtener resultados en tiempo real de la repercusión económica/medioambiental que tiene la elección de unos sistemas u otros con perspectiva de análisis de ciclo de vida. Las ventajas que esto ofrece de cara a la verificación de la adecuación a unas exigencias que se alineen con los valores de referencia que distintas instituciones pudiesen establecer, permite tanto al equipo proyectista, como a aquellas entidades de control, la validación de los proyectos de regeneración. Por tanto, dichos proyectos habrán de ajustarse a una especificación única que logre ofrecer información a nivel de parámetros compartidos con los que opere el algoritmo, permitiendo el cálculo de los distintos indicadores a nivel global del edificio y/o conjunto de ellos; con lo que se pone de relieve la importancia de establecer una especificación común que permita la estandarización y simplificación de los procesos de validación.

Por todo ello, se propone un entorno metodológico perfectible y adaptable a cada uno de los organismos urbanos donde sea pertinente el estudio de la regeneración sostenible de los mismos. Toda la información aquí expresada se ha desarrollado mediante el software Revit y su programa de rutinas visuales Dynamo, sin que por ello se establezca una limitación al tratamiento de los apartados que se desarrollan, que no se centran tanto en cuestiones particulares sobre estos programas, como en el marco metodológico común.

6.4.1.1. Definición de agentes intervinientes, roles y propuesta modelada

La consideración de aplicación de las distintas fases de ejecución se ha de reflejar suficientemente en cualquier proceso de regeneración de un edificio, muy especialmente si disponemos de las herramientas adecuadas para ello. A través de aplicaciones BIM podemos reconocer las distintas fases del proyecto de regeneración consideradas, evaluando de este modo cada una de estas en su conjunto, además de poder particularizar en cada caso los indicadores evaluados.

- **Relación de agentes, competencias y atribuciones**

La determinación de los agentes parte de la hipótesis esencial de entender que las operaciones de regeneración se han de promover principalmente por los propietarios de las viviendas, quienes se organizan en torno a cooperativas vecinales para la regeneración de sus inmuebles y edificios (células y conjunto de células urbanas, según la conceptualización a nivel teórico de la presente investigación). La gestión de estas cooperativas se realiza a través de gestoras, que actúan en nombre de los vecinos, defendiendo sus intereses con relación a la regeneración de sus edificios, la cual no sólo ha de responder a aspectos económicos y/o medioambientales, sino a aspectos sociales, estrechamente relacionados con la funcionalidad de las viviendas y el uso de los espacios urbanos. Centrándonos en este segundo aspecto, los intereses para la regeneración de los barrios, entendidos igualmente bajo el paralelismo de la investigación como organismos urbanos, se gestionan a través de la unión de distintas cooperativas vecinales, las cuales pueden o no compartir la figura del gestor cooperativista.

En cualesquiera de los casos, la figura del gestor de cooperativas y/o unión de cooperativas se convierte en una figura central de cara a articular los intereses vecinales en torno al proyecto de regeneración sostenible de los barrios y edificios.

Con relación a la regeneración urbana, entendida a través de aquellas medidas que permitan dotar a los organismos urbanos de una mayor extensión de espacios verdes, alternativas de movilidad y/o infraestructuras para la generación de sistemas urbanos de calefacción y refrigeración; la gestora de la unión de cooperativas ha de establecer mecanismos en línea con los indicadores reflejados en la Agenda Local XXI de la ciudad para extraer conclusiones respecto de qué actuaciones de regeneración

de los barrios se han de realizar y qué respuesta, en base a los intereses locales plasmados en la AXXI, se consigue mediante dicha intervención. Estas medidas se tramitan como propuestas a fin de promover el conocimiento de las mismas y la participación ciudadana en la transformación de la ciudad, colaborando activamente la metodología desarrollada con la Agenda Local XXI. No obstante, las citadas actuaciones se recogen en un Plan de Reforma Interior que, una vez aprobado, ordene la intervención tanto a escala de barrio, como a nivel del edificio.

En paralelo, los intereses de los propietarios a propósito de las transformaciones que sobre las viviendas y el edificio se quisiesen realizar, se desarrollan y gestionan a través de una metodología holística que comprenda la integración de las distintas dimensiones de la sostenibilidad que se reconocen en la presente investigación y que, en el aspecto concreto de la regeneración de la envolvente de los edificios, basa sus preceptos en lo expuesto en este trabajo. El sistema gráfico de comunicación de la información entre los distintos agentes se basa en el modelo de información del edificio (Figura 6.1), que ha de contar con un nivel de desarrollo acorde a la fase de definición del proyecto, habiendo de estudiarse posibles soluciones para el conjunto de edificios que compongan el barrio donde se quiera plantear la intervención, a fin de conformar un catálogo de soluciones técnicas evaluables a dicha escala a través de los indicadores que han sido desarrollados en la fase 3 de la investigación.

A continuación, se relacionan los agentes intervinientes para la gestión y promoción de intervenciones en la cual nos basamos, al tiempo que se detalla la vinculación de los mismos para con cada una de las fases de la investigación desarrollada. Así mismo, y para cada uno de los citados agentes, se reconoce, con relación al propósito de la intervención, sus competencias y atribuciones, sin que se particularice sus responsabilidades y obligaciones contractuales, las cuales quedan reguladas por la Ley 38/1999.

- **Promotor. Cooperativas de regeneración de edificios.** Mediante esta figura asociativa se propone articular los intereses de los propietarios en torno a la regeneración de los espacios urbanos y de los edificios del barrio. A través de la figura de una gestora que aúne perfiles con competencias a nivel arquitectónico y atribuciones a nivel jurídico-administrativo, se recogen los intereses de los propietarios con relación a la transformación de sus inmuebles y edificios; se gestiona la tramitación de subvenciones ante las distintas instituciones; se promueve el desarrollo de los proyectos de regeneración de edificios y el desarrollo de estudios de detalle a nivel urbano (en ausencia de un plan de reforma interior que regule los aspectos citados), y se informa públicamente a través de los mecanismos de participación habilitados de los avances en todos los aspectos citados, a fin de dar a conocer la consecución de objetivos municipales en materia de desarrollo sostenible recogidos a través de la Agenda Local XXI. Los criterios, aspectos a considerar y la contribución de las acciones de estos agentes para con los instrumentos que condicionan la intervención se relacionan con la Fase 1 de la investigación.
- **Proyectista.** El equipo proyectista debe contar con competencias y atribuciones para la redacción de proyectos de ampliación, reforma, modificación o rehabilitación de los edificios plurifamiliares de viviendas sobre los que se produce la variación de la composición exterior, pudiéndose, además, modificar el uso característico de algunas piezas de viviendas. Son los encargados igualmente de la realización de estudios de detalle que posibiliten flexibilizar y particularizar las transformaciones sobre los conjuntos en los que se interviene. La determinación de las estrategias de regeneración y el reconocimiento del contexto en el que se interviene son prerequisites que se recogen en la Fase 2.

- **Director de Proyecto.** Es el redactor del proyecto y sus posibles colaboradores han de desarrollar íntegramente el proyecto de regeneración en BIM, a fin de coordinar las distintas actuaciones a nivel de las disciplinas de arquitectura, estructura e instalaciones y de contar con una herramienta de comunicación, por un lado, para con el promotor, a fin de permitir la verificación de aquellos aspectos que desde el punto de vista funcional se quieran coordinar con los propietarios de las viviendas, y por otro, para con los restantes agentes que intervienen, al objeto de permitir el seguimiento, control y ejecución de las obras conforme a lo establecido en el proyecto. Bajo esta premisa metodológica de trabajo mediante el software informático sobre el cual se centraliza la información esencial del proyecto, se desarrollan una serie de subagentes, cuyas competencias y atribuciones se detallan más adelante. El director del proyecto habrá de tomar en consideración las bases que definirán el modelo de cuantificación y cualitativo en base al cual se consigna la intervención, estableciendo los objetivos y el propósito de la evaluación, al tiempo que particulariza los escenarios, métodos de cálculo y fuentes de información, lo cual queda determinado por el pliego de condiciones que se acuerde. Todo ello se relaciona con la Fase 3 de la investigación.
- **Director de obra.** Puede ser el mismo proyectista o una persona física o jurídica distinta. Realiza un seguimiento del proyecto, prestando especial atención a los aspectos urbanísticos y técnicos definidos, al tiempo que se encarga de incorporar aquellas soluciones en el transcurso de las obras que se manifiestan como necesarias. Es, por tanto, el encargado de mantener actualizado el modelo desarrollado para la regeneración del edificio y evaluar sobre el mismo la afección a nivel económico y medioambiental de las modificaciones que se pudiesen plantear, validando o no las mismas con relación a las premisas de partida. A través de la intervención que se plantee se habrán de ponderar los indicadores que se obtengan de la evaluación de la sostenibilidad, esto es, la aplicación de la misma conforme a un proyecto que integre en la toma de decisiones indicadores medioambientales, económicos y sociales. Ello se relaciona con la Fase 4 de la investigación.
- **Director de ejecución de obra.** Su función esencial con relación a la regeneración sostenible de los edificios consiste en la verificación de la adecuación de las soluciones propuestas en obra para los aspectos medioambientales y económicos consignados en el proyecto de ejecución y que han de validarse por el resto de los agentes intervinientes. Los instrumentos para la verificación y actualización conforme a los datos de obra de los indicadores medioambientales y económicos se realizarán a través de un modelo de cuantificación final conforme al estado ejecutado de la obra en base al que se define en la Fase 4.
- **Constructor.** Es el agente encargado de llevar a cabo el PRET con arreglo a las prescripciones técnicas, medioambientales y económicas que se han determinado. Este agente contribuirá activamente a los aspectos que se deriven de la aplicación de la metodología (F4), a través de la verificación de los aspectos consignados.
- **Entidades y laboratorios de control.** A través de esta figura se permite la verificación de los sistemas constructivos que se implementan con arreglo a las premisas dadas. Permitirán la verificación del cumplimiento de las premisas que se establezcan y que puedan haberse establecido a través de la aplicación del modelo (F4).

La Figura 6.1 detalla y amplía las relaciones entre los distintos agentes (quienes desarrollan y quienes validan), así como las herramientas para la comunicación de información entre estos.

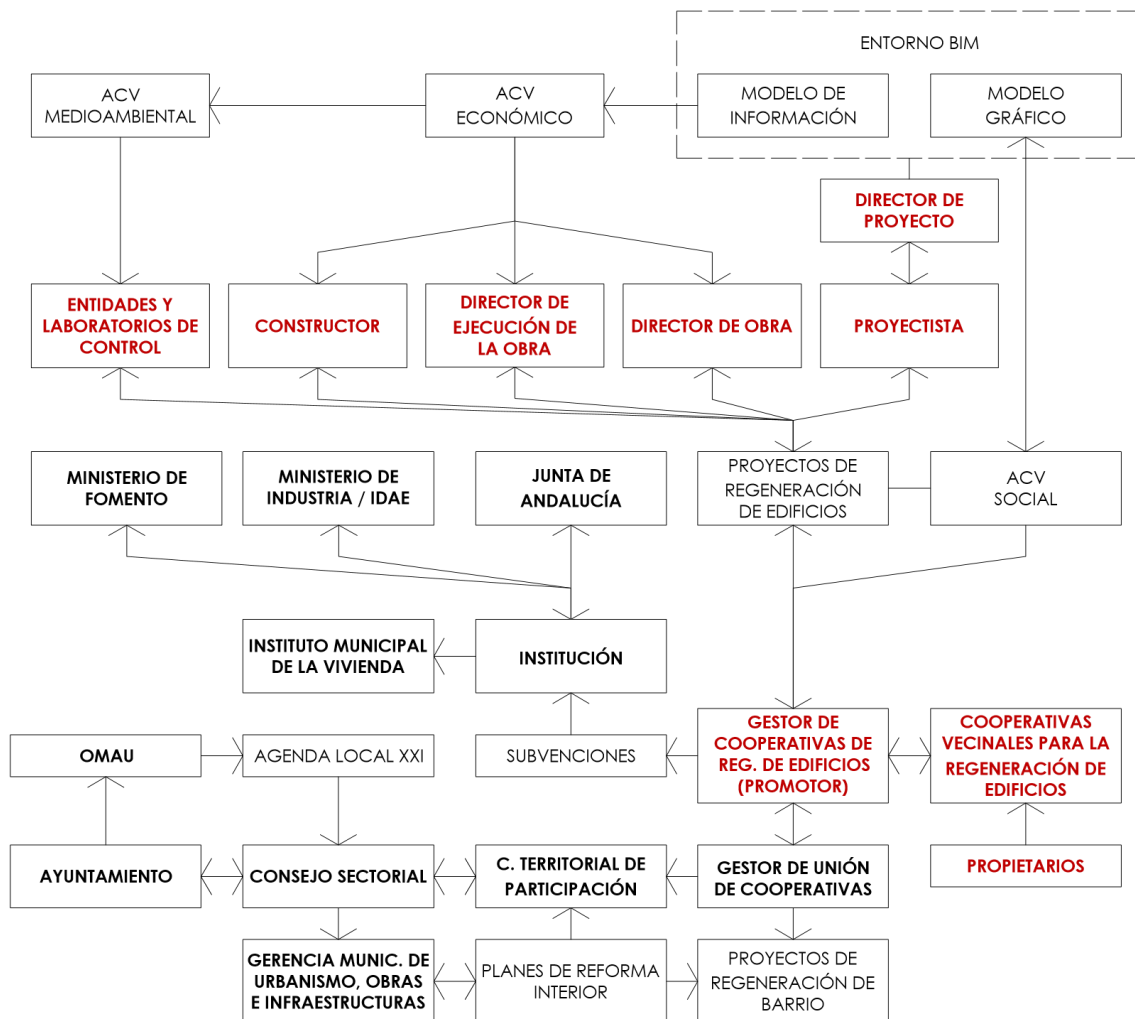


Figura 6.1. Organigrama de agentes para la definición del proyecto (en rojo), agentes para la validación de los mismos y apoyo (en negrita), herramientas (sin alteraciones sobre la tipografía) y flujos de información. Fuente: Elaboración propia a partir del estudio aplicado de la investigación.

• Roles de participación y trabajo

La definición de roles de participación en los trabajos y sus distintas fases resulta determinante de cara a la consecución del objetivo central que se persigue a través de la aplicación práctica de esta investigación: abordar los procesos de transformación de los edificios desde una perspectiva del desarrollo sostenible. En la Figura 6.2 se recoge el diagrama de flujo de trabajo que se habrá de seguir para la definición de cada una de las fases del proyecto (básico, de ejecución y ejecutado).

En este sentido, resulta determinante, y con relación a las particularidades propias de la metodología desarrollada en la investigación, determinar la estructura de los equipos de desarrollo BIM y sus roles de participación como integrantes del equipo proyectista.

- **BIM Manager.** Además de las funciones asociadas a la coordinación y el mantenimiento de la herramienta de trabajo, es la persona encargada de la gestión del modelo de cuantificación asociado a las familias y que permite la obtención de resultados para las evaluaciones medioambiental y económica.
- **Gestor Documental.** Su función principal se asocia a la generación de documentación a partir del modelo. Esta información se plasma a través de los distintos planos que se requieran para la definición de la intervención, así como para la valoración por parte de terceros de las actuaciones.
- **Coordinador de las distintas disciplinas.** En función de la entidad del proyecto de regeneración del edificio dicho rol puede ser asumido por la figura del BIM Manager. De incorporarse más disciplinas al proyecto, por requerir el proyecto de intervenciones a nivel de estructuras y/o instalaciones, se precisa de una figura que coordine las mismas bajo la supervisión del director de proyecto.
- **Modeladores.** Son los miembros del equipo encargados del desarrollo de los modelos en base al programa funcional y las directrices definidas.

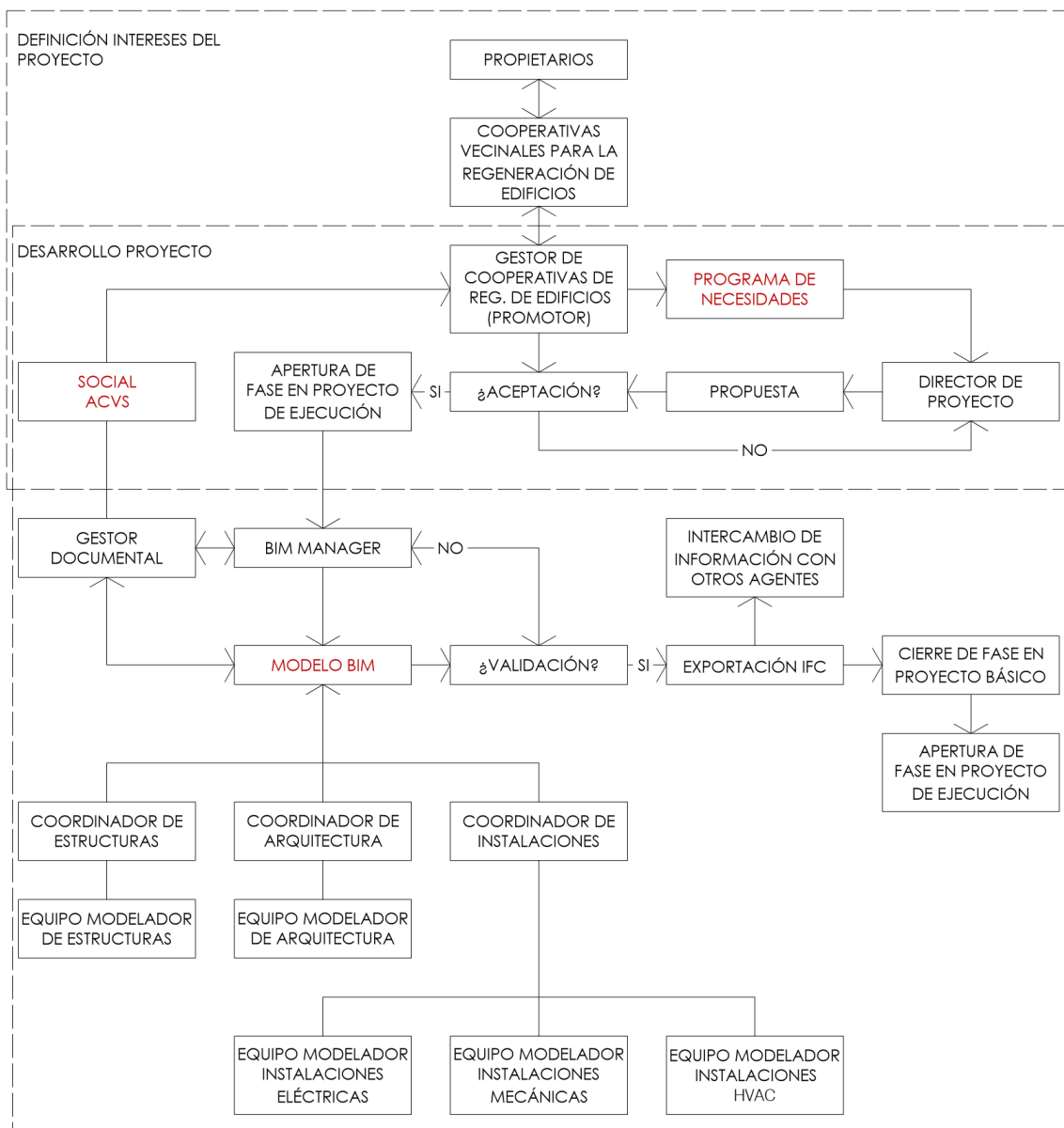


Figura 6.2. Diagrama de flujos de trabajo y agentes intervinientes en el desarrollo de cada fase del proyecto (en rojo). Fuente: Elaboración propia a partir del estudio aplicado de la investigación.

- **Propuesta modelada**

Todos los aspectos abordados en la investigación han permitido adquirir una serie de conocimientos en torno a los criterios de intervención para la definición de un PRET conforme a la combinación de opciones de diseño de menor impacto (COOD 001). En base a estos se ha desarrollado un modelo de trabajo en BIM donde se han llevado a cabo una serie de transformaciones de la envolvente que se proponen como respuesta a indicadores sociales que se han destacado a lo largo de la intervención. A continuación, se detalla la propuesta que se ha dado a los mismos:

- Indicador 7.2.2. La disposición, dimensiones y facilidad de operación de ascensores (asociado a la intervención y en módulo B5). La proposición de la intervención por fases posibilita minimizar los impactos a los que apunta este indicador. El planteamiento de las actuaciones a nivel interno de las viviendas, en conjunto con la actuación a nivel de la envolvente, permite el uso de sistemas de elevación de material a través de las construcciones auxiliares que se dispongan para la realización de la fachada ventilada. La propuesta de fases de intervención reflejada en el modelo se relaciona con cada una de las actuaciones, organizándose en función del impacto asociado a ellas:
 - Fase 1: (EVF-B4+M1). Transformación en fachada ventilada con incorporación de aislamiento.
 - Fase 2: (EHCP-B2+M1). Transformación en cubierta plana ventilada.
 - Fase 3: (EVH-C3). Adición de ventanas.
- Indicador 7.3. Adaptabilidad (asociado a la intervención y en módulo B5). Se incorporan al modelo del edificio redistribuciones en función a distintos programas funcionales de necesidades con relación a reducir el número de estancias y plantear el aumento de las piezas húmedas. Dichas transformaciones no han sido contrastadas con los vecinos y responde más al interés del investigador por explorar alternativas de usos y de funciones asociadas a los espacios a fin de determinar qué relación pudiese guardar ello con la envolvente del edificio.
- Indicador 7.4.6. Espacio exterior (asociado a la intervención y en módulo B5). A fin de avanzar sobre las posibilidades que desde el punto de vista arquitectónico se ofrece para transformar y aumentar los espacios exteriores de la vivienda, se proponen transformaciones de las terrazas existentes y ampliaciones, así como el planteamiento de elementos de sombra que permitan proteger los huecos más expuestos.
- Indicador 7.4.5.1. Características de confort visual (asociado a la intervención y en módulo B5). Se propone la ampliación de huecos e incorporación de nuevos huecos, generándose un sistema de hueco perfectible que permite integrar en el antepecho de las ventanas las unidades exteriores de clima que no quisiesen retirarse.

La Figura 6.3.a recoge una volumetría del estado actual. La Figura 6.3.b indica las actuaciones regenerativas que se han planteado por fases (EVF-B4+M1, en rojo; EHCP-B2+M1, en morado, y EVH-C3, en amarillo). Finalmente, la Figura 6.3.c muestra el PRET en su conjunto, pudiendo verse los colores y acabados que se plantean para la intervención. En el CD con el material complementario a la investigación se incorporan los planos de la intervención en su conjunto y el modelo BIM del edificio.

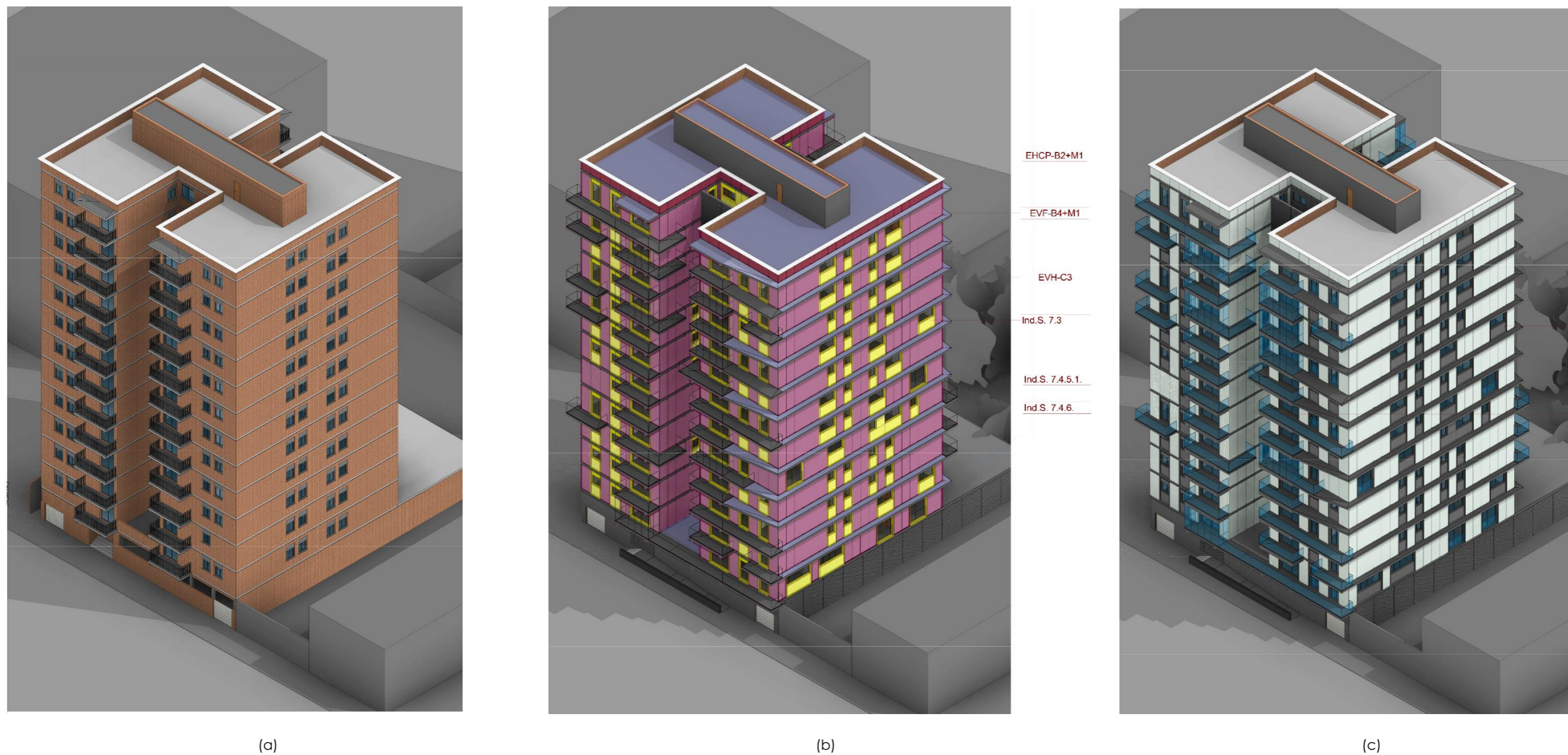


Figura 6.3. (a) Perspectiva isométrica del modelo del edificio en su estado actual. (b) Perspectiva isométrica del modelo del edificio conforme a un PRET, identificando actuaciones de regeneración. (c) Perspectiva isométrica del modelo del edificio conforme al PRET. Fuente: Elaboración propia a partir del estudio aplicado de la investigación.

7. Nomenclaturas

| | | | |
|---------------|--|----------------------------|--|
| A | Dimensión Medioambiental de la Sostenibilidad | CALENER | Calificación Energética de Edificios (herramienta informática) |
| AAE | Agencia Andaluza de la Energía | CALENER-VYP | Calificación Energética de Viviendas Y Pequeño y mediano terciario (herramienta informática) |
| ACS | Agua Caliente Sanitaria | CASBEE | Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (Sistema de Evaluación Integral para la Eficiencia del Entorno Construido) (BSAT) |
| ACV | Análisis de Ciclo de Vida | CC | Cambio Climático |
| ADP | Abiotic Resource Depletion Potential (Potencial de Agotamiento de Recursos Abióticos para Combustibles Fósiles) | CCE | Consejo de Comunidades Europeas |
| AEMET | Agencia Estatal de Meteorología (España) | CCV | Coste del Ciclo De Vida |
| AEN | Asociación Española de Normalización | CE | Consejo Europeo |
| AENOR | Agencia Española de Normalización | CE3 | Calificación Energética de Edificios Existentes (herramienta informática) |
| AICIA | Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía | CE3X | Calificación Energética de Edificios Existentes (herramienta informática alternativa a CE3) |
| AIF | Asociación Ibérica de Fotocatálisis | CECB | Certificat Énergétique Cantonal Des Bâtiments (Certificado Energético Cantonal para Edificios) |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire acondicionado) | CEN | Comité Europeo de Normalización |
| ATECYR | Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración | CENER | Centro Nacional De Energías Renovables |
| ATHENA | Analysis Tool For Heritable and Environmental Network Associations (herramienta de Análisis para Asociaciones de Redes Ambientales y Heredables) (BSAT) | CEPCO | Confederación Española de Asociaciones de fabricantes de Productos de Construcción |
| AXXI | Agenda Local XXI | CERMA | Calificación Energética Residencial Método Abreviado (herramienta informática) |
| B | Transformación Bioclimática | CF | Cash Flow (Flujo de Caja) |
| BDA | Building Design Advisor (Asesor de Diseño de Edificios) (BSAT) | CG | Coste General |
| BE | Banco de España | CG | Vidrio Celular |
| BEAT | Building Environmental Assessment Tool (herramienta para la Evaluación Ambiental de los Edificios) (BSAT) | CH₄ | Metano |
| BEDEC | Banco Estructurado de Datos de Elementos Constructivos | CI | Cubierta Inclinada |
| BEE | Building Environmental Efficiency (Eficiencia Medioambiental de Edificios) (BSAT) | CMNUCC | Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático |
| BI | Beneficio Industrial | CN | Compacidad Neta |
| BIM | Building Information Modeling (Modelado informático de edificios) (herramienta informática) | CNCM3 | Centre National De Recherches Météorologique Climate Model Version 3 (modelo de circulación general para predicciones Climáticas) |
| BLAST | Building Loads Analysis and System Thermodynamics. Programa de simulación energética desarrollado por Cerl, U.S. (sus funciones se han integrado en Energyplus) | CO₂ | Dióxido de Carbono |
| BREAM | Building Research Establishment's Environmental Assessment Method (Método de Evaluación Medioambiental del Building Research Establishment de Reino Unido) (BSAT) | CO_{2equiv} | Dióxido de Carbono Equivalente (expresado en kilogramos o toneladas) |
| BSATs | Building Sustainability Assessment Tools (herramientas para la Evaluación de la Sostenibilidad) | CO_{MA} | Coste de Mantenimiento (anual) |
| BSLCA | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | COOD | Combinación de Opciones de Diseño |
| C | Estrategia de Cambio del sistema constructivo por uno nuevo o combinación del existente con uno nuevo | COVID-19 | Enfermedad causada por el virus SARS-Cov-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2) |
| | | CP | Cubierta Plana |
| | | CRECE | Plan de medidas para el Crecimiento, la Competitividad y la Eficiencia |
| | | CSIC | Consejo Superior de Investigaciones Científicas |
| | | CT | Comité Técnico |
| | | CTE | Código Técnico de la Edificación |
| | | CTN | Comité Técnico de Normalización |
| | | CYPECAD | Herramienta informática para para evaluación del rendimiento energético del edificio |
| | | - MEP | |
| | | DAP | Declaración Ambiental de Producto |

| | | | |
|-----------------------|---|---------------------------|---|
| DAPc | Discriminant Analysis of Principal Components (Análisis Discriminatorio por Componentes Principales) | ESP | Energy Saving Platform. Programa de simulación energética desarrollado por Strathclyde University, U.K. |
| DB | Documento Básico | ESS | Estudio de Seguridad y Salud |
| DB-HE | Documento Básico de ahorro de Energía y aislamiento térmico | ETSII | Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales |
| DB-HR | Documento Básico de protección contra el Ruido | EV | Envolvente térmica Vertical |
| DB-HS | Documento Básico de Higiene, Salud y protección del medio ambiente | F | Fachada |
| DB-SE | Documento Básico de Seguridad Estructural | FDU | Fondos de Desarrollo Urbano |
| DB-SI | Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio | FEDER | Fondo Europeo de Desarrollo Regional |
| DB-SUA | Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad | FES-CO₂ | Proyectos clima del Fondo de Carbono para una Economía Sostenible |
| Design-Builder | Herramienta informática para para evaluación del rendimiento energético del edificio | FFII | Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial |
| DGNB | Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Sociedad Alemana para la Construcción Sostenible) (BSAT) | FIDAE | Fondo de Inversión en Diversificación y Ahorro de Energía |
| DGT | Dirección General de Tráfico | GaBi | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) |
| DIT | Documentos de Idoneidad Técnica | GBC | Green Building Council (Consejo De Construcción Ecológica) |
| DOE2 | Programa de simulación energética desarrollado por James J. Hirsch & Associates, US | GBTtool | Green Building Tool (Herramienta De Construcción Ecológica) (BSAT) |
| DTFV | Delegación Territorial de Fomento y Vivienda (Málaga) | GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| E | Dimensión Económica de la sostenibilidad | GG | Gastos Generales |
| EA | Estado Actual del edificio (sin intervenciones sobre la envolvente) | GLP | Gases Licuados del Petróleo |
| ECCN | Edificio de Consumo Casi Nulo | GTR | Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación |
| ECODES | Fundación Ecología y Desarrollo | GV | Grado de Vestimenta |
| EcoProP | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | GWP | Global Warming Potential (Potencial De Calentamiento Global) |
| Eco-Quantum | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | H | Hueco |
| EH | Envolvente térmica Horizontal | HadCM3 | Hadley Centre Coupled Model Version 3 (MCG para predicciones climáticas) |
| EICV | Evaluación de Impactos de Ciclo de Vida | HE | Ahorro de Energía |
| EN | European standard (Norma Europea) | HEO | Limitación del consumo Energético |
| Energy-Plus | Programa e simulación energética desarrollado por Lawrence Berkeley National Laboratory, US (Integrado en DesignBuilder) | HE1 | Condiciones para el control de la Demanda Energética |
| EnerPHit | Estándar de vivienda pasiva para la renovación de edificios (BSAT) | HFC | Hidrofluorocarbonato |
| EPA | Encuesta de Población Activa | HQE | Haute Qualité Environnementale (Alta Calidad Medioambiental) (BSAT) |
| EPB | Perlita Expandida | HQE/ | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) |
| EPBD | Energy Performance of Buildings Directive (Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios) | PIMWAQ | Humedad Relativa |
| EPIQR | Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit (Modernización Del Rendimiento Energético y la Calidad Medioambiental Interior) (BSAT) | HR | Honorarios Técnicos |
| EPS | Poliestireno Expandido | HT | Herramienta Unificada Lider Calener (herramienta informática) |
| epw | Archivo tipo de datos de Energyplus Weather | HULC | Heating, Ventilating and Air Conditioning |
| EQUER | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | HVAC | Impuesto de Actividades Económicas |
| eQUEST | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | IAE | Institute for Building Environment and Energy Conservation (Instituto de Medio Ambiente de Edificación y Conservación de Energía) |
| ESCALE | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | IBEC | Aislante de Corcho Expandido |
| | | ICB | Instituto de Crédito Oficial |
| | | ICO | Análisis del Inventario del Ciclo de Vida |
| | | ICV | Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético |
| | | IDAE | Informe de Evaluación de Edificios |
| | | IEE | Instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción |
| | | IET | Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía |
| | | IECA | Lana de Vidrio |
| | | IFG | |

| | | | |
|------------------|---|-----------------------|---|
| IISBE | International Initiative for a Sustainable Built Environment (Iniciativa Internacional para un Entorno Construido Sostenible) | MW | Lana de Roca |
| IMPACT | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | NAPFUE | Nomenclature for Air Pollution of FUEls (Nomenclatura para la contaminación atmosférica de los combustibles) |
| IMV | Instituto Municipal de la Vivienda | N1 | Vehículos para el transporte de mercancías con una masa máxima que no supere las 3.5 toneladas. |
| INE | Indicador No Evaluado | N2 | Vehículos para el transporte de mercancías con una masa máxima que supere las 3.5 toneladas, pero no las 12 toneladas |
| INE | Instituto Nacional de Estadística | N₂O | Óxido Nitroso |
| IPCC | Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) | NBE | Normas Básicas de la Edificación (España) |
| IPCC DDC | Intergovernmental Panel on Climate Change Data Distribution Centre (Centro de distribución de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) | NR | No Relevante |
| IPREM | Indicador Público de Renta de Efectos Múltiples | O | Orientación |
| ISO | International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización) | OA | Ordenación Abierta |
| ITeC | Instituto de Tecnología de la Construcción | OAGT | Organismo Autónomo de la Gestión Tributaria (Málaga) |
| IVE | Instituto Valenciano de la Edificación | OD / OOD | Opción de Diseño / Opciones de Diseño |
| JA | Junta de Andalucía | OMAU | Observatorio de Medio Ambiente Urbano (Málaga) |
| JESSICA | Joint European Support for Sustainable Investment In City Areas (Apoyo Europeo Conjunto para la Inversión Sostenible en Áreas Urbanas) | OMIE | Operador del Mercado Ibérico de Energía |
| JSBC | Japan Sustainable Building Consortium (Consortio De Construcción Sostenible de Japón) | Open-Studio | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) |
| K | Coefficiente Global de Transmisión de Calor | OU | Organismo Urbano |
| LCA-House | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) | PAREER | Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de Edificios Existentes Residenciales Estándar de Vivienda Pasiva (BSAT) |
| LCAid | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) | Passiv-Haus | |
| LE | Libro del Edificio | PCM | Phase Change Material (Materiales con propiedades de Cambio de Fase) |
| LEED | Leadership in Energy & Environmental Design (Directiva en Energía y Diseño Ambiental) (BSAT) | PdC | Perfil de Cataluña (BSAT) |
| LEGOE | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) | PEE | Política Energética Europea |
| LEnSES | Living Environments in Natural, Social, and Economic Systems (Ambientes de Vida en Sistemas Naturales, Sociales y Económicos) (BSAT) | PER | Periodo de Estudio de Referencia |
| LER | Lista Europea de Residuos | PFC | Perfluorocarbonato |
| LFCI | Fibra de Celulosa | PGOU | Plan General de Ordenación Urbana (Málaga) |
| LGA | Línea General de Alimentación | PIB | Producto Interior Bruto |
| LGEP | Herramienta de Evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) | PIDUS | Planes Integrados de Desarrollo Urbano Sostenible |
| LIDER | Limitación de la Demanda de Energía (herramienta informática) | PIR | Poliisocianurato |
| M | Medianera | PMV | Plan Municipal De Vivienda |
| M | Mejora del aislamiento térmico | PP | Presupuesto Protegible |
| MCF | Modelo de Cuantificación Final | PRET | Proyecto de Regeneración de la Envoltente Térmica |
| MCG | Modelo de Circulación General | PRTR | Pollutant Release and Transfer Register (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes contaminantes) |
| MCI | Modelo de Cuantificación Inicial | PT | Puente Térmico |
| MCT | Modelo de Cuantificación Tradicional | PUR | Poliuretano |
| met | metabolic equivalent of task (tasa metabólica equivalente) | PVPC | Precio Voluntario Para el Pequeño Consumidor |
| MJ | Mega Julio | RCD | Residuos de la Construcción y Demolición |
| MNE | Módulo No Evaluado | RD | Real Decreto |
| | | REDIAM | Red de Información Ambiental de Andalucía |
| | | REE | Red Eléctrica de España |
| | | ReqVU | Vida Útil Requerida |
| | | Revit MEP | Herramienta de evaluación de la Sostenibilidad (BSAT) |
| | | RITE | Reglamento de Instalaciones Técnicas de los Edificios |

| | | | |
|---------------------------|--|--------------|---|
| S | Suelo (sigla integrada en códigos de actuaciones de regeneración de la envolvente térmica) | XLM | Extensión de Archivos que almacenan Macros para Microsoft Excel |
| S | Dimensión Social de La Sostenibilidad | XPS | Poliestireno Extruido |
| S3PAS | Programa de simulación energética desarrollado por la Universidad de Sevilla | WBCSD | World Business Council for Sustainable Development |
| SARS-CoV-2 | Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (Coronavirus Tipo 2 del Síndrome Respiratorio Agudo Grave) | | |
| SAVE | Specific Action for Vigorous Energy Efficiency (Acción Específica para una Eficaz Eficiencia Energética) | | |
| SBI-LCA | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | | |
| SBTool | Sustainable Built Tool (herramienta de construcción sostenible) (BSAT) | | |
| SC | Subcomité | | |
| SERIRES | Programa de simulación energética desarrollado por Nrel, U.S. and Bre, UK | | |
| SF₆ | Hexafluoro de Azufre | | |
| SimaPro | Herramienta De Evaluación De La Sostenibilidad (Bsat) | | |
| SRES/SUN | Programa de simulación energética desarrollado por Nrel/Ecotope, U.S. | | |
| SWEC | Spanish Weather for Energy Calculations (Clima Español para Cálculos Energéticos) | | |
| T | Techo (sigla integrada en códigos de actuaciones de regeneración de la envolvente térmica) | | |
| T.ª op. | Temperatura Operativa | | |
| TAR | Third Assessment Report of the IPCC (Tercer Informe de Evaluación del IPCC) | | |
| TAS | Programa de simulación energética desarrollado por Environmental Design Solutions Limited, UK | | |
| TC | Technical Committee (Comité Técnico) | | |
| TCQ-2000 | Herramienta de evaluación de la sostenibilidad (BSAT) | | |
| Tep | Toneladas Equivalentes de Petróleo | | |
| TIC | Tecnologías de la Información y la Comunicación | | |
| TPB | Time Pay Back (periodo de retorno de la inversión económica) | | |
| TPB CO₂ | Co ₂ Time Pay Back (periodo de compensación de emisiones) | | |
| TRNSYS | Programa de simulación energética desarrollado por University of Wisconsin-Madison, US | | |
| UE | Unión Europea | | |
| Ulim | Transmitancia Térmica | | |
| UNE | Una Norma Española | | |
| UPM | Universidad Politécnica de Madrid | | |
| UTA | Unidad de Tratamiento del Aire | | |
| VAB | Valor Añadido Bruto (por sectores) | | |
| VAE | Valor Anual Equivalente | | |
| VAN | Valor Actual Neto | | |
| VERDE | Sbtool en España (BSAT) | | |
| ViSol | Visor de Archivos de resultados de Lider (herramienta informática) | | |
| VPO | Vivienda de Protección Oficial | | |
| WF | Fibra de Madera | | |
| WG | Working Group (Grupo de Trabajo) | | |
| WWF | World Wildlife Fund (Fondo Mundial para la Naturaleza) | | |

8. Definiciones

| | |
|--|--|
| Accesibilidad. | Categoría del comportamiento social que permite evaluar las disposiciones del edificio para facilitar el acceso, y el uso, a sus instalaciones y servicios a lo largo de su vida útil. |
| Actuaciones de regeneración. | Toda acción realizada en el edificio dirigida a mejorar aspectos sociales ambientales y económicos, a través de la renovación de los sistemas constructivos que integran el mismo, que junto con otras actuaciones integran un Proyecto de Regeneración de la Envolvente Térmica (PRET). |
| Adaptabilidad. | Categoría del comportamiento social que permite modificar el edificio para hacerlo adecuado a un propósito específico. |
| Agenda Local XXI (AXXI). | Plan estratégico municipal basado en la promoción del desarrollo sostenible a través de acciones en las políticas económicas, sociales y medioambientales del municipio. |
| Ajustes razonables. | Toda modificación y adaptación necesaria, que no suponga un impacto desproporcionado, requerida para garantizar el pacífico goce de sus derechos humanos y libertades fundamentales por las personas con discapacidades. |
| Análisis del ciclo de vida (ACV). | Sistema de evaluación por el cual se determinan las cargas y beneficios asociadas de un producto o actividad a lo largo de su vida útil y que podrán ser estimadas con relación a las categorías de comportamiento social, ambiental y económico. |
| Auditoría energética. | Todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto. |
| Beneficio industrial. | El margen de beneficio de una constructora calculado junto con los gastos generales a la hora de establecer el presupuesto de ejecución material. |
| Cambio climático. | Variación del sistema climático terrestre de larga duración que se considera establece un nuevo equilibrio climático, aunque puede tener origen en diferentes circunstancias, el momento actual está asociado a la actuación antropogénica. |
| Capítulo de obra. | Agrupaciones de partidas relacionadas entre sí por unidades de obra que conforman un presupuesto. |
| Carbono incorporado a los materiales de construcción. | La suma del impacto que se atribuye a un material durante su ciclo de vida, de todas las emisiones de carbono que emite. |
| Célula urbana | Elemento espacial irreductible en la comprensión de la ciudad como un sistema de distintas escalas y entendido bajo una perspectiva ecosistémica. Local donde se desarrolla la actividad humana. |
| Central de ciclo combinado | Central para la producción energética en la que coexisten dos ciclos termodinámicos en el mismo sistema, siendo uno de los fluidos de trabajo el vapor de agua generado y otro el gas originado por la combustión o quema del combustible empleado. Para el caso de la ciudad de Málaga, su central se sirve de los combustibles 204 y 301 (según código NAPFUE). |
| Certificado de eficiencia energética. | Certificado reconocido por un Estado miembro, o por una persona jurídica designada por este, en el que se indica la eficiencia energética de un edificio o unidad de este, calculada con arreglo a una metodología adoptada de conformidad con el artículo 3; (Sg. Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios). |
| Clima templado. | Se alude a un clima templado cálido mediterráneo caracterizado de manera general por veranos cálidos y secos, inviernos suaves que, junto con las características orográficas de la región, permiten una diversidad climática que se ve amenazada por los efectos del cambio climático. |
| Coefficiente de actualización. | Factor que se aplica para calcular el valor de un flujo de caja. |

Metodología integrada para la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de células urbanas en climas templados

| | |
|--|---|
| Cogeneración. | La generación simultánea de energía térmica y de energía eléctrica o mecánica en un solo proceso. |
| Combinación de opciones de diseño (COOD). | Composición de distintas alternativas a nivel material para el planteamiento de actuaciones de regeneración de la envolvente térmica. |
| Compacidad Neta. | La relación entre el volumen total edificado y la superficie de suelo total de un área urbana. |
| Comportamiento económico. | Comportamiento relativo a los impactos y aspectos económicos, relacionándose los segundos con la obra de construcción, parte de esta, de los procesos o servicios relacionados con el ciclo de vida y que puedan alterar las condiciones económicas. |
| Comportamiento medioambiental | Comportamiento relativo a los impactos y aspectos medioambientales, relacionándose los segundos con la obra de construcción, parte de esta, de los procesos o servicios relacionados con el ciclo de vida y que puedan alterar las condiciones medioambientales. |
| Comportamiento social. | Comportamiento relativo a los impactos y aspectos sociales, relacionándose los segundos con la obra de construcción, parte de esta, de los procesos o servicios relacionados con el ciclo de vida y que puedan alterar las condiciones de vida. |
| Comunidades energéticas locales. | Entidades jurídicas de participación voluntaria dirigidas por accionistas o miembros físicos o jurídicos, así como administraciones locales, autonómicas o nacionales cuyo objetivo social es la promoción de beneficios energéticos de los que se presume se obtienen beneficios sociales y económicos. |
| Conjunto de células urbanas. | Agrupaciones de células urbanas ordenadas conforme a unos requerimientos urbanos dados. |
| Construcción sostenible. | Construcción realizada en el presente sin comprometer el entorno del futuro, respetando el medio ambiente. |
| Consumo de energía final. | Toda la energía suministrada a la industria, el transporte, los hogares, los servicios y la agricultura. No incluye los suministros al sector de transformación de la energía y a las industrias de la energía propiamente dichas. |
| Consumo de energía primaria. | El consumo interior bruto, excluidos los usos no energéticos, |
| Consumo energético | Toda la energía empleada para realizar una actividad. |
| Contador inteligente. | Equipo de medida de registro del consumo real de electricidad en los edificios. |
| Contexto local | Conjunto de características que definen un territorio concreto y que justifican la pertinencia de la investigación realizada. |
| Coste de mantenimiento. (COMA) | Gastos dirigidos a la conservación de la funcionalidad e integridad física de un sistema ensamblado. |
| Coste General (CG). | Gasto realizado para la obtención de un bien o un servicio. |
| Demanda energética | La cantidad de energía que necesita un edificio para que el usuario disfrute de unas adecuadas condiciones de confort, esta demanda energética se condiciona por la transmitancia de la envolvente térmica del edificio. |
| Desarrollo duradero | Método de gobierno dirigido a lograr objetivos a largo plazo promoviendo el equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado. |
| Economía verde | Modelo de economía dirigido a mejorar el bienestar humano sin comprometer el medio ambiente. |
| Edificio de consumo casi nulo (ECCN). | Edificio, nuevo o existente, que cumple con las exigencias reglamentarias establecidas en el Documento Básico "DB HE Ahorro de Energía" en lo referente a la limitación de consumo energético para edificios de nueva construcción. En el caso de Málaga, con una clasificación climática A3, el consumo de energía primaria total se limita a 50 kWh/m ² . año. |
| Eficiencia global. | La suma anual de la producción de electricidad y energía mecánica y de calor útil dividida por la cantidad de combustible consumida para la producción de calor mediante un proceso de cogeneración y para la producción bruta de electricidad y de energía mecánica; |
| Elemento de un edificio. | Instalación técnica del edificio o elemento de la envolvente del edificio (Sg. Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios). |

| | |
|---|---|
| Energía gris. | La suma anual de la producción de electricidad y energía mecánica y de calor útil dividida por la cantidad de combustible consumida para la producción de calor mediante un proceso de cogeneración y para la producción bruta de electricidad y de energía mecánica; |
| Energía incorporada a los materiales de construcción. | Suma de toda la energía requerida para producir los sistemas constructivos con los que se regenera la envolvente del edificio. |
| Envolvente del edificio. | Elementos integrados que separan su interior del entorno exterior (Sg. Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios). |
| Equivalente funcional. | Requisitos funcionales o técnicos cuantificados para un edificio o parte de obra, para su uso como base de comparación. |
| Escenario. | Conjunto de hipótesis e información relativa a una secuencia esperada de posibles eventos futuros. |
| Estrategias para la regeneración de la envolvente térmica. | Conjunto de medidas que persigue la mejora de los distintos sistemas de envolvente de un edificio desde el punto de vista del rendimiento energético y funcional, pero que no necesariamente son entendidas dentro de un PRET. |
| Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. | Combinación de las evaluaciones del comportamiento ambiental (3.25), comportamiento social (3.66) y comportamiento económico (3.21) teniendo en cuenta los requisitos técnicos (3.72) y los requisitos funcionales (3.31) de un edificio (3.3) o de un sistema ensamblado (parte de la obra) (3.1), expresado a nivel de edificio. |
| Evaluación del impacto ambiental. | Procedimiento técnico administrativo dirigido a conocer el impacto ambiental que producirá en su entorno la ejecución de un proyecto. |
| Evaluación del impacto económico. | Procedimiento técnico administrativo dirigido a conocer el impacto económico que producirá en su entorno la ejecución de un proyecto. |
| Evaluación del impacto social. | Procedimiento técnico administrativo dirigido a conocer el impacto social que producirá en su entorno la ejecución de un proyecto. |
| Fase operacional | Fase en la que el edificio está en uso. |
| Flujo de caja. | Salidas y entradas de riquezas durante el período de estudio de referencia (PER) de la ejecución de un PRET. |
| Gases de efecto invernadero (GEI) | Gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo de origen antropogénico. |
| Gastos generales. | Costes asociados a la actividad de la constructora encargada de realizar el proyecto de ejecución de regeneración de la envolvente térmica. |
| Herramienta para la evaluación de la sostenibilidad (BAT, por sus siglas en inglés). | Medio para recopilar y validar la información necesaria para que los auditores lleven a cabo evaluaciones de condición de energía e instalaciones en una estructura de base de datos organizada. |
| Holístico | Concepto asociado a las intervenciones y al sistema de evaluación definidos, por el que se conciben estos como un todo distinto de la suma de las partes que lo integran y que se caracterizan por atender a aspectos medioambientales, económicos, sociales, al tiempo que contemplan la incidencia del cambio climático con relación a ellos. |
| Indicador | Parámetro al servicio de medir o describir impactos/aspectos medioambientales, económicos o sociales y que permiten una comprensión más ágil y sintética de realidades complejas. |
| Interpolación segmentaria cuadrática. | Curva diferenciable definida en porciones mediante polinomios de grado 2. |
| Libro del edificio regenerado. | Conjunto de documentos que conforman el archivo y registro del historial e incidencias técnicas, jurídicas y administrativas del edificio que permite poner a disposición del propietario del mismo dicha información. |
| Material de cambio de fase. | Material con un alto calor latente con capacidad de almacenar o liberar grandes cantidades de energía. |
| Material fotocatalítico. | Material capaz de eliminar las sustancias orgánicas e inorgánicas contaminantes que se sitúan en la superficie de las construcciones a través de un proceso fotoquímico. |

Metodología integrada para la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de células urbanas en climas templados

| | |
|--|--|
| Medición de un proyecto. | Valoración de todas las Unidades de Obra de un proyecto que da lugar a un Presupuesto final definitivo. |
| Modelo cualitativo. | Técnica de investigación enfocada al comportamiento o actitud hacia algún producto o servicio. |
| Modelo cuantitativo. | Técnica de investigación dirigida a lograr una aproximación matemática al entendimiento de un fenómeno. |
| Modelo de circulación general (MCG). | Representación de procesos físicos en la atmósfera, océano, criósfera y superficies terrestres que sirve para simular la respuesta de un sistema global en el incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero. |
| Modelo de Cuantificación Final (MCF). | Modelo de evaluación de impactos ambientales y económicos que incorpora criterios sociales Y cambios medioambientales para el establecimiento de sus cálculos. |
| Modelo de Cuantificación Inicial (MCI). | Modelo de evaluación de impactos ambientales y económicos que no incorpora criterios sociales para el establecimiento de sus cálculos, pero sí contempla los cambios medioambientales. |
| Modelo de Cuantificación Tradicional (MCT). | Modelo de evaluación de impactos ambientales y económicos que no contempla ni el cambio climático ni los criterios sociales en la institución de sus resultados. |
| Modelo Informático del edificio (BIM, por sus siglas en inglés) | Metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción que permite la integración en un modelo único de indicadores económicos y medioambientales a través de parámetros compartidos. |
| Modelo térmico del edificio | Modelo informático que permite simular los consumos energéticos y las emisiones que de estos se derivan bajo unas condiciones climáticas dadas. |
| Muro parietodinámico. | Mecanismo que se sirve para precalentar el aire que se utilizará en la ventilación. |
| Nivel óptimo de rentabilidad. | Nivel de eficiencia energética que conlleve el coste más bajo durante el ciclo de vida útil estimada, cuando: a) el coste más bajo venga determinado teniendo en cuenta los costes de inversión relacionados con la energía, los de mantenimiento y funcionamiento (incluidos el coste y ahorro de energía, la categoría del edificio de que se trata, los ingresos procedentes de la energía producida), si procede, y los costes de eliminación, si procede, y b) el ciclo de vida útil estimada venga determinado por cada Estado miembro. Se trata del ciclo de vida útil estimada restante de un edificio en el que los requisitos de eficiencia energética se determinan para el edificio en su conjunto, o del ciclo de vida útil estimada de un edificio o de uno de sus elementos en el que los requisitos de eficiencia energética se determinan para los elementos del edificio. El nivel óptimo de rentabilidad se situará en el rango de niveles de rendimiento en los que el balance coste-beneficio calculado durante el ciclo de vida útil estimada es positivo; |
| Obsolescencia energética. | Pérdida de la cualidad de la eficiencia energética. |
| Obsolescencia funcional. | Pérdida de la utilidad de la cosa por desarrollo de un modelo mejor. |
| Opción de diseño | Alternativas a nivel material para el planteamiento de actuaciones de regeneración de la envolvente térmica. |
| Organismo urbano. | Complejos residenciales de carácter urbano que pueden ser observados como episodios dentro de las ciudades más que como elementos autónomos, y se caracterizan por la repetición de modelos a nivel tipológico y la generación de espacios libres sin uso urbano específico. |
| Partida de obra. | Listado de las tareas a realizarse en una obra establecidas con fines de medición, evaluación, programación y pago. |
| Perfectible | Dicho de un sistema constructivo o de un sistema ensamblado capaz de perfeccionarse o de ser perfeccionado, que permite a través de la disposición de sus elementos la mejora de su comportamiento medioambiental y/o funcional. |
| Periodo de compensación de emisiones (TPB CO₂). | La relación entre el carbono incorporado a las soluciones de regeneración de la envolvente térmica de un edificio y los ahorros en emisiones a lo largo de la restante vida útil del edificio que se consiguen mediante las acciones de regeneración, y se mide en años. |

| | |
|---|---|
| Periodo de Estudio de referencia (PER). | Período que se inicia con la ejecución del PRET y finaliza con la vida útil del edificio. |
| Periodo de retorno de la inversión económica. | Período a partir del cual se empiezan a obtener ingresos procedentes del beneficio de la ejecución de las actuaciones de regeneración. Se mide en años. |
| Potencial de calentamiento global (GWP) | Efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO ₂ . |
| Presupuesto base | Presupuesto sin incluir gastos generales ni beneficio industrial. |
| Presupuesto de ejecución material (PEM) | Presupuesto que incluye gastos generales y beneficio industrial y sirve para, entre otras, calcular los honorarios técnicos. |
| Producto Interior Bruto (PIB) | Conjunto de los bienes y servicios producidos en un país durante un año. |
| Proveedor de servicios energéticos. | Toda persona física o jurídica que presta servicios energéticos o aplica otras medidas de mejora de la eficiencia energética en la instalación o los locales de un cliente final. |
| Proyecto básico. | Toda la documentación necesaria para definir las características de un edificio con arreglo a sus aspectos funcionales y urbanísticos. |
| Proyecto de ejecución. | Fase del trabajo en la que se desarrolla y se amplía en su totalidad y en detalle la información contenida en el proyecto básico. |
| Proyecto de regeneración de la envolvente térmica (PRET). | Proyecto que tiene por objeto la regeneración de la envolvente térmica. |
| Readaptación de edificios | Acción sobre el edificio que no persigue su mejora per se, sino que pretende conservar los sistemas presentes adaptándolos a las nuevas circunstancias. |
| Regeneración de la envolvente térmica del edificio | Renovación de los sistemas que integran la envolvente térmica del edificio a través de transformaciones que persigan una mejora del rendimiento energético del edificio y la mejora de su funcionalidad para con los usos que en el interior del edificio se puedan llegar a dar. |
| Renovación de la envolvente térmica del edificio. | Mejora de la eficiencia energética. |
| Seguridad | Categoría del comportamiento social que permite la capacidad de un edificio a resistir acciones presentes y futuras previsibles procedentes de fenómenos atmosféricos, acciones sísmicas, interrupciones de suministros, etc. |
| Sistema ensamblado. | Componente o conjunto de componentes incorporados a la obra de construcción. |
| Sistema urbano de calefacción o sistema urbano de refrigeración. | Distribución de energía térmica en forma de vapor, agua caliente o fluidos refrigerantes, desde una fuente central de producción a través de una red hacia múltiples edificios o emplazamientos, para la calefacción o la refrigeración de espacios o procesos. |
| Sostenibilidad integral. | Sostenibilidad entendida desde sus múltiples dimensiones: ambiental, económica, social e institucional. Proceso de cambio para configurar un nuevo estilo de desarrollo que se oriente hacia la perdurabilidad del sistema global. |
| Sostenibilidad. | Capacidad de un sistema para mantenerse para las generaciones presentes y futuras; lo cual implica considerar aspectos ambientales, sociales y económicos. |
| Subvención. | Ayuda económica que se da a una persona o institución para que realice una actividad considerada de interés general. |
| Tendencia de consumo energético | Inclinación de los usuarios del edificio al consumo de energía para la climatización de sus viviendas, determinado a través de la encuesta realizada. El dato calculado no incorpora los incrementos actuales en la tendencia global de incrementos en el consumo de energía. |
| Tasa de descuento. | Coste de capital aplicado para determinar el valor presente de un futuro pago. |
| Tasa urbanística | Contraprestación económica que se ha de satisfacer para realizar actuaciones urbanas. |

Metodología integrada para la evaluación de la sostenibilidad de actuaciones regenerativas sobre la envolvente de células urbanas en climas templados

| | |
|---|---|
| Tejido productivo. | Conjunto de recursos, tecnología, organización e instrumentos con los que cuenta una zona para el desarrollo de servicios y bienes. |
| Tejido urbano. | Estructura morfológica de un sector de la ciudad en particular con relación a los viarios, espacios públicos, las dotaciones y el modo en que todo ello se relaciona con los edificios. |
| Temperatura Operativa. | Temperatura operativa o temperatura resultante seca de un recinto es aquella temperatura única que deberían tener tanto el aire como las paredes, para que una persona media intercambiase por convección y radiación la misma cantidad de energía que intercambia en la situación real. |
| Tendencia de consumo energético. | Las tendencias de consumo estudian los cambios de comportamiento en los grupos humanos. Son marcadas especialmente por la interacción entre los consumidores con las marcas de productos y servicios. Las personas alrededor del mundo tienen ciertos deseos, necesidades, gustos e intereses. |
| Tipología arquetéptica | Modelo original que sirve como pauta para imitarlo, reproducirlo o copiarlo, o prototipo ideal que sirve como ejemplo de perfección de algo. |
| Usuario. | Aquel que tiene el derecho de usar de una cosa ajena con unas limitaciones determinadas. |
| Valor actual neto (VAN). | Valor presente de los flujos de caja netos originados por una inversión. |
| Valor anual equivalente (VAE). | Rendimiento anual uniforme provocado por la inversión en el proyecto durante el período definido. |
| Valor residual | Depreciación lineal del coste de inversión inicial o del coste de sustitución de un determinado elemento del edificio hasta el final del período de cálculo y se actualizará al inicio de dicho período. La duración de la depreciación será determinada por el ciclo de vida útil del edificio o de los elementos del edificio de que se trate. Podrá ocurrir que el valor residual de dichos elementos tenga que corregirse para tener en cuenta el coste que represente su retirada del edificio al final del ciclo de vida útil estimada de este. |
| Vida útil requerida. | Vida útil requerida por la reglamentación o la propiedad. |
| Vida útil. | Período de uso en servicio del edificio. |

9. Bibliografía

Bibliografía consultada

A

- AAE (2020).** Junta de Andalucía. Consejería de Empleo Empresa y Comercio de Andalucía. Agencia Andaluza de la Energía - *Localizador de comercios v1.06*, [en línea] disponible en https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/entidadesColaboradoras/#etiqueta_buscador (accedido 15 mayo 2020)
- AENOR. (1998).** UNE 150041 EX. Análisis del ciclo de vida simplificado.
- AENOR. (2006).** UNE-EN ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (2006).
- AENOR. (2012a).** UNE-EN 15643-1. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 1: Marco general (2012).
- AENOR. (2012b).** UNE-EN 15643-2. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 2: Marco para la evaluación del comportamiento ambiental.
- AENOR. (2012c).** UNE-EN 15643-3. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 3: Marco para la evaluación del comportamiento social.
- AENOR. (2012d).** UNE-EN 15643-4. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Parte 4: Marco para la evaluación del comportamiento económico.
- AENOR. (2012e).** UNE-EN 15978. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Método de cálculo.
- AENOR. (2015).** UNE-EN 16309+A1. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento social de los edificios. Método de cálculo.
- AENOR. (2016).** UNE-EN 16627. Sostenibilidad en la construcción. Evaluación del comportamiento económico de los edificios. Método de cálculo.
- AENOR. (2018).** UNE-EN 15459-1. Eficiencia energética de los edificios. Procedimiento de evaluación económica de los sistemas energéticos de los edificios. Parte 1: Método de cálculo, Módulo M1-14.
- Abergel, T., Dean, B., & Dulac, J. (2017).** Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector: Global Status Report 2017. *UN Environment and International Energy Agency: Paris, France*, 22.
- Adalberth, K., Almgren, A., & Petersen, E. H. (2001).** Life cycle assessment of four multi-family buildings. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*, 2(1), 1-21, [en línea] disponible en <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20195422>
- AENOR. (2016).** Página web de Agencia Española de Normalización, [en línea] disponible en <http://www.aenor.es/>
- AIF. (2019).** Página web de la Asociación Ibérica de la Fotocatalisis, [en línea] disponible en <http://www.fotocatalisis.org/index.html>

- Alarcón Barrio, A. (2012).** Sostenibilidad en la construcción normalización. *Curso de Sostenibilidad: Eficiencia Energética, Evaluación de Edificios y Estructuras*, 1-13.
- Andrade, J., & Bragança, L. (2016).** Sustainability assessment of dwellings—a comparison of methodologies. *Civil engineering and environmental systems*, 33 (2), 125-146, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676>
- Archivo Histórico Provincial de Málaga. (2017).** Vista de expedientes de proyectos de ejecución. Málaga: Junta de Andalucía.
- ATECOS. (2002).** Asistente Técnico para la Construcción Sostenible. Certificación CASBEE. Documento informativo.
- ATECYR & IVE (2011).** Manual de usuario CERMA v.4.0 (octubre de 2015), 1–76.
- Autodesk. (2020).** Integrated MEP systems analysis with Revit 2020.1, [en línea] disponible en <https://blogs.autodesk.com/revit/2019/08/21/revit-systems-analysis/> (accedido 16 agosto 2020)
- Ayuntamiento de Málaga. (2012).** Mapa de Trabajo Social de Málaga 2012. Málaga. Volúmen 6. Distrito Cruz de Humilladero, [en línea], disponible en http://www.malaga.eu/recursos/sociales/observatorio/descargas/mapa_trabajo_social/distrito6.pdf
- Ayuntamiento de Málaga. (2013).** Edicto 9307/2013, por el que se aprueba la ordena Ordenanza Fiscal n.º 15. Tasas por actuaciones urbanísticas. 15. *Boletín Oficial de la Provincia de Málaga*, 22 de julio de 2013, núm. 138, [en línea] disponible en <https://www.bopmalaga.es/edicto.php?edicto=20130722-09307-2013&marcar=&control=571997630>
- Ayuntamiento de Málaga. (2016a).** Edicto 750/2016, por el que se aprueba el Reglamento Orgánico de Participación Ciudadana del Ayuntamiento de Málaga. *Boletín Oficial de la Provincia de Málaga*, 1 de marzo de 2016, núm. 40, [en línea] disponible en <https://www.bopmalaga.es/edicto.php?edicto=20160301-00750-2016&marcar=&control=1255935107>
- Ayuntamiento de Málaga. (2016b).** Edicto 6224/2016 por el que se aprueba el Reglamento orgánico del Consejo Social de la ciudad de Málaga. *Boletín Oficial de la Provincia de Málaga*, 12 de septiembre de 2016, núm. 173 (2016) [en línea] disponible en <https://www.bopmalaga.es/edicto.php?edicto=20160912-06224-2016&marcar=Reglamento+org%C3%A1nico+del+Consejo+Social+de+la+ciudad+de+M%C3%A1laga&control=1727478323>
- Ayuntamiento de Málaga. (2019).** Memoria anual de actividad del Instituto Municipal de Vivienda de 2018, 25 de junio de 2019 [en línea] disponible en <http://imv.malaga.eu/opencms/export/sites/imv/.content/galerias/descargas-memorias-gestion/Memoria-IMV-2018.pdf>

B

- Báez Muñoz, R., & Jiménez Melgar, P. (2015a).** Agenda Urbana en la estrategia de sostenibilidad integrada 2020-2050. *Agenda Local 21 de Málaga*.
- Báez Muñoz, R., & Jiménez Melgar, P. (2015b).** Gestión de los recursos naturales. *Agenda Local 21 de Málaga*.

- Banco de España. (2019).** Evolución reciente del mercado del alquiler de vivienda en España. *Boletín Económico*, 3/2019, [en línea] disponible en <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletines/Revistas/ArticulosAnaliticos/19/T3/descargar/Fich/be1903-art25.pdf>
- Barrios Padura, Á., González Villegas, E., Mariñas Luis, J. C., & Molina Huelva, M. (2015).** {Re} Programa. (Re) habitation + (Re) generation + (Re) programming. The recycling and the sustainable management of the Andalusian housing stock. Management of habitable surroundings from the criteria of active aging, gender and urban habitability, [en línea] disponible en https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/28314/RePrograma_Libro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bayer, C., Gamble, M., Gentry, R., & Joshi, S. (2010).** AIA Guide to Building Life Cycle Assessment in Practice. Washington, DC, [en línea] disponible en <https://www.briqbase.org/sites/default/files/aiab082942.pdf>
- Best, R. E., Rezazadeh Kalehbasti, P., & Lepech, M. D. (2020).** A novel approach to district heating and cooling network design based on life cycle cost optimization. *Energy*, 194, 116837. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116837>
- Bowick, M., O'connor, J., & Meil, J. (2014).** Athena Guide to Whole-Building LCA in Green Building Programs Athena Guide to Whole-building LCA in Green Building Programs. Ontario, [en línea] disponible en https://calculatelca.com/wp-content/uploads/2014/03/Athena_Guide_to_Whole-Building_LCA_in_Green_Building_Programs_March-2014.pdf
- Brandt, E., & Wittchen, K. B. (1999).** EPIQR - A new surveying tool for maintenance and refurbishment. *Durability of Building Materials and Components*, 3, 1576–1584.
- BRE Group. (2012).** Página web de herramienta para la evaluación de la sostenibilidad IMPACT, [en línea] disponible en <http://www.impactwba.com/> (accedido 27 abril 2016)
- Building Technologies Department, Environmental Energy Technologies Division, & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. (2001).** User's Guide to the Building Design Advisor Version 3.0, [en línea] disponible en <https://gaia.lbl.gov/BDA/bda3help.pdf>
- Burke, R. V. (2014).** ViSol - Visor de resultados de LIDER/CALENER. [en línea] disponible en <http://www.rvburke.com/visorlider.html>

C

- Canada Mortgage and Housing Corporation. (2004).** DIRECTORY OF TOOLS A Survey of LCA Tools, Assessment Frameworks, Rating Systems, Technical Guidelines, Catalogues, Checklists and Certificates. Buildings. Ontario, Canada, [en línea] disponible en http://www.iisbe.org/annex31/pdf/M_directory_tools.pdf
- Carbon Pricing Dashboard. (2017).** Página web Carbon Pricing Dashboard [en línea] disponible en <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/> (accedido 5 enero 2020)
- CASBEE. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad CASBEE, [en línea] <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm> (accedido 22 marzo 2016)
- CEREN (2015).** Curso “HULC” Herramienta Unificada LIDER-CALENER. Guión resumen de la inserción de datos. Colegio de Arquitectos de Málaga.

- Cervero-Sanchez, N., & Agustín Hernández, L. (2015).** Remodelación, Transformación y Rehabilitación. Tres formas de intervenir en la Vivienda Social del siglo XX. *Informes de la Construcción*, 67, [en línea] disponible en <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.049>
- CERWAY. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad HQE, [en línea] disponible en <https://www.behqe.com/cerway/essentials> (accedido 22 marzo 2016)
- Ciroth, A., & Franze, J. (2009).** Life Cycle Costing in SimaPro. *GreenDelta TC Berlin*, 1-10, [en línea] disponible en https://www.to-be.it/wp-content/uploads/2015/07/LCCinSimaPro_english.pdf
- Cole, R. J., & Larsson, N. (2002).** GBTool user manual. IISBE, (Febrero), 221. [en línea] disponible en http://iisbe.org/down/gbc2005/GBC2k2/GBC2k2_Manual.pdf
- Comisión de las Comunidades Europeas (2006).** Comunicación de la comisión al consejo y al parlamento europeo sobre una Estrategia temática para el medio ambiente urbano, 1-14, [en línea] disponible en https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/A2E4D096-E3A9-48A4-8D8B-DD86DCB3CFD3/111501/com_2005_0718_es.pdf
- Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles. (1994).** Carta de las Ciudades Europeas hacia Sostenibilidad. Aalborg, [en línea] disponible en https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/BEBD328B-4E33-417A-B8D7-EAE6A659147B/128912/19940527_CartaDeAalborg.pdf
- Consejo Europeo. (2020).** Reunión extraordinaria del Consejo Europeo (17, 18, 19, 20 y 21 de julio de 2020) – Conclusiones. Bruselas, [en línea] disponible <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-10-2020-INIT/es/pdf>
- Consoli, A., Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2015).** Refurbishing an existing apartment block in Mediterranean climate : towards the Passivhaus standard. *Energy Procedia*, 111, 397-406. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.201>
- CSIC. (2013).** Página web de base de datos OpenDAP, [en línea] disponible en <http://www.opendap.es/> (accedido 16 agosto 2020)
- Cuchí Burgos, A., & Sweatman, P. (2013).** Informe Gtr 2014. Estrategia para la rehabilitación. Claves para transformar el sector de la edificación en España, [en línea] disponible en <https://gbce.es/archivos/ckfinderfiles/GTR/Informe%20GTR%202014.pdf>
- CYPE. (2016).** Página web de CYPE Ingenieros,S.A., Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción, [en línea] disponible en <http://www.cype.es/> (accedido 16 agosto 2020)
- CYPE. (2018).** Generador de precios de la construcción. España, [en línea] disponible en <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0> (accedido 28 agosto 2020)

D

- de Diego, M. D. L. G., Muñoz, G. G., & López, E. R. (2015).** Cuentas energéticas no habituales en edificación residencial. *Informes de la Construcción*, 67 (Extra-1), 028, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.14.059>
- de la Fuente Pérez, V. (2015).** *Propuesta de niveles de exigencia de eficiencia energética en el parque residencial de la comunidad valenciana según la metodología del coste óptimo* (PhD, Universitat Jaume I).

- de Larriva, R. A., Rodríguez, G. C., López, J. M. C., Raugei, M., & i Palmer, P. F. (2014).** A decision-making LCA for energy refurbishment of buildings: Conditions of comfort. *Energy and Buildings*, 70, 333-342, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.049>
- de Manuel Jerez, E., & Machucha, I. (2013).** Hacia una rehabilitación energética participativa: el caso de Alcosa. *Comunicaciones y 1ª Bienal de Edificación y Urbanismo Sostenible Greencities & Sostenibilidad: Inteligencia Aplicada a La Sostenibilidad Urbana*, 253–272, [en línea] disponible en http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2014/06/22.-Greencities2013-Comunicaciones_Rehabilitaci%C3%B3n-energ%C3%A9tica-de-barrios.pdf
- de Val, J. R. (2015).** Potencial del nuevo marco normativo para el impulso de la rehabilitación y la regeneración urbana en los ámbitos autonómico y local. *Informes de La Construcción*, 67(Extra-1), [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.14.072>
- DesignBuilder. (2016).** Página web de la herramienta informática DesignBuilder, simulaciones avanzadas de edificios, [en línea] <https://www.designbuilder-lat.com/> (accedido 16 agosto 2020)
- DGNB. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad DGNB, [en línea] disponible en <http://www.dgnb-system.de/de/> (accedido 23 marzo 2016)
- DGT. (2018).** *Parque de vehículos-Anuario 2018*, [en línea] disponible en <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/2018/> (accedido 5 julio 2018)
- Dodman, D. (2009).** Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization*, 21 (1), 185–201., [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1177/0956247809103016>
- DOE2. (2016).** Página web de herramienta informática eQUEST, the QUick Energy Simulation Tool, [en línea] disponible en <http://www.doe2.com/equest/> (accedio 16 agosto 2020)
- Dominguez-Arribas, L. E., Cosme de Mazarredo, F., Subirón-Rodrigo, C., Escrig-Meliá, T., Soto-Francés, L., Soto-Vicario, T., & López-Sanz, L. (2011).** Guía de Proyecto del Perfil de Calidad de Rehabilitación (IVE). Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación, [en línea] disponible en <http://www.caatvalencia.es/articulos/BV/Libros/VIR02366.pdf>

E

- ECODES. (2019).** 3.1.1 Identificación de indicadores y evaluación de políticas de rehabilitación urbana en clave de eficiencia energética en el marco del Observatorio Ciudad 3R. Madrid, [en línea] disponible en https://ecodes.org/documentos/3_Documentacion-MITECO.pdf
- Ecoinvent. (2019).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad Ecoinvent 3.5, [en línea] <https://www.ecoinvent.org/home.html> (accedido 28 agosto 2019)
- Eldridge, C. (2002).** Lcaid™ Software: Measuring Environmental Performance Of Buildings. *9th International Conference on Durability of Building Materials and Components*, 17–20. NSW Department of Public Works and Services, Sydney, Australia, [en línea] disponible en <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB9355.pdf>

- Ellen MacArthur Foundation. (2019).** Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change, [en línea] disponible en www.ellenmacarthurfoundation.org/publications
- EnergyPlus. (2016).** Página web del programa de simulación energética EnergyPlus [en línea] disponible en <https://energyplus.net/> (accedido 16 agosto 2020)
- EnergyPlus. (2020).** Página web con datos climáticos locales recopilados por Energy Plus, [en línea] disponible en <https://energyplus.net/weather> (accedido 10 marzo 2020)
- España. (2007).** Ministerio de la Presidencia. *Estrategia Española de Desarrollo Sostenible.* [en línea] disponible en https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/estrategia-espanola-desarrollo-sostenible/EEDSnov07_editdic_tcm30-88638.pdf
- España. Ministerio de industria energía y turismo, Eurostat & IDAE. (2014).** *Consumos del sector residencial en España. Resumen de Información Básica (Vol. 1),* [en línea] disponible en https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos/Documentacion_Basica_Residencial_Unido_c93da537.pdf
- España. (2006).** Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, *Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo 2006, núm. 74,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2006/03/28/pdfs/A11816-11831.pdf>
- España. (2009).** Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio. *Boletín Oficial Del Estado, 23 de diciembre de 2009, núm 308,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2009/12/23/pdfs/BOE-A-2009-20725.pdf>
- España. (2011).** Real Decreto 1494/2011, de 24 de octubre, por el que se regula el Fondo de Carbono para una Economía Sostenible. *Boletín Oficial Del Estado, de 9 de noviembre de 2011, núm. 270,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2011/11/09/pdfs/BOE-A-2011-17631.pdf>
- España. (2013a).** Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. *Boletín Oficial del Estado, de 10 de abril de 2013, núm. 86,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-3780-consolidado.pdf>
- España. (2013b).** Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, *Boletín Oficial del Estado, 13 de abril de 2013, núm. 89,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-3904-consolidado.pdf>
- España. (2013c).** Resolución de 25 de septiembre de 2013, de la Secretaría de Estado de Energía, por la que se publica la de 25 de junio de 2013, del Consejo de Administración del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, por la que se establecen las bases reguladoras y convocatoria del programa de ayudas para la rehabilitación energética de edificios existentes del sector residencial (uso vivienda y hotelero). *Boletín Oficial del Estado, de 1 de octubre de 2013, núm. 235,* [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2013/10/01/pdfs/BOE-A-2013-10201.pdf>

- España. (2014a).** Ministerio de Fomento. Secretaria de estado de infraestructuras, transporte y vivienda. *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España*, [en línea] disponible en https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/2014_article_4_es_spain.pdf
- España. (2014b).** Ministerio de Industria Energía, Turismo y Agenda Digital. *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020*, [en línea] disponible en https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_neeap_2017_es.pdf
- España. (2014c).** Real Decreto 216/2014, de 28 de marzo, por el que se establece la metodología de cálculo de los precios voluntarios para el pequeño consumidor de energía eléctrica y su régimen jurídico de contratación. *Boletín Oficial del Estado, de marzo de 2014, núm. 77*, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-3376-consolidado.pdf>
- España. (2015a).** Real Decreto-Ley 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana, *Boletín Oficial del Estado, 31 de octubre de 2015, núm. 261*, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-11723-consolidado.pdf>
- España. (2015b).** Resolución de 28 de abril de 2015, del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, por la que se publica la Resolución de 24 de marzo de 2015, del Consejo de Administración, por la que se establecen las bases reguladoras y convocatoria del programa de ayudas para actuaciones de eficiencia energética en PYME y en gran empresa del sector industrial. *Boletín Oficial del Estado, de 5 de mayo de 2015, núm. 107*, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2015/05/05/pdfs/BOE-A-2015-4993.pdf>
- España. (2016).** Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía, *Boletín Oficial del Estado, 13 de febrero de 2016, núm. 38*, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2016/02/13/pdfs/BOE-A-2016-1460.pdf>
- España. (2018a).** Ministerio para la transición ecológica, Ministerio de Fomento & IDAE. *Estado de la certificación energética de los edificios (7º Informe)*. Madrid, [en línea] disponible en <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Documentos%20informativos/informe-seguimiento-certificacion-energetica.pdf>
- España. (2018b).** Real Decreto 106/2018, de 9 de marzo, por el que se regula el Plan Estatal de Vivienda 2018-2021, *Boletín Oficial del Estado, de 10 de marzo de 2018, núm. 61*, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2018/03/10/pdfs/BOE-A-2018-3358.pdf>
- España. (2019a).** Ministerio para la transición ecológica. *Directrices para la presentación de propuestas de proyectos clima bajo el enfoque programático*, [en línea] disponible en https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/proyectos-clima/2directricespoas2019_tcm30-489598.pdf

España. (2019b). Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, *Boletín Oficial del Estado*, 27 de diciembre de 2019, núm. 311 [en línea] disponible en <https://www.boe.es/boe/dias/2019/12/27/pdfs/BOE-A-2019-18528.pdf>

España. (2020). Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana. Boletín estadístico online - Información estadística. Construcción de edificios (licencias municipales de obra), [en línea] disponible en <https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline/?nivel=2&orden=10000000> (accedido 29 julio 2020)

Essig, N. (2010). Open House-Instrument for Assessing the Sustainability Performance of Buildings in Europe. *Central Europe towards Sustainable Building (CESB10)*, Faculty of Civil Engineering CTU, Prague, [en línea] disponible en http://cesb.cz/cesb10/papers/5_assessment/019.pdf

Expansión. (2018). Emisiones de CO₂ toneladas per capita 2018, [en línea] disponible en <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2> (accedido 29 julio 2020)

F

F. J. González González, S. Moreno Soriano, S. Arroyo Robles, F. Chavarri Figueiras, B. García Lázaro, M. Gutiérrez García, E. Ramos, J. L. S. R. (2015). Pensar en cooperativas de regeneración urbana sostenible. *Informes de La Construcción*, 67 (Extra-1), 1-3, [en línea] disponible en <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4105/4723>

Fernandes, N. (2020). Economic Effects of Coronavirus Outbreak (COVID-19) on the World Economy. *SSRN Electronic Journal*, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.2139/ssrn.3557504>

FFII, & ETSII de la UPM. (2019). *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del municipio de madrid*. Año 2017, [en línea] disponible en https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspInf/EnergIayCC/04CambioClimatico/4alInventario/Ficheros/Informe%20GEI_INV2017.pdf

Fosas, D., Coley, D. A., Natarajan, S., Herrera, M., de Pando, M. F., & Ramallo-Gonzalez, A. (2018). Mitigation versus adaptation: Does insulating dwellings increase overheating risk? *Building and Environment*, 143, 740-759, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.07.033>

G

García-Navarro, J. (2013). Marco normativo de la Sostenibilidad en la Construcción. En *Sostenibilidad en la construcción* (pp. 79-133). Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

García-Vázquez, C. (2015). La obsolescencia de las tipologías de vivienda de los polígonos residenciales construidos entre 1950 y 1976. Desajustes con la realidad sociocultural contemporánea. *Informes de La Construcción*, 67 (Extra-1), 1-9, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.14.045>

Garrido-Piñero, J. (2015). Metodología de evaluación y minimización del impacto medioambiental de tipologías residenciales de viviendas colectivas en la ciudad de Sevilla (PhD, Universidad de Sevilla) . [en línea] disponible en <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1185642>

- GBCe. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad VERDE, [en línea] disponible en <http://www.gbce.es/pagina/certificacion-verde> (accedido 19 abril 2016)
- Genchi, Y., Kikegawa, Y., & Inaba, A. (2002).** CO₂ payback-time assessment of a regional-scale heating and cooling system using a ground source heat-pump in a high energy-consumption area in Tokyo. *Applied Energy* 71 (3), 147-160, [en línea] disponible en [https://doi.org/10.1016/S0306-2619\(02\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0306-2619(02)00010-7)
- Gerencia Municipal de Urbanismo Obras e Infraestructuras. (2017).** Vista de Expedientes de licencias de obras OM-1971/1706, OM-1972/70, OM-1972/871-874, OM-1972/1511-13, OM-1974/503-507 y OM-1974/704. Málaga: Ayuntamiento de Málaga.
- González-Díaz, M. J. (2013).** Sostenibilidad y construcción. En *Sostenibilidad en la construcción* (pp. 13–54). Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Graubner, C.-A., Hock, C., & Schneider, C. (2008).** Rating the sustainability of buildings-European approaches. In H. S. Mark Masia, Yuri Totoev, Adrian Page (Ed.), *IB2MAC 2008 14th International Brick and Block Masonry Conference* (pp. 1409–1418). Sydney, Australia, [en línea] disponible en http://www.hms.civil.uminho.pt/ibmac/2008/14IBMAC_Graubner_Keynote.pdf

H

- Hernández Aja, A. (2000).** Barrios y equipamientos públicos, esencia del proyecto democrático de la ciudad. *Documentación Social*, 119, 79–94. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, [en línea] disponible en http://oa.upm.es/14232/1/2000_Agust%C3%ADn_Hernandez_Documentacion_social_119_Barrios_y_Equipamientos_Publicos.pdf
- Hernández Aja, A. (2004).** Informe sobre los indicadores locales de sostenibilidad utilizados por los municipios españoles firmantes de la Carta de Aalborg. Ciudades para un futuro más sostenible (CF+S). Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura, [en línea] disponible en <https://www.estudiomc.es/documentos/informe-indicadores-sost-local.pdf>
- Higueras, E. (2009).** La ciudad como ecosistema urbano (Capítulo 2). *El reto de la ciudad habitable y sostenible*. Pamplona: editorial DAPP, [en línea] disponible en <http://oa.upm.es/16625/1/Ecosistema.pdf>
- HULC. (2015).** Herramienta Unificada LIDER-CALENER v1.0, Manual de Usuario, [en línea] disponible en <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/lider-calener/ManualDeUsuarioHULC-20151221.pdf> (accedido 16 agosto 2020)

I

- IBO-Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie. (2008).** Página web de la herramienta de evaluación de la sostenibilidad ECOSOFT, [en línea] disponible en <http://www.ibo.at/de/ecosoft.htm> (accedido 27 abril 2016)
- IDAE. (2011).** Resumen del *Plan de Energías Renovables 2011-2020*, [en línea] disponible en <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/plan-de-energias-renovables-2011-2020>

- IDAE. (2012a).** *Guía IDAE: Manual de Usuario del programa de calificación energética de edificios existentes CE3.* (p. 136), [en línea] disponible en http://www.coitivigo.es/historico-formacion/formacion_2012/CIRC80/CE3/Manual_fundamentos_tecnicos_CE3_03.pdf
- IDAE. (2012b).** *Guía IDAE: Manual de Usuario del programa de calificación energética de edificios existentes CE3X.* (p. 260), [en línea] disponible en http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf
- IDAE. (2017).** *Guía de Vehículos Turismo de venta en España con indicación de consumos y emisiones de CO₂,* [en línea] disponible en <http://coches.idae.es/guia-emisiones-consumos>
- IECA (2020).** Junta de Andalucía. Consejería de Transformación Económica, Industria, Conocimiento y Universidades. *Información Estadística Relevante para la Política Municipal de Vivienda* [en línea] disponible en <http://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/vivienda/index.htm> (accedido 18 agosto 2020)
- IISBE. (2016).** Página web de la organización iisBE, [en línea] disponible en <http://www.iisbe.org/> (accedido 22 marzo 2016)
- IET, CEPCO, & AICIA. (2010).** *Catálogo de elementos constructivos del CTE.*, 141. http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0012.html
- IMV. (2014).** Ayuntamiento de Málaga. Instituto Municipal de la Vivienda. *Plan de vivienda, rehabilitación y suelo del municipio de Málaga 2014-2023. Anexo III: rehabilitación,* [en línea] disponible en http://imv.malaga.eu/opencms/export/sites/imv/.content/galerias/documentos-plan-vivienda/03_Rehabilitacion.pdf
- INE. (2019).** *Cuentas de emisiones a la atmósfera. Serie 2008-2017 y avance 2018. Cuentas de emisiones a la atmósfera por agregación de ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales, sustancias contaminantes y periodo,* [en línea] disponible en <https://www.ine.es/up/DIJDgtBLi2> (accedido 21 diciembre 2019)
- Institute for Building Environment and Energy Conservation. (2016).** *CASBEE, Comprehensive Assessment System for Built Environmental Efficiency.* Tokyo: Institute for Building Environment and Energy Conservation (IBEC), [en línea] disponible en http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/document/CASBEE_brochure_2016.pdf
- IPCC DDC. (2020).** Página web del centro de distribución de datos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, [en línea] disponible en <https://www.ipcc-data.org/> (accedido 23 junio 2020)
- ISO (2008).** ISO 15392:2008. Sustainability in building construction - General principles, [en línea] disponible en <https://www.iso.org/standard/40432.html>
- ITeC. (2018).** BEDEC Contenido y criterios. Barcelona: Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, [en línea] disponible en <https://itec.es/docs/pdf/bedec-criterios-es.pdf>
- ITeC. (2017).** Página web del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña, [en línea] disponible en <https://itec.es/> (accedido 17 octubre 2017)

IVE. (2014). Guías de sostenibilidad. Guía de estrategias de diseño pasivo para la edificación. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación, [en línea] disponible en http://www.five.es/publicaciones/pdf/EXTRACTO_EDPE.pdf

J

Jentsch, M. F., James, P. A., Bourikas, L., & Bahaj, A. S. (2013). Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates. *Renewable Energy*, 55, 514-524, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.049>

Junta de Andalucía. (2011). Orden de 28 de julio de 2011, por la que se dispone la publicación de la normativa urbanística de la revisión-adaptación del Plan General de Ordenación Urbanística de Málaga, aprobada por Orden de 21 de enero de 2011. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 30 de agosto de 2011, núm. 170, [en línea] disponible en <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2011/170/d17.pdf>

Junta de Andalucía. (2015). Consejería de empleo, empresa y comercio. *Estrategia energética de Andalucía 2020*, [en línea] disponible en <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/estrategia-andalucia-2020.pdf>

Junta de Andalucía. (2016a). Orden de 23 de diciembre de 2016, por la que se aprueban las bases reguladoras para la concesión de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía en el período 2017-2020. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 30 de diciembre de 2016, núm. 249, [en línea] disponible en https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/249/BOJA16-249-00260-22930-01_00105133.pdf

Junta de Andalucía. (2016b). Anexo al cuadro resumen I. Línea de incentivos construcción sostenible. Catálogo de actuaciones energéticas, *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 20 de diciembre de 2016, núm. 249, [en línea] disponible en https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Incentivos/boja_anexo_catalogo_cs.pdf

Junta de Andalucía. (2016c). Decreto 141/2016, de 2 de agosto, por el que se regula el Plan de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía 2016-2020. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 8 de agosto de 2016, núm. 151, [en línea] disponible en https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/151/BOJA16-151-00045-14238-01_00096603.pdf

Junta de Andalucía. (2017a). Resolución de 21 de abril de 2017, de la Dirección Gerencia de la Agencia Andaluza de la Energía, por la que se convoca para los años 2017-2020 la línea de incentivos Construcción Sostenible acogida a la Orden de 23 de diciembre de 2016, por la que se aprueban las bases reguladoras para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía en el período 2017-2020. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 5 de mayo de 2017, núm. 84 [en línea] disponible en https://www.juntadeandalucia.es/boja/2017/84/BOJA17-084-00017-7766-01_00113050.pdf

Junta de Andalucía. (2017b). Extracto de la Resolución de 28 de julio de 2017, de la Dirección Gerencia de la Agencia Andaluza de la Energía, por la que se convoca para los años 2017-2020 la Línea de incentivos Redes Inteligentes acogida a la Orden de 23 de diciembre de 2016, por la que se aprueban las bases reguladoras para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía en el período 2017-2020. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 3 de agosto de 2017, núm. 148, [en línea] disponible en https://www.juntadeandalucia.es/eboja/2017/148/BOJA17-148-00002-13866-01_00118940.pdf

Junta de Andalucía. (2017c). Resolución de 5 de junio de 2017, de la Dirección Gerencia de la Agencia Andaluza de la Energía, por la que se convoca para los años 2017-2020 la línea de incentivos Pyme Sostenible acogida a la Orden de 23 de diciembre de 2016, por la que se aprueban las bases reguladoras para el Desarrollo Energético Sostenible de Andalucía en el período 2017-2020. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, de 9 de junio de 2017, núm. 109, [en línea] disponible en https://www.juntadeandalucia.es/boja/2017/109/BOJA17-109-00017-10213-01_00115457.pdf

K

Koirala, B. P., Koliou, E., Friege, J., Hakvoort, R. A., & Herder, P. M. (2016). Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 56, pp. 722-744). Elsevier Ltd, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.080>

L

Laine, T., Reinikainen, E., Liljeström, K., & Karola, A. (2001). Integrated LCA-Tool for Ecological Design Ecológica. *Seventh International IBPSA Conference Rio de Janeiro, Brazil*, 13-15, [en línea] disponible en http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2001/BS01_0739_746.pdf

Larena, A. (2019). EE.UU. inicia el proceso formal para retirarse del Acuerdo de París. Agencia EFE, [en línea] disponible en <https://www.efeverde.com/noticias/ee-uu-inicia-proceso-formal-retirarse-del-acuerdo-paris/> (accedido 15 diciembre 2019)

Larsson, N. (2015). *SBTool 2015- overview*. International Initiative for a Sustainable Built Environment (IISBE), [en línea] disponible en <http://www.iisbe.org/system/files/SBTool%20Overview%2004May15.pdf>

Lawrence Berkeley National Lab. (1996). Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad Building Design Advisor (BDA), [en línea] disponible en <https://gaia.lbl.gov/BDA/> (accedido 16 agosto 2020)

Lázaro Touza, L., González Enríquez, C., & Francés, G. E. (2019). *Los españoles ante el cambio climático. Apoyo ciudadano a los elementos, instrumentos y procesos de una Ley de Cambio Climático y Transición Energética*. Madrid: Real Instituto Elcano, [en línea] disponible en <http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/1c5a8ff2-2533-44bf-b2d6-a0c8053b231a/Informe-Espanoles-ante-cambio-climatico-sept-2019.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1c5a8ff2-2533-44bf-b2d6-a0c8053b231a>

LEED. (2015). Documento de Ayuda del Spain Green Building Council Council. LEED v4 para diseño y construcción de edificios, [en línea], disponible en <http://www.spaingbc.org/files/LEED%20v4%20BD+C%20ESP.pdf> (accedido 21 marzo 2016)

- Legep Software. (2004).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad LEGEP, [en línea] disponible en <http://legeg.de/> (accedido 27 abril 2016)
- León, A. L., Muñoz, S., León, J., & Bustamante, P. (2010).** Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cros-Pirotecnia en Sevilla. *Informes de La Construcción*, 62 (519), 67–82, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.09.045>
- Lippiatt, B., Landfield Greig, A., & Lavappa, P. (2010).** BEES Online Tutorial. Online, [en línea] disponible en [http://ws680.nist.gov/Bees/\(A\(wAQgoGpt0QEkAAAAM2I0NWMYnZyTY2RlNy00MDk1LTkxMDYtMjA3MjVjMzdmNGQ044yggPctBO1rLdFi9QPZIHHCfXE1\)\)/help/Bees Online Tutorial.pdf](http://ws680.nist.gov/Bees/(A(wAQgoGpt0QEkAAAAM2I0NWMYnZyTY2RlNy00MDk1LTkxMDYtMjA3MjVjMzdmNGQ044yggPctBO1rLdFi9QPZIHHCfXE1))/help/Bees%20Online%20Tutorial.pdf)
- Lisbona-Garcia, L. E. (2016).** *Materiales fotocatalíticos y sus aplicaciones en construcción* (Universitat Politècnica de Catalunya), [en línea] disponible en https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84141/Memòria_Lisbona_Lucia_Espiga.pdf
- López-Medina, J. M. (2012).** El diseño participativo en programas de rehabilitación de viviendas. (PhD, Universidad de Sevilla), [en línea] disponible en <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=993507#>

M

- Macías, M., & Navarro, J. G. (2010).** Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de La Construcción*, 62, 517, 87–100, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.08.056>
- Marteinsson, B. (2005).** *Service life estimation in the design of buildings: A development of the factor method*. (PhD, Kungliga Tekniska Hogskolan of Sweden).
- Mercader-Moyano, M. del P., Camporeale, P. E., & Cózar-Cózar, E. (2019).** Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. *Revista Hábitat Sustentable*, 9 (2), 78–93, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.07>
- MINERGIE. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad Minergie, [en línea] disponible en <http://www.minergie.ch/> (21 marzo 2016)
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, & IDAE. (2011).** Factores De Conversión Energía Final - Energía primaria y Factores de Emisión de CO₂ -2010. Madrid, [en línea] disponible en [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_\(2010\)_931ccea1e.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_(2010)_931ccea1e.pdf)

N

- Nibel, S., Chantagnon, N., & Achard, G. (2000).** ESCALE, Assessment method of buildings environmental performance. In *Proceedings, Sustainable Buildings* (pp. 22–25)

O

- OMAU. (2019).** Ayuntamiento de Málaga. Área de Innovación y Digitalización Urbana. Observatorio de Medio Ambiente Urbano. *Agenda Local XXI de Málaga. Indicadores de Sostenibilidad 2019*, [en línea] disponible en http://static.omaui-malaga.com/omaui/subidas/archivos/3/3/arc_8233.pdf

- OMIE. (2018).** Operador del Mercado Ibérico de Energía. *Informe de evolución del mercado de energía eléctrica a Junio 2018*, [en línea] disponible en https://www.omie.es/sites/default/files/publications/informe_mensual_julio_2018_0.pdf
- OMIE. (2019).** Página web del Operador Del Mercado Ibérico De Energía Polo Español S.A. [en línea] <http://www.omie.es> (accedido 23 julio 2019)
- Open House. (2013).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad OpenHouse, [en línea] disponible en <http://www.openhouse-fp7.eu/> (accedido 8 abril 2016)
- OpenStudio. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad OpenStudio, [en línea] disponible en <https://www.openstudio.net/> (accedido 16 agosto 2016).
- Orduña-Gañán, M. Á. (2016).** *Barrios y sostenibilidad. La aplicación de criterios sociales, medioambientales y económicos en el diseño y evaluación de procesos de regeneración urbana sostenible en ciudades europeas* (PhD, Universidad de Valladolid) [en línea], disponible en <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref=1195938>
- Oregi, X., Hernandez, P., & Hernandez, R. (2017).** Analysis of life-cycle boundaries for environmental and economic assessment of building energy refurbishment projects. *Energy and Buildings*, 136, 12–25, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.057>
- Ortiz, O., Bonnet, C., Bruno, J. C., & Castells, F. (2009).** Sustainability based on LCM of residential dwellings: A case study in Catalonia, Spain. *Building and Environment*, 44(3), 584–594. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.05.004>

P

- Palacios-Muñoz, B., Peuportier, B., Garcia-Vila, L., & López-Mesa, B. (2019).** Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of LCA and durability-based estimations of buildings lifespans_ A new approach. *Building and Environment Journal*, 160, [en línea] disponible en <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106203>
- Palomeque, G. R. (2015).** Gestión de la rehabilitación sostenible en Grandes Conjuntos de las periferias urbanas por las administraciones públicas locales. *Informes de la Construcción*, 67(Extra-1), 025, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.14.047>
- Paricio, I., & Sust, X. (2004).** *La vivienda contemporánea: Programa y tecnología*. Barcelona: Editorial ITeC.
- Passer, A., Ouellet-Plamondon, C., Kenneally, P., John, V., & Habert, G. (2016).** The impact of future scenarios on building refurbishment strategies towards plus energy buildings. *Energy and Buildings*, 124, 153–163, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.008>
- Passive House Institute. (2014).** *EnerPHit and EnerPHit + i - Certification Criteria for Energy Retrofits with Passive House Components*, 1–15, [en línea] disponible en http://passiv.de/downloads/03_certification_criteria_enerphit_en.pdf
- Passive House Institute. (2016).** Página web del estándar Passiv Haus, [en línea] disponible en <http://passivehouse.com/index.php>

- Pérez-Fargallo, A., Calama-Rodríguez, J. M., & Flores-Alés, V. (2016).** Comparativa de resultados de rehabilitación energética para viviendas en función del grado de mejora. *Informes de la Construcción*, 68 (541), 1-11, [en línea] disponible en <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/4776/5559>
- Pérez-Galaso, J.-L. (2015).** Simbiosis entre clima , lugar y arquitectura. Desarrollo de estrategias bioclimáticas aplicadas en la Costa del Sol Occidental (PhD, universidad de Málaga), [en línea] disponible en <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarRef.do?ref= 1151043>
- Petersen, E. H. (2002).** BEAT 2002—an LCA based assessment tool for the building industry. *Proceedings of the Sustainable Building Conference*, [en línea] disponible en <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB4368.pdf>
- Peuportier, B. (1998).** The life cycle simulation method EQUER applied to building components. *Materials and Technologies for Sustainable Construction*, Gävle, Sweden, 627-634, [en línea] disponible en <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB8618.pdf>
- Peuportier, B., Neumann, U., Dalenback, J. O., Nesje, A., Csoknyai, T., & Boonstra, C. (2007).** Training for renovated energy efficient social housing (TREES) (pp. 1–52), [en línea] disponible en https://www.researchgate.net/profile/Bruno_Peuportier/publication/278804504_Training_for_renovated_energy_efficient_social_housing/links/5d4bd50a4585153e594559c6/Training-for-renovated-energy-efficient-social-housing.pdf
- Pinilla, A. M., & Orosa, C. C. (2011).** Manual BREEM ES vivienda 2011 (pp. 1–314), [en línea] disponible en <https://breeam.es/manuales-tecnicos/>
- Porkka, J., Huovila, P., Al Bizri, S., Gray, C., van Rijn, T., van der Klauw, R., & Vrijhoef, R. (2004).** Decision support tools for performance-based building. Performance Based Building Thematic Network, [en línea] disponible en https://www.researchgate.net/profile/Pekka_Huovila/publication/255599829_Decision_Support_Tools_for_Performance_Based_Building/links/53ee08f30cf23733e80b238b.pdf
- PRTR-España (2020).** Información pública - *Informe detallado de la central de ciclo combinado de Málaga*, [en línea] disponible en <http://www.en.prtr-es.es/Informes/fichacomplejo.aspx?Id Complejo=7095> (accedido 29 enero 2020)

R

- Rahmani Asl, M., Zarrinmehr, S., Bergin, M., & Yan, W. (2015).** BPOpt: A framework for BIM-based performance optimization. *Energy and Buildings*, 108, 401–412, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.011>
- REDIAM. (2014).** Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Red de Información Ambiental de Andalucía. *El clima de Andalucía en el siglo XXI. Escenarios locales de cambio climático de Andalucía. Resultados. Actualización al 4º Informe del Grupo Intergubamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)*. Sevilla, (p. 56) [en línea] disponible en http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/clima/actuaciones_cambio_climatico/a_daptacion/escenarios/elaboracion_escenarios/clima.pdf

- REE. (2019a).** Plataforma en línea de Lumios. ESIOS electricidad · datos · transparencia, [en línea] disponible en https://www.esios.ree.es/es/lumios?rate=rate1&p1=150&start_date=06-11-2019T00:00&end_date=11-11-2019T00:00 (accedido 11 noviembre 2019)
- REE. (2019b).** Página web de Red Eléctrica de España, [en línea] disponible en <https://www.ree.es/es/> (accedido 23 julio 2019)
- Remiro-Brotóns, A., & Fernández-Egea, R. M. (2009).** *El cambio climático en el derecho internacional y comunitario*. Bilbao: Fundación BBVA, [en línea] disponible en https://www.fbbva.es/wp-content/uploads/2017/05/dat/DE_2009_cambio_climatico_derecho_internacional.pdf
- Rincón, L., Pérez, G., & Cabeza, L. F. (2013).** Service life of the dwelling stock in Spain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 919–925, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1007/s11367-013-0552-x>
- Rivela Carballal, B. (2013).** Metodología: Análisis del Ciclo de Vida (ACV). *Sostenibilidad en la construcción* (pp. 135–172). Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Rivero Camacho, C., Pereira, J., Gomes, M. G., & Marrero, M. (2018).** Huella de carbono como instrumento de decisión en la rehabilitación energética. Películas de control solar frente a la sustitución de ventanas. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(2), 20–31, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.22320/07190700.2018.08.02.02>
- Rodrigues, E., & Fernandes, M. S. (2020).** Overheating risk in Mediterranean residential buildings: Comparison of current and future climate scenarios. *Applied Energy*, 259, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114110>
- Rubio-Bellido, C., Pérez-Fargallo, A., & Pulido-Arcas, J. A. (2016).** Optimization of annual energy demand in office buildings under the influence of climate change in Chile. *Energy*, 114, 569–585, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.021>
- Rubio, M. V. (2009).** Ciudad y sostenibilidad el mayor reto urbano del siglo XXI. *Lurralde: Investigación y espacio*, (32), 405–436, [en línea] disponible en <https://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur32/32valenz/32valenzuela.pdf>
- Rupp, R. F., Vásquez, N. G., & Lamberts, R. (2015).** A review of human thermal comfort in the built environment. *Energy & Buildings*, 105, 178–205, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.047>

S

- Sabaté, J., Peters, C., & Peters, C. (2011).** Una visión holística de la reducción del impacto ambiental en edificios del área del Mediterráneo. *Informes de La Construcción*, 63(Extra), 73–87, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3989/ic.11.066>
- Sánchez-García, D., Bienvenido-Huertas, D., Trisancho-Carvajal, M., & Rubio-Bellido, C. (2019).** Adaptive comfort control implemented model (ACCIM) for energy consumption predictions in dwellings under current and future climate conditions: A case study located in Spain. *Energies*, 12(8), 1498, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3390/en12081498>

- Saparauskas, J. (2003).** MULTIPLE CRITERIA EVALUATION OF BUILDINGS WITH EMPHASIS ON SUSTAINABILITY. *Journal of Civil Engineering and Management*, 9 (4), 234–240, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.3846/13923730.2003.10531334>
- Sartori, I., & Hesnes, A. G. (2007).** Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39 (3), 249–257, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.001>
- Servicios Ambientales. (2000).** Junta de Andalucía. *Bases para la Agenda 21: Andalucía*. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente
- SimaPro. (2016).** Página web de la herramienta para la evaluación de la sostenibilidad SimaPro, [en línea] disponible en <https://simapro.com/> (accedido 16 agosto 2020)
- Skopek, J. (1999).** BREEAM, Strategy for Reducing Buildings' Environmental Impact. *ASHRAE Transactions*, 105, 811.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., ... & Scarborough, P. (2016).** Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study. *The Lancet*, 387(10031), 1937-1946, [en línea] disponible en [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)01156-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)01156-3)

T

- Tadeu, S. F., Alexandre, R. F., Tadeu, A. J. B., Antunes, C. H., Simões, N. A. V., & Silva, P. P. Da. (2016).** A comparison between cost optimality and return on investment for energy retrofit in buildings-A real options perspective. *Sustainable Cities and Society*, 21, 12–25, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.11.002>
- Tojo, J. F., & Naredo, J. M. (2010).** Libro blanco de la sostenibilidad en el planeamiento urbanístico Español.
- TRNSYS. (2016).** Página web de la herramienta informática TRNSYS : Transient System Simulation Tool, [en línea] disponible en <http://www.trnsys.com/> (accedido 16 agosto 2020)

U

- Unión Europea. (2018).** Reglamento (UE) 2018/841 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030, y por el que se modifican el Reglamento (UE) n. ° 525/2013 y la Decisión n. ° 529/2013/UE. *Diario Oficial de la Unión Europea*, núm. L156/1, de 19 de junio de 2018 [en línea] disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0841&from=ES>
- Unión Europea. (2010).** Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). *Diario Oficial de la Unión Europea*, de 18 de junio de 2010, núm. L153 [en línea] disponible en <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>

Unión Europea. (2012). Directiva 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 14 de noviembre de 2012, núm. L315, [en línea] disponible en <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>

V

Van Dessel J. (Coord.) 2008. LEnSE Methodology Development towards a Label for Environmental, Social and Economic Buildings. Final Report - 27 months PART 5: Publishable Final Activity Report, [en línea] disponible en https://cordis.europa.eu/docs/results/22/22718/123869871-6_en.pdf

Vargas-Yáñez, A. J. (2014). Análisis y valoración de las relaciones existentes entre los indicadores de sostenibilidad y las ordenanzas de edificación de los municipios españoles [en línea] disponible en <https://www.educacion.gob.es/teseo/mostrarResult.do?ref=1127037>

Vilches, A., Garcia-Martinez, A., & Sanchez-Montã, B. (2017). Life cycle assessment (LCA) of building refurbishment: A literature review. *Energy and Buildings*, 135, 286–301, [en línea] disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.11.042>

W

Watson, R. T. (2001). A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC 2001: Climate Change 2001: Synthesis Report*, 398, [en línea] disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_TAR_full_report.pdf

WBCSD. (2011). Guía para la Valoración Corporativa de los Ecosistemas: un marco para mejorar la toma de decisiones empresariales, 77, [en línea] disponible en <https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/577/6356>

WWF-España. (2010). Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020. *Madrid: WWF/Adena*, [en línea] disponible en http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_potencial_rehab_vf_dic2010.pdf

Z

Zeeb, H., & Shannoun, F. (2015). Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública, [en línea] disponible en https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/161913/9789243547671_spa.pdf

Bibliografía generada

- Mercader-Moyano, P., Claro-Ponce, J. C., Ramos-Martín, M. (2016).** Sistemas de Certificación en Clima Templado. Comunicación en congreso. I Encuentro Nacional Sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable - Libro de Resúmenes del I Encuentro Nacional Sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable. La Plata, Argentina. 2016
- Mercader-Moyano, P., & Ramos-Martín, M. (2020).** Comprehensive Sustainability Assessment of Regenerative Actions on the Thermal Envelope of Obsolete Buildings under Climate Change Perspective. *Sustainability*, 12(14), 5495, [en línea] disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5495>
- Ramos-Martín, M., & Mercader-Moyano, P. (2017).** Steps Towards the Integration of Regeneration Processes Obsolete Building Envelope Spanish in the Paradigm of Sustainable Development. Pag. 143-152. *En: Sustainable Development and Renovation in Architecture, Urbanism and Engineering*. Ed. 1. Cham, Suiza. Springer International Publishing. 2017. XXVI, 455. ISBN 978-3-319-51441-3
- Ramos-Martín, M., & Mercader-Moyano, P. (2017).** Metodología de aproximación a la elección y marco para la evaluación de estrategias sostenibles de regeneración de la envolvente de los edificios. Comunicación en congreso. IV International Congress on Construction and Building Research. University of La Laguna. Tenerife, Spain. 2017
- Ramos-Martín, M., & Mercader-Moyano, P. (2017).** Pasos hacia la integración de los procesos de regeneración de la envolvente de edificios obsoletos españoles en el paradigma del desarrollo sostenible. *En Proceedings of the 3rd International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions. (2017)*, p 1360-1371. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, [en línea] disponible en <https://idus.us.es/handle/11441/59575>
- Ramos-Martín, M. (2020).** Encuesta en línea realizada a los vecinos del Organismo Urbano, [en línea] disponible en https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScSpf0NBnrwW7a58cZdbo-HY20ZeZG_kMDoikvxGCTRzIAFg/viewfor

