RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

El parque edificado juega un papel crucial en el camino hacia la neutralidad climática, la ambiciosa meta establecida por la Unión Europea (UE) para 2050, en buena medida debido a la ineficiencia energética del envejecido parque edificado europeo, que debería renovarse a un ritmo y profundidad muy superior a la actual. En España, ese ritmo es inferior a la media europea; por ello, cumplir los compromisos suscritos por la UE supone un enorme reto para el sector de la construcción español, que necesita superar obstáculos que actualmente dificultan las actuaciones en edificios existentes. Las intervenciones en el tejido urbano son más complejas que las de obra nueva, provocando una serie de barreras agrupadas en esta tesis en cinco categorías: Financieras, Ambientales, Técnicas, Instrumentales y Reglamentarias. En conjunto, estas barreras provocan un déficit de información que, en sí, representa una enorme barrera al trabajar en edificios existentes. La tesis aborda esta problemática combinando diferentes perspectivas y una visión global y de detalle, mediante la adopción de una **perspectiva regenerativa de la sostenibilidad** capaz de impulsar una gestión del parque edificado que responda a los retos actuales.

Es necesario dotar a los profesionales de instrumentos técnicos capaces de facilitar la toma de decisiones oportunas. Se requiere un **marco de referencia** acorde a unas actuaciones que vayan más allá de la conservación de edificios para adaptarlos a futuros escenarios climáticos, garantizando su resiliencia. Así, la tesis tiene por objetivo promover un planteamiento regenerativo en la gestión del parque edificado mediante la definición de un marco de actuación específico, y proporcionar estrategias para adaptar los instrumentos técnicos empleados (especialmente los de evaluación, capaces de proporcionar información clave para superar las actuales barreras). Se parte del estudio del marco legislativo y estratégico europeo y español, que establece metas y requerimientos técnicos a cumplir, determinando los desafíos del sector y el paradigma para trabajar. Conocer el entorno es fundamental al actuar adoptando una perspectiva regenerativa, por lo que se pone el foco en las particularidades de los edificios y del sector en España. Se han establecido líneas de acción para avanzar hacia la regeneración del parque edificado, abordando las barreras identificadas, que persiguen: aprovechar el potencial de la innovación, mejorando la competitividad del sector y la gestión de datos de los edificios; optimizar la gestión operativa de los edificios mediante un mantenimiento preventivo e inspecciones periódicas para controlar su estado; planificar estratégicamente las intervenciones, contemplando renovaciones graduales que empiecen por las fachadas, por su efecto catalizador en la trasformación del parque edificado; impulsar el uso de instrumentos de evaluación de sostenibilidad en edificios existentes, incorporando en sus evaluaciones un enfoque regenerativo. A través de la exploración y puesta en marcha de estas líneas de acción, se han identificado debilidades y áreas de mejora, abordándolas mediante el desarrollado un marco de trabajo regenerativo para edificios existentes capaz de ser implementado desde la fase de evaluación.

Los resultados de la tesis constituyen un primer paso para impulsar la transición hacia un parque edificado regenerativo, concebido como el planteamiento adecuado para abordar los retos actuales, derivados de la crisis climática, y cumplir los compromisos globales de sostenibilidad. Las distintas orientaciones estratégicas proporcionadas persiguen facilitar la consecución a nivel práctico de las

ambiciones regenerativas identificadas, con un mantenimiento, conservación y renovación de edificios planteados con enfoque regenerativo. Las estrategias recomendadas también persiguen contribuir positivamente en el desarrollo y competitividad del sector, favoreciendo el incremento de la innovación en productos y servicios, para superar las barreras que frenan los trabajos en edificios existentes. Así, se abren nuevas líneas de investigación y oportunidades para la especialización del sector en la sostenibilidad regenerativa.

ÍNDICE

RESUMEN ... 8
EXTENDED SUMMARY ... 13
PREÁMBULO | JUSTIFICACIÓN, CONTEXTO Y PLANTEAMIENTO DE LA TESIS ... 18
A. INTRODUCCIÓN GENERAL ... 19
i. La relación entre el entorno construido y los retos globales en materia de sostenibilidad ... 19
ii. La necesaria transformación del parque edificado y el desafío que supone para el sector ... 23
iii. Las barreras principales asociadas a los trabajos en edificios existentes y el déficit de información que provocan ... 26
iv. La perspectiva regenerativa de la sostenibilidad y la relevancia del entorno particular ... 29
v. Planteamiento y delimitación del trabajo ... 31
vi. Contexto de la investigación: vinculación a ROBIM y RESTORE ... 33
B. HIPÓTESIS DE PARTIDA Y OBJETIVOS DE LA TESIS ... 36
i. Objetivo general ... 36
ii. Objetivos específicos ... 36
C. ESTRUCTURA DE LA TESIS ... 37
i. Nota metodológica ... 38
CAPÍTULO I | MARCO LEGISLATIVO Y ESTRATÉGICO RELATIVO A LA GESTIÓN DEL PARQUE EDIFICADO: EVOLUCIÓN Y PARADIGMA DOMINANTE ... 41
1 INTRODUCCIÓN A LA REPERCUSIÓN DE LAS POLÍTICAS EN LA GESTIÓN DEL PARQUE EDIFICADO ... 42
1.1 Objetivo específico del capítulo (OE1) ... 43
1.2 Metodología aplicada ... 44
2 ESTUDIO DEL MARCO REGLAMENTARIO RELATIVO A EDIFICIOS EXISTENTES ... 45
2.1 Iniciativas políticas y figuras legislativas europeos ... 45
2.1.1 Directivas ... 47
2.1.2 Recomendaciones ... 53
2.2 Legislación e instrumentos normativos técnicos en España ... 58
2.2.1 Marco legal y normativo ... 58
2.2.2 Instrumentos técnicos nacionales para el diseño y la conservación de edificios ... 67
2.3 Otros instrumentos técnicos, normativos y de planificación ... 70
2.3.1 Estrategias y planes a nivel europeo y nacional ... 70
2.3.2 Instrumentos y nuevas herramientas para la gestión del parque edificado europeo ... 80

2.4 Otras normas y estándares técnicos 86

3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MARCO REGLAMENTARIO: CARENCIAS DETECTADAS, EVOLUCIÓN Y CAMBIO DE PARADIGMA 88

4 DISCUSIÓN SOBRE CÓMO ABORDAR LA REGENERACIÓN DEL PARQUE EDIFICADO: LÍNEAS DE ACCIÓN ESTRATÉGICAS 96

4.1 De la Sostenibilidad a la Regeneración: la necesidad de ir más allá de la conservación de los edificios 96

4.2 Posibles líneas de acción estratégicas 98

4.2.1 El potencial de la innovación y de las nuevas tecnologías 99

4.2.2 La recopilación de datos de los edificios: la importancia de las inspecciones técnicas 102

4.2.3 Mantenimiento preventivo para optimizar la gestión operativa de los edificios 104

4.2.4 Instrumentos de evaluación de sostenibilidad para edificios existentes 106

4.2.5 La planificación estratégica en los trabajos en edificios existentes: Actuaciones graduales y aprovechamiento del papel de las fachadas 110

5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO 112

CAPÍTULO II | RETOS Y DEMANDAS DEL SECTOR CON RELACIÓN A LAS INSPECCIONES DIAGNÓSTICAS NECESARIAS PARA UNA ADECUADA GESTIÓN OPERATIVA DE LOS EDIFICIOS 115

1 INTRODUCCIÓN A LA INNOVACIÓN APLICADA A LOS PROCESOS DE INSPECCIÓN Y DIAGNÓSTICO EN EDIFICIOS EXISTENTES 116

1.1 Objetivo específico del capítulo (OE2) 117

1.2 Metodología aplicada: El método Delphi 118

1.2.1 El método Delphi: Antecedentes 118

1.2.2 La técnica Delphi dirigida a la toma de decisiones empleada: Planteamiento de la consulta realizada 119

2 DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN 120

2.1 Innovación, nuevas tecnologías y soluciones aplicadas 121

2.2 Particularidades a nivel sectorial en España. El caso de desarrollo tecnológico con apoyo institucional y empresarial del Proyecto ROBIM 125

3 RESULTADOS DEL ESTUDIO DELPHI REALIZADO: CONSULTA A EXPERTOS SOBRE LA GESTIÓN DE LOS EDIFICIOS EN ESPAÑA 127

3.1 Diseño y realización de la doble ronda de consulta 127

3.1.1 El proceso de consulta Delphi 127

3.1.2 Primera ronda de consulta Delphi (R1) 130

3.1.3 Segunda ronda de consulta Delphi (R2) 133

3.2 Análisis e interpretación de los resultados de la consulta Delphi 135

3.2.1 Participación y consensos alcanzados 135

3.2.2 Cuestiones técnicas del primer bloque técnico (B2) del cuestionario 137

3.2.3 Cuestiones técnicas del segundo bloque técnico (B3) del cuestionario 140

4 DISCUSIÓN SOBRE LOS RETOS Y DEMANDAS DE LOS AGENTES IMPLICADOS EN LA GESTIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES 146

4.1 Retos específicos asociados a la inspección y diagnóstico de las fachadas existentes ... 146

4.2 Demandas del sector con relación a la gestión del parque edificado español 147

4.2.1 Desarrollo de innovación y aplicación de nuevas tecnologías (IT) 148

4.2.2 Mejoras en el manejo de la información (MI) y en el conocimiento técnico de las fachadas existentes. 149

4.2.3 Consideraciones relativas a las condiciones de contorno (CC) 151

5 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO 152

CAPÍTULO III | ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LAS FACHADAS EXISTENTES EN ESPAÑA MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS 157

1 INTRODUCCIÓN A LA DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN TÉCNICO-CONSTRUCTIVA ESPECÍFICA DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES 158

1.1 Objetivo específico del capítulo (OE3) 160

1.2 Metodología 160

2 EL CONOCIMIENTO TÉCNICO DEL PARQUE EDIFICADO 163

2.1 La fachada como elemento constructivo: descripción general 163

2.2 Recopilación e integración de datos para la detección de fallos y lesiones 164

2.3 Inventarios técnicos y estudios tipológicos anteriores: principales diferencias y aportación esperada 165

3 RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE LAS TIPOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS DE FACHADAS MÁS HABITUALES EN ESPAÑA 167

3.1 Identificación y codificación de los sistemas constructivos empleados en fachadas 168

3.2 Diseño de las fichas de los sistemas constructivos de fachada 170

3.3 Elaboración de la información técnica que recopilan las fichas 175

3.3.1 Esquema constructivo y rasgos definitorios de la fachada (SF1.2) 176

3.3.2 Configuración del sistema constructivo (SF2.2) 179

3.3.3 Características físicas de los sistemas constructivos (SF3.2) 180

3.4 Documentación generada: Colección de Fichas de Sistemas Constructivos e información complementaria 183

4 DISCUSIÓN SOBRE APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN A LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL PARQUE CONSTRUIDO 184

4.1 Mejora de la caracterización y prediagnóstico de las fachadas 185

4.2 Oportunidades surgidas a partir de la información generada: digitalización e integración en bases de datos 186

5 CONSIDERACIONES FINALES 189

CAPÍTULO IV | EVALUACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD: EVOLUCIÓN Y ADAPTACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS A LOS EDIFICIOS EXISTENTES ... 191

1 INTRODUCCIÓN A LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN ... 192

1.1 Objetivo específico del capítulo (OE4) ... 194

1.2 Metodología: revisión 'semi-sistemática' de literatura ... 194

2 PANORAMA GENERAL DE LOS RESULTADOS DE LA REVISIÓN ... 198

3 RESULTADOS RELATIVOS AL ÁREA DE ESTUDIO GENERAL (AI): LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EDIFICIOS Y SU RENOVACIÓN ... 202

4 RESULTADOS RELATIVOS AL ÁREA DE ESTUDIO PARTICULAR (AII): INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DE EDIFICIOS ... 204

4.1 Investigación sobre métodos de evaluación de sostenibilidad ... 209

4.1.1 Conocimiento general de los SCS y evolución de las evaluaciones ... 209

4.1.2 Comparaciones entre las evaluaciones ... 212

4.1.3 Puntos de vista críticos respecto a los SCS ... 214

4.2 Evaluaciones de sostenibilidad como apoyo a la toma de decisiones: el caso particular de los edificios existentes ... 215

4.2.1 Apoyo al proceso de toma de decisiones de renovaciones sostenibles ... 215

4.2.2 Evaluación del uso sostenible y de la gestión operativa de los edificios. El caso particular de los edificios patrimoniales ... 218

4.3 Otros medios para abordar los actuales desafíos del parque edificado ... 219

4.3.1 Desarrollo de nuevos instrumentos de evaluación ... 219

4.3.2 Más allá del concepto tradicional de sostenibilidad en los SCS ... 221

5 DISCUSIÓN DIRIGIDA A ADAPTAR LAS EVALUACIONES A LAS NECESIDADES DEL PARQUE EDIFICADO ... 222

5.1 Discusión conjunta de las dos áreas de estudio (Ai y Aii): debilidades detectadas en las evaluaciones actuales y áreas de mejora ... 222

5.2 Observaciones finales, lecciones aprendidas y próximos pasos. ... 225

6 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO ... 227

CAPÍTULO V | DESARROLLO DE UN MARCO DE TRABAJO REGENERATIVO PARA EDIFICIOS EXISTENTES Y ANÁLISIS DE SU RELACIÓN CON LOS INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN ... 229

1 INTRODUCCIÓN A LA ADOPCIÓN DE UNA PERSPECTIVA REGENERATIVA PARA TRABAJAR EN EDIFICIOS EXISTENTES ... 230

1.1 Objetivo específico del capítulo (OE5) ... 231

1.2 Metodología ... 232

2 DESARROLLO Y PROPUESTA DE UN MARCO DE TRABAJO REGENERATIVO PARA EDIFICIOS EXISTENTES ... 236

3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS MIXTO DE LOS ESQUEMAS PARA EDIFICIOS EXISTENTES DEL 'GRUPO DE TRABAJO' Y DISCUSIÓN SOBRE SU 'ALINEACIÓN REGENERATIVA' ... 241

3.1 Información general del grupo de trabajo de SCS: BREEAM, LEED, DGNB, LBC ... 241

3.2 Análisis cualitativo de los esquemas de certificación seleccionados 245

3.3 Valoración cuantitativa complementaria al análisis cualitativo de los SCS: Debilidades y fortalezas identificadas en la adopción de un enfoque regenerativo 253

4 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO REALIZADO 261

CAPÍTULO VI | EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS REGENERATIVOS EN EDIFICIOS EXISTENTES: RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS PARA PROPORCIONAR LA INFORMACIÓN ADECUADA 263

1 INTRODUCCIÓN: EVALUACIÓN EN LA PRÁCTICA DE LOS ELEMENTOS REGENERATIVOS 264

1.1 Objetivo específico del capítulo (OE6) 266

1.2 Metodología 266

2 IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS Y ASPECTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS REGENERATIVOS 267

2.1 Instrumentos de evaluación próximos a la perspectiva regenerativa de la sostenibilidad. 267

2.2 Establecimiento de vínculos conceptuales con los pilares regenerativos 271

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN: PAUTAS PARA EVALUAR LOS COMPONENTES DEL MARCO DE TRABAJO REGENERATIVO 273

3.1 Componentes regenerativos relativos al primer pilar: la 'Adaptación al lugar' (Pb) . 273

3.2 Componentes regenerativos relativos al segundo pilar: la adopción de un 'Enfoque sistémico' (Sb) 276

3.3 Componentes regenerativos relativos al tercer pilar: la 'Orientación a resultados positivos' (Po) 278

4 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LA EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS REGENERATIVOS: LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS A MEDIO/LARGO PLAZO 281

5 CONCLUSIONES GENERALES DE LA TESIS DOCTORAL Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ..286

5.1 Conclusiones generales 286

5.2 Futuras líneas de investigación 296

EPÍLOGO | PUBLICACIONES, BIBLIOGRAFÍA E INFORMACIÓN ADICIONAL 299

A. PUBLICACIONES 301

B. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 303

C. PRINCIPALES ACRÓNIMOS Y SIGLAS 327

D. AGRADECIMIENTOS 330

E. ANEXOS 333

Anexo 1: Cuestionario Delphi

Anexo 2: Colección de fichas de tipologías constructivas de fachada

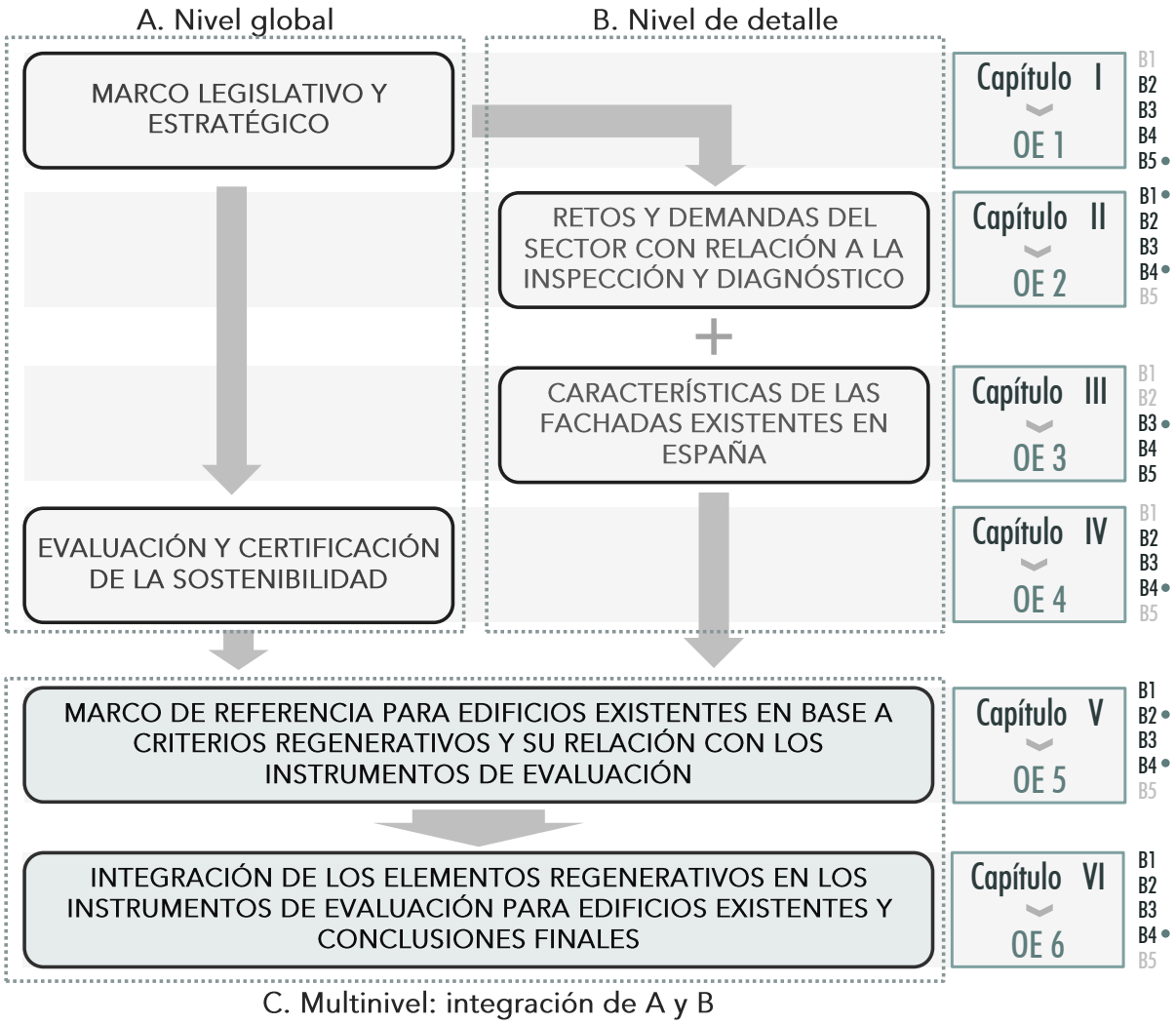


Figura P_ 1. Organización de la investigación y estructura de la tesis

LEYENDA: **OE**, Objetivo específico; **B1**-**5**: Barreras Financieras, Técnicas, Instrumentales, Ambientales y Reglamentarias.

B4• Barreras directamente abordadas B3 Barreras indirectamente abordadas B5 Barreras no abordadas

NOTA BIOGRÁFICA



Arquitecta y Máster con especialización en Innovación y Medio Ambiente, cuenta con 20 años de experiencia en la gestión y desarrollo de proyectos de Arquitectura y Urbanismo a nivel nacional e internacional, así como en consultoría técnica en el ámbito de la sostenibilidad y de la eficiencia energética de la edificación. Dispone también de experiencia investigadora, habiendo participado en proyectos nacionales y europeos paralelamente al desarrollo de esta tesis doctoral, finalizada el pasado año. Los resultados de investigación han sido presentados en Congresos internacionales y publicados en revistas científicas de alto impacto o en libros especializados en la materia estudiada.

INFORME SOBRE EL PROCESO DE PUBLICACIÓN

A la hora de abordar el proceso de revisión, recorte y adecuación de esta tesis, con formato académico, considero fundamental contar en primer lugar con el asesoramiento del equipo editor, de modo que acompañen el proceso. Trabajar conjuntamente será clave para poner en valor el resultado de la investigación realizada de una manera que se adecúe a la línea editorial de la colección arquia/tesis y cumpla con los requisitos de calidad, formales y legales establecidos. No obstante, conviene señalar que gran parte del contenido de la tesis está indirectamente relacionado con artículos y capítulos publicados en revistas internacionales de alto impacto y en libros de editoriales reconocidas (p.ej., Elsevier), habiendo pasado por un proceso de revisión por pares en todos los casos. Esto implica también que figuras y tablas similares a las que se incluyen en la tesis ya han podido ser adaptadas para su publicación, por lo que considero que el proceso de adecuación para asegurar su adecuada visualización en la publicación de la colección de arquia/tesis sería sencillo. Asimismo, la tesis no contiene imágenes protegidas por derechos de autor; todo el contenido relevante que se incluye, relativo a los distintos estudios que integran esta tesis, son de elaboración propia. Además, el contenido recogido en los Anexos del documento de tesis se encuentra accesible en repositorios académicos de código abierto y se pueden consultar sin necesidad de integrarlos en la publicación (de hecho, el documento de tesis ya incluye un código QR para acceder on-line a los mismos). Por último, se podría destacar el carácter didáctico y divulgativo que tiene la tesis (primando uno sobre otro, según el capítulo), así como su articulación en seis capítulos con una estructura narrativa cerrada, que facilita mucho su adaptación para la publicación.