

Potenciales de Mejora Medioambiental de los Edificios Residenciales (IMPRO-Building)

Françoise Nemry, Andreas Uihlein (IPTS - JRC)

Cecilia Makishi Colodel, Bastian Wittstock, Anna Braune
(Lehrstuhl für Bauphysik LBP, Universität Stuttgart)

Christian Wetzel, Ivana Hasan, Sigrid Niemeier, Yosrea Frech
(CalCon Holding GmbH)

Johannes Kreißig, Nicole Gallon (PE INTERNATIONAL GmbH)



EUR 23493 EN - 2008

Este documento es una traducción adaptada de la versión original inglesa "Environmental Improvement Potentials of Residential Buildings (IMPRO-Building)". La Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Ihobe, del Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca Del Gobierno Vasco agradece a la Comisión Europea , al Joint Research Centre y al Institute for Prospective Technological Studies el permiso de publicación de este documento.

La misión del IPTS (Instituto de Prospectiva Tecnológica) consiste en proporcionar un apoyo centrado en el consumidor, respecto al proceso de elaboración de políticas, mediante la investigación de respuestas científicas para los cambios políticos que tienen tanto una dimensión socioeconómica como científica.

Centro Común de Investigación
de la Comisión Europea Instituto
de Prospectiva Tecnológica

Información de contacto

Dirección: Edificio Expo. c/ Inca Garcilaso, s/n. E-41092 Sevilla (España)
E-mail: jrc-ipts-secretariat@ec.europa.eu
Tel.: +34 954488318
Fax: +34 954488300

<http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
<http://www.jrc.ec.europa.eu>

Advertencia Legal

Ni la Comisión Europea ni ninguna persona que actúe en nombre de la Comisión son responsables del uso que pueda hacerse de esta publicación.

***Europe Direct es un servicio para ayudarle a encontrar respuestas
a sus preguntas sobre la Unión Europea***

**Número de teléfono gratuito (*):
00 800 6 7 8 9 10 11**

(*) Ciertos operadores de telefonía móvil no permiten el acceso a números 00 800 o es posible que facturen dichas llamadas.

Podrá encontrar mucha más información sobre la Unión Europea en Internet.
Puede acceder a través del servidor Europa <http://europa.eu/>

JRC46667

EUR 23493 EN
ISBN 978-92-79-09767-6
ISSN 1018-5593
DOI 10.2791/38942

Luxemburgo: Oficina para Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas

© Comunidades Europeas, 2008

Se autoriza la reproducción siempre que se haga referencia a la fuente

Impreso en España

Agradecimientos

Los autores quieren reconocer al Sr. Jérôme Adnot y al Sr. Stefan Heuss quienes han facilitado información en el transcurso del proyecto IMPRO-Edificación.

Prefacio

Este informe sobre el «Potencial de mejora medioambiental de los edificios residenciales» es una contribución científica del CCI al marco de Política Integrada de Productos (PPI) de la Comisión Europea, el cual busca minimizar la degradación medioambiental causada por el ciclo de vida de los productos. Un estudio previo coordinado por el CCI (el estudio EIPRO) mostró que la ocupación de edificios y las construcciones componían el 20-35% de los impactos de todos los productos para la mayoría de las categorías de impactos.

Este informe presenta una visión general y sistemática de los impactos medioambientales de los ciclos de vida de los edificios residenciales en UE-25. También proporciona un análisis de las opciones de mejoras técnicas que podrían ayudar a reducir estos impactos medioambientales, con una especial atención a su fuente principal, concretamente al uso de la energía para la calefacción. El informe evalúa los beneficios medioambientales y los costes asociados a las mejoras medioambientales.

Índice

Agradecimientos	i
Prefacio	iii
Nomenclatura	xiii
Resumen ejecutivo	xv
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos y alcance del proyecto IMPRO-Building.....	1
1.3 Estructura del informe	2
2 Enfoque general del proyecto IMPRO-Building	3
3 Visión general de los edificios residenciales en la UE-25	5
3.1 Definición del modelo y base de datos	5
3.2 Población y volumen de construcción.....	6
3.3 Definición de grupo de edificios dependiendo del tamaño	9
3.4 Definición de grupo de edificios dependiendo de la antigüedad	10
3.5 Antigüedad derivada de los edificios y tipología del tamaño de los edificios.....	11
3.6 Tipología de los materiales y del diseño del edificio	12
3.7 Tipos de agrupaciones de edificios de diferentes países	14
3.8 Tipología de los edificios residenciales en la UE-25	16
4 Metodología del análisis del ciclo de vida	21
4.1 Categorías de impactos medioambientales	21
4.2 Unidad funcional	21
4.3 Sistema de productos y límites del sistema	22
4.3.1 Omisión de procesos.....	22
4.3.2 Vidas útiles de los edificios y tipos de edificios	23
4.3.3 Edificios nuevos.....	23
4.3.4 Edificios existentes	24
4.4 Datos en segundo plano	25
4.4.1 Energía de calefacción.....	26
4.4.2 Energía de refrigeración.....	27
4.4.3 Inventarios del ciclo de vida de los materiales de construcción.....	29
4.5 Descripción de los modelos genéricos de construcción	31
4.5.1 Modelado de los tipos de edificios seleccionados en su resolución geográfica.....	31
4.5.2 Modelado de la Fase de Construcción	34
4.5.2.1 Tejado.....	34
4.5.2.2 Ventanas	35
4.5.2.3 Suelos y techos	36

4.5.2.4	Paredes interiores	37
4.5.2.5	Paredes exteriores	39
4.5.2.6	Sótano y cimientos	40
4.5.3	Modelado de la Fase de de Uso	41
4.5.3.1	Calefacción	42
4.5.3.2	Refrigeración	45
4.5.3.3	Reacondicionamiento	45
4.5.4	Modelado del Fin de la Vida Útil.....	46
4.5.4.1	Logro material de los residuos de aluminio y acero	47
5	Resultados del análisis del ciclo de vida	49
5.1	Resultados detallados a nivel edificio	49
5.2	Impactos del ciclo de vida de los tipos de edificios individuales	51
5.2.1	Impactos del ciclo de vida de acuerdo con las zonas y los tipos de edificios.....	51
5.2.2	Impactos del ciclo de vida de acuerdo con las fases del ciclo de vida	55
5.3	Impactos medioambientales a nivel de la UE	58
5.3.1	Impactos medioambientales de acuerdo con la fase del ciclo de vida.....	59
5.3.2	Impactos medioambientales de acuerdo con la zona geográfica y el grupo de edificios... 60	
5.4	Puntos medioambientales conflictivos	62
5.4.1	Introducción.....	62
5.4.2	Fase de Uso.....	63
5.4.2.1	Rendimiento energético de los edificios	63
5.4.2.2	Puntos conflictivos	63
5.4.3	Fase de construcción.....	66
5.5	Solidez de los resultados	67
6	Opciones para mejorar el rendimiento medioambiental de los edificios residenciales.....	69
6.1	Mejora del rendimiento energético de los edificios existentes	69
6.1.1	Sustitución de las ventanas	70
6.1.2	Aislamiento adicional de la fachada.....	71
6.1.3	Aislamiento adicional del tejado	72
6.1.4	Nuevos sellados para reducir las pérdidas por ventilación.....	73
6.2	Edificios nuevos	73
6.2.1	Mejor eficiencia energética	73
6.2.2	Materiales de construcción alternativos.....	74
7	Beneficios medioambientales y rentabilidad	75
7.1	Edificios existentes	75
7.1.1	Tipos de edificios tenidos en cuenta	75
7.1.2	Edificio mejorado versus caso base	77
7.1.3	Ahorro de combustible	78
7.1.4	Cuantificando los costes	82
7.1.5	Potencial de mejora medioambiental	85

7.1.6	Rentabilidad de las opciones de mejora.....	89
7.1.7	Costes de la reducción del CO ₂	90
7.1.8	Impactos socioculturales	92
7.1.9	Conclusiones	93
7.2	Edificios nuevos	93
8	Conclusiones	97
8.1	Impactos del ciclo de vida	97
8.2	Opciones de mejora	98
8.3	Mensaje clave	100
9	Referencias	101

Lista de figuras

Figura 2.1	Estructura del proyecto	3
Figura 3.1	Ejemplo de una visión general estadística de los países de la UE-25	7
Figura 3.2	Ejemplo de unos datos estadísticos nacionales	8
Figura 3.3	Edificios con paneles erigidos especialmente en los estados de Europa Central	10
Figura 3.4	Distribución del parque de viviendas dependiendo de la antigüedad	11
Figura 3.5	Distribución de la totalidad del parque de viviendas en la UE-25	12
Figura 3.6	Ejemplo de una hoja de datos dependiendo del tipo de edificio	19
Figura 4.1	Fases del ciclo de vida y límites del sistema del modelo del ciclo de vida para un edificio nuevo incluyendo la «Fase de Construcción», la «Fase de Uso» y el «Final de la Vida Útil»	24
Figura 4.2	Fases del ciclo de vida y límites del sistema del modelo del ciclo de vida para un edificio existente, incluyendo la «Fase de Uso» y la de «Fin de Vida Útil»	25
Figura 4.3	Construcciones comunes de edificios, incluyendo todos los elementos de construcción relevantes y tenidos en cuenta, para todos los tipos de edificios dentro de todos los grupos de viviendas residenciales	32
Figura 4.4	Captura de pantalla del software epiqr® que muestra, a modo de ejemplo, los resultados de un cálculo energético	43
Figura 5.1	Ejemplo de los resultados del ACV para un tipo de edificio	50
Figura 5.2	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para el indicador medioambiental «Energía Primaria (no renovable)»	51
Figura 5.3	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para el indicador medioambiental «Energía Primaria (renovable)»	52
Figura 5.4	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Calentamiento Global»	52
Figura 5.5	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Acidificación»	53
Figura 5.6	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Eutrofización»	53
Figura 5.7	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico»	54
Figura 5.8	Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono»	54
Figura 5.9	Impacto medioambiental total del volumen de construcción en la UE-25 para el indicador medioambiental «Potencial de Calentamiento Global»	58
Figura 5.10	Impactos medioambientales totales del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con las fases del ciclo de vida (edificios existentes)	59
Figura 5.11	Impacto medioambiental total del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con las fases del ciclo de vida (edificios nuevos)	60
Figura 5.12	Contribuciones relativas al total de impactos medioambientales del volumen de construcción en la UE 25 de acuerdo con las zonas geográficas	61
Figura 5.13	Contribuciones relativas al total de impactos medioambientales del volumen de construcción en la UE 25 de acuerdo con los grupos de edificios	62
Figura 5.14	Contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales de la Fase de Uso (Energía Primaria total) de acuerdo con la zona y el grupo de edificios (media ponderada)	64

Figura 5.15	Contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales de la Fase de Construcción (Energía Primaria total) para edificios nuevos de acuerdo con la zona y el grupo de edificios	66
Figura 7.1	Demanda final de energía del caso base y de la opción de mejora «aislamiento adicional del tejado».....	79
Figura 7.2	Demanda final de energía del caso base y de la opción de mejora «aislamiento adicional de la fachada».....	79
Figura 7.3	Demanda final de energía del caso base y de la opción de mejora «nuevos sellados para reducir la ventilación».....	80
Figura 7.4	Procedimiento para el análisis de los costes	83
Figura 7.5	Índice de coste de edificios en la Unión Europea en 2007 [BKI 2007]	84
Figura 7.6	Potencial relativo de mejora medioambiental para las emisiones de GEI de acuerdo con el tipo de edificio y las medidas	86
Figura 7.7	Potencial total de mejora medioambiental para las emisiones de GEI de acuerdo con el tipo de edificio y las medidas en la UE-25 al año	88
Figura 7.8	Potencial total de mejora medioambiental para las emisiones de GEI de acuerdo con el tipo de edificio y las medidas en la UE-25 sobre el total de la vida útil residual del tipo de edificio	89
Figura 7.9	Coste de reducción de las medidas de mejora relacionadas con el potencial de reducción de las emisiones de GEI totales en la UE-25	91
Figura 7.10	Ejemplo de resultados (emisiones de gases de efecto invernadero) para edificios nuevos (aquí: Z1_MF_004): comparación del caso base (hormigón de carbonilla) con cuatro materiales de construcción alternativos para las paredes exteriores	94

Lista de tablas

Tabla 3.1	Tabla de entrada de tipos de edificio.....	5
Tabla 3.2	Población en millones de residentes en la UE-25 ordenados por el tamaño de la población	6
Tabla 3.3	Conjuntos de datos que se usaron para caracterizar el volumen de construcción actual	9
Tabla 3.4	Tabla de viviendas por país, agrupadas de acuerdo con la antigüedad y el tamaño, para casas multifamiliares en Francia	11
Tabla 3.5	Resultado de la encuesta a expertos realizada dentro de la acción COST C16 (ESF-COST-C16)	12
Tabla 3.6	Materiales y masas para una casa multifamiliar típica en Francia (entre 1945 y 1990)	13
Tabla 3.7	Agrupación de grados-días de calefacción	15
Tabla 3.8	Agrupación transnacional de tipos similares de edificios nacionales (ejemplo para una casa unifamiliar en la zona 1)	16
Tabla 3.9	Número de tipos de edificios en cada zona	16
Tabla 3.10	Breve descripción de los tipos de edificios	16
Tabla 3.11	Cobertura porcentual de las viviendas existentes por país	18
Tabla 3.12	Información detallada sobre el tipo de edificio	20
Tabla 4.1	Mezcla de vectores/portadores energéticos de calefacción por país y factores de ponderación para producir mezclas específicas para cada zona	26
Tabla 4.2	Factores específicos de consumo de energía de refrigeración por país y factores de ponderación para el cálculo de los factores medios de energía de refrigeración	27
Tabla 4.3	Cálculo del consumo de energía de refrigeración en base a [ADNOT ET AL. 2003]	29
Tabla 4.4	Materiales de construcción incluidos en los modelos del ciclo de vida	30
Tabla 4.5	Lista de agrupación de los materiales de construcción	33
Tabla 4.6	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del tejado	35
Tabla 4.7	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las ventanas	36
Tabla 4.8	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de los suelos/techos	37
Tabla 4.9	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes internas (paredes interiores)	38
Tabla 4.10	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes internas (muros de carga interiores)	38
Tabla 4.11	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes externas	39
Tabla 4.12	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (techo del sótano)	40
Tabla 4.13	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (planta baja del sótano)	41
Tabla 4.14	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (pared del sótano)	41
Tabla 4.15	Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (cimientos)....	41
Tabla 4.16	Configuración de los parámetros para la pérdida de calor (edificio tipo Z1_SI_001)	45
Tabla 4.17	Visión general de posibles planes para el tratamiento de los residuos	46
Tabla 5.1	Ejemplo de la tabla de resultados del AICV para el tipo d edificio Z1_SI_001 (Anexo C)	49
Tabla 5.2	Ámbito de la participación (%) de la contribución de las fases del ciclo de vida a los impactos medioambientales para cada zona geográfica y grupo de tipo de edificios (edificios existentes)	56
Tabla 5.3	Ámbito de la participación (%) de la contribución de las fases del ciclo de vida a los impactos medioambientales para cada zona geográfica y grupo de tipo de edificios (edificios nuevos)	57

Tabla 6.1	Medidas de mejora tenidas en cuenta para los edificios existentes	70
Tabla 6.2	Opción de mejora: aislamiento adicional de la fachada	72
Tabla 6.3	Opción de mejora: aislamiento adicional del tejado	72
Tabla 6.4	Opción de mejora: nuevos sellados para reducir la ventilación	73
Tabla 7.1	Tipos de edificios existentes analizados en relación con su potencial de mejora medioambiental. Estos tipos de edificios representan el 80% del área habitable de todos los tipos de edificios analizados previamente	75
Tabla 7.2	Tipos de edificios existentes analizados en relación con su potencial de mejora medioambiental. Estos tipos de edificios representan el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de todos los tipos de edificios analizados previamente	76
Tabla 7.3	Asignación de los puntos medioambientales conflictivos a los tipos de edificios existentes para definir las opciones de mejora	77
Tabla 7.4	Descripción de las medidas de mejora	78
Tabla 7.5	Valores U antes y después de la medida de reacondicionamiento en la UE-25 en W/m ² K	81
Tabla 7.6	Demanda final de energía para el caso base y las opciones de mejora en kWh/m ² a	82
Tabla 7.7	Ejemplo de los costes por m ² para tipos de edificios y medidas en la zona 1 (Euro)	84
Tabla 7.8	Emisiones de gases de efecto invernadero para el caso base y las opciones de mejora	85
Tabla 7.9	Ahorros de emisiones de gases de efecto invernadero para las opciones de mejora en comparación con el caso base	87
Tabla 7.10	Tasa interna de rentabilidad para las medidas de reacondicionamiento en %	90
Tabla 7.11	Costes de reducción del CO ₂ y potenciales de reducción para las medidas de reacondicionamiento	92
Tabla 7.12	Edificios nuevos seleccionados para el análisis teniendo en cuenta los elementos de construcción para la sustitución de materiales	93
Tabla 7.13	Impactos totales del ciclo de vida de las alternativas de construcción en comparación con el caso base	95
Tabla 8.1	Resumen del potencial de mejora medioambiental y costes de reducción	99

Nomenclatura

Abreviaturas

PA	Potencial de Acidificación
MTD	Mejor Técnica Disponible
FVU	Fin de Vida Útil
PE	Potencial de Eutrofización
EPBD	Directiva relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios
EPD	Declaración Medioambiental de Productos
EPS	Poliestireno Expandido
ETICS	Sistemas Compuestos de Aislamiento Térmico Exterior
PUE	Directiva relativa a los Productos que Utilizan Energía
PCG	Potencial de Calentamiento Global
GDC	Grados-Días de Calefacción
CVAA	Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado
PPI	Política Integrada de Productos
TIR	Tasa Interna de Retorno
ISO	Organización Internacional de Normalización
IPTS	Instituto de Prospectiva Tecnológica
CCI	Centro Común de Investigación
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
ICV	Inventario del Ciclo de Vida
AICV	Análisis del Impacto del Ciclo de Vida
VAN	Valor Actual Neto
PACO	Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono
OSB	Tablero de Partículas Orientadas
PCOF	Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico
PUL	Poliuretano
PVC	Policloruro de vinilo

XPS Poliestireno extruido

Nomenclatura de denotación de tipos de edificios

Z1 Zona geográfica 1 (países del sur de Europa)
Z2 Zona geográfica 2 (países de Europa Central)
Z3 Zona geográfica 3 (países del norte de Europa)
SI Tipo de casas unifamiliares, bifamiliares y viviendas adosadas
MF Tipo de casas multifamiliares
HR Tipo de edificios de gran altura
_ex versión «existente» de un tipo de edificio, donde también existe un «nuevo» tipo de edificio

Resumen ejecutivo

Introducción

En junio de 2003, la Comisión Europea aprobó la Comunicación sobre la Política Integrada de Productos (PPI) [COM(2003) 302 FINAL], con el objetivo de reducir los impactos medioambientales de los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida. En este contexto, se llevó a cabo el estudio EIPRO, el cual concluyó en mayo de 2006 [EIPRO 2006]. El estudio mostró que los productos de tres determinadas áreas de consumo –comida y bebida, transporte privado y vivienda– son responsables del 70-80% de los impactos medioambientales del consumo privado y representan el 60% del gasto de consumo en total.

Por consiguiente, las conclusiones del estudio EIPRO sugirieron iniciar un análisis más profundo de los productos de estos tres grupos. Por lo tanto, se lanzaron y coordinaron tres proyectos paralelos coordinados por el IPTS para analizar la mejora medioambiental de dichos productos (IMPRO, respectivamente los proyectos IMPRO-Car, IMPRO-Meat e IMPRO-Building).

Este informe, que presenta los resultados del proyecto IMPRO-Building, se basa en una investigación llevada a cabo por el CCI (IPTS) y apoyada en un estudio realizado por Lehrstuhl für Bauphysik LBP, CalCon Holding GmbH y PE International GmbH.

Objetivos y enfoque general

El objetivo general del proyecto IMPRO-Building era el análisis de los potenciales de mejora medioambiental de los edificios residenciales, incluyendo todos los tipos de edificios relevantes usados como viviendas, desde casas unifamiliares a edificios con múltiples apartamentos, e incluyendo también las viviendas nuevas y las existentes en la UE-25. Esto es lo que se ha conseguido hasta el momento:

- la valoración y comparación de los impactos medioambientales del ciclo de vida de los edificios residenciales,
- la identificación de las principales opciones de mejora medioambiental y su análisis en términos de beneficios medioambientales y costes.

Se analizaron los impactos medioambientales, tanto para las estructuras de los edificios como para la ocupación de los mismos. En lo que respecta a las opciones de mejora, sólo se tuvieron en cuenta aquellas que afectaban a cambios en la estructura del edificio y en el diseño¹.

La investigación se estructuró en tres pasos:

¹ Este término indica la distribución general y común de los edificios residenciales con elementos comunes de construcción.

1. Definir una tipología apropiada del volumen de construcción y proporcionar su caracterización en lo que concierne a varios aspectos (por ejemplo, población y zona residencial, tipo de edificio, antigüedad, estructura), y definir los modelos de construcción que son más «representativos» en la UE-25.
2. Analizar los impactos del ciclo de vida de los diversos modelos de construcción e identificar los puntos medioambientales conflictivos.
3. Identificar las opciones de mejora y analizar sus efectos medioambientales y sus costes.

Visión general de los edificios residenciales en la UE-25

El primer paso se basaba principalmente en los datos existentes y en la información obtenida de los proyectos previos financiados por la UE, así como en la experiencia en varios países de la UE en lo que respecta a los aspectos más relevantes de los edificios (por ejemplo, estructura, antigüedad y eficiencia energética). El enfoque utilizado para obtener una lista de los modelos relevantes de construcción se basó en la necesidad de alcanzar una representatividad suficiente del volumen de construcción en la UE-25, manteniendo también un nivel razonable de viabilidad del estudio.

A fin de garantizar un nivel suficiente de representatividad, se tomaron en cuenta diversos criterios, incluyendo la población, el área total de construcción por tipo de edificio, las estructuras típicas de edificios y las condiciones meteorológicas. Los datos disponibles por país sobre edificios y viviendas, incluida la división en tipos de edificios y la antigüedad, se han revisado rigurosamente.

Esto llevó a la división de los modelos de construcción en tres tipos de edificios: casas unifamiliares (casas bifamiliares y adosados incluidas), casas multifamiliares y edificios de gran altura. Estos tres tipos de edificios representan el 53%, 37% y 10% respectivamente del volumen de construcción existente en la UE-25. Estos edificios también se definieron de manera que pudieran ser distribuidos en tres zonas principales de Europa que representan, aproximadamente, tres zonas climáticas de acuerdo con los grados-días de calefacción (GDC).

Se calculó que los 72 modelos de construcción seleccionados (53 tipos de edificios existentes y 19 tipos de edificios nuevos) representaban alrededor de un 80% del volumen de construcción residencial en la UE-25. Se describieron en términos de su representatividad en el volumen de construcción, su distribución geográfica, tamaño, antigüedad, vida útil residual y aislamiento térmico. La descripción también trató la composición material de los diversos elementos de construcción (tejados, paredes interiores y exteriores, sótano/cimientos, suelos, ventanas/puertas).

Tabla A Número de tipos de edificios en cada zona

Zonas climáticas	Casa unifamiliar	Casa multifamiliar	Edificio de gran altura
Zona 1: Sur de Europa <i>564 a 2500 GDC</i>	11 (3) ^a	11 (3)	3 (1)
Zona 2: Europa Central <i>2501 a 4000 GDC</i>	11 (3)	11 (3)	3 (1)
Zona 3: Norte de Europa <i>4000 a 5823 GDC</i>	9 (2)	10 (2)	3 (1)

a) Los números entre paréntesis corresponden a tipos nuevos de edificios

Impactos medioambientales del ciclo de vida

El enfoque en cadena del proceso se implementó para cuantificar los impactos del ciclo de vida de los diversos modelos de construcción. La unidad funcional del ACV es el uso de 1 m² del área habitable del edificio durante el período de un año.

La línea divisoria general del sistema se configuró de manera similar para todos los tipos de edificios nuevos, incluyendo respectivamente la producción y el transporte de los materiales de construcción, el reacondicionamiento de los edificios, la calefacción (o calentamiento) del espacio del edificio, la refrigeración y la gestión de residuos (demolición y reacondicionamiento).

En lo que respecta a los edificios, la fase del ciclo de vida «producción y transporte de los materiales de construcción» no fue tomada en cuenta, ya que ya había tenido lugar y, por lo tanto, no podía someterse a mejora.

Se seleccionaron las categorías de impacto medioambiental basándose en la solidez científica, la relevancia y la viabilidad. Éstas son las siguientes: acidificación, eutrofización, cambio climático, agotamiento de la capa de ozono y contaminación fotoquímica. También se cuantificó el consumo de energía primaria.

Para cada categoría de impacto, se cuantificaron los flujos correspondientes de sustancias acumuladas y se juntaron con los denominados indicadores de «punto medio» (por ejemplo, el dióxido de carbono, el metano, el N₂O y otras emisiones de gases de efecto invernadero se sumaron a las emisiones equivalentes de CO₂, de acuerdo a los respectivos potenciales de calentamiento global).

Para cada edificio existente, se calculó una vida útil residual de servicio mediante un cálculo realizado por expertos, limitado a un máximo de 40 años. Para los nuevos tipos de edificios, este límite también se aplicó para tener en cuenta las incertidumbres inherentes a largo plazo y para mantener el horizonte temporal en concordancia con lo que las medidas políticas puedan cubrir.

Los conjuntos de datos en segundo plano se obtuvieron de dos fuentes de datos principales:

- la base de datos GaBi 4 [LBP & PE 2007] proporcionó datos sobre los procesos de construcción, reacondicionamiento y tratamiento de residuos,
- se usó el programa epiqr® para calcular la demanda energética para la calefacción, aplicando el método de cálculo basado en la norma europea EN 832.

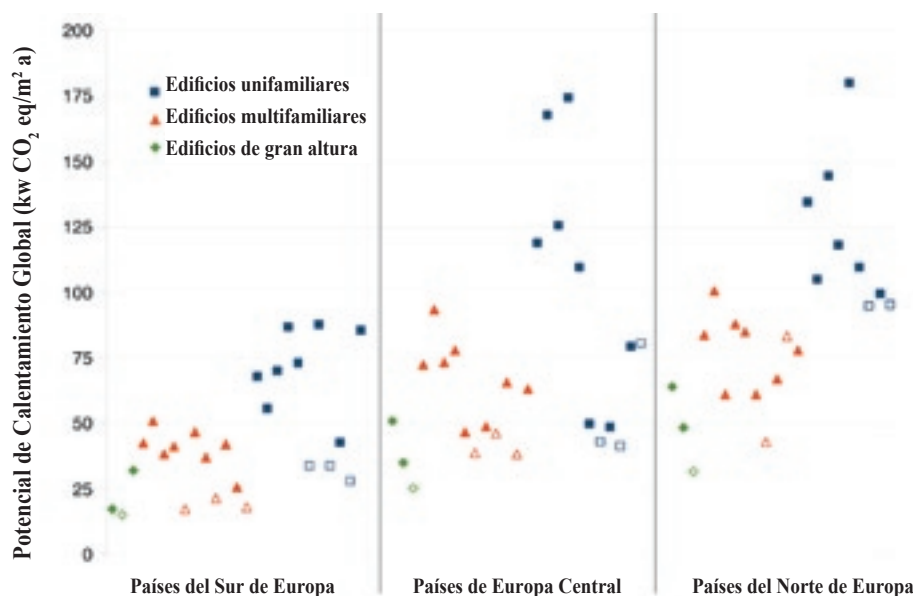


Figura A Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Calentamiento Global». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existente situado a su izquierda.

Los resultados también mostraron que los edificios nuevos, tal y como se erigen en la actualidad, suelen mostrar un rendimiento medioambiental mejor si los comparamos con los existentes. Esto se debe a mejores rendimientos energéticos derivados de la aplicación de las mejores prácticas disponibles, especialmente en términos de aislamiento de edificios.

Obviamente, las condiciones meteorológicas también conllevan demandas de calefacción mayores, lo que se traduce en demandas energéticas más elevadas para los edificios de las regiones del norte. Sin embargo, cuando se normaliza a condiciones meteorológicas similares (en base a los grados-día de calefacción), los edificios de estas zonas tienden a tener mejores rendimientos energéticos. El efecto de la geometría de los edificios también se reflejó en la tendencia generalizada de una demanda energética mayor en las casas unifamiliares si la comparamos con otro tipo de viviendas. Se calculó que la demanda de refrigeración era insignificante actualmente en la demanda energética total de los edificios.

La fase de uso de los edificios, dominada por la demanda energética de calefacción, es con mucho la más alta para todos los edificios. Para los edificios nuevos, la fase de construcción es también significativa, y su relativa importancia varía de una categoría de impacto a otra. La fase de fin de vida útil es la de menor importancia.

En lo que respecta a la fase de uso, los impactos medioambientales asociados se desglosaron en varios elementos de construcción basándose en las respectivas pérdidas de calor. Esto mostró que las pérdidas de calor derivadas de la ventilación y la infiltración tienen una importancia significativa en todos los edificios. Esto también sucede con las paredes exteriores, especialmente en los edificios de gran altura. Las pérdidas de calor a través de los tejados son importantes para la mayoría de las casas unifamiliares y multifamiliares. Se estimó que las ventanas tenían una importancia menos significativa. Esto se debe principalmente a que se supuso que el reacondicionamiento de las ventanas era parte de la mejora autónoma, la cual, hasta cierto punto, proporciona una imagen demasiado optimista. En general, las variaciones observadas de un tipo de edificio a otro se explican mediante la geometría y los niveles actuales de aislamiento de los edificios.

También se pudo ver que la fase de uso era la más importante para los edificios nuevos. Sin embargo, éstos tienen una importancia relativa menor como consecuencia del mejor rendimiento energético de este tipo de edificios. En lo que respecta a la fase de construcción de los edificios nuevos, los impactos provienen principalmente de la construcción de las paredes exteriores, el sótano y los suelos/ techos. Las paredes interiores, el tejado y las ventanas solo desempeñan un papel de menor importancia.

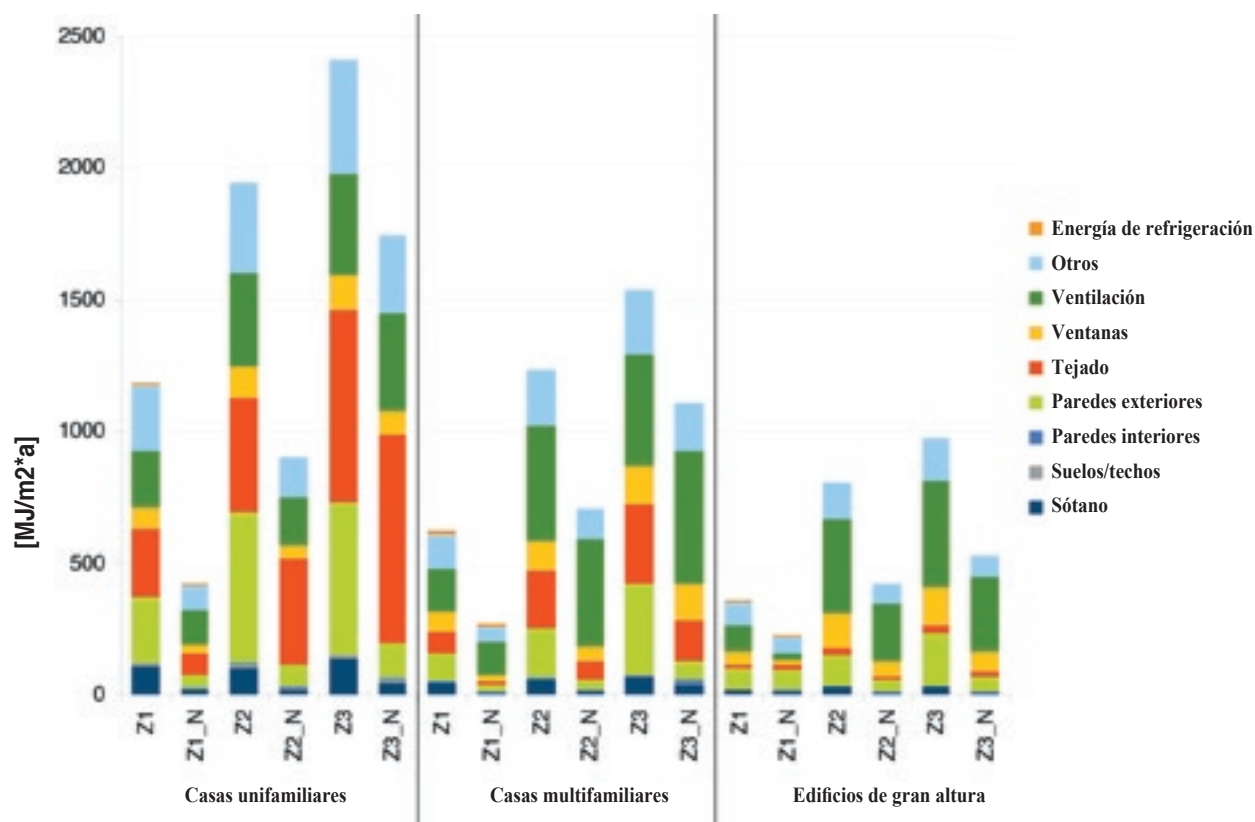


Figura B Contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales de la Fase de Uso (Energía Primaria total) de acuerdo con la zona y el grupo de edificios (media ponderada). _N significa edificios nuevos

Opciones de mejora

Se identificaron las opciones de mejora para los tipos relevantes de edificios, centrándose en los puntos medioambientales conflictivos (fase de uso y fase de construcción). Se analizaron frente a los casos bases definidos al principio.

Para los **nuevos tipos de edificios**, la cuantificación de los beneficios medioambientales se limitó a las opciones que principalmente reducen los impactos de la fase de construcción, lo que es viable si se cambia la composición del material de los edificios.

Los resultados mostraron que, entre las alternativas consideradas, se podrían esperar mejoras medioambientales significantes sólo si la sustitución llevaba al uso de productos de madera, en vez de productos más «convencionales» (hormigón, hormigón armado, ladrillos...).

Aparte de estas alternativas de construcción, también deberían tenerse en cuenta las mejoras de construcción con el objetivo de reducir futuras emisiones de GEI del volumen de construcción. Esto incluye los nuevos conceptos de vivienda pasiva y los denominados «edificios con cero emisiones de CO₂», para los cuales la demanda de calefacción se reduce a 20 kWh/m². Sin embargo, su análisis estaba fuera del alcance de este proyecto IMPRO-Building.

Para los **edificios existentes**, en coherencia con el papel dominante de la fase de uso, las medidas se dirigen a esta parte del ciclo de vida y, especialmente, a la calefacción, contemplando el «aislamiento adicional del

tejado», el «aislamiento adicional de la fachada» y «nuevos sellados para reducir la ventilación», siempre que el elemento de construcción correspondiente resultara ser un punto medioambiental conflictivo.

Se pudo ver que las tres medidas tenidas en cuenta ofrecían un potencial de mejora medioambiental significativo, el cual, para la mayoría de los tipos de edificios analizados, representaba al menos el 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero si lo comparamos con el respectivo caso base. Cuando se redimensiona al nivel de los 25 países miembros de la Unión Europea (UE-25), los potenciales de mejora resultantes son altos si se miden en términos de reducción de emisiones de CO₂.

Para cada medida, los potenciales de mejora más altos desde una perspectiva europea procedían de la zona 2. Esto se debe, en parte, a un volumen de construcciones en uso más elevado y a unas condiciones climáticas más frías. Los principales potenciales de mejora radican en las casas unifamiliares, bifamiliares y adosados, seguidos de los edificios multifamiliares. A pesar de los importantes potenciales de reducción porcentual para los edificios de gran altura, se esperan reducciones de emisiones más pequeñas en términos absolutos, debido a la menor participación de estos edificios en el volumen total de construcción.

Cuando se combinan y totalizan los tipos de edificios incluidos en el análisis y las medidas de reacondicionamiento, el potencial total derivado de reducción de emisiones del ciclo de vida alcanza 360 Mt CO₂-eq/a. Esto corresponde a, aproximadamente, un 7% de las emisiones directas totales de gases de efecto invernadero en la UE-25 en 2005 (sin el uso del suelo, el cambio del uso del suelo y la silvicultura) [EEA 2007]. Este alto potencial de reducción de emisiones calculado se puede conseguir siempre que se superen todas las barreras (por ejemplo, sociales o económicas). Los costes de inversión inicial pueden representar una de estas barreras. Se analizaron estos costes del ciclo de vida de las medidas de reacondicionamiento a través de las tasas internas de rentabilidad calculadas y los calores actuales asociados con estas medidas de reacondicionamiento.

Tabla B Resumen del potencial de mejora medioambiental y costes de reducción

Medida de mejora	Grupo de edificio	Zona	Coste de reducción Euro/t CO ₂ -eq.	Potencial total de mejora Mt CO ₂ -eq./a
Aislamiento adicional del tejado	Casas unifamiliares	Zona 1	-89,84	47,67
		Zona 2	92,64	83,50
Aislamiento adicional de la fachada	Casas unifamiliares	Zona 1	54,51 -	29,46
		Zona 2	18,56	64,21
	Casas multifamiliares	Zona 1	12,35	8,67
		Zona 2	na	na
	Edificios de gran altura	Zona 1	-55,69	6,81
		Zona 2	na	na
Nuevos sellados para reducir la ventilación	Casas unifamiliares	Zona 1	-60,35	29,71
		Zona 2	na	na
	Casas multifamiliares	Zona 1	-64,78	14,48
		Zona 2	-52,80	82,39
	Edificios de gran altura	Zona 1	-53,92	6,39
		Zona 2	-54,85	6,06

Tanto para el aislamiento del tejado como para una ventilación reducida, se demostró que las medidas eran económicamente rentables (valor actual neto positivo y una tasa interna de rentabilidad alta) para la mayoría de los edificios. Para el aislamiento de las paredes exteriores, la rentabilidad económica es menos sistemática, ya que, en algunos casos, los ahorros posteriores de los costes de combustible no compensan las inversiones iniciales, las cuales son más elevadas. Si la comparamos con las otras dos medidas, la aplicación

de nuevos sellados para reducir la ventilación conlleva unos potenciales de mejora menos significativos pero tiene una rentabilidad económica mayor como consecuencia de unas inversiones iniciales muy bajas. También hay que tener en cuenta que la rentabilidad económica sólo se cumple si se garantizan los ahorros energéticos al inversor.

También se demostró que la mayoría de las opciones de mejora son viables económicamente con unos costes menores que el beneficio derivado de los ahorros energéticos. En total, se puede alcanzar un 80% del potencial total de reducción de GEI en la zona 1 y un 95% del potencial en la zona 2 con unos costes negativos de reducción de CO₂.

Estos resultados proporcionan elementos para orientar la elaboración de políticas destinadas a apoyar la implementación de estas medidas con instrumentos como subvenciones o la conciencia del consumidor. Sin embargo, la decisión sobre qué medidas llevar a cabo para cada edificio individual debería basarse en una evaluación previa que tenga en cuenta la situación individual del edificio.

Conclusión

Resumiendo, se podría decir que la situación actual del volumen de viviendas residenciales europeas, en términos de rendimiento medioambiental, está lejos de los estándares de baja energía discutidos en la actualidad, y aquí reside el enorme potencial para las mejoras. Si se llevan a cabo las medidas examinadas en los edificios abarcados en este proyecto, las emisiones de gases de efecto invernadero de estos edificios se reducirían de un 30% a un 50% durante los próximos 40 años. Por lo tanto, todos los depositarios deberán llevar a cabo una promoción activa y unas fuertes acciones para aprovechar esta oportunidad medioambiental. La información que proporciona este estudio es la base para discusiones sobre medidas y pasos que se pueden tomar para ir en dicha dirección.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En junio de 2003, la Comisión Europea aprobó la Comunicación sobre la Política Integrada de Productos (PPI) [COM(2003) 302 FINAL] con el objetivo de reducir los impactos medioambientales de los productos y servicios a lo largo de su ciclo de vida. En este contexto, se llevó a cabo el estudio EPIRO, el cual concluyó en mayo de 2006 [EIPRO 2006]. El estudio mostró que productos de tres determinadas áreas de consumo –comida y bebida, transporte privado y vivienda–, juntos, son responsables del 70-80% de los impactos medioambientales del consumo privado. Estos productos también representan el 60% del gasto total de consumo.

Los edificios y los productos de construcción tienen una relevancia socioeconómica significativa. Las actividades en el sector de los edificios y de la construcción conllevan unos elevados gastos iniciales y de seguimiento, unos ciclos de vida largos y una gran cantidad de materiales y energía.

Éstas ya están sujetas a diversas actividades en áreas políticas y de investigación. La Directiva relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios [EPBD] está siendo ahora implementada y está comenzando a mostrar los efectos en el sector de la construcción. La Directiva relativa a los Productos que Utilizan Energía [DIRECTIVA PUE] también proporciona el marco legal para mejorar el eco-diseño de los elementos de construcción relacionados con la energía, incluyendo, por ejemplo, los sistemas de calefacción y refrigeración utilizados en estos edificios. También hay que tener en cuenta que, cada vez más, los fabricantes de materiales de construcción proporcionan información medioambiental sobre sus productos basada en el ciclo de vida como, por ejemplo, la declaración medioambiental de productos (EPD).

Siguiendo las conclusiones del estudio EIPRO, el CCI (IPTS, Sevilla) lanzó el proyecto «Potenciales de Mejora Medioambiental de los Edificios (IMPRO-Building)», con el fin de analizar los impactos del ciclo de vida de los edificios residenciales en la UE-25 y evaluar los potenciales para mejorar su rendimiento medioambiental. El proyecto fue apoyado por un estudio realizado por Lehrstuhl für Bauphysik LBP, CalCon Holding GmbH, y PE International GmbH. Este informe presenta el enfoque seguido a lo largo de todo el proyecto IMPRO-Building, sus resultados y las conclusiones derivadas del mismo.

1.2 Objetivos y alcance del proyecto IMPRO-Building

El objetivo general del proyecto IMPRO-Building es el análisis de los potenciales de mejora medioambiental de los edificios residenciales. Esto es lo que se ha conseguido hasta el momento:

- la valoración y comparación de los impactos medioambientales del ciclo de vida de los edificios utilizados como viviendas,
- la identificación de las principales opciones de mejora medioambiental relacionadas con los edificios y dirigidas a las diferentes etapas del ciclo de vida, así como el cálculo de la magnitud de los potenciales de mejora medioambiental,
- la evaluación de la viabilidad y de los impactos socioeconómicos de las opciones de mejora identificadas.

El alcance global del trabajo incluye el impacto medioambiental de los tipos de edificios relevantes usados como viviendas, desde casas unifamiliares a edificios con múltiples apartamentos, incluyendo las viviendas nuevas y las ya existentes en la UE-25.

Se analizaron los impactos medioambientales, tanto para las estructuras de los edificios como para la ocupación de los mismos. En lo que respecta a las opciones de mejora, sólo se tuvieron en cuenta aquellas que afectaban a cambios en la estructura del edificio y en el diseño². No se tienen en cuenta³ las opciones de mejora que conllevan cambios en los sistemas de calefacción y refrigeración.

Para el análisis, se aplicó un enfoque del ciclo de vida, y se tuvieron en cuenta todas las categorías relevantes de impacto medioambiental para las estructuras seleccionadas.

1.3 Estructura del informe

El Capítulo 2 proporciona la metodología adoptada en el proyecto. En primer lugar se da una visión general del enfoque total, seguido de una descripción más detallada del método utilizado para evaluar los impactos medioambientales de los edificios.

En el Capítulo 3 se proporciona una visión general de los edificios residenciales en la UE-25. Se explica cómo se definieron y agruparon los tipos de edificios del proyecto dependiendo de las zonas, el tamaño y la antigüedad, con el fin de identificar los tipos principales y comunes de edificios.

El Capítulo 4 contiene toda la información relevante de la metodología para el análisis del ciclo de vida. Los resultados del análisis del ciclo de vida se describen y tratan en el Capítulo 5, basándose en la evaluación de impacto medioambiental. También se identifican los puntos medioambientales conflictivos.

El Capítulo 6 incluye la identificación y descripción de las opciones de mejora para aumentar el rendimiento medioambiental tanto de los edificios nuevos como de los ya existentes. En el Capítulo 7, se calculan los potenciales de mejora para las medidas identificadas a nivel de edificios y a nivel europeo. Se evalúa la rentabilidad de las opciones de mejora.

Se sacan las conclusiones del proyecto en el Capítulo 8.

² Este término indica la distribución general y común de los edificios residenciales con elementos comunes de construcción.

³ Se realizó esta elección para evitar las coincidencias con otros estudios llevados a cabo al mismo tiempo que el proyecto IMPRO-Building en el marco de la Directiva PUE [DIRECTIVA PUE].

2 Enfoque general del proyecto IMPRO-Building

La investigación se ha estructurado en cinco pasos (véase Figura 2.1):

- I Visión general de los edificios residenciales en la UE-25, definición de la resolución geográfica apropiada y selección de los tipos de edificios representativos.
- II Análisis detallado de los impactos del ciclo de vida de los tipos de edificios seleccionados.
- III Identificación y análisis de las principales opciones de mejora medioambiental.

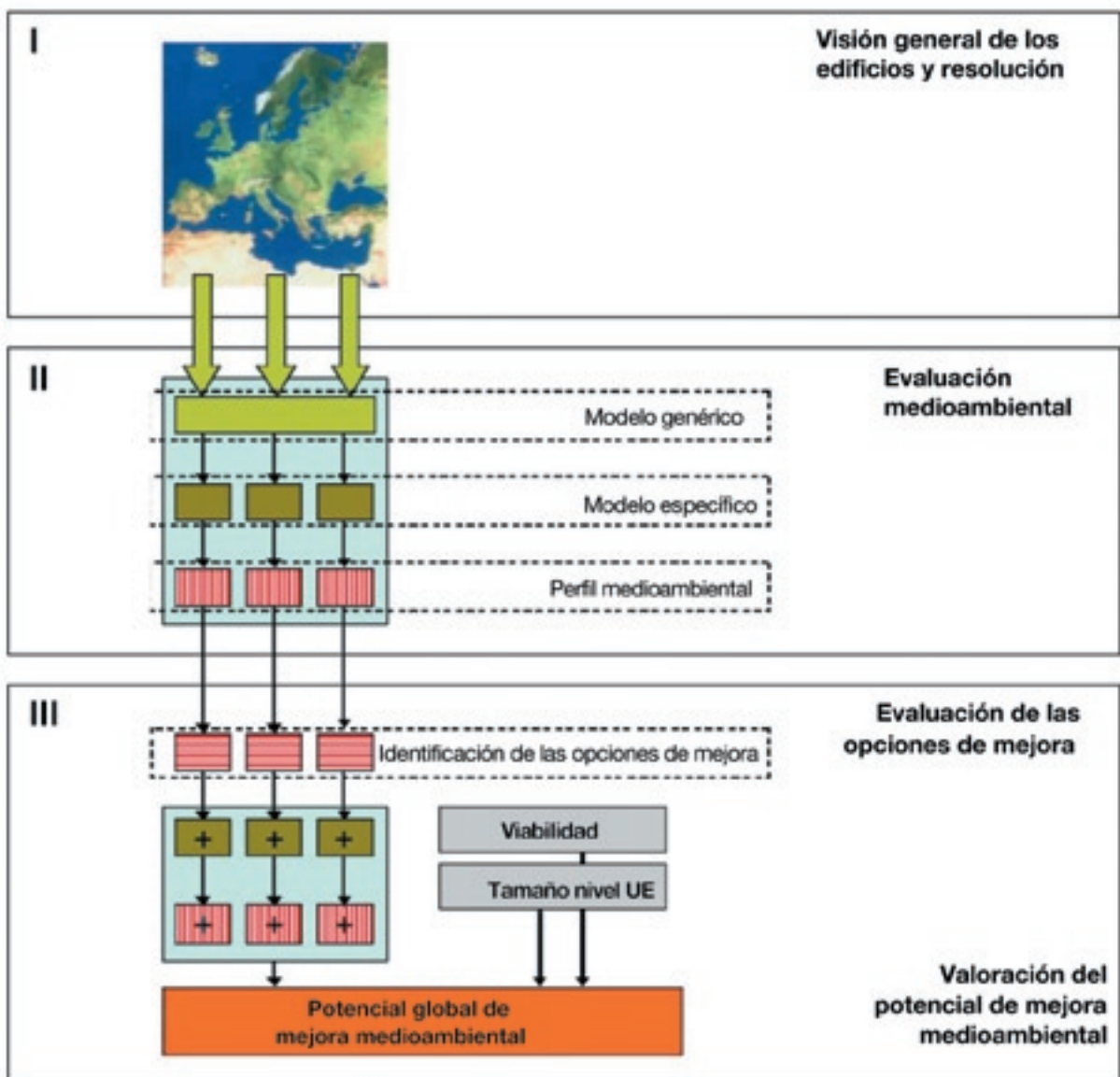


Figura 2.1 Estructura del proyecto

El primer paso se realizó con la información existente, las críticas estadísticas, el análisis del material publicado y entrevistas a expertos. Varios proyectos antiguos de la UE representaban la base principal utilizada para establecer una lista de tipos de edificios que juntos representaran el 80% de las áreas residenciales de la UE.

El segundo paso comenzó con la definición de la unidad funcional y de los límites del sistema considerados a la hora de implementar el análisis del ciclo de vida de los diversos tipos de edificios que se describieron en función de un modelo genérico común, con todos los parámetros e interrelaciones relevantes y necesarias. La evaluación medioambiental se realizó de acuerdo con las normas ISO 14040 y 14044 [EN ISO 14040, EN ISO 14044].

Esa fue la base para el tercer paso, el cual consistía en la identificación de las principales opciones de mejora medioambiental y su evaluación, así como en el análisis de la rentabilidad de estas medidas.

3 Visión general de los edificios residenciales en la UE-25

La visión general de los edificios residenciales en la UE-25 sirvió para definir una lista de los tipos de edificios más representativos, teniendo en cuenta una resolución geográfica apropiada. Los edificios residenciales pueden definirse como edificios construidos principalmente para la ocupación residencial. Los datos se recopilaban principalmente de otros proyectos europeos ya realizados como COST action C16 [WETZEL & VOGDT 2005], EPIQR [EPIQR 1996] e INVESTIMMO [BAUER ET AL. 2004], todos ellos centrados en los edificios residenciales de Europa.

Los objetivos de todo el trabajo de investigación consistían en proporcionar una visión general de los impactos y de las opciones de mejora de los edificios residenciales de Europa. Esto requirió una descripción del volumen de construcción de la UE-25 y la definición de los edificios residenciales «típicos», para crear un conjunto significativo de modelos de construcción para el proyecto.

Los datos detallados, por países, sobre la población y sobre el volumen de construcción residencial fueron la base para la primera definición de los edificios de acuerdo con la antigüedad y el tamaño y con el objetivo de ordenar estos edificios según su relevancia. Como resultado intermedio, se obtuvo un conjunto representativo de viviendas para cada país. Estos tipos de edificios fueron también agrupados a un nivel más global.

Se definieron los materiales y las dimensiones para estos tipos de edificios. Es más: se analizó la vida útil de referencia de los diversos elementos de construcción. Para hacer un análisis de la fase de uso de los tipos de edificios, se elaboró una visión general de las diversas acciones de reacondicionamiento y mantenimiento que se están llevando a cabo. Tras algunas iteraciones, fue posible recuperar grupos de tipos de edificios transnacionales que ofrecen una sólida visión general del stock residencial en la UE-25.

3.1 Definición del modelo y base de datos

Cada tipo de edificio residencial se basa en un modelo de construcción específico y en una composición específica de materiales. Los tipos de edificios abarcan el mayor número posible del volumen de construcción residencial de la UE-25. Los datos han sido recopilados de acuerdo con la plantilla que se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Tabla de entrada de tipos de edificios

Elementos de construcción	Materia	Densidad kg/m ³	Grosor m	Área m ²	Volumen m ³	Pieza -	Masa kg
Paredes exteriores							
Paredes interiores							
Tejado							
Suelos/Techos							
Ventanas/Puertas							
Sótano/Cimientos							

El análisis de la fase de uso conllevó usar datos relativos a la demanda energética de calefacción y refrigeración. Debido a que la atención se centró en el análisis de los potenciales del diseño de los edificios en vez de en sistemas CVAA (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), se definió un sistema de calefacción estándar para todos los tipos de edificios. Las diferencias de la demanda de calefacción de

los diversos tipos de edificios resultan solamente del diseño de cada edificio, de la composición de los materiales de construcción y de la región climática. Esto se calculó con el software europeo epiqr® (véase la descripción detallada en la Sección 4.5.3.1).

3.2 Población y volumen de construcción

Las fuentes sobre datos de población así como sobre el volumen de construcción pertenecen a Eurostat, a algunas publicaciones del sector de la construcción y de las industrias de productos de la construcción, y a las estadísticas de instituciones financieras. Las referencias utilizadas se proporcionan en el Anexo E. También hay que tener en cuenta que existen ciertas desviaciones entre las diversas fuentes de datos, incluyendo las oficiales. En la Tabla 3.2 se proporciona una lista de la población de la UE-25 en orden descendente.

Tabla 3.2 Población en millones de residentes en la UE-25 ordenados por el tamaño de la población

País	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
UE-25	446,39	447,38	448,32	449,11	449,97	451,08	452,02	452,64	454,58	456,86
UE-15	371,19	372,23	373,22	374,07	375,02	376,20	377,65	378,36	380,38	382,72
Alemania	81,54	81,82	82,01	82,06	82,04	82,16	82,26	82,44	82,54	82,53
Francia	57,75	57,94	58,12	58,30	58,50	58,75	59,04	59,34	59,64	59,90
Reino Unido	58,50	58,70	58,91	59,09	59,39	59,62	59,86	59,14	59,33	59,67
Italia	56,85	56,85	56,88	56,91	56,91	56,93	56,97	56,99	57,32	57,89
España	39,31	39,38	39,47	39,57	39,72	39,96	40,38	40,85	41,55	42,35
Polonia	38,58	38,61	38,64	38,66	38,67	38,65	38,25	38,24	38,22	38,19
Países Bajos	15,42	15,49	15,57	15,65	15,76	15,86	15,99	16,11	16,19	16,26
Grecia	10,60	10,67	10,74	10,81	10,86	10,90	10,93	10,97	11,01	11,04
Portugal	10,02	10,04	10,07	10,11	10,15	10,20	10,26	10,33	10,41	10,47
Bélgica	10,13	10,14	10,17	10,19	10,21	10,24	10,26	10,31	10,36	10,40
República Checa	10,33	10,32	10,31	10,30	10,29	10,28	10,23	10,21	10,20	10,21
Hungría	10,34	10,32	10,30	10,28	10,25	10,22	10,20	10,17	10,14	10,12
Suecia	8,82	8,84	8,84	8,85	8,85	8,86	8,88	8,91	8,94	8,98
Austria	7,94	7,95	7,97	7,97	7,98	8,00	8,02	8,07	8,10	8,14
Dinamarca	5,22	5,25	5,28	5,29	5,31	5,33	5,35	5,37	5,38	5,40
Eslovaquia	5,36	5,37	5,38	5,39	5,39	5,40	5,38	5,38	5,38	5,38
Finlandia	5,10	5,12	5,13	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,21	5,22
Irlanda	3,60	3,62	3,66	3,69	3,73	3,78	3,83	3,90	3,96	4,03
Lituania	3,64	3,62	3,59	3,56	3,54	3,51	3,49	3,48	3,46	3,45
Letonia	2,50	2,47	2,44	2,42	2,40	2,38	2,36	2,35	2,33	2,32
Eslovenia	1,99	1,99	1,99	1,98	1,98	1,99	1,99	1,99	2,00	2,00
Estonia	1,45	1,43	1,41	1,39	1,38	1,37	1,37	1,36	1,36	1,35
Chipre	0,65	0,66	0,67	0,68	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73
Luxemburgo	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45
Malta	0,37	0,37	0,37	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40

Fuente: [EUROSTAT 2005a]

Los datos disponibles, por país, sobre edificios y viviendas, y que incluyen la división en tipos de edificios y la antigüedad, se han revisado rigurosamente. Los ejemplos de la investigación se muestran en la Figura 3.1 y en la Figura 3.2.

Parque inmobiliario. 2003				Tipo de tenencia (%) (2)			
	Número de viviendas (miles) (1)	Viviendas por miles de habitantes	Alquilada	Ocupada por el propietario	Cooperativa	Otro	
BE (3)	4.820	462	31	68	-	2	
CZ	4.366	-	-	-	-	-	
DK	2.561	484	40	53	7	0	
DE (4)	38.925	472	55	45	-	0	
EE	624	460	-	-	-	-	
EL	5.465	-	20	74	-	6	
ES (5)	20.947	513	11	82	-	7	
FR	29.495	503	38	56	-	6	
IE (3) (6)	1.554	391	18	77	-	5	
IT	26.526	-	-	-	-	-	
CY	299	421	-	-	-	-	
LV	967	417	21	79	0	0	
LT	1.292	375	-	-	-	-	
LU	176	394	26	67	-	7	
HU	4.134	402	7	92	-	1	
MT	127	-	26	70	-	4	
NL	6.811	419	45	55	-	0	
AT (7)	3.280	404	39	58	-	3	
PL (8)	11.764	330	24	58	18	0	
PT	5.318	508	-	-	-	-	
SI	785	-	9	84	-	7	
SK (9)	1.885	-	-	-	-	-	
FI	2.574	499	34	63	0	3	
SE (10)	4.351	485	39	46	15	0	
UK	25.617	-	31	69	-	0	

1) Bélgica, 2004; República Checa, Alemania, Grecia, Francia, Chipre, Polonia, Eslovenia, Finlandia y el Reino Unido, 2002; España, Italia, Luxemburgo y Eslovaquia, 2001; Malta, 2000. (2) Bélgica, Francia, Alemania, Irlanda, Luxemburgo y Malta, 2002; Grecia, Suecia y el Reino Unido, 2001. (3) Tenencia: viviendas ocupadas. (4) Viviendas: unidades de vivienda en edificios, con área habitable. Tenencia: excluyendo la antigua Alemania del Este. (5) Viviendas: cálculos aproximados. (6) Viviendas: número total de edificios residenciales convencionales (permanentes) y habitables, bien estén ocupados o no. (7) Viviendas: sólo viviendas ocupadas como residencia principal. Tenencia: media anual, sólo viviendas principales. (8) Tenencia: el alquiler incluye el parque inmobiliario de los municipios, asociaciones de viviendas sociales, cooperativas y empleadores o empresarios; «ocupadas por el propietario» incluye las viviendas ocupadas por personas físicas; «cooperativas» incluye el parque inmobiliario de las cooperativas. (9) Viviendas: incluyendo viviendas vacías. (10) Tenencia: «cooperativa» incluye cooperativas de vivienda propiedad del arrendatario y una pequeña parte del parque de viviendas consiste en viviendas que son cooperativas de alquiler. Fuente: Institutos nacionales de estadística y departamentos del Gobierno, Estadísticas de vivienda en la Unión Europea, 2004, la Comisión Nacional de Vivienda, Edificios y Planificación de Suecia y el Ministerio para el Desarrollo Regional de la República Checa.

Figura 3.1 Ejemplo de una visión general estadística de los países de la UE-25
Fuente: [EUROSTAT 2006]

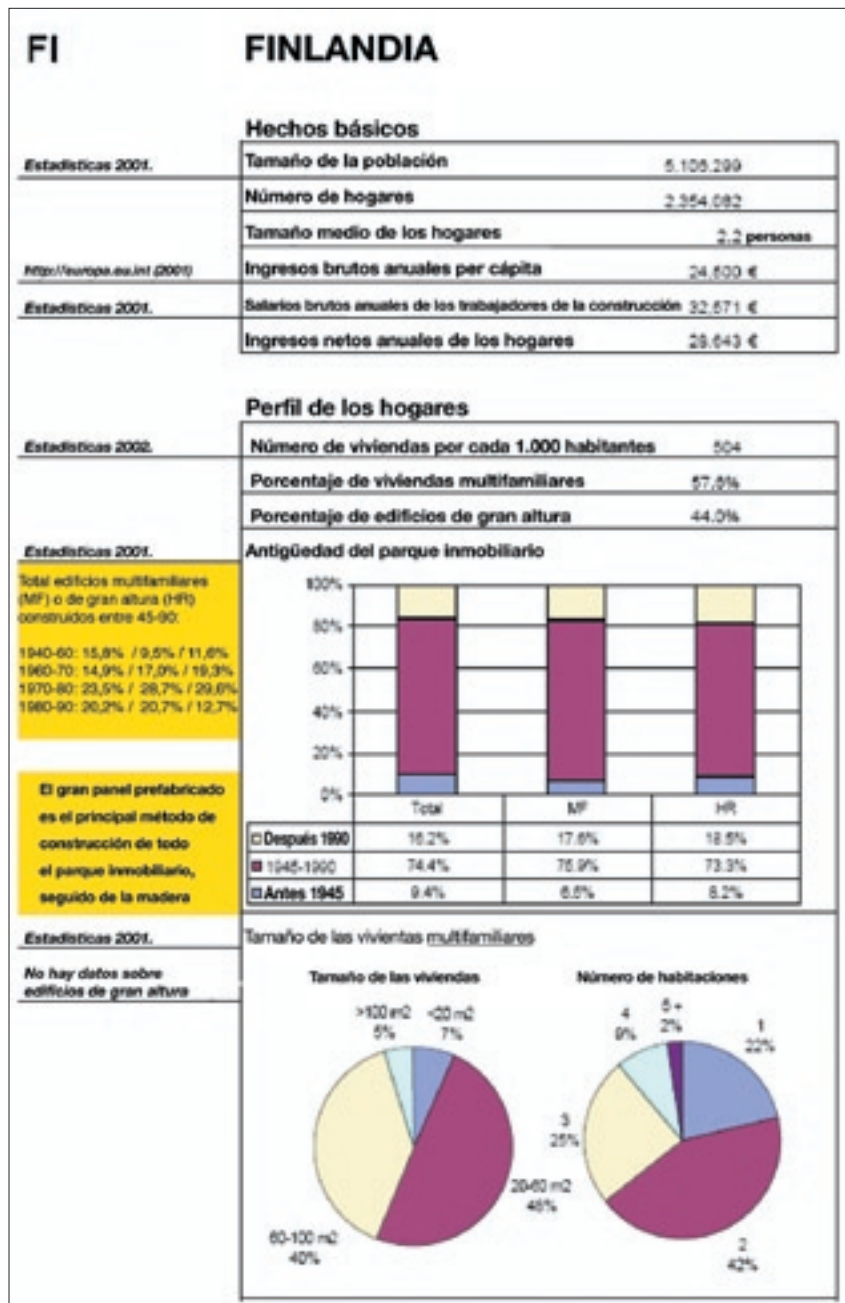


Figura 3.2 Ejemplo de unos datos estadísticos nacionales [VROM 2005]

Muy pocos informes abarcan a todos los países de la UE-25. Se han combinado diversas fuentes que incluyen previsiones sobre la producción de edificios en algunos países (véase, por ejemplo, la Tabla 3.3).

El análisis de los datos estadísticos disponibles reveló que había ciertas inconsistencias de datos, incluso en lo que concierne al mismo país y al mismo estudio. La razón radica en que la clasificación de los edificios es diferente. Por ejemplo, también se cuentan en el parque de viviendas los edificios comerciales que incluyen algunas viviendas. Otro problema es el hecho de que la definición de «edificio de gran altura» cambia de un país a otro. En Estonia, por ejemplo, un edificio de gran altura tiene al menos 14 plantas, mientras que, en los países del sur de Europa, se consideran edificios de gran altura aquellos que tienen más de cinco plantas. En otros países, el criterio es la altura de los canalones del edificio (por ejemplo, en Alemania, un edificio de gran altura tiene más de 22 m. de altura, ya que las escaleras estandarizadas de los cuerpos de bomberos sólo pueden alcanzar los 22 m. y, por lo tanto, se aplican otras normas de protección contra incendios).

Tabla 3.3 Conjuntos de datos que se usaron para caracterizar el volumen de construcción actual

País	Crecimiento de la población 1990 a 2004 en %	Parque de viviendas en 2003	Viviendas por 1000 habitantes en 2003	Área habitable por persona en 2004 en m ²	Formalización de contratos de compraventa por 1000 habitantes en 2003
Austria	5,8	3.904	477	38	38
Bélgica	4,5	4.820	463	36	36
Dinamarca	5,1	2.541	471	51	51
Alemania	4,3	38.935	472	40	40
Finlandia	4,9	2.574	492	36	36
Francia	5,9	29.495	490	38	38
Grecia	9,1	5.465	494	30	30
Reino Unido	3,6	25.617	429	44	44
Irlanda	14,8	1.554	385	35	35
Italia	1,4	26.526	461	32	32
Luxemburgo	19,0	176	391	50	50
Países Bajos	9,2	6.811	418	41	41
Portugal	5,6	5.318	506	29	29
Suecia	5,3	4.329	482	44	44
España	5,5	20.823	488	31	31
Total UE-15	4,7	178.888	467	37	37
Polonia	0,4	11.763	308	22	22
Eslovaquia	1,8	1.885	350	26	26
Eslovenia	0,1	785	393	30	30
República Checa	-1,5	4.366	436	29	29
Hungría	-2,5	4.134	409	28	28
Total PECO5a	-0,2	22.933	349	25	25

a) PECO5 suma los cinco países de Europa Central y Oriental: República Checa, Eslovaquia, Polonia y Eslovenia.

Fuente: [AMANN 2006]

Siempre que las diversas fuentes proporcionaron valores distintos, la más elaborada y/o reciente tenía preferencia. En algunos casos, se tuvo en cuenta el valor medio.

3.3 Definición de grupo de edificios dependiendo del tamaño

Con el objetivo de agrupar el volumen de construcción europeo en grupos que pudieran ser posteriormente descritos de acuerdo con las hojas de datos de la Tabla 3.3, se agruparon los datos estadísticos en tres grupos principales:

- casas unifamiliares (incluyendo casas bifamiliares y adosados),
- casas multifamiliares,
- edificios de gran altura.

Las casas unifamiliares incluyen casas individuales habitadas por una o dos familias. Los adosados también se incluyen en este grupo.

Las casas multifamiliares contienen más de dos viviendas en la casa. La separación del siguiente grupo – los edificios de gran altura – no se ha realizado, o se ha realizado de manera distinta para cada país. Se considera que los edificios con menos de 9 pisos o plantas son edificios multifamiliares.

Se puede encontrar un tipo de edificio especial, los edificios con estructura de paneles, en la mayoría de los países (especialmente en los países de la Europa Oriental). En el material publicado y en las estadísticas son contabilizados, indistintamente, como edificios de gran altura o edificios multifamiliares (Figura 3.3).



Figura 3.3 Edificios con paneles erigidos especialmente en los estados de Europa Central
Fuente: [WETZEL & VOGDT 2005]

En la UE-25, 34 millones de viviendas, o el 17% de todo el volumen de construcción, se incluyen en los edificios con paneles. En cada país en el que encontramos este tipo de edificios, se definen 1 o 3 tipos diferentes de edificios.

3.4 Definición de grupos de edificios dependiendo de la antigüedad

La mayor parte de los datos estadísticos tenidos en cuenta han sido desarrollados por Eurostat y en ellos se tratan los tipos de edificios y la desagregación del período de construcción. El informe *Estadísticas de Vivienda (Housing Statistics)* [BOVERKET & MMR 2005] es otra fuente estadística de gran importancia; el último número de 2004 es la décima edición de una serie de publicaciones que datan de 1991 y es la primera que abarca los 25 estados miembros.

Los datos proporcionaron agrupaciones de edificios según su antigüedad para todos los países de la UE-25 (Figura 3.4). Se tuvieron en cuenta los datos para verificar los grupos nacionales e individuales según la antigüedad, y también para definir los grupos de antigüedad para los que no se disponía de otros datos.

Las categorías de antigüedad para los edificios se han establecido según el nivel global más alto para cada país:

- hasta 1945 (edificios antiguos),
- entre 1946 y 1990 (edificios de la posguerra),
- después de 1991 (edificios actuales y nuevos).

Es posible identificar sistemas típicos de construcciones en algunos países o zonas, y durante períodos muy determinados. Hay que tener en cuenta que, aparte de algunos factores como la población y el crecimiento económico, las actividades constructoras están fuertemente influenciadas por la política de vivienda nacional (o política habitacional) y por la política de financiación.

La agrupación en tres categorías de antigüedad puede verse como una manera de simplificar la visión general, pero sin embargo, puede ocultar dichas especificidades. Algunos de los tipos de edificios identificados muestran coincidencias con los de otros grupos, lo que significa que un tipo de edificio representa edificios de otros grupos como, por ejemplo, el grupo de los «edificios de la posguerra» (1945-1990) y los «edificios actuales y nuevos» (después de 1990).

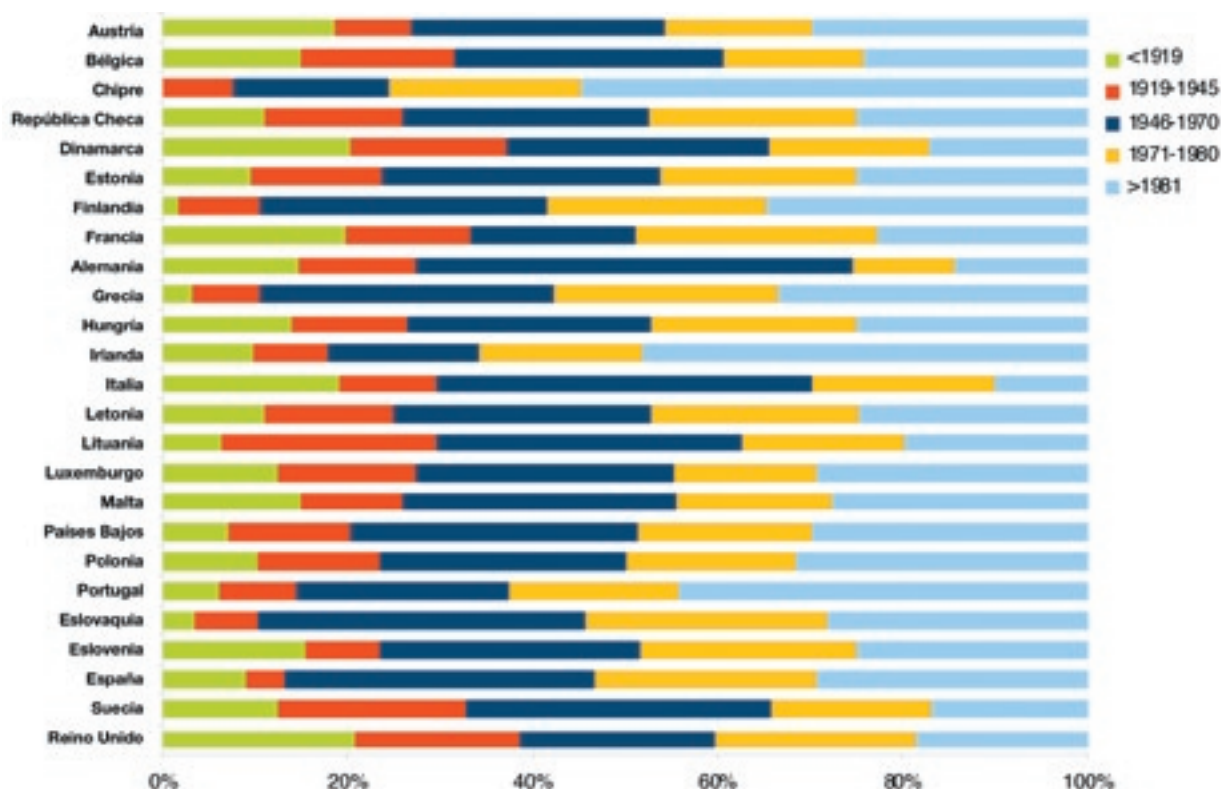


Figura 3.4 Distribución del parque de viviendas dependiendo de la antigüedad
Fuente: [BOVERKET & MMR 2005]

3.5 Antigüedad derivada de los edificios y tipología del tamaño de los edificios

Se han agrupado los principales grupos de edificios –casas unifamiliares, casas multifamiliares y edificios de gran altura – en cada país según las categorías de antigüedad. La Tabla 3.4 proporciona, a modo de ejemplo, la información recogida para las casas multifamiliares en Francia. El Anexo A contiene datos para todos los países y grupos de edificios.

Tabla 3.4 Tabla de viviendas por país agrupadas de acuerdo con la antigüedad y el tamaño y para viviendas multifamiliares en Francia

Categoría de antigüedad del parque de viviendas	Número de casas multifamiliares	Proporción del total del parque de viviendas en %	Proporción de las viviendas multifamiliares en %
Hasta 1945	3.451.500	12	39
1945-1990	4.690.500	16	53
Desde 1990	708.000	2	8
Total	8.850.000	30	100

Fuentes: [EUROSTAT 2006; VROM 2005; BOVERKET & MMR 2005]

La agrupación global del parque de viviendas de la UE-25 dependiendo del tamaño se muestra en la Figura 3.5. Tal y como se ha destacado anteriormente, existe una distinción nacional entre los edificios de gran altura y los edificios multifamiliares. Por lo tanto, sería más preciso decir que alrededor de un 53% del parque de viviendas de la UE-25 está compuesto por casas unifamiliares, mientras que el resto está compuesto por edificios «más grandes» como casas multifamiliares o edificios de gran altura. 3.6

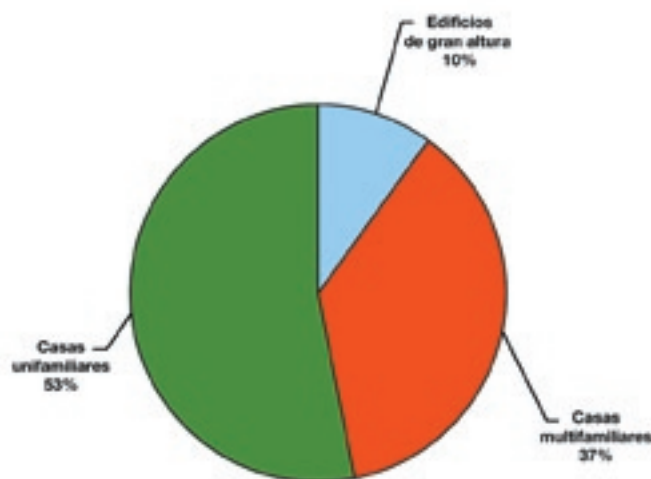


Figura 3.5 Distribución de la totalidad del parque de viviendas en la UE-25
Fuente: [EUROSTAT 2005b]

3.6 Tipología de los materiales y del diseño del edificio

A modo de ejemplo, se describe aquí el proceso seguido para identificar los materiales y las masas para cada tipo de edificio. En Francia, por ejemplo, las casas multifamiliares construidas entre 1945 y 1990 abarcan el 16% de todo el volumen de construcción de Francia y representan un total de 4.690.500 viviendas (véase la Tabla 3.4). Comenzó, entonces, un proceso iterativo a partir estos tipos preliminares de edificios. Para cada tipo de edificio tuvo que derivarse un modelo de construcción representativo y típico con los correspondientes procedimientos de construcción y los materiales utilizados, junto con las masas.

En ocasiones se asumieron tipos medios de edificios. Por ejemplo, en un país, se encontraron principalmente edificios multifamiliares con cuatro y seis plantas. Los materiales utilizados en estos dos tipos diferentes de edificios eran comparables por lo que, en este caso, se decidió considerar estos tipos de edificios como edificios de cinco pisos (media). Para este enfoque, se tuvo que utilizar el conocimiento de los expertos, así como una sólida investigación con el material publicado sobre construcciones típicas en ciertos períodos de tiempo y en ciertos países para ciertos tipos de edificios.

Tabla 3.5 Resultado de la encuesta a expertos realizada dentro de la acción COST C16 (ESF-COST-C16)

Fachada	GR	I	F	S	P	DE	DK	MT	NL	Mk	SI	CY	PL
Descripción del ESTADO actual (edificios de apartamentos posteriores a la II Guerra Mundial)													
Tipo de recubrimiento externo													
Yeso	C	C	C	C	C	C	R	C	C	C	C	C	C
Mamp. expuesta (piedra natural, ladrillo)	S	R	N	C	R	C	C	C	C	R	R	N	R
Hormigón expuesto	R	C	R	C	R	C	C	N	C	R	R	R	
Elementos de hormigón prefabricado	R	C	C	C	N	C	C	R	C	C	R	N	C
Revestimiento de piedra artificial	R	R	N	C	N	R	R	N	R		R	N	
Fachada de vidrio	R	N	R	R	R	R	R	R	R		R	R	R
Elementos ligeros (hormigón)	R	C	N	C	N	C	R	N	C	R	R	N	
Elementos de madera	R	N	N	C	N	C	R	N	R	R	N	N	
Elementos metálicos	R	N	N	R	N	R	R	N	R	R	N	N	

«C» significa usados comúnmente ($x > 20\%$), «R» significa usados rara vez ($1\% < x < 20\%$) y «N» significa no usados ($x < 1\%$) Fuente: [WETZEL ET AL. 2005]

En este proyecto también se han utilizado los detalles de construcción para todas las regiones climáticas de la UE-25 recogidos por el EPIQR [EPIQR 1996]. El proyecto de la UE INVESTIMMO [BAUER ET AL. 2004] proporcionó datos relevantes sobre la vida útil de los materiales utilizados y European COST Action C16 detalló el estado actual de estos edificios hoy en día. Las fuentes de información para estos proyectos de la UE se encuentran en el Anexo E.

Sin embargo, los datos derivados de estas referencias no eran lo suficientemente exactos como para crear planes de construcción detallados para cada uno de los principales grupos de edificios. Por lo tanto, las características del diseño y de la construcción de estos tipos de edificio se definieron teniendo en cuenta la investigación basada en el material publicado y el conocimiento de los expertos sobre el material usado típicamente para cada una de las zonas que se han tenido en cuenta.

El resultado es una descripción de la construcción con detalles sobre los materiales y masas utilizadas, tal y como se muestra en la Tabla 3.6 que se encuentra debajo –un ejemplo de una casa multifamiliar en Francia–.

Tabla 3.6 Materiales y masas para una vivienda multifamiliar típica en Francia (entre 1945 y 1990)

Casa multifamilia	Mampostería de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20°
Año de construcción	1945-1990
Tipo de edificio	Casa multifamiliar
Dimensión	32 m x 12 m
Altura entre pisos (o suelos)	3 m
Tejado	Tejado a dos aguas 20°
Revestimiento de techo (placa de techado)	Ladrillo
Pared externa	Mampostería de ladrillo 30 cm.
Muros de carga interiores	Hormigón armado 20 cm.
Pared interior	Pladur 10 cm.
Yeso	Yeso exterior: revoque; yeso interior: cal con yeso
Suelo	Hormigón armado 20 cm.
Pared del sótano	Hormigón armado 20 cm.
Techo del sótano	Hormigón armado
Cimientos	Hormigón armado
Ventana	Estructura de madera y doble acristalamiento

Las dimensiones utilizadas en el ejemplo mostrado en la Tabla 3.6 son una media representativa de los materiales utilizados de manera más común en la construcción, en el país en cuestión y para la antigüedad y tipo de edificio especificados.

Una investigación más a fondo de los materiales utilizados reveló que este tipo de edificio también se encuentra en la siguiente categoría de antigüedad (después de 1990) y que, en total, representa alrededor del 10% de todo el volumen de construcción. Los edificios multifamiliares restantes entre 1945 y 1990 se construyeron a base de hormigón, hormigón ligero, piedra caliza y también ladrillo con aislamiento. Estos materiales y sus respectivas construcciones se describen en otros tipos de edificios y se pueden encontrar en el Anexo B.

No solo los diferentes materiales y estructuras de la fachada provocaron la necesidad de crear otros tipos de edificios dentro de un grupo nacional de edificios seleccionados como pertenecientes a una determinada antigüedad y tamaño, sino que también contribuyeron a ello la estructura y los materiales de suelos y

tejados. Por ejemplo, los tejados planos y los tejados a dos aguas, con sus diferentes construcciones, se dividieron en dos grupos. En lo que respecta a las masas y los materiales, fue posible reunir los edificios con tejados abuhardillados, tejados a dos aguas y tejados a cuatro aguas en un mismo grupo. Para los suelos existen dos grupos diferentes: suelos de madera y grandes suelos de piedra y/u hormigón.

3.7 Tipos de agrupaciones de edificios de diferentes países

En general, los países contaban con suficientes datos para los tipos de edificios. En algunos países (como, por ejemplo, Estonia), los datos no eran suficientemente precisos. Sin embargo, se pudieron derivar algunos datos de los países vecinos con condiciones climáticas parecidas y con antecedentes histórico-económicos y políticos comparables. Cuando se disponía de datos similares para tipos de edificios parecidos de dos países distintos, éstos se unían en un sólo tipo de edificios. Esto se realizó de acuerdo con las siguientes condiciones:

- unas condiciones climáticas límite comparables,
- técnicas y materiales similares utilizados en el edificio, lo que es posible sólo si se encuentran unas condiciones económicas y políticas límite comparables.

Para garantizar unas condiciones climáticas límite comparables, los grados-días de calefacción de cada país fueron un buen indicador. Este indicador es la mejor manera de representar zonas similares, en cuanto a la calefacción, en la UE-25. Se utiliza la media a largo plazo de los grados-días de calefacción (GDC), durante el período 1980-2004. Se aconseja un plazo relativamente largo a fin de evitar la influencia de los cambios a corto plazo en las temperaturas medias. De ese modo se han establecido tres categorías diferentes, tal y como se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Agrupación de grados-días de calefacción

Ámbito de los grados-días de calefacción [GDC]	Países correspondientes			
	País	GDC	Población en 2003 [Mill.]	Volumen de construcción [Mill. m ²]
Zona 1: Países del sur de Europa De 564 a 2.500 GDC (1.269 GDC) ^a	Malta	564	0,40	11
	Chipre	787	0,72	40
	Portugal	1.302	10,41	337
	Grecia	1.698	11,01	351
	España	1.856	41,55	1.454
	Italia	2.085	57,32	2.076
	Francia	2.494	59,64	2.109
Zona 2: Países Centroeuropeos De 2 501 a 4 000 GDC (3.272 GDC)	Bélgica	2.882	10,36	359
	Países Bajos	2.905	16,19	561
	Irlanda	2.916	3,96	125
	Hungría	2.917	10,14	221
	Eslovenia	3.044	2,00	45
	Luxemburgo	3.216	0,45	21
	Alemania	3.244	82,54	3.463
	Reino Unido	3.354	59,33	1.567
	Eslovaquia	3.440	5,38	82
	Dinamarca	3.479	5,38	230
	República Checa	3.559	10,20	237
	Austria	3.569	8,10	292
	Polonia	3.605	38,22	706
Zona 3: Países del Norte de Europa De 4.000 a 5.823 GDC (4.513 GDC)	Lituania	4.071	3,46	62
	Letonia	4.243	2,33	45
	Estonia	4.420	1,36	28
	Suecia	5.423	8,94	338
	Finlandia	5.823	5,21	151

a) Los números entre paréntesis indican la media ponderada de GDC.

Fuentes: [EUROSTAT 2005a, GIKAS & KEENAN 2006]

Aparte de los grados-días de calefacción, también se tuvieron en cuenta las condiciones políticas y económicas límite a la hora de definir las zonas geográficas y los tipos de edificios. Por ejemplo, el sistema político en los países de Europa del este hasta 1990, caracterizado por un proceso de planificación centralizada que incluía estrategias de construcción, a veces se traducía en escasez de materias primas. Esto se refleja en los típicos edificios de apartamentos de todos los países de Europa del este.

Al aplicar la agrupación transnacional de los tipos de edificios (Tabla 3.8), fue posible reducir enormemente el número de tipos de edificios sin por ello aumentar el riesgo de error.

Tabla 3.8 Agrupación transnacional de tipos similares de edificios nacionales (ejemplo para una vivienda unifamiliar en la zona 1)

	Francia	Italia	Grecia	Portugal	España	Malta	Chipre
Número de viviendas	2.950.000	1.325.000	275.000	106.000	418.000	6.500	15.000
Número de edificios	1.966.670	883.330	183.330	70.670	278.670	4.330	10.000
Volumen en Mill. m ²	264	120	23	9	38	1	3
Densidad en m ² /ocupantes	37,3	34,7	29,5	28,6	31,0	34,0	59,0
Ocupantes por edificio	3,6	3,9	4,2	4,4	4,4	5,0	5,0

Fuente: [GIKAS & KEENAN 2006]

3.8 Tipología de los edificios residenciales en la UE-25

La variedad de edificios especiales –por ejemplo, edificios históricos con tejados de paja– nos llevaría a un gran número de edificios. Por lo tanto, se definió un límite, según el cual al menos el 70% de todo el volumen de construcción en cada país, así como del volumen de construcción de la UE-25, estaría compuesto por tipos especiales de edificios.

El sector europeo de edificios residenciales está dividido en 53 tipos de edificios. De estos 53 tipos, 19 se subdividieron en un grupo que representa el volumen de construcción actual y en un grupo que representa la típica práctica actual de construcción de edificios residenciales (edificios nuevos). Por lo tanto, se identificaron 72 tipos de edificios, en total, que juntos representan el 80% de todo el volumen de construcción de la UE-25 en cuanto a área residencial. La agrupación de acuerdo con el tamaño y la región climática se pone de relieve en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Número de tipos de edificios en cada zona

Zonas climáticas	Casa unifamiliar	Casa multifamiliar	Edificio de gran altura
Zona 1: Países del Sur de Europa	11 (3) ^a	11 (3)	3 (1)
Zona 2: Países Centroeuropeos	11 (3)	11 (3)	3 (1)
Zona 3: Países del Norte de Europa	9 (2)	10 (2)	3 (1)

a) Los números entre paréntesis corresponden a tipos nuevos de edificios

Los tipos de edificios se listan en la Tabla 3.10. En la segunda columna de esta tabla, se proporciona la zona climática (Z1 significa países del sur de Europa, Z2 significa países de Europa Central y Z3 significa países del norte de Europa). Se proporciona el nombre corto para cada construcción en la tercera columna. La anotación es «Tipo de edificio (XX)_Número (tres dígitos)», con «SI» para casas unifamiliares, «MF» para multifamiliares y «HR» para edificios de gran altura.

Tabla 3.10 Breve descripción de los tipos de edificios

Nº	Zona	Tipo	Descripción del Tipo de Edificio
1	Z1	SI_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera
2	Z1	SI_002	Mampostería de piedra caliza/piedras con revestimiento para suelos de madera
3	Z1	SI_003	Mampostería de piedra caliza/piedras, revestimiento para suelos de madera, tejado plano
4	Z1	SI_004	Mampostería de ladrillo, revestimiento para suelos de ladrillo hueco, tejado a dos aguas
5	Z1	SI_005_ex ^a	Pared hueca de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20°
6	Z1	SI_005	Pared hueca de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20° con ais. (edificio nuevo)

Nº	Zona	Tipo	Descripción del Tipo de Edificio
7	Z1	SI_006_ex	Pared hueca de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
8	Z1	SI_006	Pared hueca de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con aislante (edificio nuevo)
9	Z1	SI_007_ex	Mampostería de ladrillo con aislante., revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20° con ais.
10	Z1	SI_007	Mampostería de ladrillo con ais., revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20° (edificio nuevo)
11	Z1	SI_008	Estructura de madera con relleno de piedra, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
12	Z1	MF_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera
13	Z1	MF_002	Mampostería de piedra caliza/piedras con revestimiento para suelos de madera
14	Z1	MF_003	Pared hueca de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas 20°
15	Z1	MF_004_ex	Hormigón de carbonilla, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
16	Z1	MF_004	Hormigón de carbonilla, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con aislante (edificio nuevo)
17	Z1	MF_005	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
18	Z1	MF_006_ex	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
19	Z1	MF_006	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con ais. (e. nuevo) nunuevo)
20	Z1	MF_007	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
21	Z1	MF_008_ex	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
22	Z1	MF_008	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con ais. (e. nuevo) nuevo)
23	Z1	HR_001_ex	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
24	Z1	HR_001	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con ais. (e. nuevo) nuevo)
25	Z1	HR_002	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
26	Z2	SI_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera y tejado a dos aguas
27	Z2	SI_002	Mampostería ordinaria con revestimiento para suelos de madera y tejado a dos aguas
28	Z2	SI_003	Estructura de madera con relleno de piedra, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
29	Z2	SI_004	Mampostería de ladrillo, revestimiento para suelos de ladrillo hueco, tejado a dos aguas
30	Z2	SI_005	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
31	Z2	SI_006_ex	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
32	Z2	SI_006	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
33	Z2	SI_007_ex	Pared silicocalcárea, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
34	Z2	SI_007	Pared silicocalcárea, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
35	Z2	SI_008_ex	Estructura de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas
36	Z2	SI_008	Estructura de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
37	Z2	MF_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera
38	Z2	MF_002	Mampostería ordinaria con revestimiento para suelos de madera
39	Z2	MF_003	Estructura de madera con relleno de piedra, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas
40	Z2	MF_004	Mampostería de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
41	Z2	MF_005_ex	Hormigón de carbonilla aislado, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
42	Z2	MF_005	Hormigón de carbonilla aislado, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
43	Z2	MF_006_ex	Mampostería de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
44	Z2	MF_006	Mampostería de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
45	Z2	MF_007_ex	Pared silicocalcárea aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
46	Z2	MF_007	Pared silicocalcárea aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
47	Z2	MF_008	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
48	Z2	HR_001	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
49	Z2	HR_002_ex	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
50	Z2	HR_002	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con ais. (edificio nuevo)
51	Z3	SI_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera y tejado a dos aguas
52	Z3	SI_002	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
53	Z3	SI_003	Pared de madera, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas
54	Z3	SI_004	Pared de madera con fachada de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
55	Z3	SI_005	Pared de hormigón de carbonilla, revestimiento para suelos de bloques de hormigón de carbonilla, tejado a dos aguas

Nº	Zona	Tipo	Descripción del Tipo de Edificio
56	Z3	SI_006_ex	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
57	Z3	SI_006	Pared de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
58	Z3	SI_007_ex	Estructura de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas
59	Z3	SI_007	Estructura de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
60	Z3	MF_001	Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera
61	Z3	MF_002	Hormigón de carbonilla aislado, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
62	Z3	MF_003	Pared de madera con fachada de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
63	Z3	MF_004	Mampostería de ladrillo, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
64	Z3	MF_005	Pared de hormigón armado y de carbonilla, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
65	Z3	MF_006_ex	Pared de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas
66	Z3	MF_006	Pared de madera aislada, revestimiento para suelos de madera, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
67	Z3	MF_007_ex	Mampostería de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas
68	Z3	MF_007	Mampostería de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado a dos aguas con ais. (edificio nuevo)
69	Z3	MF_008	Pared de hormigón aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
70	Z3	HR_001	Pared de hormigón, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
71	Z3	HR_002_ex	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano
72	Z3	HR_002	Pared hueca de ladrillo aislada, revestimiento para suelos de hormigón armado, tejado plano con aislante (edificio nuevo)

a) «ex» significa edificios existentes
«ais.» significa aislante

La Tabla 3.11 presenta el número total de viviendas contempladas en los tipos de edificios definidos en cada país. El nivel de cobertura varía del 67% del volumen de construcción (en términos de número de viviendas) en Luxemburgo al 89% del volumen de construcción en Polonia.

Tabla 3.11 Cobertura porcentual de las viviendas existentes por país

País	Casas unifamiliares	Casas multifamiliares	Edificio de gran altura	Total	No cubiertas
Austria	41	46	1	88	12
Bélgica	63	20	2	85	15
Chipre	50	20	0	70	30
República Checa	28	30	18	76	24
Dinamarca	40	33	6	79	21
Estonia	27	32	25	84	16
Finlandia	38	47	0	85	15
Francia	40	28	10	78	22
Alemania	41	42	4	87	13
Grecia	44	31	0	75	25
Hungría	42	20	14	76	24
Irlanda	70	4	0	74	26
Italia	34	39	12	85	15
Letonia	24	65	0	89	11
Lituania	31	56	0	87	13
Luxemburgo	42	17	8	67	33
Malta	50	30	0	80	20
Polonia	35	36	18	89	11
Portugal	44	16	14	74	26
Eslovaquia	43	23	16	82	18
Eslovenia	47	23	8	78	22
España	26	27	22	75	25
Suecia	40	45	0	85	15
Países Bajos	50	28	5	83	17
Reino Unido	53	18	1	72	28
Total	42	31	7	80	20

Para cada uno de los 72 tipos de edificios se creó una hoja de datos que proporciona información sobre el número y el tamaño de las viviendas y su ocupación media, las principales características de construcción del tipo de edificio y el balance energético. Se muestra una hoja de datos a modo de ejemplo en la Tabla 3.6. Las hojas de datos para cada edificio se encuentran en el Anexo C.

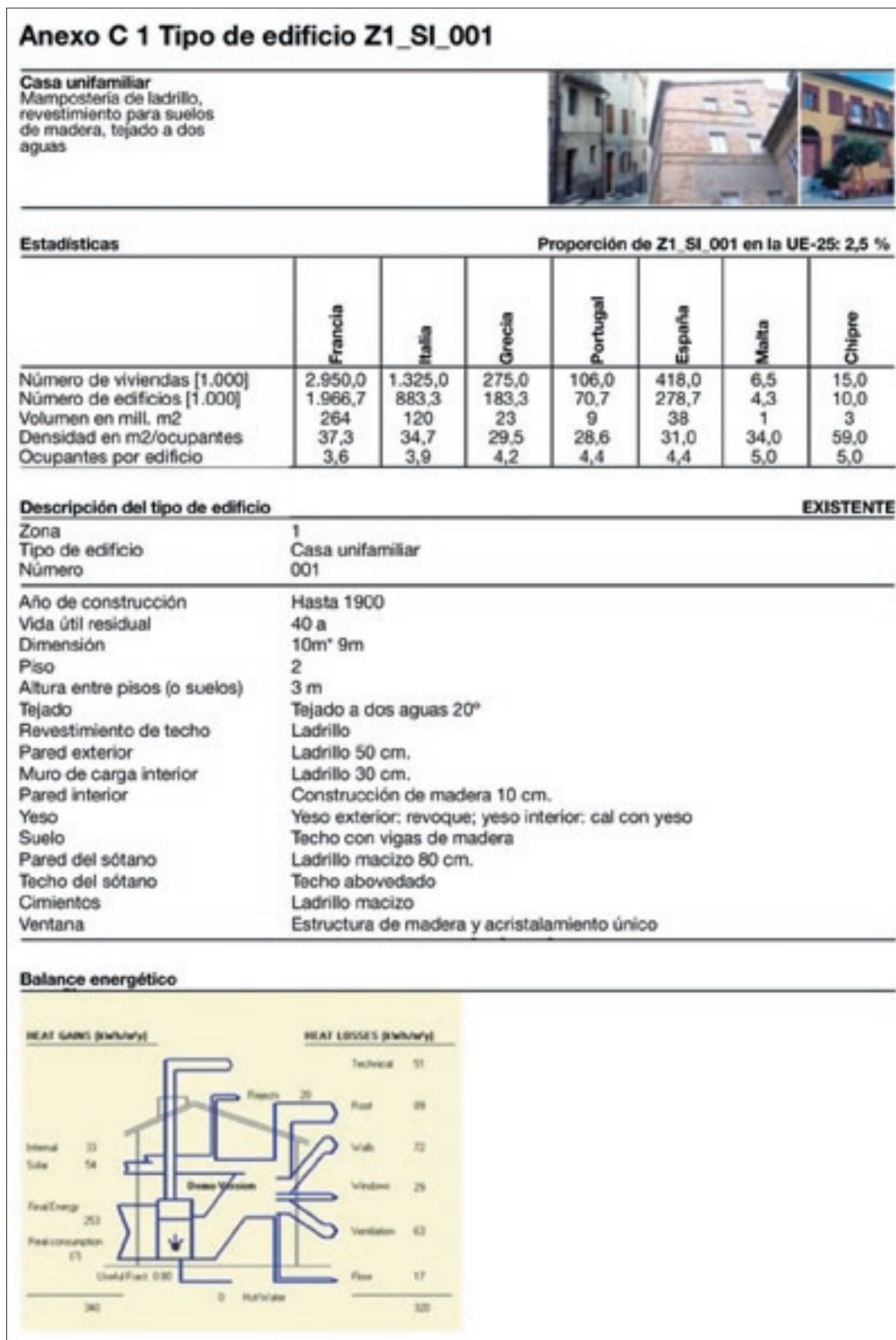


Figura 3.6 Ejemplo de una hoja de datos dependiendo del tipo de edificio
En este ejemplo, «Z1_SI_001» significa casa unifamiliar 001 en Zona 1 (países del sur de Europa)

Cada hoja de datos contiene una lista de datos estadísticos, como, por ejemplo, el número de viviendas contempladas de este tipo en cada país. Se proporciona una breve descripción de los materiales típicos, de las dimensiones y de la estructura, así como de la vida útil residual (en tres cálculos aproximados de 20, 30 y 40 años). El balance energético del software epiqr® se muestra en la parte inferior de la hoja de datos (véase la Sección 4.5.3.1).

Una segunda hoja de datos por tipo de edificio proporciona la composición detallada de los elementos de construcción, los volúmenes y las densidades (véase el ejemplo en la Tabla 3.12). Puede encontrar el conjunto completo de hojas de datos para todos los tipos de edificios evaluados en el Anexo B.

Tabla 3.12 Información detallada sobre el tipo de edificio
En este ejemplo, «Z1_SI_001» significa casa unifamiliar 001 en Zona 1 (países del sur de Europa)

Zona	Tipo y Número	Construcción/descripción	Material	Vida útil residual	Factor de recondicionamiento	Densidad (kg/m³)	Grosor (m)	Área m²	Volumen m³	Pieza	Masa (kg St)	Masa (T)	
Z1 SI_001 Mampostería de ladrillo con revestimiento para suelos de madera y tejado a dos aguas													
Vida de servicio del edificio: 40	Pared exterior		yeso exterior (revoque)	20	1,0	1.300,0	0,0	220,0	4,4		5.720,0	5,7	
			ladrillo	80	0,0	1.800,0	0,5	220,0	110,0		198.000,0	198,0	
			yeso interior (cal con yeso)	30	0,3	1.000,0	0,0	220,0	4,4		4.400,0	4,4	
	Muro de carga interior		yeso interior (cal con yeso) con paja	20	1,0	1.000,0	0,0	60,0	1,2		1.200,0	1,2	
			ladrillo	80	0,0	1.800,0	0,3	60,0	18,0		32.400,0	32,4	
			yeso interior (cal con yeso) con paja	20	1,0	1.000,0	0,0	60,0	1,2		1.200,0	1,2	
			yeso interior (cal con yeso) con paja	20	1,0	1.000,0	0,0	60,0	1,2		1.200,0	1,2	
	Pared interior		paja	20	1,0	1.000,0	0,0	100,0	2,0		2.000,0	2,0	
			construcción de madera	20	1,0	500,0	0,1	10,0	0,8		400,0	0,4	
			yeso interior (cal con yeso) con paja	20	1,0	1.000,0	0,0	100,0	2,0		2.000,0	2,0	
	Tejado		viga de madera (picea de madera 12%) distancia 0,6m x 0,1	40	0,0	500,0	0,2	21,9	3,5		1.750,0	1,8	
			techo reforzado con listones (picea de madera 12%)	25	0,6	500,0	0,0	12,5	0,5		250,0	0,3	
			tejas del tejado	25	0,6	2.000,0	0,0	120,0	2,4		4.800,0	4,8	
	Suelo		REACONDICIONAMIENTO: aislamiento	40	0,6	80,0	0,1	100,0	12,0			0,0	
			picea de madera para el suelo	20	1,0	500,0	0,0	90,0	2,7	2,0	2.700,0	2,7	
			viga de madera (picea de madera 12%) distancia 0,6m x 0,1	20	1,0	500,0	0,2	15,6	2,5	2,0	2.500,0	2,5	
			artesonado	20	1,0	690,0	0,0	90,0	1,8	2,0	2.484,0	2,5	
			yeso interior (cal con yeso)	20	1,0	1.000,0	0,0	90,0	1,8	2,0	3.600,0	3,6	
			Pared del sótano	ladrillo	80	0,0	1.800,0	0,8	80,0	64,0		115.200,0	115,2
			Techo del sótano	techo abovedado de ladrillo	40	0,0	1.800,0	0,1	120,0	8,4		15.120,0	15,1
construcción de madera				20	1,0	500,0	0,1	31,3	2,5		1.250,0	1,3	
relleno de arena y arenilla				30	0,3	2.000,0	0,1	90,0	7,2		14.400,0	14,4	
artesonado				20	1,0	690,0	0,0	90,0	1,8		1.242,0	1,2	
Suelo del Sótano	ladrillo	80	0,0	1.800,0	0,1	90,0	9,0		16.200,0	16,2			
Cimientos		ladrillo	80	0,0	1.800,0	0,5	25,0	12,5		22.500,0	22,5		
		estructura de madera 1m x 1,5m (con acristalamiento único)	10	1,2					22,0	451.316,0	451,3		
Ventana		REACONDICIONAMIENTO: ventana	25						26,4				

4 Metodología del análisis del ciclo de vida

Este capítulo describe la metodología, los supuestos y los datos utilizados para poner en práctica el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los tipos de edificios definidos en el capítulo anterior.

4.1 Categorías de impactos medioambientales

Los impactos del ciclo de vida analizados para los distintos tipos de edificios se agruparon en varias categorías que se seleccionaron basándose en la solidez científica, la relevancia y la viabilidad. Éstos son:

- Potencial de Acidificación (PA),
- Potencial de Eutrofización (PE),
- Potencial de Calentamiento Global (PCG100),
- Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PACO),
- Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico (PCOF).

También se cuantifican los indicadores medioambientales «Energía Primaria de fuentes renovables» y «Energía Primaria de fuentes no renovables».

También se cuantifican los gases de efecto invernadero incorporados (relativos al contenido de carbono de las fuentes renovables utilizadas, como la madera), junto con las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la combustión y de los procesos industriales (« Salida de PCG»).

Debido a la poca solidez científica de los métodos subyacentes, no se trataron las categorías de impacto medioambiental relativas al ser humano y a la eco-toxicidad, al agotamiento de la fuente abiótica y al uso del suelo.

Para la caracterización de los impactos medioambientales enumerados anteriormente, se utilizó el modelo de caracterización del CML (Centro de Ciencias Medioambientales) versión 2001 [CML 2001].

4.2 Unidad funcional

La unidad funcional primaria seleccionada del modelo del ciclo de vida es el «uso» de un metro cuadrado del área habitable durante el período de un año. Para calcular los impactos de esta unidad funcional, se analizó un tipo de edificio específico durante toda su vida útil. La vida útil corresponde a los años vida en el edificio, teniendo en cuenta todas las acciones de reacondicionamiento y el consumo de energía de calefacción y refrigeración. Esta unidad funcional está relacionada con todas las fases del ciclo de vida como, por ejemplo, la fase de construcción, la fase de uso y la fase de reciclaje.

Estas unidades funcionales permiten la comparación directa de los diferentes tipos de edificios evaluados o de todos los tipos de edificios con diferentes vidas útiles residuales (véase la Sección 4.3.2 para obtener información sobre las vidas útiles de los edificios).

4.3 Sistema de productos y límites del sistema

Una vez que se preparó la lista de tipos de edificios en sus respectivos entornos geográficos, con sus principales aspectos técnicos y las condiciones del entorno que les afectan, se definieron los límites del sistema para los modelos del ciclo de vida.

En lo que respecta a la distribución o plano del edificio, el modelo del ciclo de vida integra seis elementos de construcción principales:

- sótano (incluyendo los cimientos del edificio)
- paredes exteriores (incluyendo el yeso y la pintura exterior)
- paredes interiores (incluyendo el yeso)
- suelos/techos
- tejado
- ventanas

La construcción interior, los accesorios y los acabados, así como los sistemas de calefacción y refrigeración (p. ej. CVAA, sistemas de calefacción y servicios/equipos de refrigeración, sistemas de ventilación mecánica y automatización del edificio) no se tienen en cuenta, ya que no son relevantes para la identificación de las opciones de mejora. Tampoco se tiene en cuenta el área exterior que rodea el edificio o los servicios de infraestructura.

Para ser coherentes, el límite general del sistema es similar para todos los tipos de edificios a evaluar e incluye todas las etapas del ciclo de vida:

- producción y transporte de los materiales de construcción
- reacondicionamiento
- calefacción y refrigeración
- gestión de residuos (demolición y reacondicionamiento).

4.3.1 Omisión de procesos

Se excluyen del proceso algunas partes del edificio y otros procesos y aspectos debido a su poca relevancia: el funcionamiento de la obra y las puertas de entrada.

La menor relevancia del funcionamiento de la construcción se ha justificado en varios estudios. [LÜSNER 1996], por ejemplo, muestra –para los proyectos de infraestructura de los edificios– que la operación de construcción no es superior al 2% (en algunos casos poco comunes la operación de construcción puede ascender al 9%) de los impactos del ciclo de vida de los puentes o carreteras. Sin embargo, estos ejemplos incluyen el transporte de los materiales de construcción y productos a la obra. El impacto del transporte se ha atribuido a cada elemento de construcción individual. A partir de esto, y debido a que los principales impactos medioambientales radican en la fase de uso (especialmente el consumo de energía para la calefacción), el funcionamiento de la construcción se puede descuidar en cierto modo.

Las puertas de entrada, por otro lado, si las comparamos con el resto del edificio, tienen masas pequeñas y suelen estar hechas de los mismos materiales que las ventanas. El análisis de las ventanas revela que no tienen impactos medioambientales muy relevantes en la vida del edificio. Por lo tanto, se puede asumir razonablemente la relevancia secundaria de las puertas.

4.3.2 Vidas útiles de los edificios y tipos de edificios

Para cualquier producto fabricado, la vida útil se puede calcular con bastante precisión a partir de la experiencia (y productos similares). En cambio, la vida útil residual de un edificio no es tan fácil de calcular, debido a los factores no técnicos que pueden limitar la vida útil residual real del edificio. Ésto se cumple especialmente para predicciones a largo plazo. El perfil del propietario/ocupante del edificio (estatus social) o el entorno del edificio (por ejemplo, cerca de una minería o de un transporte subterráneo, o en un lugar donde se suelen producir terremotos) son dos ejemplos que pueden afectar a la vida residual de los edificios.

La vida útil residual de cada edificio está determinado por decisiones no técnicas y por el estado técnico del edificio [BAUER ET AL. 2004]. A efectos analíticos, la vida útil residual máxima de un edificio se ha establecido en 40 años. Para algunos tipos de edificios, se asume que la vida útil residual es menor a los 40 años pero, en ningún caso, menor de 20 años.

Para los tipos de edificios nuevos, se supone que la vida útil de referencia alcanza o supera los 40 años. Sin embargo, siempre que se estimó que la vida útil residual era de 40 años o más, el análisis del impacto de la fase de uso se limitó a 40 años. Este límite superior se estableció debido a la incertidumbre inherente a largo plazo, y debido a que proporciona un marco razonable a la hora de definir medidas políticas que generalmente no tienen en cuenta los objetivos a largo plazo más allá del año 2050.

Las opciones de mejora hacen referencia tanto al volumen de construcción existente como al nuevo. Por lo tanto, a fin de realizar las evaluaciones del ciclo de vida y resaltar los procesos medioambientales más relevantes, se hizo una diferenciación entre «edificios nuevos» (edificios que se supone que ya están construidos y que representan una práctica constructora de vanguardia en Europa) y «edificios existentes».

4.3.3 Edificios nuevos

El tipo de edificio denominado «edificio nuevo» se define como una construcción nueva en el que aún se tienen en cuenta las prácticas más comunes durante los últimos años hasta el día de hoy. El modelo genérico del ciclo de vida para un edificio nuevo incluye tres fases, la «Fase de Construcción», la «Fase de Uso» y la «Fase de Fin de la Vida Útil». Estas fases se dividen en diversas secciones que contienen todos los procesos relevantes (véase la Figura 4.1).

La «Fase de Construcción» se divide en «Producción de los Materiales de Construcción» y «Transporte de los Materiales». No se tiene en cuenta ni el proceso de construcción, ni los procesos relacionados con éste.

La «Fase de Uso» incluye todos los procesos relevantes a lo largo de la vida útil de referencia del edificio, en especial el «Reacondicionamiento», la «Calefacción y Refrigeración» y el «Reacondicionamiento», acciones requeridas para mantener el funcionamiento del edificio a lo largo de su vida útil, siempre que no se altere el rendimiento medioambiental del edificio. La «Calefacción y Refrigeración» contempla toda la demanda de calefacción total y la demanda total de refrigeración como consumo energético medio a lo largo de la vida útil de referencia del edificio. Se ha tenido en cuenta la mezcla respectiva de vectores energéticos y, además, se ha creado especialmente para este análisis.

La fase del ciclo de vida denominada «Fin de Vida Útil» se divide en las secciones «Construcción al Final de la Vida Útil» y «Reacondicionamiento al Final de la Vida Útil». Estas secciones tienen en cuenta el tratamiento de los residuos que se acumulan durante la demolición de los materiales de construcción originales y los residuos que se acumulan durante el reacondicionamiento del edificio.

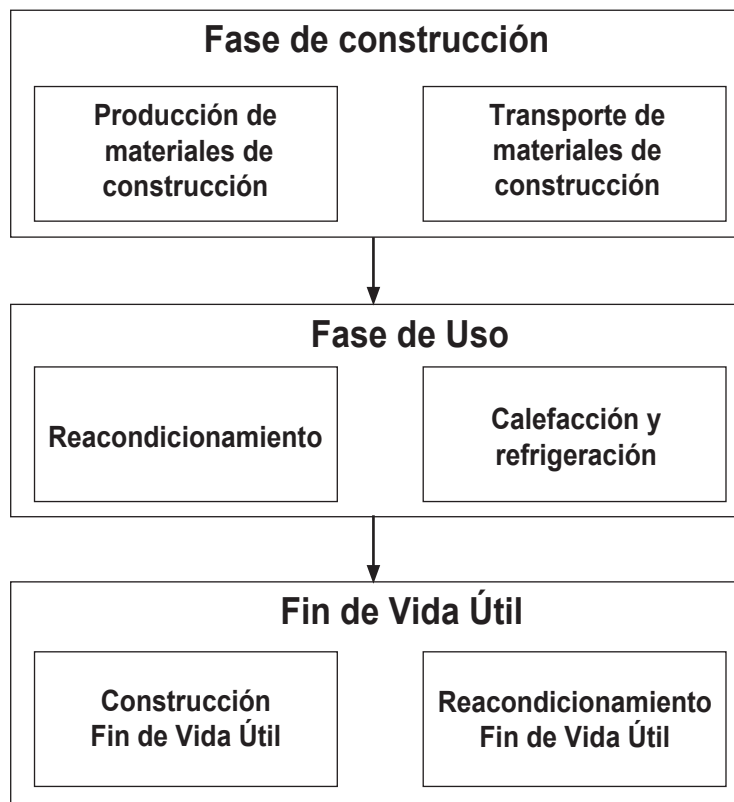


Figura 4.1 Fases del ciclo de vida y límites del sistema del modelo del ciclo de vida para un edificio nuevo incluyendo la «Fase de Construcción», la «Fase de Uso» y el «Final de la Vida Útil»

Los datos del inventario del ciclo de vida utilizan los datos medios europeos; por ejemplo, los referidos a la producción de materiales de construcción y mezclas de vectores o portadores energéticos. Sin embargo, parámetros como «demanda de calefacción» tienen en cuenta la resolución geográfica del tipo de edificio respectivo.

4.3.4 Edificios existentes

Mientras que el escenario del «edificio nuevo» tenía en cuenta la fase de construcción del edificio, el escenario del «edificio existente» se limita a la «Fase de Uso» y a la «Fase de Fin de la Vida Útil», ya que la fase de construcción de los edificios existentes no es relevante para la identificación de las opciones de mejora (véase la Figura 4.2).

La «Fase de Uso» y la «Fase de Fin de la Vida Útil» son muy parecidas al escenario del edificio nuevo. La única diferencia es el tiempo de vida útil en la «Fase de Uso». En el escenario del edificio nuevo, la vida útil corresponde al período de tiempo total entre la construcción y el Fin de Vida Útil del edificio y se denomina «vida útil de referencia». Dentro del escenario del edificio existente, la vida útil representa el período de tiempo entre la fecha de análisis (hoy) y el Fin de Vida Útil del edificio. Este período de tiempo se denomina «vida útil residual».

La fase de «Fin de Vida Útil» se divide en «Construcción al Final de la Vida Útil» y «Reacondicionamiento al Final de la Vida Útil». Estas secciones tienen en cuenta el tratamiento de los residuos que se acumulan durante la demolición de los materiales de construcción originales y los residuos que se acumulan durante el reacondicionamiento del edificio.

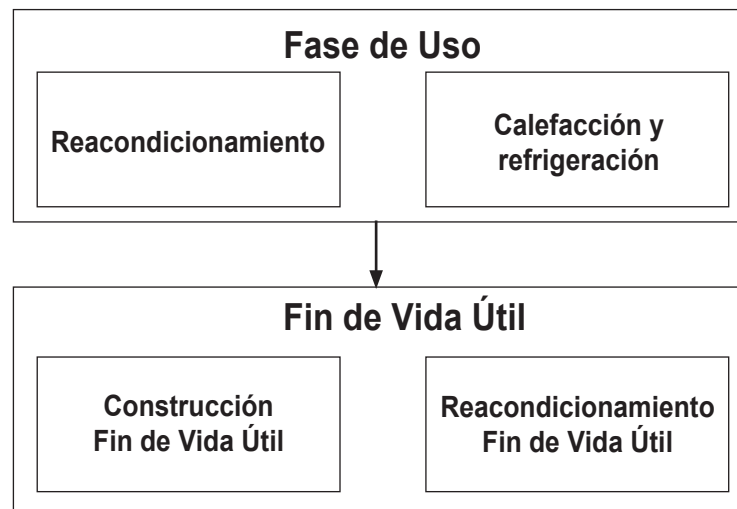


Figura 4.2 Fases del ciclo de vida y límites del sistema del modelo del ciclo de vida para un edificio existente, incluyendo la «Fase de Uso» y la de «Fin de Vida Útil»

4.4 Datos en segundo plano

El término «datos en segundo plano» hace referencia a los inventarios del ciclo de vida de los materiales de construcción y de la energía, así como a los procesos de transporte y a los procesos de gestión de residuos.

A fin de garantizar la consistencia de los modelos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios, todos los datos en segundo plano utilizados, excepto los relativos a la calefacción, pertenecían a conjuntos de datos medios europeos. Esto significa que, para los materiales de construcción, los conjuntos de datos representan tecnologías en niveles medios de la UE-25. Estos materiales de construcción también contienen condiciones límite europeas (UE-25) como son los conjuntos de datos de la UE-25 sobre energía eléctrica o térmica o productos intermedios, y representan un mercado europeo común para dicho tipo de materiales. El hecho de usar dichos conjuntos de datos medios europeos no recoge la variabilidad, por ejemplo, de la industria relacionada con la producción de materiales de construcción en Europa y, por lo tanto, tiene la ventaja de que ello no condicione el análisis de los modelos del ciclo de vida, representando diferencias en las diversas técnicas de producción. Este condicionamiento reduciría la trascendencia de los resultados, ya que la denotación clara de los puntos medioambientales conflictivos en la estructura (construcción) y en el diseño de los edificios contendría incertidumbres sobre el origen de los impactos medioambientales.

Basándose en investigaciones previas sobre los impactos del ciclo de vida de los edificios, así como otros estudios ACV, la fase de uso, especialmente la demanda energética de calefacción, es la fase que probablemente proporcionará la mayor parte de los impactos del ciclo de vida. La composición de la mezcla energética de calefacción que se usa en el modelo no está relacionada con ninguna cuestión de construcción, pero tiene un impacto significativo en los impactos globales del ciclo de vida de un tipo de edificio. La mezcla energética de calefacción varía dependiendo de las zonas geográficas elegidas (véase la Sección 4.4.1).

Se obtuvieron todos los conjuntos de datos en segundo plano posibles de la base de datos GaBi 4 [LBP & PE 2007]. Conjuntos de datos adicionales se modelaron con las mismas condiciones límite y aplicando la misma metodología de modelación que en los conjuntos de datos existentes. Los conjuntos de datos existentes, así como los conjuntos de datos en segundo plano recientemente modelados, suelen basarse en la información de la industria y generalmente se verificaron con los datos obtenidos del material publicado.

Cuando así procedía, se utilizó la información para modelar las mezclas tecnológicas para la producción del respectivo material de construcción. Con el objetivo de garantizar la calidad de los datos de los conjuntos, los modelos de los datos en segundo plano se validaron a través de verificaciones de la integridad, verificaciones de sensibilidad y verificaciones de consistencia.

4.4.1 Energía de calefacción

El consumo de energía se calcula para cada edificio de modo individual (véase el Anexo C), y el consumo de la mezcla energética de calefacción, para cada zona por separado. [EUROSTAT 2007] proporcionó una mezcla de las energías primarias para el consumo total de energía en los hogares. Además, [KEMNA ET AL. 2006] proporcionó una tabla que contenía el análisis de la carga energética residencial de la UE. Al combinar ambas tablas, se calcularon las mezclas de portadores energéticos para un país específico. Y para cada zona, la mezcla de portadores energéticos de las mezclas energéticas ponderadas de cada país. El número total de viviendas proporcionado en el Anexo A sirve como factor de ponderación para estos datos (véase la Tabla 4.1) La mezcla final por zonas se calculó multiplicando el «porcentaje de energía por zonas» con la proporción respectiva para cada portador energético.

Las mezclas energéticas de calefacción para cada país incluyen al calor como portador energético para la calefacción de los edificios residenciales. Se juntó la información del ciclo de vida para el suministro de calor por países. La información sobre la composición de las mezclas de energía primaria para energía termal del calor se obtuvo de [IEA 2004]. Se supuso una eficiencia del 90% para el calor como portador energético con el fin de tener en cuenta las pérdidas por distribución.

Tabla 4.1 Mezcla de vectores/portadores energéticos de calefacción por país y factores de ponderación para producir mezclas específicas para cada zona

Zona y país	Combustibles sólidos	Petróleo	Gas	Electricidad	Calor	Fuentes de energía renovable	Número de hogares Millones	Proporción de la zona
	%	%	%	%	%	%		%
Zona 1	0,7	32,6	36,8	11,8	0,1	17,9		
Malta	0,0	55,0	0,0	44,7	0,0	0,0	0,13	0,1
Chipre	0,0	23,0	0,0	52,2	0,0	24,4	0,30	0,3
Portugal	0,0	25,3	3,3	22,2	0,0	49,1	5,30	6,0
Grecia	0,1	74,0	0,0	5,4	0,8	19,9	5,50	6,2
España	1,2	35,5	22,2	23,4	0,0	17,6	20,90	23,7
Italia	0,0	24,7	67,2	3,0	0,0	5,0	26,50	30,1
Francia	1,3	31,4	33,1	10,4	0,0	23,8	29,50	33,5
Zona 2	4,7	17,0	51,3	5,1	14,9	6,9		
Bélgica	1,7	39,9	40,7	15,3	0,4	2,1	4,80	4,5
Países Bajos	0,1	0,8	92,9	0,5	2,8	2,9	6,80	6,4
Irlanda	16,6	41,8	21,8	18,1	0,0	1,7	1,60	1,5
Hungría	4,0	4,4	65,4	0,7	15,9	9,5	4,10	3,8
Eslovenia	0,0	40,5	6,2	7,8	16,2	29,3	0,80	0,7
Luxemburgo	0,0	47,8	43,7	0,0	5,9	2,6	0,20	0,2
Alemania	1,1	27,8	44,5	3,0	15,6	7,9	38,90	36,4
Reino Unido	2,7	7,5	79,7	9,5	0,0	0,6	25,60	24,0
Eslovaquia	4,3	0,2	57,2	0,0	36,7	1,3	1,90	1,8
Dinamarca	0,0	14,2	14,5	1,1	59,3	10,8	2,60	2,4
República Checa	9,5	1,0	38,9	10,4	31,7	8,4	4,40	4,1
Austria	2,3	29,6	24,1	6,1	11,0	26,8	3,30	3,1
Polonia	23,9	6,6	13,6	0,3	41,6	14,0	11,80	11,0
Zona 3	0,6	6,8	1,0	25,5	50,7	15,4		
Lituania	2,4	4,3	4,0	2,2	57,7	29,0	1,30	13,1
Letonia	1,2	3,8	2,9	0,3	46,5	45,1	1,00	10,1
Estonia	1,4	13,0	0,0	12,1	56,7	17,3	0,60	6,1
Suecia	0,0	2,4	0,2	43,2	51,3	2,8	4,40	44,4
Finlandia	0,3	15,0	0,5	20,0	46,4	17,8	2,60	26,3

4.4.2 Energía de refrigeración

Todavía no se ha acordado ningún método europeo estándar para calcular la demanda de energía de refrigeración para los edificios residenciales y no existe mucha información o material publicado para realizar el cálculo. [DALIN ET AL. 2006] presentó un método de cálculo para la demanda específica de refrigeración que se basa en un nuevo Índice Europeo de Refrigeración relacionado con las condiciones climáticas en toda Europa. La demanda específica de refrigeración representa una demanda potencial de energía que no se satisface hoy en día, y no tiene por qué satisfacerse necesariamente en el futuro (véase la Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Factores específicos de consumo de energía de refrigeración por país y factores de ponderación para el cálculo de los factores medios de energía de refrigeración

Zona/ País	Potencial específico de energía de refrigeración [DALIN ET AL. 2006]	Cálculo realizado por expertos sobre la fracción del consumo actual del potencial de refrigeración	Consumo específico de energía de refrigeración	Factor de ponderación n ^a	Consumo medio de energía de refrigeración por zonas
	kWh/m ² *a	%	kWh/m ² *a	Millones m ²	kWh/m ² *a
Zona 1				6.232	0,773
Malta	53	3,00	1,590	11	
Chipre	53	3,00	1,590	40	
Portugal	38	1,00	0,380	326	
Grecia	59	3,00	1,770	342	
España	54	3,00	1,620	1.414	
Italia	49	1,50	0,735	2.037	
Francia	35	0,30	0,105	2.062	
Zona 2				8.037	0,032
Bélgica	28	0,10	0,028	351	
Países Bajos	24	0,10	0,024	551	
Irlanda	12	0,00	0,000	122	
Hungría	45	0,30	0,135	231	
Eslovenia	47	0,30	0,141	44	
Luxemburgo	30	0,10	0,030	20	
Alemania	35	0,10	0,035	3.489	
Reino Unido	27	0,05	0,014	1.600	
Eslovaquia	43	0,15	0,065	85	
Dinamarca	22	0,05	0,011	225	
República Checa	33	0,10	0,033	257	
Austria	39	0,10	0,039	292	
Polonia	35	0,10	0,035	770	
Zona 3				661	0,000
Lituania	37	0,00	0,000	70	
Letonia	29	0,00	0,000	50	
Estonia	24	0,00	0,000	31	
Suecia	27	0,00	0,000	340	
Finlandia	27	0,00	0,000	170	

a) Área habitable en millones de m² por país

Esta demanda sería satisfecha si el área habitable total se refrigerara a lo largo de toda la temporada de refrigeración, es decir, el verano. Esto se cumpliría para los edificios de oficinas, pero no para los edificios residenciales en los que la demanda energética de refrigeración por unidad de superficie habitable será más baja, ya que se enfría una fracción más pequeña del edificio.

Además, los dispositivos de refrigeración permanecen enchufados durante períodos más cortos. La demanda de refrigeración es también más baja en los edificios residenciales que en los edificios de oficinas como consecuencia de una ventilación más natural (por ejemplo, el abrir las ventanas durante la noche).

A partir del potencial de energía de refrigeración calculado de acuerdo con [DALIN ET AL. 2006], se realiza un cálculo que da la fracción usada actualmente del potencial teórico. Estos cálculos de expertos se realizan en cada país. Usando el volumen de construcción total por país en millones de m² como factor de ponderación, se calculan los valores medios por países a partir de dichos valores (véase la Tabla 4.2).

Las cifras obtenidas se verificaron con [ADNOT ET AL. 2003], quien proporciona información sobre la demanda total de energía de refrigeración. La información se centraba en el total de zonas refrigeradas (edificios residenciales y no residenciales); según dicho estudio, el área residencial ascendía al 5,75% del área total refrigerada en la UE-15 en 2005. A partir de ese proyecto, se derivó el consumo específico de energía de refrigeración para esa zona (Tabla 4.3), suponiendo que:

- la tasa media europea del 5,75% de área refrigerada correspondiente al sector residencial tiene una desviación suficientemente baja y se puede usar para expresar este ratio en todos los países objeto de estudio,
- el consumo de energía de refrigeración por área refrigerada es constante en todos los países y todos los sectores

Uno puede sacar como conclusión que en los países de la zona 1 (excepto Francia), el consumo de energía de refrigeración de [ADNOT ET AL. 2003] es más bajo que el cálculo de los expertos. Para las zonas 2 y 3, los valores de [ADNOT ET AL. 2003] son más altos que el cálculo de los expertos basado en [DALIN ET AL. 2006] para todos los países.

Las desviaciones se pueden explicar del mismo modo que los cálculos según [ADNOT ET AL. 2003], teniendo en cuenta una media europea del 5,75% de proporción de áreas residenciales refrigeradas y una demanda constante de energía de refrigeración por área refrigerada. Por lo tanto, el valor en los países del sur de Europa con una mayor carga calorífica debería ser mayor. Por lo tanto, los valores para los países del norte y del centro deberían ser menores. Sin embargo, la comparación de las conclusiones sacadas del cálculo experto basado en [DALIN ET AL. 2006] con los valores extraídos de [ADNOT ET AL. 2003] mostraron una buena consistencia, concretamente una demanda de refrigeración de 4.490 GWh/a y 4.818 GWh/a respectivamente para la UE-15 (7% del espacio).

Tabla 4.3 Cálculo del consumo de energía de refrigeración en base a [ADNOT ET AL. 2003]

Zona/País	Demanda de energía de refrigeración para todos los sectores en 2005 [ADNOT ET AL. 2003]	Demanda de energía de refrigeración para los edificios residenciales en 2005a	Área residencial total	Demanda específica de energía de refrigeración calculada	Consumo específico de energía de refrigeración (véase la Tabla 4.2)
	GWh/a	GWh/a	Millones m ²	kWh/m ² *a	kWh/m ² *a
Zona 1			6232		
Malta	na ^b	na	11	na	1,590
Chipre	na	na	40	na	1,590
Portugal	na	na	326	na	0,380
Grecia	5 365	308,49	342	0,902	1,770
España	28 333	1629,15	1414	1,152	1,620
Italia	24 336	1399,32	2037	0,687	0,735
Francia	8 213	472,25	2062	0,229	0,105
Zona 2			8037		
Bélgica	422	24,27	351	0,069	0,028
Países Bajos	690	39,68	551	0,072	0,024
Irlanda	180	10,35	122	0,085	0,000
Hungría	na	na	231	na	0,135
Eslovenia	na	na	44	na	0,141
Luxemburgo	18	1,04	20	0,052	0,030
Alemania	4 012	230,69	3489	0,066	0,035
Reino Unido	3 227	185,55	1600	0,116	0,014
Eslovaquia	na	na	85	na	0,065
Dinamarca	122	7,02	225	0,031	0,011
República Checa	na	na	257	na	0,033
Austria	549	31,57	292	0,108	0,039
Polonia	2 049	117,82	770	0,153	0,035
Zona 3			661		
Lituania	na	na	70	na	0,000
Letonia	na	na	50	na	0,000
Estonia	na	na	31	na	0,000
Suecia	378	21,74	340	0,064	0,000
Finlandia	210	12,08	170	0,071	0,000

a) De acuerdo con [ADNOT ET AL. 2003], por términos medio en la UE-15, el 5,75% del total de áreas refrigeradas son áreas residenciales.

4.4.3 Inventarios del ciclo de vida de los materiales de construcción

Basándose en las descripciones técnicas detalladas de todos los tipos de edificios (véase el Anexo B), se crearon los inventarios del ciclo de vida (conjuntos de datos en segundo plano) para los materiales de construcción requeridos. La Tabla 4.4 muestra la lista completa de los materiales de construcción para los modelos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios.

La lista completa de los materiales de construcción para cada tipo de edificio y los parámetros técnicos relevantes correspondientes se encuentra en el Anexo B. Esta tabla se revisó para la modelación de los modelos del ciclo de vida de los tipos de edificios. Para los materiales de construcción, se añadieron dos parámetros:

- la respectiva vida útil residual y de referencia de cada edificio-tipo y para cada material de construcción, propias del respectivo edificio-tipo y del respectivo elemento de construcción,
- factores de reacondicionamiento.

Estos factores arrojaron una serie de acciones de reacondicionamiento para cada elemento de construcción durante la vida útil residual del tipo de edificio.

Aparte de los parámetros añadidos, se revisaron las densidades de los materiales que se proporcionan en esta tabla y se igualaron a las densidades dadas en las bases de datos de GaBi 4 [LBP & PE 2007].

Tabla 4.4 Materiales de construcción incluidos en los modelos del ciclo de vida

Material de construcción	Comentario
Elemento de hormigón celular (o aireado)	Densidad 0,6, armado
Arcilla	
Clinker	
Hormigón	C20/25
Tejas de hormigón	
Yeso exterior	revoque; enlucido rayado
Pintura de la fachada silicato	Mezcla de la capa anterior y pintura al agua, resina sintética y
Grava	Granulometría 2/32
Panel de yeso	
Mezcla de materiales aislantes	Contienen: (porcentajes de las masas por defecto entre paréntesis) ^a <ul style="list-style-type: none"> - Lana de roca (36%) - Lana de vidrio (24%) - Poliestireno Expandido EPS (28%) - Poliuretano PUR (7%) - Poliestireno Extruido XPS (5%)
Yeso interior	Cal con yeso
Hormigón ligero	Bloque hueco de piedra pómez (densidad 0,8)
Hormigón ligero	Bloque de arcilla expandida (densidad 0,6)
Piedra caliza (CaCO ₃)	
Tablero de Partículas Orientadas (OSB)	OSB III (contenido en agua 8%)
Hormigón preparado	C 20/25
Hormigón armado	Se debe ajustar la masa de armadura metálica (por defecto: 160 kg/m ²)
Tejas del tejado	
Mampostería de piedra rústica	Densidad 1,6
Arena	Granulometría 0/2
Ladrillo silicocalcáreo	
Mortero de cemento	Anhidrita
Mortero de cemento	Cemento
Picea de madera	Secado absoluto
Ladrillo perforado verticalmente	
Panel de fibra de madera	P5 (contenido en agua 8,5%)
Pintura de madera	Aplicación global

^a Los porcentajes de las masas son cálculos basados en [GDI 2005] y [MÉNDEZ nd].

4.5 Descripción de los modelos genéricos de construcción

El enfoque de los modelos genéricos adoptados para modelar los tipos de edificios seleccionados se aplica para gestionar los modelos complejos de productos y nos brinda la oportunidad de proporcionar unos resultados transparentes y resumidos. Ésto se consigue formando modelos flexibles con variaciones de parámetros, que incluyen los materiales y partes previamente modelados. La variación de parámetros ofrece la posibilidad de adaptar los modelos a las propiedades específicas de un producto o escenarios de modelación del diseño sin tener que formar modelos completamente nuevos.

Los modelos genéricos se usaron para el análisis de la fabricación completa de un producto. Al variar parámetros significativos, se podía variar cada módulo individual de la cadena de producción. Al implementar todo el proceso de fabricación en un ciclo de vida modelado, podían reconocerse todos los efectos de cada fase del ciclo de vida, dependiendo de las diferentes variaciones.

La modelación de los tipos de edificios seleccionados en sus diversos entornos geográficos se basó en la posibilidad de comparar, en la eficiencia del modelado y en la claridad de los resultados. Con el objetivo de obtener unos resultados sólidos, consistentes y transparentes a través del modelado de los tipos de edificios seleccionados, se crearon modelos genéricos de edificios centrados en la estructura del edificio, por lo que los tres modelos genéricos de edificios representan los siguientes grupos: edificios unifamiliares, edificios multifamiliares y edificios de gran altura.

Posteriormente estos modelos genéricos se adaptaron a tipos de edificios variables y a entornos geográficos diferentes, parametrizando variables clave como las masas o los flujos energéticos. Los modelos genéricos también proporcionaban la base para la evaluación de los diversos materiales de construcción como el hormigón, la madera, los ladrillos, etc. Para identificar todos los efectos relevantes derivados del uso de los materiales y de los elementos de construcción, se incluyeron en los modelos todos los procesos relevantes, las materias primas y los procesos operativos.

Los modelos genéricos se introdujeron en el sistema informático del ACV de GaBi 4 [LBP & PE 2007]. Esto comprende una base de datos consistente y actualizada de procesos y materiales utilizados en la industria de la construcción y en la fase de uso de los edificios. Se tienen en cuenta las diferencias regionales en la fase de uso del edificio en términos de mezclas energéticas de calefacción y factores potenciales de demanda de energía para refrigeración específicos de cada zona. Todos los materiales utilizados, los materiales auxiliares y los conjuntos de datos energéticos se modelan de acuerdo con las condiciones límite europeas.

4.5.1 Modelado de los tipos de edificios seleccionados en su resolución geográfica

Se usaron los modelos genéricos del ciclo de vida de los edificios nuevos y existentes para cada grupo de viviendas residenciales como la base para la preparación de nuevos modelos del ciclo de vida de tipos de edificios individuales. Cada tipo de edificio dentro de los tres grupos de viviendas residenciales se modeló dentro de sus respectivas áreas geográficas. Esto arrojó 72 modelos del ciclo de vida para varios tipos de edificios, cada uno de ellos modelado dentro de su respectiva área geográfica. Los conjuntos de datos utilizados para los materiales y energías se tomaron del software GaBi 4 y representaban los respectivos límites europeos del sistema para las mezclas energéticas específicas y para las tres regiones geográficas diferentes [LBP & PE 2007].

Los modelos genéricos del ciclo de vida incluyeron tres fases del ciclo de vida para cada tipo de edificio: la Fase de Construcción, la Fase de Uso y el Fin de la Vida Útil.

Todos los modelos del ciclo de vida comparten una estructura común del edificio que consiste en seis elementos de construcción o unidades del mismo (véase la Figura 4.3). Estos elementos de construcción incluyeron el tejado, las paredes exteriores, las paredes interiores, las ventanas y las puertas de entrada, los suelos y los techos, así como el sótano y los cimientos.

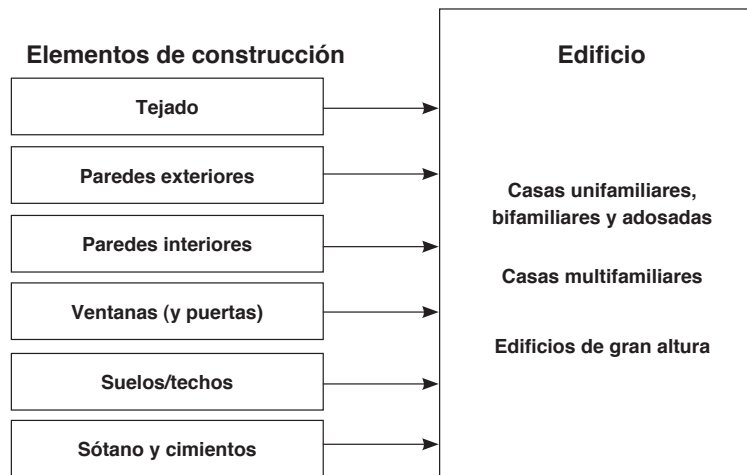


Figura 4.3 Construcciones comunes de edificios, incluyendo todos los elementos de construcción relevantes a tener en cuenta, para todos los tipos de edificios dentro de los grupos de viviendas residenciales.

Esta estructura común se utilizó para calcular los potenciales de mejora al mejorar el rendimiento medioambiental de los elementos individuales de construcción y aplicar unas medidas específicas de reacondicionamiento.

En las siguientes secciones, se describe el modelado de los diversos elementos para la «Fase de Construcción» (Sección 4.5.2). El modelado de la «Fase de Uso» (Sección 4.5.3) y de la «Fase de Fin de Vida Útil» (Sección 4.5.4) se explican después.

La validación de los modelos en términos de sus rutinas de cálculo y su resultado se realizó mediante verificaciones de la integridad, de la sensibilidad y de la consistencia, a fin de garantizar la validez de los inventarios del ciclo de vida.

Se tuvieron en cuenta y modelaron todos los procesos relevantes para representar el modelo específico. Se obtuvieron todos los procesos en segundo plano posibles de las bases de datos profesionales de GaBi 4, las cuales están disponibles para cualquier persona [LBP & PE 2007]. También se modelaron los conjuntos de datos nuevos usando los mismos límites del sistema y los niveles de detalle de los conjuntos de datos existentes. Los conjuntos de datos utilizan condiciones límite europeas. Para garantizar la consistencia, se modelaron los datos individuales, los datos en primer plano y los datos en segundo plano al mismo grado y nivel de calidad que [LBP & PE 2007].

Para el posterior análisis de los diferentes modelos de tipos de edificios, fue necesario agrupar los materiales de construcción utilizados. Al realizar esta agrupación, fue posible realizar un análisis detallado de los impactos medioambientales de los materiales de construcción. La Tabla 4.5 proporciona una visión general de los materiales de construcción utilizados y su respectiva agrupación. Esta agrupación fue una de las bases para la evaluación de los impactos.

Tabla 4.5 Lista de agrupación de los materiales de construcción

Proceso	Agrupación
Elemento de hormigón celular (densidad 0,6, armado)	Hormigón
Hormigón C20/25	Hormigón
Teja de hormigón	Hormigón
Hormigón preparado C20/25	Hormigón
Clinker	Piedras
Hormigón ligero (piedra pómez) bloque hueco (densidad 0,8)	Piedras
Hormigón ligero (arcilla expandida) bloque (densidad 0,6)	Piedras
Piedra caliza (CaCO ₃)	Piedras
Mampostería de piedra rústica (densidad 1,6)	Piedras
Ladrillo silicocalcáreo	Piedras
Ladrillo perforado verticalmente	Piedras
Arcilla	Otros materiales
Yeso exterior (revoque, enlucido rayado)	Otros minerales
Lana de vidrio (panel con aislamiento en el núcleo)	Otros minerales
Grava (granulometría 2/32)	Otros minerales
Panel de yeso	Otros minerales
Yeso interior (cal con yeso)	Otros minerales
Teja del tejado	Otros minerales
Arena (granulometría 0/2)	Otros minerales
Mortero de cemento (anhídrido)	Otros minerales
Mortero de cemento (cemento)	Otros minerales
Lana de roca (panel de aislamiento de tejado plano, 180)	Otros minerales
Acero reforzado (alambre)	Acero
Fabricación EPS (espuma de poliestireno expandido, PS 20)	Plásticos espumados
Espuma de poliuretano rígido (PU)	Plásticos espumados
Fabricación XPS (espuma de poliestireno extruido)	Plásticos espumados
Betún en refinería	Plásticos no esponjados
Tablero de Partículas Orientadas (OSB) III	Madera
Picea de madera secado absoluto	Madera
Panel de fibra de madera (P5)	Madera
Ventana de madera-aluminio (0,8 x 1,2) con acristalamiento único	Ventana de madera-aluminio
Ventana de madera-aluminio (1,0 x 1,5) con acristalamiento único	Ventana de madera-aluminio
Ventana de madera-aluminio (1,0 x 2,1) con acristalamiento único	Ventana de madera-aluminio
Ventana de madera (0,8 x 1,2) con acristalamiento único	Ventana de madera
Ventana de madera (1,0 x 1,5) con doble acristalamiento	Ventana de madera
Ventana de madera (1,0 x 1,5) con acristalamiento único	Ventana de madera
Ventana de madera (1,0 x 2,1) con acristalamiento único	Ventana de madera
Ventana de plástico (PVC) (1,0 x 1,5) con doble acristalamiento	Ventana de PVC
Ventana de plástico (PVC) (1,0 x 1,5) con acristalamiento único	Ventana de PVC
Ventana de plástico (PVC) (1,0 x 1,5) con triple acristalamiento	Ventana de PVC
Pintura al agua (resina sintética)	Material de revestimiento y sellado
Aplicación global de pintura de madera	Material de revestimiento y sellado

4.5.2 Modelado de la Fase de Construcción

La modelación del módulo genérico parametrizado de un edificio se explica usando una casa unifamiliar (tipo de edificio Z1_SI_001) a modo de ejemplo. Todas las configuraciones de los parámetros se adaptan a los detalles de este tipo de edificio.

En el módulo genérico, los parámetros se utilizan para cambiar el grosor y el área (tejado, suelos y paredes), así como el número de piezas (ventanas) para cada material. Los parámetros fijos o calculados se utilizan para calcular la masa, así como para definir la densidad del material.

La fase de construcción se divide en el modelado de los diversos elementos de construcción. Todos los módulos de elementos de construcción utilizan un modelo de transporte. Este modelo de transporte es necesario para desarrollar el consumo específico de diesel del transporte de los respectivos materiales de construcción. El consumo de diesel depende del peso de la carga y de la distancia de transporte. Se estimó la distancia de transporte mediante un modelo de distribución basado en dos parámetros: la densidad de población de Alemania y la distancia. Para el cálculo, se tuvieron en cuenta los centros urbanos de Nielsen. De acuerdo con la relación densidad de población media–distancia, la distancia de transporte resultante era de 293 Km. (para obtener información más detallada sobre este método véase [BAITZ 1995]).

4.5.2.1 Tejado

La Tabla 4.6 muestra la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado tejado. Los parámetros variables de material se dividen en dos grupos. En cada material, el grosor y el área se pueden elegir para representar un tejado específico para el tipo de edificio seleccionado.

En este caso concreto, el tejado está representado por los siguientes materiales: viga de madera (picea de madera 12%), techo reforzado con listones (picea de madera 12%), una mezcla de aislante, hormigón armado y yeso exterior. También se parametrizan los materiales para la mezcla de aislante y el hormigón armado. Se pueden especificar los diversos materiales del aislante para cada elemento de construcción. En este ejemplo, la mezcla del aislante consta de un 28% de material de EPS, un 24% de material de lana de vidrio, un 7% de material de PUR, un 5% de material de XPS y un 36% de material de lana de roca. La parte de material de acero en el hormigón armado es de 6,7%.

Al cambiar los parámetros de los materiales del tejado, se ajusta el peso total del elemento de construcción.

Tabla 4.6 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del tejado

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	21,88	m ²	Área de viga de madera (picea de madera 12%), distancia 0,6 m x 0,1
Mat1_grosor	0,16	m	Grosor de viga de madera (picea de madera 12%), distancia 0,6 m x 0,1
Mat2_área	12,5	m ²	Área de techo reforzado con listones (picea de madera 12%)
Mat2_grosor	0,04	m	Grosor de techo reforzado con listones (picea de madera 12%)
Mat3_área	120	m ²	Área de teja del tejado
Mat3_grosor	0,02	m	Grosor de teja del tejado
Mat4_área	0	m ²	Área de artesonado
Mat4_grosor	0	m	Grosor de artesonado
Mat5_área	0	m ²	Área de panel de piedra
Mat5_grosor	0	m	Grosor de panel de piedra
Mat6_área	0	m ²	Área de betún
Mat6_grosor	0	m	Grosor de betún
Mat7_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat7_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado
Mat8_área	0	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso)
Mat8_grosor	0	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso)
Mat9_área	0	m ²	Área de grava
Mat9_grosor	0	m	Grosor de grava
Mat10_área	0	m ²	Área de aislamiento
Mat10_grosor	0	M	Grosor de aislamiento
Mat11_área	0	m ²	Área de aislamiento mineral
Mat11_grosor	0	M	Grosor de aislamiento mineral
Mat12_área	0	m ²	Área de viga de hormigón prefabricado
Mat12_grosor	0	M	Grosor de viga de hormigón prefabricado
Mat13_área	0	m ²	Área de teja de hormigón
Mat13_grosor	0	M	Grosor de teja de hormigón
Mat14_área	0	m ²	Área de yeso exterior (revoque)
Mat14_grosor	0	M	Grosor de yeso interior (cal con yeso)
EPS	0,28	-	Parte (masa) de aislamiento de EPS
XPS	0,05	-	Parte (masa) de aislamiento de XPS
Lana de vidrio	0,24	-	Parte (masa) de aislamiento de lana de vidrio
PUR	0,07	-	Parte (masa) de aislamiento de PUR
Lana de roca	0,36	-	Parte (masa) de aislamiento de lana mineral de roca
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. Acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo Refuerzo

4.5.2.2 Ventanas

La Tabla 4.7 muestra la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado ventana. En esta lista de parámetros se puede seleccionar el número de ventanas que se usarán en el edificio-tipo. Se diferencian tres tipos de ventanas:

- marco de madera
- marco de madera-aluminio
- marco de plástico

También es posible elegir entre acristalamiento único, doble acristalamiento o triple acristalamiento. La selección de parámetros de las ventanas con triple acristalamiento es importante para las acciones de reacondicionamiento en la fase de uso. En este caso específico, el elemento de construcción denominado ventana está representado por el tipo de ventana con marco de madera y acristalamiento único (1 m x 1,5 m).

Tabla 4.7 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las ventanas

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Ventana1	0	pieza	Ventana marco de madera 0,8 m x 1,2 m (con acristalamiento único)
Ventana2	22	pieza	Ventana marco de madera 1 m x 1,5 m (con acristalamiento único)
Ventana3	0	pieza	Ventana marco de madera 1 m x 2,1 m (con acristalamiento único)
Ventana4	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 0,8 m x 1,2 m (con acristalamiento único)
Ventana5	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 1 m x 1,5 m (con acristalamiento único)
Ventana6	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 1 m x 2,1 m (con acristalamiento único)
Ventana7	0	pieza	Ventana marco de plástico 1 m x 1,5 m (con acristalamiento único)
Ventana8	0	pieza	Ventana marco de plástico 1 m x 1,5 m (con doble acristalamiento)
Ventana9	0	pieza	Ventana marco de plástico 1 m x 1,5 m (con triple acristalamiento)
Ventana10	0	pieza	Ventana marco de madera 1 m x 1,5 m (con doble acristalamiento)
Ventana11	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 0,8 m x 1,2 m (con triple acristalamiento)
Ventana12	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 1 m x 1,5 m (con triple acristalamiento)
Ventana13	0	pieza	Ventana marco de madera-aluminio 1 m x 2,1 m (con triple acristalamiento)
Ventana14	0	pieza	Ventana marco de madera 0,8 m x 1,2 m (con triple acristalamiento)
Ventana15	0	pieza	Ventana marco de madera 1 m x 1,5 m (con triple acristalamiento)
Ventana16	0	pieza	Ventana marco de madera 1 m x 2,1 m (con triple acristalamiento)

4.5.2.3 Suelos y techos

La Tabla 4.8 muestra la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado suelos y techos. Los parámetros variables de material se dividen en dos grupos. En cada material, el grosor y el área se pueden elegir para representar unos suelos específicos para el edificio-tipo seleccionado. También se puede cambiar el número de suelos para el edificio-tipo tomado en consideración.

En este caso concreto, el suelo está representado por el siguiente material: picea de madera para el suelo, viga de madera (picea de madera 12%), artesonado, yeso interior (cal con yeso), mezcla de aislante y hormigón armado. También se parametrizan los materiales para la mezcla del aislante y el hormigón armado. Se pueden especificar los diversos materiales del aislante para cada elemento de construcción. En este ejemplo, la mezcla del aislante consta de un 28% de material de EPS, un 24% de material de lana de vidrio, un 7% de material de PUR, un 5% de material de XPS y un 36% de material de lana de roca. La parte de material de acero en el hormigón armado es de 6,7%. El número de suelos es de dos.

Al cambiar los parámetros de los materiales de suelos y techos, se calculó automáticamente el peso total del elemento de construcción.

Tabla 4.8 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de los suelos/techos

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Suelo_número	2	piezas	Número de suelos
Mat1_área	90	m ²	Área de picea de madera para el suelo
Mat1_grosor	0,03	m	Grosor de picea de madera para el suelo
Mat10_área	0	m ²	Área de mortero de cemento anhidrita
Mat10_grosor	0	m	Grosor de mortero de cemento anhidrita
Mat11_área	0	m ²	Área de bloque de hormigón de carbonilla
Mat11_grosor	0	m	Grosor de bloque de hormigón de carbonilla
Mat2_área	15,63	m ²	Área de viga de madera (picea de madera 12%), distancia 0,6 m x 0,1
Mat2_grosor	0,16	m	Grosor de viga de madera (picea de madera 12%), distancia 0,6 m x 0,1
Mat3_área	90	m ²	Área de artesonado
Mat3_grosor	0,02	m	Grosor de artesonado
Mat4_área	90	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso)
Mat4_grosor	0,02	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso)
Mat5_área	0	m ²	Área de suelo de cemento, capa de revestimiento de mortero de cemento
Mat5_grosor	0	m	Grosor de suelo de cemento, capa de revestimiento de mortero de cemento
Mat6_área	0	m ²	Área de relleno de hormigón armado
Mat6_grosor	0	m	Grosor de relleno de hormigón armado
Mat7_área	0	m ²	Área de bloque de cerámica
Mat7_grosor	0	m	Grosor de bloque de cerámica
Mat8_área	0	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso)
Mat8_grosor	0	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso)
Mat9_área	0	m ²	Área de aislamiento
Mat9_grosor	0	m	Grosor de aislamiento
EPS	0,28		Parte (masa) de aislamiento de EPS
XPS	0,05	-	Parte (masa) de aislamiento de XPS
Lana de vidrio	0,24		Parte (masa) de aislamiento de lana de vidrio
PUR	0,07		Parte (masa) de aislamiento de PUR
Lana de roca	0,36		Parte (masa) de aislamiento de lana mineral de roca
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo

4.5.2.4 Paredes interiores

La Tabla 4.9 y la Tabla 4.10 muestran la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado paredes interiores. Este elemento de construcción se divide en muros de carga interiores y paredes interiores.

Para cada uno de estos elementos se enumeran los parámetros de los materiales. Algunos materiales se usan para ambos elementos y otros son específicos de uno de los dos. Para ambos elementos los parámetros variables de material se dividen en dos grupos. En cada material, el grosor y el área se pueden elegir para representar una pared interior específica para el tipo de edificio seleccionado.

En este caso concreto, el elemento de construcción completo denominado paredes interiores está representado por los siguientes materiales: yeso interior (cal con yeso), construcción de madera, hormigón armado y ladrillo macizo. También se parametriza el material hormigón armado. La parte de material de acero en el hormigón armado es de 6,7%. Al cambiar los parámetros de los materiales de los elementos de las paredes interiores, se calculó automáticamente el peso total del elemento de construcción denominado pared interior.

Tabla 4.9 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes internas (paredes interiores)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	100	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso) con paja
Mat1_grosor	0,04	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso) con paja
Mat2_área	100	m ²	Área de construcción de madera
Mat2_grosor	0,08	m	Grosor de construcción de madera
Mat3_área	0	m ²	Área de panel de yeso (yeso)
Mat3_grosor	0	m	Grosor de panel de yeso (yeso)
Mat4_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat4_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado
Mat5_área	0	m ²	Área de ladrillo macizo
Mat5_grosor	0	m	Grosor de ladrillo macizo
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo

Tabla 4.10 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes internas (muros de carga interiores)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat13_área	0	m ²	Área de panel de yeso (yeso)
Mat13_grosor	0	m	Grosor de panel de yeso (yeso)
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo
Mat1_área	60	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso) con paja
Mat1_grosor	0,04	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso) con paja
Mat2_área	60	m ²	Área de ladrillo macizo
Mat2_grosor	0,3	m	Grosor de ladrillo macizo
Mat3_área	0	m ²	Área de ladrillo con agujeros
Mat3_grosor	0	m	Grosor de ladrillo con agujeros
Mat4_área	0	m ²	Área de relleno de ladrillo
Mat4_grosor	0	m	Grosor de relleno de ladrillo
Mat5_área	0	m ²	Área de construcción de madera
Mat5_grosor	0	m	Grosor de construcción de madera
Mat6_área	0	m ²	Área de piedra caliza/piedras
Mat6_grosor	0	m	Grosor de piedra caliza/piedras
Mat7_área	0	m ²	Área de hormigón de carbonilla
Mat7_grosor	0	m	Grosor de hormigón de carbonilla
Mat8_área	0	m ²	Área de mampostería de piedra rústica
Mat8_grosor	0	m	Grosor de mampostería de piedra rústica
Mat9_área	0	m ²	Área de silicocalcáreo
Mat9_grosor	0	m	Grosor de silicocalcáreo
Mat10_área	0	m ²	Área de hormigón
Mat10_grosor	0	m	Grosor de hormigón
Mat11_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat11_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado
Mat12_área	0	m ²	Área de pared de madera
Mat12_grosor	0	m	Grosor de pared de madera

4.5.2.5 Paredes exteriores

La Tabla 4.11 muestra la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado paredes exteriores. Los parámetros variables de material se dividen en dos grupos. En cada material, el grosor y el área se pueden elegir para representar unas paredes exteriores específicas para el tipo de edificio seleccionado.

En este caso concreto, las paredes exteriores están representadas por los siguientes materiales: mezcla de aislamiento, hormigón armado, yeso exterior (revoque), ladrillo macizo y yeso interior (cal con yeso). También se parametrizan los materiales para la mezcla del aislante y el hormigón armado. Se pueden especificar los diversos materiales del aislante para cada elemento de construcción. En este ejemplo, la mezcla del aislante consta de un 28% de material de EPS, un 24% de material de lana de vidrio, un 7% de material de PUR, un 5% de material de XPS y un 36% de material de lana de roca. La parte de material de acero en el hormigón armado es de 6,7%.

Al cambiar los parámetros de los materiales de las paredes, se calculó automáticamente el peso total del elemento de construcción denominado paredes exteriores.

Tabla 4.11 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros de las paredes externas

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
EPS	0,28	-	Parte (masa) de aislamiento de EPS
XPS	0,05	-	Parte (masa) de aislamiento de XPS
Lana de vidrio	0,24	-	Parte (masa) de aislamiento de lana de vidrio
PUR	0,07	-	Parte (masa) de aislamiento de PUR
Lana de roca	0,36	-	Parte (masa) de aislamiento de lana de roca
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo
Mat1_área	220	m ²	Área de yeso exterior (revoque)
Mat1_grosor	0,02	m	Grosor de yeso exterior (revoque)
Mat10_área	0	m ²	Área de construcción de madera
Mat10_grosor	0	m	Grosor de construcción de madera
Mat11_área	0	m ²	Área de hormigón de carbonilla
Mat11_grosor	0	m	Grosor de hormigón de carbonilla
Mat12_área	0	m ²	Área de hormigón
Mat12_grosor	0	m	Grosor de hormigón
Mat13_área	0	m ²	Área de silicocalcáreo
Mat13_grosor	0	m	Grosor de silicocalcáreo
Mat14_área	0	m ²	Área de pared de madera
Mat14_grosor	0	m	Grosor de pared de madera
Mat15_área	0	m ²	Área de mampostería de piedra rústica
Mat15_grosor	0	m	Grosor de mampostería de piedra rústica
Mat16_área	0	m ²	Área de aislamiento
Mat16_grosor	0	m	Grosor de aislamiento
Mat17_área	0	m ²	Área de aislamiento mineral
Mat17_grosor	0	m	Grosor de aislamiento mineral
Mat18_área	0	m ²	Área de fachada de madera
Mat18_grosor	0	m	Grosor de fachada de madera
Mat2_área	220	m ²	Área de ladrillo macizo
Mat2_grosor	0,5	m	Grosor de ladrillo macizo
Mat3_área	220	m ²	Área de yeso interior (cal con yeso)
Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro

Mat3_grosor	0,02	m	Grosor de yeso interior (cal con yeso)
Mat4_área	0	m ²	Área de piedra caliza/piedras
Mat4_grosor	0	m	Grosor de piedra caliza/piedras
Mat5_área	0	m ²	Área de ladrillo con agujeros
Mat5_grosor	0	m	Grosor de ladrillo con agujeros
Mat6_área	0	m ²	Área de aislamiento en el núcleo
Mat6_grosor	0	m	Grosor de aislamiento en el núcleo
Mat7_área	0	m ²	Área de relleno de ladrillo
Mat7_grosor	0	m	Grosor de relleno de ladrillo
Mat8_área	0	m ²	Área de panel de yeso (yeso)
Mat8_grosor	0	m	Grosor de panel de yeso (yeso)
Mat9_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat9_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado

4.5.2.6 Sótano y cimientos

La Tabla 4.12 y la Tabla 4.15 muestran la lista de los parámetros que se pueden seleccionar para modelar el elemento de construcción denominado sótano y cimientos. Estos elementos de construcción se dividen en cuatro elementos:

- techo del sótano
- suelo del sótano
- pared del sótano
- cimientos.

Para cada uno de estos elementos se enumeran los parámetros de los materiales. Algunos materiales se usan para todos los elementos y otros son específicos de uno de los cuatro.

Para todos los elementos, los parámetros variables de material se dividen en dos grupos. En cada material, el grosor y el área se pueden elegir para representar un sótano específico para el tipo de edificio seleccionado.

Tabla 4.12 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano y los cimientos (techo del sótano)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	120	m ²	Área de techo abovedado de ladrillo
Mat1_grosor	0,07	m	Grosor de techo abovedado de ladrillo
Mat2_área	31,25	m ²	Área de construcción de madera
Mat2_grosor	0,08	m	Grosor de construcción de madera
Mat3_área	90	m ²	Área de relleno de arena y arenilla
Mat3_grosor	0,08	m	Grosor de relleno de arena y arenilla
Mat4_área	90	m ²	Área de artesanado
Mat4_grosor	0,02	m	Grosor de artesanado
Mat5_área	0	m ²	Área de mortero de cemento anhidrita
Mat5_grosor	0	m	Grosor de mortero de cemento anhidrita
Mat6_área	0	m ²	Área de aislamiento
Mat6_grosor	0	m	Grosor de aislamiento
Mat7_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat7_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m_ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo

En este caso concreto, el elemento de construcción completo denominado sótano y cimientos está representado por los siguientes materiales: techo abovedado de ladrillo, construcción de madera, relleno de arena y arenilla, artesonado, hormigón armado, ladrillo y ladrillo macizo. También se parametriza el material hormigón armado. La parte de material de acero en el hormigón armado es de 6,7%.

Al cambiar los parámetros de los materiales, se calculó automáticamente el peso total del elemento de construcción.

Tabla 4.13 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (planta baja del sótano)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	90	m ²	Área de ladrillo
Mat1_grosor	0,1	m	Grosor de ladrillo
Mat2_área	0	m ²	Área de marga compacta
Mat2_grosor	0	m	Grosor de marga compacta
Mat3_área	0	m ²	Área de hormigón
Mat3_grosor	0	m	Grosor de hormigón

Tabla 4.14 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (pared del sótano)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	80	m ²	Área de ladrillo macizo
Mat1_grosor	0,8	m	Grosor de ladrillo macizo
Mat2_área	0	m ²	Área de piedra caliza/piedras
Mat2_grosor	0	m	Grosor de piedra caliza/piedras
Mat3_área	0	m ²	Área de hormigón armado
Mat3_grosor	0	m	Grosor de hormigón armado
Mat4_área	0	m ²	Área de mampostería de piedra rústica
Mat4_grosor	0	m	Grosor de mampostería de piedra rústica
Anteil_stahl	160	kg/m ³	Parte acero reforzado (Kg. acero/m ³ hormigón)
M3_stahlb	2.400	kg/m ³	Densidad hormigón armado, incluyendo refuerzo

Tabla 4.15 Lista de parámetros para la configuración de los parámetros del sótano/cimientos (cimientos)

Parámetro	Valor	Unidad	Descripción del parámetro
Mat1_área	25	m ²	Área de ladrillo
Mat1_grosor	0,5	m	Grosor de ladrillo
Mat2_área	0	m ²	Área de piedra caliza/piedras
Mat2_grosor	0	m	Grosor de piedra caliza/piedras
Mat3_área	0	m ²	Área de hormigón
Mat3_grosor	0	m	Grosor de hormigón
Mat4_área	0	m ²	Área de mampostería de piedra rústica
Mat4_grosor	0	m	Grosor de mampostería de piedra rústica

4.5.3 Modelado de la Fase de de Uso

El modelado de la fase de uso de los tipos de edificios a tener en cuenta se divide en dos modelos. Un modelo representa las pérdidas globales de calor (asignadas a los elementos de construcción) y la demanda global potencial de energía de refrigeración durante toda la vida útil del edificio; el otro modelo representa las masas de los elementos de construcción, los cuales cambian durante la vida útil del edificio (acciones de reacondicionamiento), incluyendo las acciones de mantenimiento.

La información de las pérdidas de calor se derivan del software epiqr® [EPIQR 1996]. La información de la refrigeración de los edificios residenciales se calcula tal y como se detalla en la Sección 4.4.2. Para cada región geográfica (Z1, Z2 y Z3) se calcula un valor medio específico y se representa mediante una mezcla de la red energética europea.

La vida útil máxima tenida en cuenta para todos los tipos de edificios es de 40 años. La vida útil del edificio tiene una influencia en las acciones de reacondicionamiento y mantenimiento. Todas las acciones hacen referencia a la vida útil residual, lo que significa que la cantidad total de acciones se calcula a partir de esta vida útil.

Se considera que todos los materiales de construcción del elemento de construcción denominado suelo se sustituirán y renovarán tras 20 años. Teniendo en cuenta una vida útil de 40 años, el factor de reacondicionamiento resultante que podemos derivar es uno, lo que significa que el elemento de construcción tendrá que ser sustituido una vez durante toda su vida útil.

Para todos los materiales de los respectivos elementos de construcción, se calculan estos factores de reacondicionamiento y se usan en el modelo. Para obtener información más detallada véase la Sección 4.5.3.3.

4.5.3.1 Calefacción

Para calcular las pérdidas de calor de un edificio durante su vida útil tendremos que usar unos parámetros variables para cada tipo de edificio específico. Al cambiar estos parámetros, se puede analizar la pérdida de calor específica de cada elemento de construcción. La información requerida para estos parámetros es la siguiente:

- área (m^2) por tipo de edificio. Para este cálculo, se considera que el área de calefacción es igual al área habitable, tal y como se muestra en el Anexo C. No se tienen en cuenta las desviaciones mínimas (como, por ejemplo, debido a la existencia de balcones),
- pérdida de calor en kWh por m^2 y año, por elemento de construcción, respecto a la orientación del edificio (como pérdidas técnicas de calor o rechazos) en la situación actual.

Se utilizó el programa epiqr® para calcular la demanda energética, aplicando un método de cálculo basado en lo especificado por la norma europea EN 832 [EN 832:2003]. La metodología se basa en un enfoque estacionario con valores mensuales de temperatura y radiación. Los efectos no estacionarios del flujo térmico y del almacenamiento térmico se consideran a través de un enfoque multi-zona; la masa térmica del edificio, teniendo en cuenta todas las masas anteriores (paredes interiores y suelos). Al compararlo con el método estándar europeo, se producen las siguientes simplificaciones:

- los elementos de construcción están predefinidos en una base de datos paneuropea interrelacionada, lo que significa que el usuario puede seleccionar las construcciones apropiadas en una base de datos en vez de calcular los valores U de manera manual para todos los componentes del edificio,
- la masa térmica puede calcularse de acuerdo con el estándar suizo, aceptando cuatro casos de construcción distintos:
 - muy ligera (p. ej. construcciones de madera);
 - semi-ligera (p. ej., bloques de hormigón, paredes de hormigón ligero y revestimiento para suelos de madera);
 - semi-pesada (p. ej., paredes de ladrillo con revestimiento para suelos de madera);
 - muy pesada (p. ej., paredes y suelos de hormigón),
- el cálculo de las pérdidas por ventilación se basa en pérdidas propuestas en 1/h que van desde 0,3 1/h hasta 1,5 1/h cubriendo, por lo tanto, las renovaciones reales de aire en los edificios existentes en Europa (a pesas de que en algunos países europeos el índice de renovación de aire se limita a 0,5 1/h por razones higiénicas).

Las simplificaciones ayudan a reducir drásticamente el tiempo necesario para la evaluación y el cálculo. De igual manera, reducen ligeramente la exactitud. Las evaluaciones de las pruebas realizadas a lo largo del proyecto EPIQR mostraron un error máximo posible de $\pm 10\%$ en comparación con el método estándar EN 832 [EN 832:2003].

En la Figura 4.4 se proporciona un ejemplo derivado de los resultados obtenidos con epiqr®.

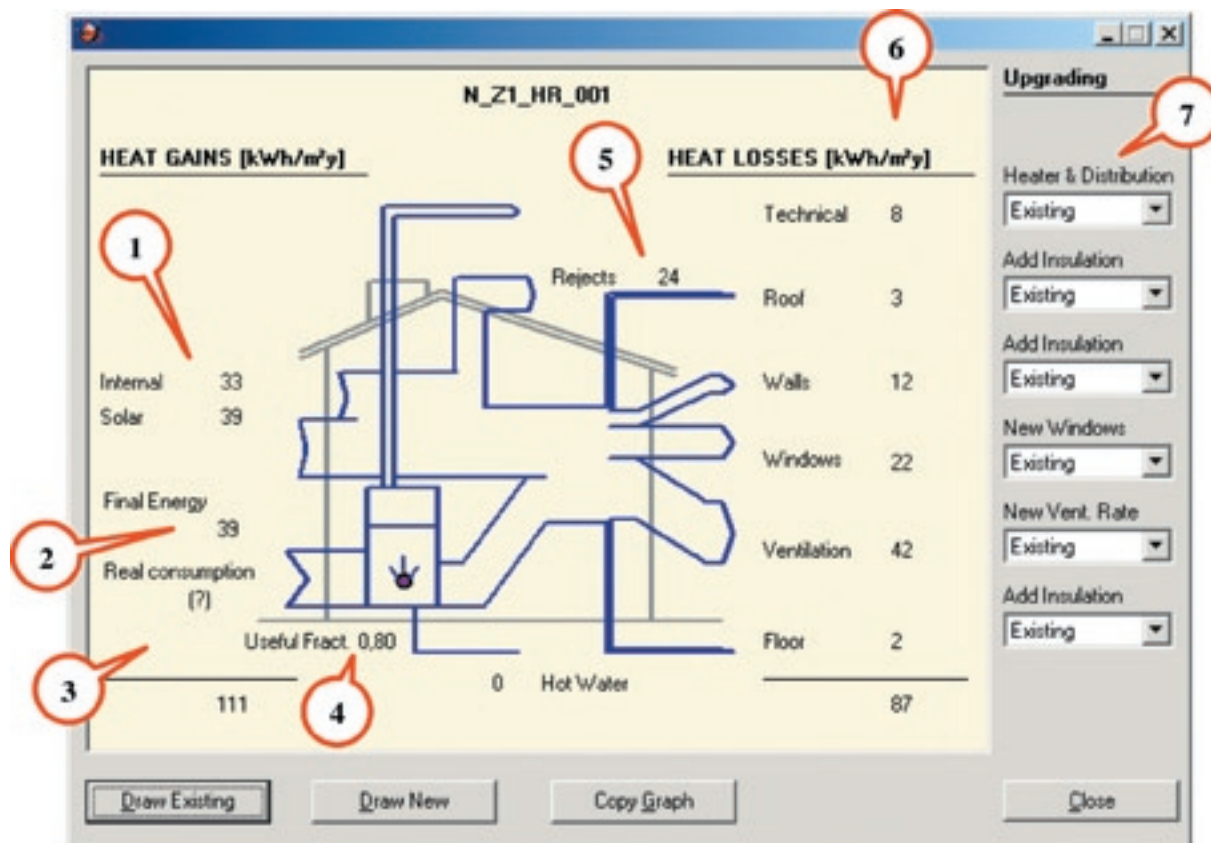


Figura 4.4 Captura de pantalla del software epiqr® que muestra, a modo de ejemplo, los resultados de un cálculo energético

Los resultados que aparecen en la Figura 4.4 se explican tal y como sigue.

1. Ganancia o energía disponible: ganancias internas de equipos eléctricos y de seres humanos, y ganancias solares.
2. La energía final es el consumo estimado de energía para la calefacción (nótese que el agua caliente no se tiene en cuenta en el cálculo).
3. Cuando está disponible, este valor muestra el consumo real (derivado del control del consumo de combustible; como, por ejemplo, en litros de combustible al año).
4. La fracción útil es el rendimiento de los sistemas de calefacción y distribución.
5. Los rechazos son la parte de energía que se produce mediante el sistema de calefacción pero que se pierde debido a las cañerías o tuberías y a la distribución a lugares en los que dicha energía no es necesaria.
6. Las pérdidas de calor son las pérdidas que se producen debido al sistema de calefacción; a través de partes opacas y transparentes de la envoltura del edificio
7. El usuario del software puede comprobar el impacto de una medida de mejora en cada una de las pérdidas o en una combinación de las mismas. Las mejoras están relacionadas con la eficiencia de la

producción de calor. El «tejado», las «paredes» y el «suelo» hacen referencia a las pérdidas de calor a través de las respectivas partes opacas de la envoltura del edificio. Las «ventanas» hacen referencia a las pérdidas de calor a través de las partes transparentes, y la «ventilación» hace referencia a las pérdidas debidas a huecos en la envoltura (p. ej., los marcos de las ventanas).

El grosor de las flechas representa las pérdidas energéticas; cuanto más grueso sea el gráfico, mayores son las pérdidas. Observando la Figura 4.4 podemos observar que las pérdidas por ventilación son las mayores, seguidas de las pérdidas a través de las ventanas.

Se calcularon para cada edificio las diversas pérdidas de calor a través de los diversos elementos de construcción, tal y como se muestra en la Figura 4.4. En el Anexo C se proporcionan estos valores junto con el balance energético. También se tienen en cuenta las pérdidas totales de calor en los edificios-tipos durante su vida útil debido a cualquier reacondicionamiento—cualquier acción posible que entrañe una modificación energética durante la vida residual de los mismos. Para este objetivo, se definen tres parámetros clave adicionales para cada edificio:

- vida útil de referencia o residual en años para un edificio nuevo y existente,
- años sin reducción de pérdidas de calor por elemento de construcción,
- factor reductor para las pérdidas de calor por elemento de construcción, como consecuencia de una medida de reacondicionamiento que se supone que se implementará durante la vida residual de dicho elemento.

Los últimos dos parámetros «años sin reducción de pérdida de calor por elemento de construcción» y «reducción de pérdida de calor durante la vida útil residual por elemento de construcción» permiten ganancias efectivas debido a las acciones de reacondicionamiento que se incorporarán de manera variable. Por consiguiente, se puede calcular el efecto de aquellas opciones de mejora que influyen en la calefacción (o calentamiento) del edificio. A modo de ejemplo, se enumera la configuración de este parámetro variable para el tipo de edificio Z1_SI_001 en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Configuración de los parámetros para la pérdida de calor (edificio tipo Z1_SI_001)

Nombre del parámetro	Elemento de construcción	Valor del Parámetro
Pérdida de calor en m ² al año (kWh/m ²)	Tejado	89
	Paredes	72
	Ventanas	29
	Sótano	17
	Ventilación	63
	Rechazos	19
	Técnico	51
Factor reductor para las pérdidas de calor (%)	Tejado	93
	Paredes	0
	Ventanas	55
	Sótano	0
	Ventilación	0
	Rechazos	0
	Técnico	0
Tiempo sin reducción de perdidas de calor (años)	Tejado	25
	Paredes	40
	Ventanas	10
	Sótano	40
	Ventilación	40
	Rechazos	40
	Técnico	40
Área por tipo de edificio (m ²)	-	150
Vida útil de referencia (años)	-	40

4.5.3.2 Refrigeración

La Sección 4.4.2 describía el enfoque necesario para obtener la demanda media de energía de refrigeración dependiendo de cada zona. Estos valores son independientes del tipo de edificio, ignorando, de este modo, factores como la sombra y la orientación del edificio, los cuales tienen un impacto significativo en la demanda de energía de refrigeración.

Para la evaluación de los impactos del ciclo de vida derivados de la energía de refrigeración se debería tener en cuenta utilizar un factor de refrigeración para todo el edificio. También el hecho de que no se pudo realizar ninguna distribución de los elementos de construcción a la hora de comparar estos resultados con los resultados asignados para la energía de calefacción (véase la Sección 4.5.3.1).

4.5.3.3 Reacondicionamiento

El segundo modelo de la Fase de Uso representa los materiales usados durante la vida útil del tipo de edificio correspondiente. Los modelos del ciclo de vida del reacondicionamiento de los elementos de construcción son idénticos a los de los modelos de la fase de construcción. Sólo se ha variado la configuración de los parámetros para analizar las acciones de reacondicionamiento.

La vida útil residual de los elementos de construcción depende de la composición de los materiales utilizados. Ésto se consigue a través del denominado «factor de reacondicionamiento», el cual detalla la frecuencia con la que se deben cambiar los materiales de construcción. Si se especifica que la vida útil residual de un

elemento de construcción es de 20 años, entonces el factor de reacondicionamiento se calcula como uno (vida útil de referencia del edificio menos 20 años dividido entre 20 años de nuevo).

El factor de reacondicionamiento se calcula de manera individual para cada material de construcción por tipo de edificio (véase el Anexo B).

4.5.4 Modelado del Fin de la Vida Útil

La fase del ciclo de vida denominada «Fin de Vida Útil» se divide en las secciones «Construcción al Final de la Vida Útil» y «Reacondicionamiento al Final de la Vida Útil». Estas secciones tienen en cuenta el tratamiento de los residuos que se acumulan durante la demolición de los materiales de construcción originales y los residuos que se acumulan durante el reacondicionamiento del edificio.

Para las fases del FVU relacionadas con la construcción y el reacondicionamiento de un tipo de edificio determinado, el peso de la masa de los materiales de construcción utilizados se calcula de manera automática con el software GaBi 4 [LBP & PE 2007]. Por lo tanto, para cada tipo de edificio a tener en cuenta, se puede especificar la cantidad correspondiente de materiales en la fase de Fin de Vida Útil.

Los materiales de construcción se agrupan en los mismos elementos que en la fase de construcción. Por lo tanto se definen cinco agrupaciones para la fase de Fin de Vida Útil (tejado, paredes exteriores, paredes interiores, suelos, sótano y ventanas).

De acuerdo con estos grupos, la composición de los materiales y las masas, se calculan las cargas medioambientales y los logros, teniendo en cuenta los correspondientes planes de tratamiento de residuos, incluyendo el reciclaje y la recuperación de energía (véase la Tabla 4.17).

El reciclaje de los materiales se traduce en un logro que corresponde al hecho de que permite evitar la producción de material virgen. Se reconoce cada material obtenido en el Fin de Vida Útil junto con las cargas medioambientales asociadas al mismo descontando la fracción recuperada. La recuperación de energía térmica (incineración) se traduce en logros para la potencia y la energía térmica. Se supone que se usa gas natural para la transformación de esta energía.

Tabla 4.17 Visión general de posibles planes para el tratamiento de los residuos

Material de construcción	Plan de tratamiento de residuos	Logro de reciclaje/ recuperación	Tasas de captación
Residuo de vidrio	Vertedero para materia inerte (vidrio)	-	100%
Residuo de construcción	Vertedero para materia inerte (residuo de construcción no especificado)	-	100%
Residuo de aluminio	Reciclaje de aluminio	Logro material	95%
Residuo de acero	Reciclaje de acero	Logro material	98%
Residuo de plásticos espumados	Incineración	Logro para electricidad y energía térmica	80%
Residuo de PVC	Incineración	Logro para electricidad y energía térmica	80%
Madera	Incineración	Logro para electricidad y energía térmica	80%
Hormigón	Minerales a vertedero inerte	-	100%
Otros minerales	Minerales a vertedero inerte	-	100%
Piedras	Minerales a vertedero inerte	-	100%
Revestimiento y sellado	Reciclaje de revestimiento y sellado	Logro para electricidad y energía térmica	100%
Residuo (no tratado)	Vertedero para materia inerte (residuo de construcción no especificado)	-	Variable

4.5.4.1 Logro material de los residuos de aluminio y acero

El conjunto de datos presenta un escenario de FVU en el que hay un reciclaje en circuito cerrado con una tasa de captación del 98% (acero) y del 95% (aluminio) y pérdidas medias durante el reciclaje. Incluye la «carga evitada» del producto de reciclaje, calculada por la ampliación del sistema. Este conjunto de datos concuerda con los conjuntos de datos de la producción de lámina de acero galvanizado y la producción de lámina de aluminio anodizado. Se puede usar en la cadena de suministro del producto correspondiente de una manera representativa.

El potencial de reciclaje describe el valor ecológico de acumulación de materiales en la tecnosfera. Establece cuántas cargas medioambientales deben ser evitadas en relación con la nueva producción de material (evitar el acero primario o la producción de aluminio). Teniendo en cuenta esta tasa de captación y las tecnologías disponibles hoy en día para el reciclaje de metales, se considera que se necesita un 65% de acero primario o aluminio para la producción de un kg. de lámina de acero o aluminio. Debido a que el potencial de reciclaje al fabricar el producto representa un ahorro, éste dispone de un completo conjunto de datos con todas las características.

Si se utiliza todo el potencial de reciclaje, las características para la fabricación del producto se ven disminuidas por las correspondientes al potencial de reciclaje.

5 Resultados del análisis del ciclo de vida

Habiendo modelado los 72 tipos de edificios usando el modelo genérico anteriormente descrito, se llevaron a cabo las evaluaciones del impacto del ciclo de vida. La evaluación de los resultados del ACV se presenta a modo de ejemplo en la Sección 5.1. Los resultados completos para cada edificio se encuentran en el Anexo C. La Sección 5.2 presenta una sinopsis de todos los resultados sobre el ciclo de vida de los tipos de edificios individuales. Para fines orientativos, en el Anexo C se proporciona la información relativa al tipo de edificio, información relativa a la descripción técnica de cada uno de ellos. En la Sección 5.3 se presentan los impactos medioambientales a nivel de la UE.

Los resultados de los ACV llevados a cabo para todos los tipos de edificios son la base para identificar los puntos medioambientales conflictivos (Sección 5.4). Posteriormente se usan estos puntos conflictivos para definir las opciones de mejora y, finalmente, para calcular los potenciales de mejora (véase el Capítulo 6 y el Capítulo 7).

5.1 Resultados de tallados a nivel edificio

Se evaluó cada uno de los 72 tipos de edificios por separado y los resultados detallados se presentan en el Anexo C. La siguiente información ilustra cómo se presentan estos resultados y cómo deberían interpretarse. Para cada tipo de edificio se presentan los resultados del Análisis del Ciclo de Vida en una tabla y una figura (véase la Tabla 5.1 y la Figura 5.1 que recoge un ejemplo para el tipo de edificio Z1_SI_001).

Tabla 5.1 Ejemplo de la tabla de resultados del AICV para el tipo de edificio Z1_SI_001 (Anexo C)

	EP* (total) MJ/m ² *a	PCG (fuera)a kg/m ² *a	PCG (incorp.)b kg/m ² *a	PCG (neto) kg/m ² *a	PA kg/m ² *a	PE kg/m ² *a	PCOF kg/m ² *a	PACO kg/m ² *a
Fase de Uso	1.104	68,5	-19,5	49,0	1,9E-01	1,2E-02	6,3E-02	3,8E-06
Reacondicionamiento	72	3,2	-3,3	-0,1	1,2E-02	1,0E-03	1,9E-03	2,2E-07
Calefacción y Refrigeración	1 032	65,3	-16,2	49,1	1,8E-01	1,1E-02	6,1E-02	3,6E-06
Fin de Vida Útil	-43	4,6	0,0	4,6	-4,2E-04	2,4E-04	-2,1E-05	-1,3E-07
Construcción	-18	2,5	0,0	2,5	1,4E-03	3,0E-04	1,4E-04	-6,0E-08
Reacondicionamiento	-25	2,0	0,0	2,0	-1,9E-03	-5,8E-05	-1,6E-04	-6,9E-08
Total**	1.104	68,5	-19,5	49,0	1,9E-01	1,2E-02	6,3E-02	3,8E-06

Calefacción y Refrigeración

Sótano	5,8%	5,8%	5,9%	5,8%	5,8%	5,8%	5,9%	5,7%
Suelos/techos	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Paredes Interiores	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Paredes Exteriores	24,8%	24,8%	24,9%	24,5%	24,6%	24,7%	24,9%	24,2%
Tejado	19,9%	19,9%	20,1%	19,7%	19,8%	19,9%	20,0%	19,5%
Ventanas	5,9%	5,9%	5,9%	5,8%	5,8%	5,8%	5,9%	5,7%
Ventilación	21,7%	21,7%	21,8%	21,4%	21,5%	21,6%	21,7%	21,2%
Otros	21,3%	21,3%	21,4%	21,1%	21,1%	21,2%	21,4%	20,8%
Energía de refrigeración	0,9%	0,7%	0,1%	0,8%	1,5%	0,9%	0,3%	2,9%

* EP: Energía Primaria; PCG: Potencial de Calentamiento Global; PA: Potencial de Acidificación; PE: Potencial de Eutrofización; PCOF: Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico; PACO: Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono

** Total = Fase de Uso

a) Emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la combustión y de los procesos industriales; b) gases de efecto invernadero incorporados relativos al contenido de carbono de las fuentes renovables utilizadas, como la madera (véase también la Sección 4.1)

Cada página de resultados contiene una tabla que proporciona una visión general de todos los indicadores medioambientales tenidos en cuenta y de los impactos de las diferentes fases del ciclo de vida (véase la Tabla 5.1). También se proporcionan las contribuciones como proporciones relativas. Se considera que la suma de la Fase de Uso y la Fase de Construcción es el 100% (para los edificios existentes, sólo se tiene en cuenta la Fase de Uso), y los impactos o logros del Fin de Vida Útil se indican como impactos adicionales (positivos o negativos) correspondientes al 100%.

La tabla (Tabla 5.1) muestra las contribuciones absolutas de las fases del ciclo de vida (la Fase de Uso se divide en Calefacción y Refrigeración y Reacondicionamiento), y el Fin de Vida Útil (FVU) se divide en FVU de la construcción y FVU del reacondicionamiento.

El segundo elemento de la sinopsis del AICV es un gráfico que muestra el consumo de energía primaria asociado con cada elemento y aspecto de construcción, y también muestra los porcentajes respectivos de la energía primaria renovable y no renovable (Figura 5.1).

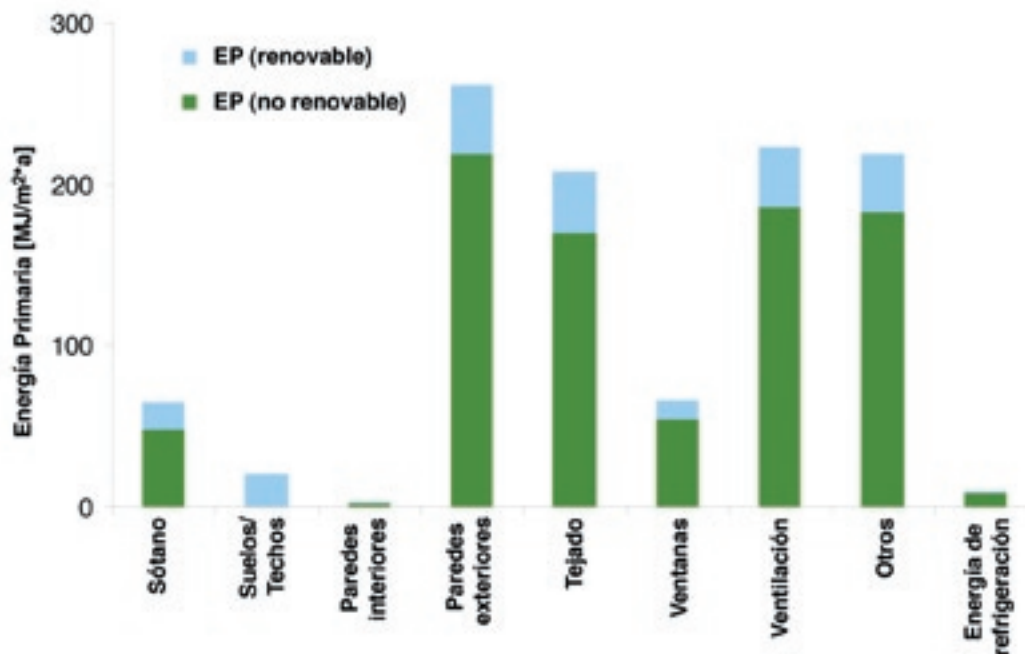


Figura 5.1 Ejemplo de los resultados del ACV para un edificio-tipo
Se muestran las contribuciones de todas las fases del ciclo de vida de los elementos de construcción para el indicador denominado «Energía Primaria».

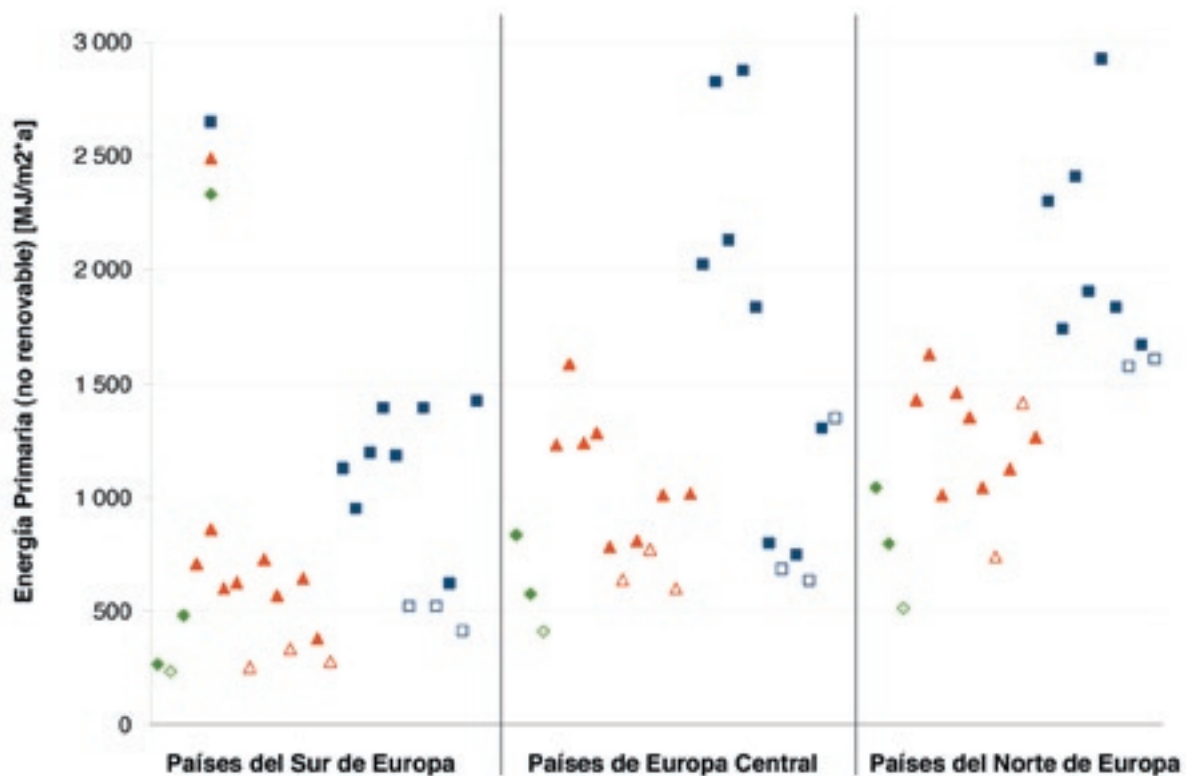
Estos resultados detallados son la base para las siguientes secciones, ya que muestran la influencia de los distintos tipos de parámetros del edificio y de las zonas, y también ponen de relieve las fases más importantes del ciclo de vida que contribuyen a los impactos medioambientales.

5.2 Impactos del ciclo de vida de los tipos de edificios individuales

5.2.1 Impactos del ciclo de vida de acuerdo con las zonas y los tipos de edificios

Desde la Figura 5.2 hasta la Figura 5.8 se muestran los resultados sinópticos para todos los tipos de edificios, separados de acuerdo con las zonas geográficas y los grupos de tipos de edificios, para el consumo de Energía Primaria (no renovable), Energía Primaria (renovable), Potencial de Calentamiento Global, Potencial de Acidificación, Potencial de Eutrofización, Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico y Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono. Los impactos medioambientales incluyen la Fase de Uso y el Fin de Vida Útil para los edificios existentes, y para los edificios nuevos, la Fase de Construcción, la Fase de Uso y el Fin de Vida Útil. Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos.

En cada gráfico, los impactos totales del ciclo de vida están representados con indicadores de punto medio, expresados en m^2 al año.



Primaria (no renovable)».

Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existentes situado a su izquierda

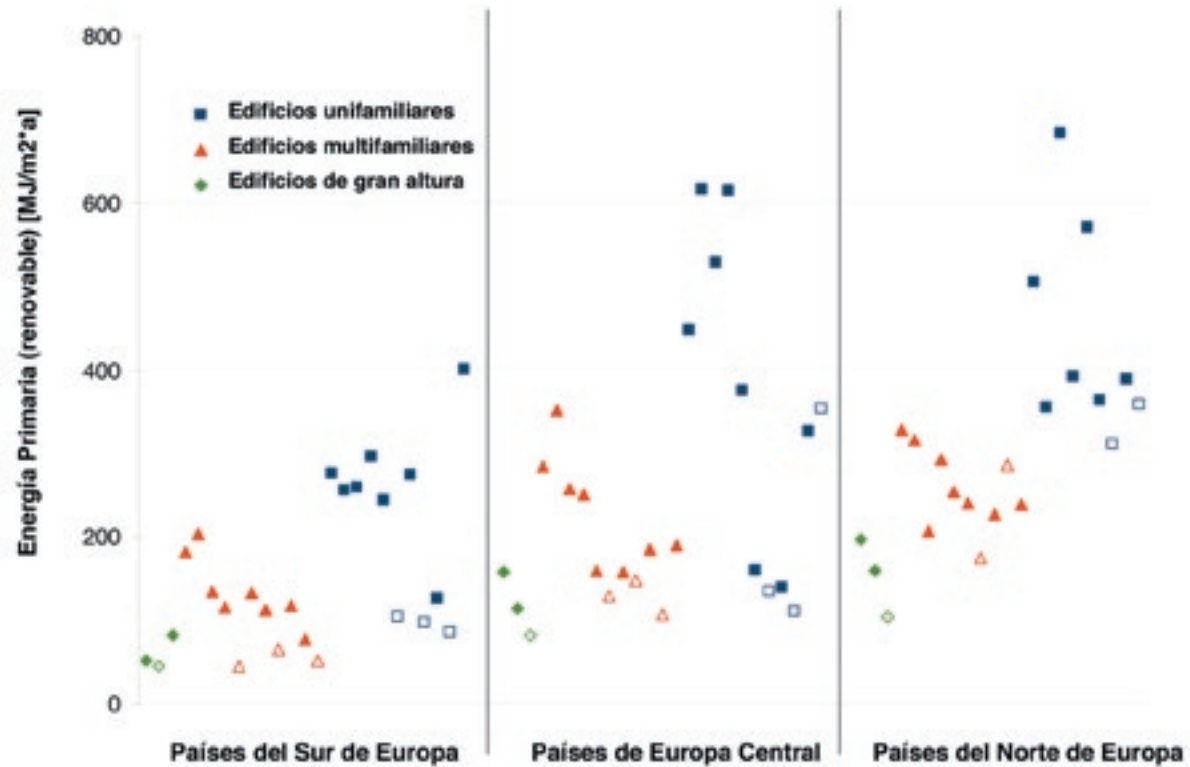


Figura 5.3 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para el indicador medioambiental «Energía Primaria (renovable)». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existentes situado a su izquierda

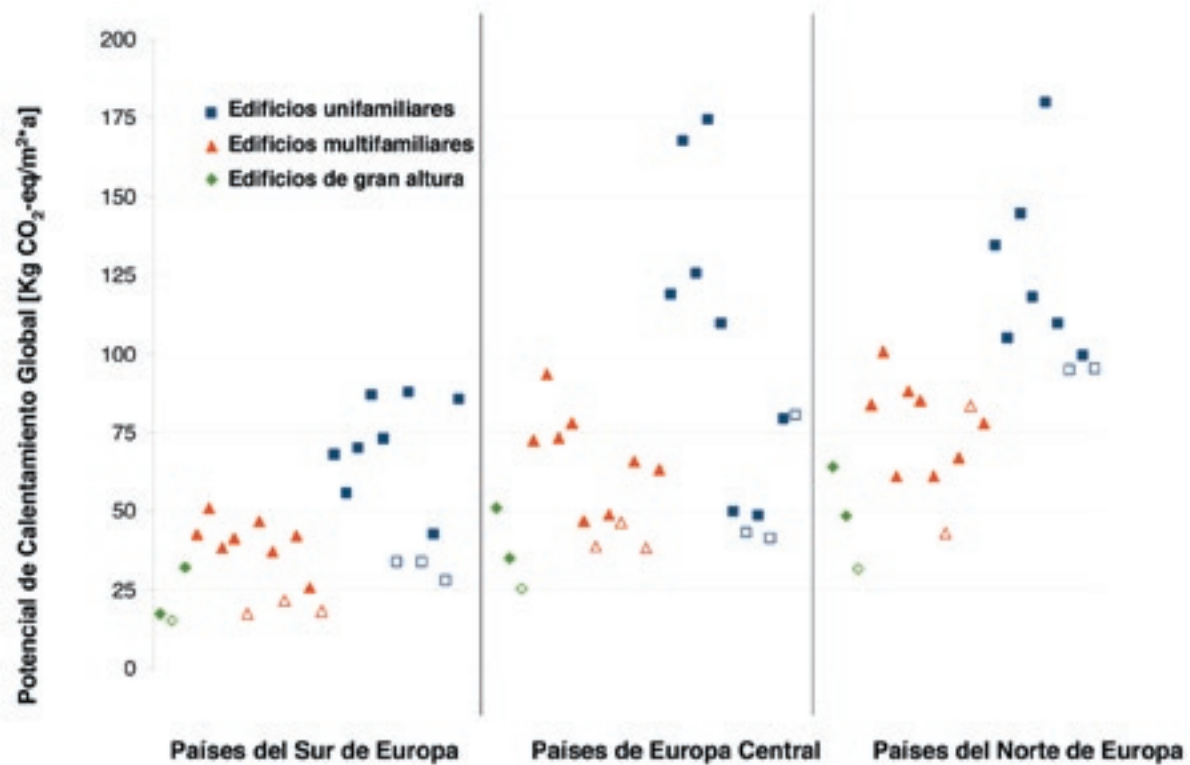


Figura 5.4 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Calentamiento Global». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existentes situado a su izquierda.

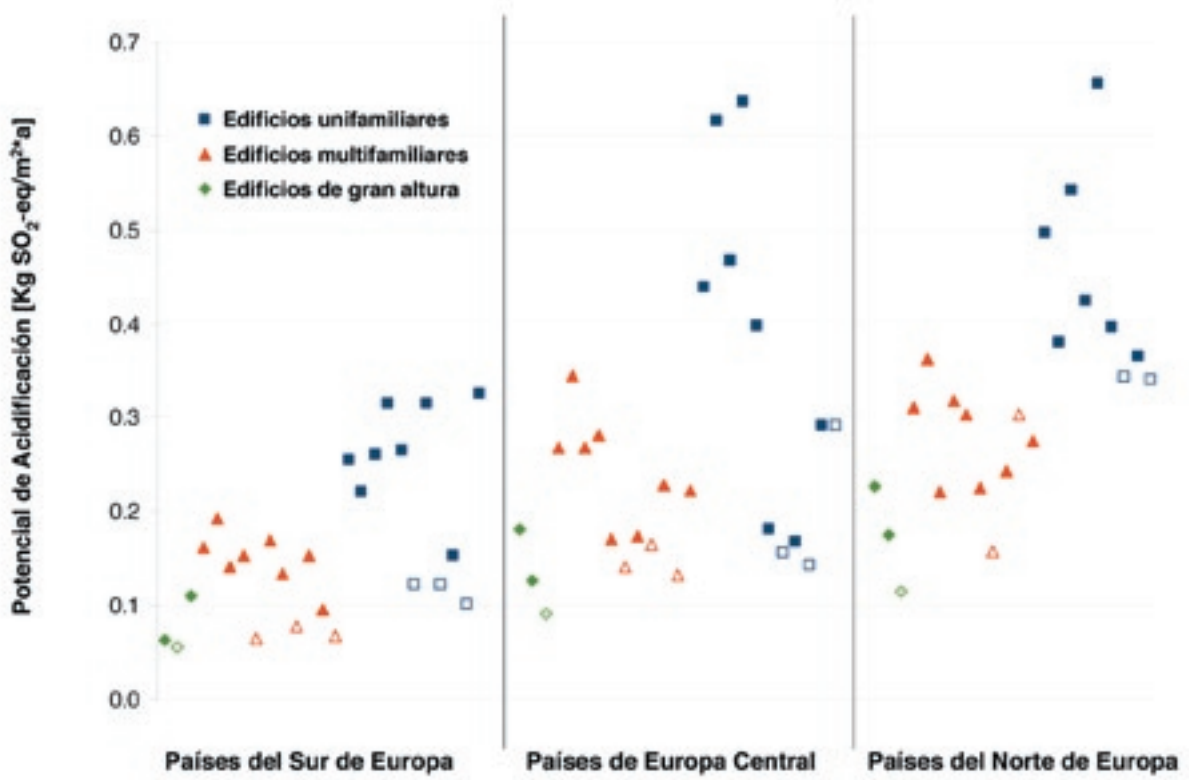


Figura 5.5 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Acidificación». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existentes situado a su izquierda.

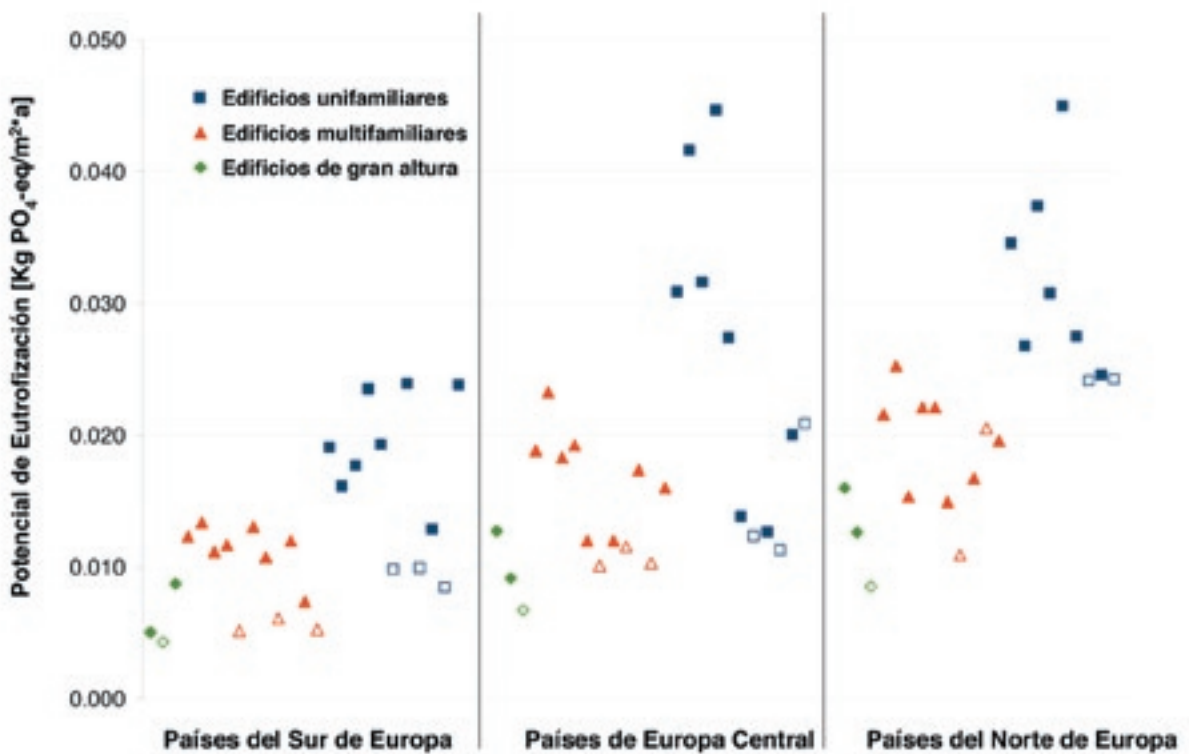


Figura 5.6 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Eutrofización». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existentes situado a su izquierda.

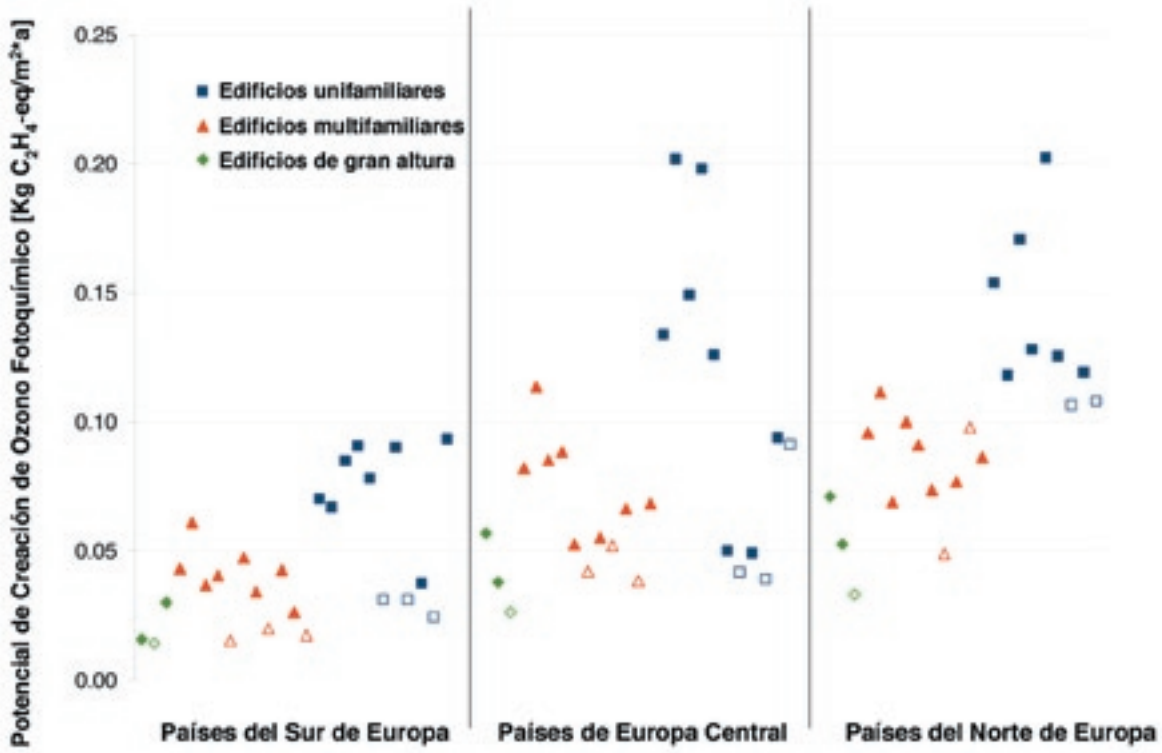


Figura 5.7 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existente situado a su izquierda.

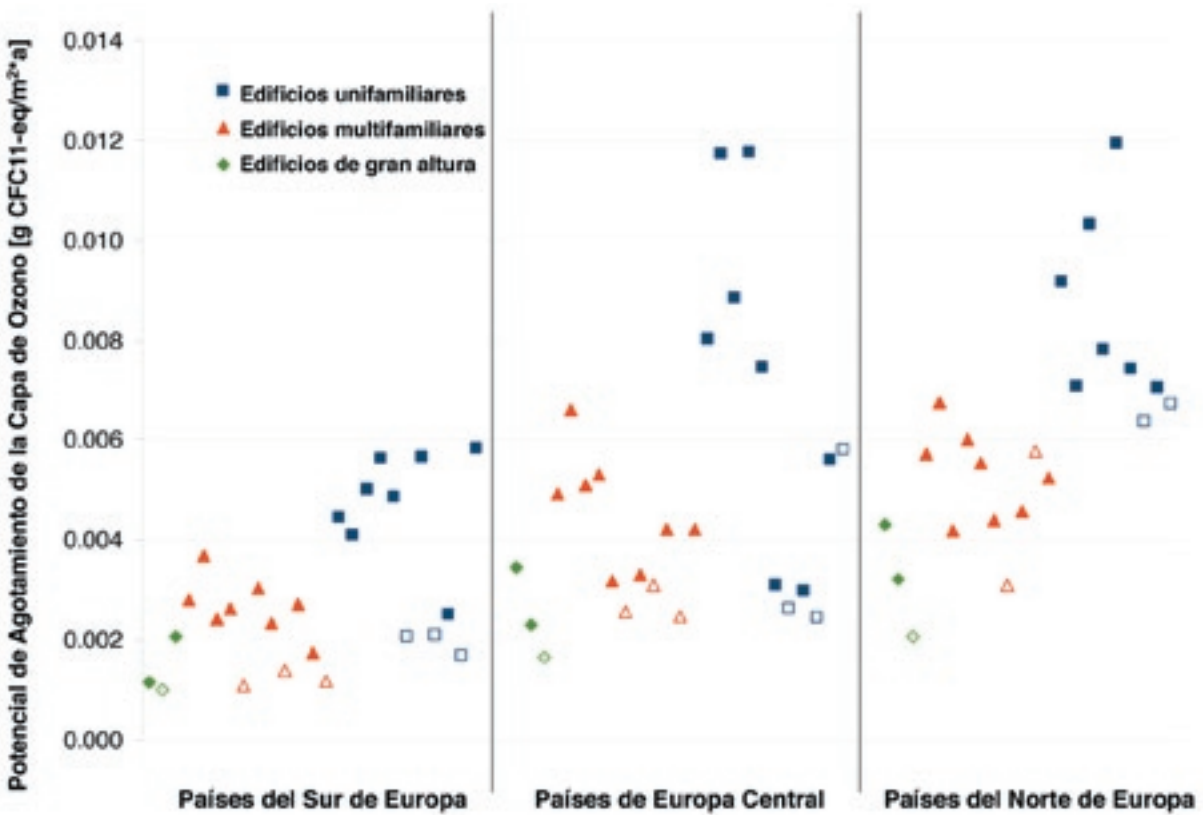


Figura 5.8 Impactos del ciclo de vida de todos los tipos de edificios para la categoría de impacto medioambiental «Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono». Los nuevos tipos de edificios se indican con símbolos blancos y corresponden al tipo de edificios existente situado a su izquierda.

Los gráficos (de la Figura 5.2 a la Figura 5.8) muestran pautas comunes en la mayor parte de las categorías de impactos.

En general, los edificios de gran altura tienen unos impactos del ciclo de vida semejantes, mientras que las casas multifamiliares presentan más desviaciones en los impactos totales. Las desviaciones de los impactos del ciclo de vida en las casas unifamiliares son mayores incluso. Los gráficos también muestran que ésto se cumple en todas las zonas geográficas.

También mostraron claramente que los impactos del ciclo de vida de los edificios de la zona 1 (países del sur de Europa) son, de media, menores que los de los edificios de las otras dos zonas. Esta tendencia es claramente visible para los edificios de gran altura y, en menor medida, para los edificios multifamiliares, mientras que las desviaciones entre casas unifamiliares son, por lo general, demasiado elevadas para identificar dicha tendencia.

Otra tendencia visible en estos gráficos es que los edificios de gran altura tienen los menores impactos del ciclo de vida. De media, las casas unifamiliares son las que tienen los mayores impactos.

Estas tres tendencias generales proceden de la influencia de las condiciones climáticas, la forma del edificio (área: superficie específica) y el nivel de aislamiento en la demanda energética de calefacción (véase la Sección 5.4.2).

Al comparar los edificios nuevos con los edificios existentes, podemos ver que, por regla general, los edificios nuevos tienen mejores rendimientos medioambientales que los edificios existentes.

5.2.2 Impactos del ciclo de vida de acuerdo con las fases del ciclo de vida

Los impactos medioambientales de acuerdo con las fases del ciclo de vida se muestran en la Tabla 5.2 (edificios existentes) y en la Tabla 5.3 (edificios nuevos). Se muestran los ámbitos de las contribuciones de cada fase del ciclo de vida, y se agrupan de acuerdo con la zona geográfica y el tipo de edificio (porcentajes máximos y mínimos).

Ha de tenerse en cuenta que, como definición, la Fase de Uso de los edificios existentes equivale al 100% de los impactos (véase la Sección 5.1). Para la fase del Fin de Vida Útil, se pueden observar valores negativos como consecuencia de los logros de reciclaje (véase la Sección 4.5.4).

En la mayoría de los casos, la fase de Fin de Vida Útil no sobrepasa el 5% (las celdas en blanco y de color amarillo pálido de la Tabla 5.2) de los impactos de la fase de uso de los edificios existentes. Para algunas categorías de impactos (Acidificación, Eutrofización, Contaminación Fotoquímica y Agotamiento de la Capa de Ozono), la contribución del Fin de Vida va desde valores negativos hasta valores positivos. Para el PCG (emisiones netas) y para la Energía Primaria en la zona 1, la contribución del FVU puede llegar hasta el +9,3% (casas unifamiliares). En menor medida, ésto también se cumple para el Potencial de Eutrofización (hasta el 4,5%).

En general, la contribución relativa del Fin de Vida Útil es más importante en la zona 1 que en otras zonas. Ésto se explica por unos impactos medioambientales menores durante la Fase de Uso (debido a una demanda más baja de energía de calefacción), tal y como se muestra en la Sección 5.2.1. Por lo tanto, el porcentaje del Fin de Vida Útil en el sur de Europa es sólo mayor en términos relativos si lo comparamos con los países del centro y del norte de Europa.

Tabla 5.2 Participación (%) de la contribución de las fases del ciclo de vida a los impactos medioambientales para cada zona geográfica y grupo de tipo de edificios (edificios existentes)

Zona	Grupo	Fase del Ciclo de Vida	EP (total)	PCG (neto)	PA	PE	PCOF	PACO
1	SI	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	1,1 - 9,3	1,1 - 9,3	-0,7 - 2,2	1,3 - 4,5	-0,2 - 0,6	-3,7 - 0,1
	MF	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,5 - 9,1	0,5 - 9,1	-0,1 - 1,9	0,1 - 4,0	0,0 - 0,5	-3,2 - 0,1
	HR	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,5 - 2,3	0,5 - 2,3	0,3 - 1,0	0,6 - 2,2	0,1 - 0,2	-0,1 - 0,1
2	SI	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,9 - 6,4	0,9 - 6,4	-1,3 - 0,8	-0,5 - 1,7	-0,3 - 0,2	-2,9 - -0,2
	MF	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,3 - 4,0	0,3 - 4,0	-0,1 - 0,3	0,2 - 1,2	0,0 - 0,1	-1,5 - 0,1
	HR	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,3 - 1,1	0,3 - 1,1	0,1 - 0,5	0,2 - 1,0	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1
3	SI	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,9 - 8,9	0,9 - 8,9	-1,7 - 0,4	-0,4 - 1,1	-0,4 - 0,1	-3,9 - -0,2
	MF	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,3 - 3,9	0,3 - 3,9	-1,0 - 0,5	-0,6 - 1,1	-0,3 - 0,1	-1,7 - 0,1
	HR	Fase de Uso	100	100	100	100	100	100
		Fin de Vida Útil	0,3 - 1,2	0,3 - 1,2	0,1 - 0,5	0,2 - 0,9	0,0 - 0,1	0,0 - 0,1

* Los valores negativos indican logros

>2%	(valor absoluto)
>5%	(valor absoluto)
>20%	(valor absoluto)
>80%	(valor absoluto)

Por definición, para los edificios nuevos (Tabla 5.3), se considera que la suma de la Fase de Construcción y la Fase de Uso representa el 100% de los impactos (véase la Sección 5.1). De nuevo, para la fase de Fin de Vida Útil, se pueden observar valores negativos como consecuencia de los logros de reciclaje (véase la Sección 4.5.4).

En general, la Fase de Uso domina los impactos medioambientales y contribuye (para todos los grupos de edificios y zonas) en más del 50% (en todos los casos). Su porcentaje puede incluso alcanzar el 97%. La Fase de Construcción también contribuye a los impactos y puede alcanzar porcentajes considerables (hasta el 50% en el caso de las casas unifamiliares en la zona 1 y para el Potencial de Eutrofización) La fase de Fin de Vida Útil tiene una importancia menor en todas las zonas y tipos de edificios. Los mayores niveles alcanzados son del 8% para las casas unifamiliares en la zona 2 y del 6% para las casas multifamiliares en la zona 3. En la mayoría de los casos, el porcentaje de Fin de Vida Útil no sobrepasa el 5%.

Al igual que para los tipos de edificios existentes, también hay ciertas tendencias generalizadas para los tipos de edificios nuevos. En cada zona, la importancia de la Fase de Uso suele aumentar de las casas unifamiliares a las casas multifamiliares y, posteriormente, a los edificios de gran altura, a excepción de los edificios de gran altura situados en los países del norte de Europa (zona 3). De nuevo, ésto se debe a que los impactos medioambientales son relativamente menores durante la Fase de Uso (debido a una demanda menor de energía de calefacción) para las casas multifamiliares y los edificios de gran altura en comparación con las casas unifamiliares. Para todos los tipos de edificios, en general, la importancia de la

Fase de Uso aumenta de la zona 1 a la zona 3. El motivo de esta tendencia es la relativa mayor demanda de energía de calefacción en los países del centro y del norte de Europa en comparación con la zona 1, lo que lleva a un porcentaje relativamente mayor de la Fase de Uso en comparación con la Fase de Construcción y la fase de Fin de Vida Útil.

Tabla 5.3 **Ámbito de la participación (%) de la contribución del las fases del ciclo de vida a los impactos medioambientales para cada zona geográfica y grupo de tipo de edificios (edificios nuevos)**

Zona	Grupo	Fase del Ciclo de Vida	EP (total)	PCG (neto)	PA	PE	PCOF	PACO
1	SI	Fase de Construcción	33,4 - 37,2	33,4 - 37,2	32,6 - 35,9	46,3 - 49,9	13,0 - 15,0	21,5 - 24,4
		Fase de Uso	62,8 - 66,6	62,8 - 66,6	64,1 - 67,4	50,1 - 53,7	85,0 - 87,0	75,6 - 78,5
		Fin de Vida Útil	1,5 - 3,2	1,5 - 3,2	0,8 - 1,1	1,5 - 1,7	0,3 - 0,4	-0,8 - -0,1
	MF	Fase de Construcción	26,4 - 34,7	26,4 - 34,7	26 - 35,4	39,3 - 47,7	9,2 - 13,6	15,1 - 20,6
		Fase de Uso	65,3 - 73,6	65,3 - 73,6	64,6 - 74	52,3 - 60,7	86,4 - 90,8	79,4 - 84,9
		Fin de Vida Útil	1,9 - 2,9	1,9 - 2,9	0,5 - 0,8	1,1 - 1,3	0,1 - 0,2	-0,8 - -0,3
	HR	Fase de Construcción	26,8	26,8	25,8	38,8	9,1	15,4
		Fase de Uso	73,2	73,2	74,2	61,2	90,9	84,6
		Fin de Vida Útil	1,7	1,7	0,8	1,3	0,2	-0,1
2	SI	Fase de Construcción	9,1 - 29,3	9,1 - 29,3	13,9 - 29,1	22,2 - 41,6	5,7 - 11,3	15,4 - 19,2
		Fase de Uso	70,7 - 90,9	70,7 - 90,9	70,9 - 86,1	58,4 - 77,8	88,7 - 94,3	80,8 - 84,6
		Fin de Vida Útil	2,1 - 8,2	2,1 - 8,2	-1,8 - 0,7	-0,8 - 1,3	-0,5 - 0,2	-3,4 - -0,4
	MF	Fase de Construcción	12,5 - 24,2	12,5 - 24,2	10,3 - 20,0	17,9 - 33,4	3,3 - 6,8	6,4 - 16,6
		Fase de Uso	75,8 - 87,5	75,8 - 87,5	80 - 89,7	66,6 - 82,1	93,2 - 96,7	83,4 - 93,6
		Fin de Vida Útil	1,1 - 1,4	1,1 - 1,4	0,3 - 1,1	0,6 - 1,9	0,1 - 0,6	-0,3 - 0,1
	HR	Fase de Construcción	19,0	19,0	18,3	28,7	6,0	11,8
		Fase de Uso	81,0	81,0	81,7	71,3	94,0	88,2
		Fin de Vida Útil	1,2	1,2	0,5	0,8	0,1	0,0
3	SI	Fase de Construcción	8,6 - 13,1	8,6 - 13,1	9,5 - 12,6	16,3 - 20,7	3,8 - 4,2	7,9 - 10,7
		Fase de Uso	86,9 - 91,4	86,9 - 91,4	87,4 - 90,5	79,3 - 83,7	95,8 - 96,2	89,3 - 92,1
		Fin de Vida Útil	0,9 - 3,9	0,9 - 3,9	-0,7 - 0,2	-0,2 - 0,5	-0,2 - 0	-1,7 - -0,2
	MF	Fase de Construcción	8,2 - 8,3	8,2 - 8,3	8,3 - 10,8	13,8 - 17,5	2,6 - 3,9	5,1 - 11,5
		Fase de Uso	91,7 - 91,8	91,7 - 91,8	89,2 - 91,7	82,5 - 86,2	96,1 - 97,4	88,5 - 94,9
		Fin de Vida Útil	0,7 - 5,5	0,7 - 5,5	-1,3 - 0,1	-0,6 - 0,4	-0,4 - 0	-2,3 - -0,2
	HR	Fase de Construcción	20,0	20,0	19,3	30,0	6,4	12,6
		Fase de Uso	80,0	80,0	80,7	70,0	93,6	87,4
		Fin de Vida Útil	1,3	1,3	0,5	0,8	0,1	-0,1

* Los valores negativos indican logros

> 5% (valor absoluto)

> 20% (valor absoluto)

> 50% (valor absoluto)

> 80% (valor absoluto)

5.3 Impactos medioambientales a nivel de la UE

Se agruparon los impactos medioambientales de los 72 tipos de edificios individuales de la UE multiplicados por el correspondiente volumen de construcción (área habitable en millones de m²). La Figura 5.9 muestra los resultados del agrupamiento para la categoría de impacto denominada «Potencial de Calentamiento Global». Los resultados para las otras categorías de impactos muestran pautas similares (esto se tratará más detalladamente en la Sección 5.3.2 que se muestra más abajo).

En primer lugar, los impactos medioambientales de los edificios nuevos pueden considerarse como insignificantes al compararlos con los impactos de los edificios existentes (el porcentaje es del 1,2%).

En segundo lugar, los resultados muestran que los impactos medioambientales predominan en la zona 1 (23,6%) y en la zona 2 (69,6%). La zona 3 sólo es responsable del 6,8% de los impactos medioambientales. Esto se debe principalmente a la pequeña participación porcentual del área habitable en los países del norte de Europa (4,0%) en comparación con la zona 1 (42,9%) y la zona 2 (53,1%), la cual, por regla general, es superior a los mayores impactos medioambientales por m² en el norte de Europa como consecuencia de las condiciones climáticas (véase la Sección 5.2.1).

En tercer lugar, los resultados sugieren que las casas unifamiliares y las multifamiliares tienen los mayores impactos medioambientales a nivel de la UE. Ésto se tratará con más detenimiento en la Sección 5.3.2. Sólo cinco de los diez tipos de edificios dominan los impactos medioambientales (debido a la alta participación porcentual del área habitable).

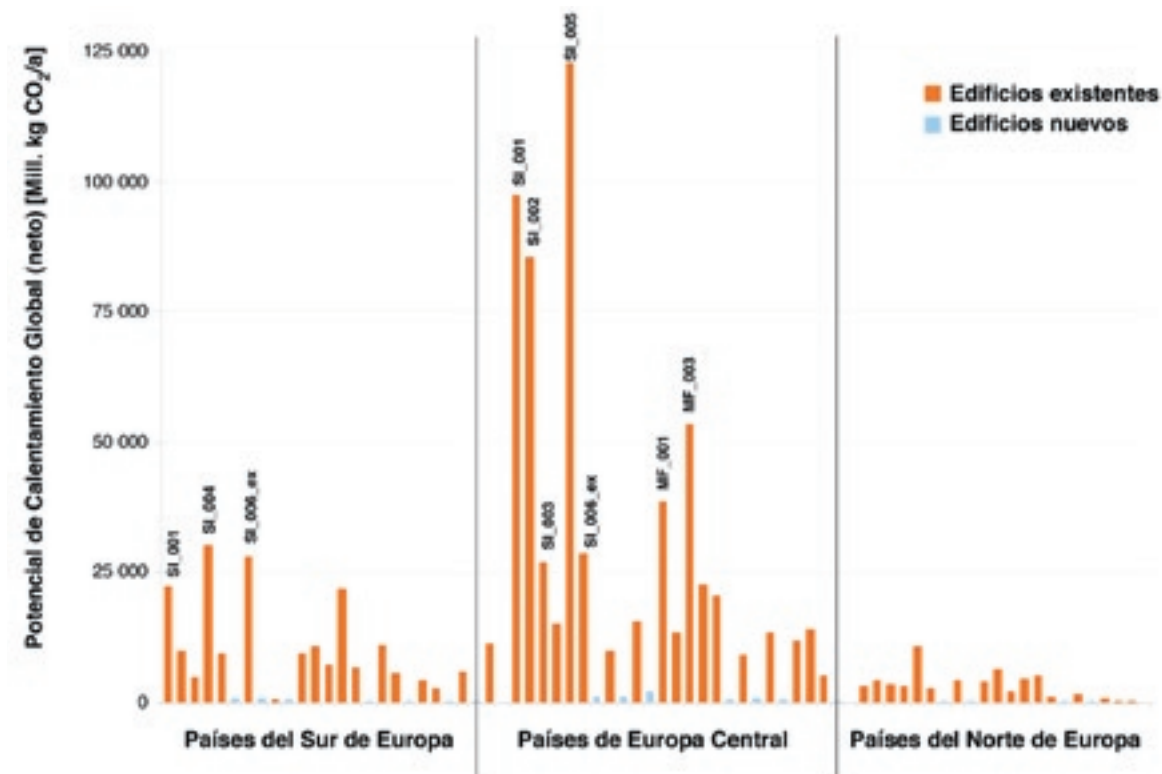


Figura 5.9 Impacto medioambiental total del volumen de construcción en la UE-25 para el indicador medioambiental «Potencial de Calentamiento Global».

5.3.1 Impactos medioambientales de acuerdo con la fase del ciclo de vida

La Figura 5.10 ilustra, a nivel global de la UE, la preponderancia de la Fase de Uso en los impactos medioambientales del volumen de edificios residenciales en la UE-25. El Fin de Vida Útil representa sólo del -1,3 al 2,7% de los impactos medioambientales. Para la Energía Primaria (renovable y no renovable) y para el Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono, la contribución de la Fase de Fin de Vida Útil es negativa, es decir, el Fin de Vida Útil muestra logros debido al reciclaje de materiales (de -1,3 a -0,1%). Para el PCG, el Potencial de Acidificación, el Potencial de Eutrofización y el Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico, el Fin de Vida Útil muestra impactos medioambientales positivos (de 0,1 a 2,7% si lo comparamos con los impactos de la Fase de Uso).

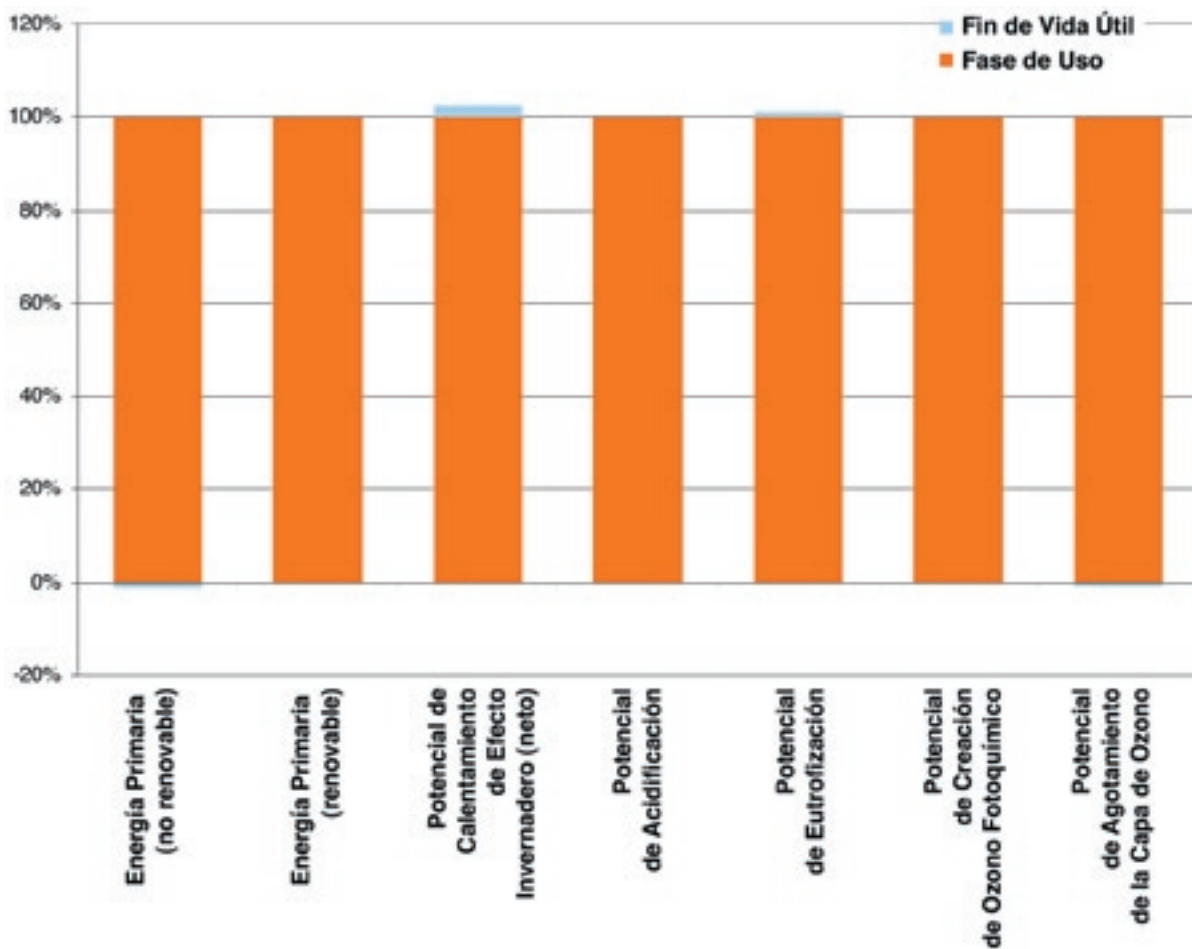


Figura 5.10 Impactos medioambientales totales del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con las fases del ciclo de vida (edificios existentes).

Para los edificios nuevos, la Fase de Uso también domina los impactos medioambientales a nivel de la UE, aunque la Fase de Construcción también representa una gran participación porcentual de los impactos (Figura 5.11). La Fase de Construcción es responsable del 8,3 al 34,3% de los impactos medioambientales. La participación porcentual es la más alta para el Potencial de Eutrofización (34,3%) y el más bajo para el PCOF (8,3%).

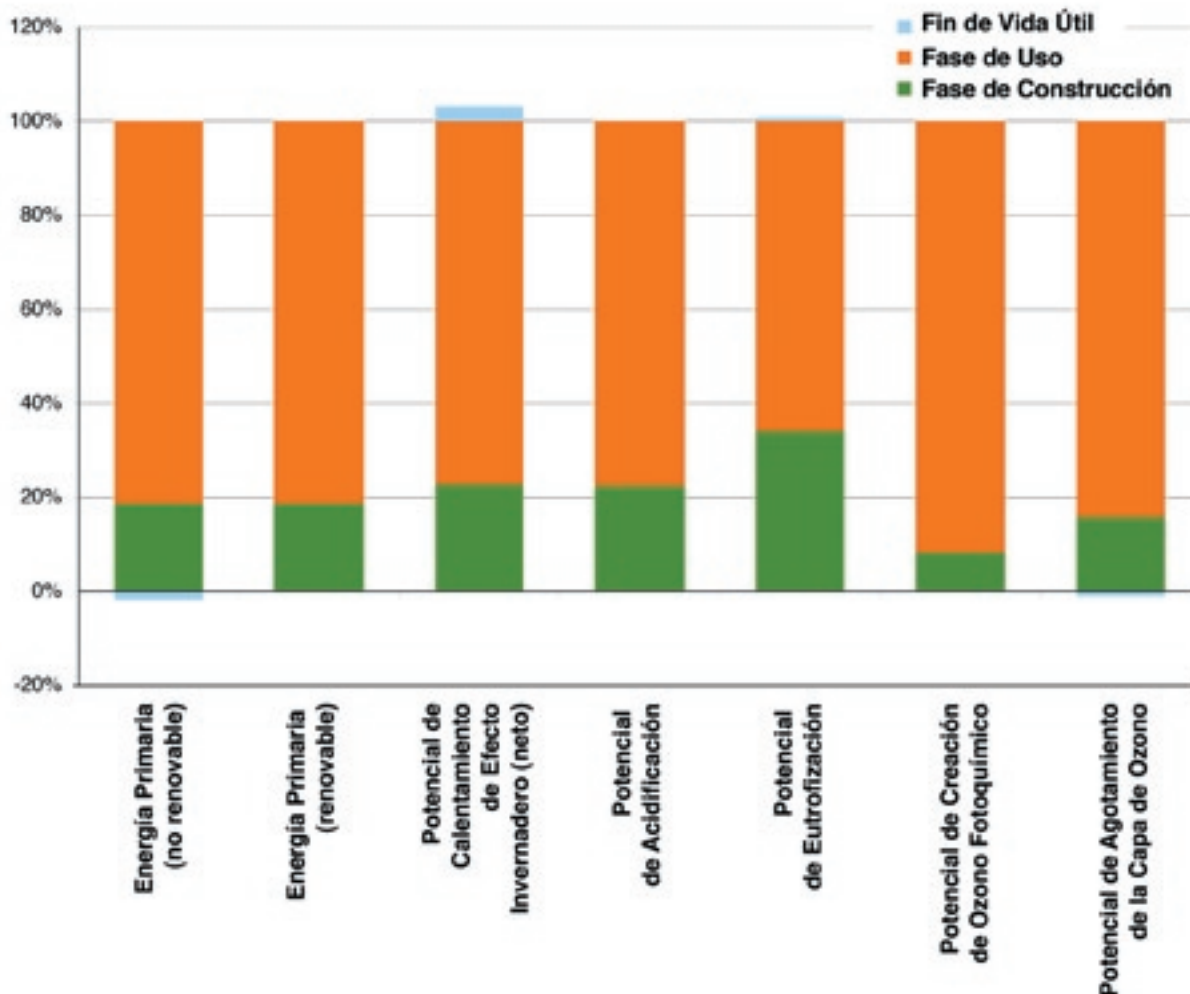


Figura 5.11 Impacto medioambiental total del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con las fases del ciclo de vida (edificios nuevos).

De nuevo, el Fin de Vida Útil es de menor importancia (sólo del -1,7 al 3,2% de los impactos medioambientales). Para la Energía Primaria (renovable y no renovable) y el Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono, el Fin de Vida Útil muestra logros, mientras que para el PCG, el PA, el PE y el PCOF, el Fin de Vida Útil muestra impactos medioambientales positivos.

5.3.2 Impactos medioambientales de acuerdo con la zona geográfica y el grupo de edificios

Al agruparlos de acuerdo con las zonas geográficas, se puede observar que la mayoría de los impactos medioambientales tienen su origen en la zona 2 (países del centro de Europa) con un 69,2–69,7% de los impactos medioambientales a nivel de la UE (Figura 5.12). La zona 1 (países del sur de Europa) es responsable del 23,5–24,1% de los impactos. La zona 3 desempeña un papel de menor importancia (del 6,7 al 6,8%). Al compararlos con el área habitable, la zona 2 representa una participación porcentual mayor de los impactos medioambientales que lo que sugeriría la participación porcentual del área habitable (53,1%). Esto también sucede en la zona 3 (4% del área habitable). Para la zona 1, (42,9%), los impactos medioambientales correspondientes son menores que el porcentaje del área habitable. Esto se puede explicar con unos impactos medioambientales menores, por regla general, del volumen de construcción de la zona 1 por m² al compararlos con los tipos de edificios de otras zonas (véase la Sección 5.2.1).

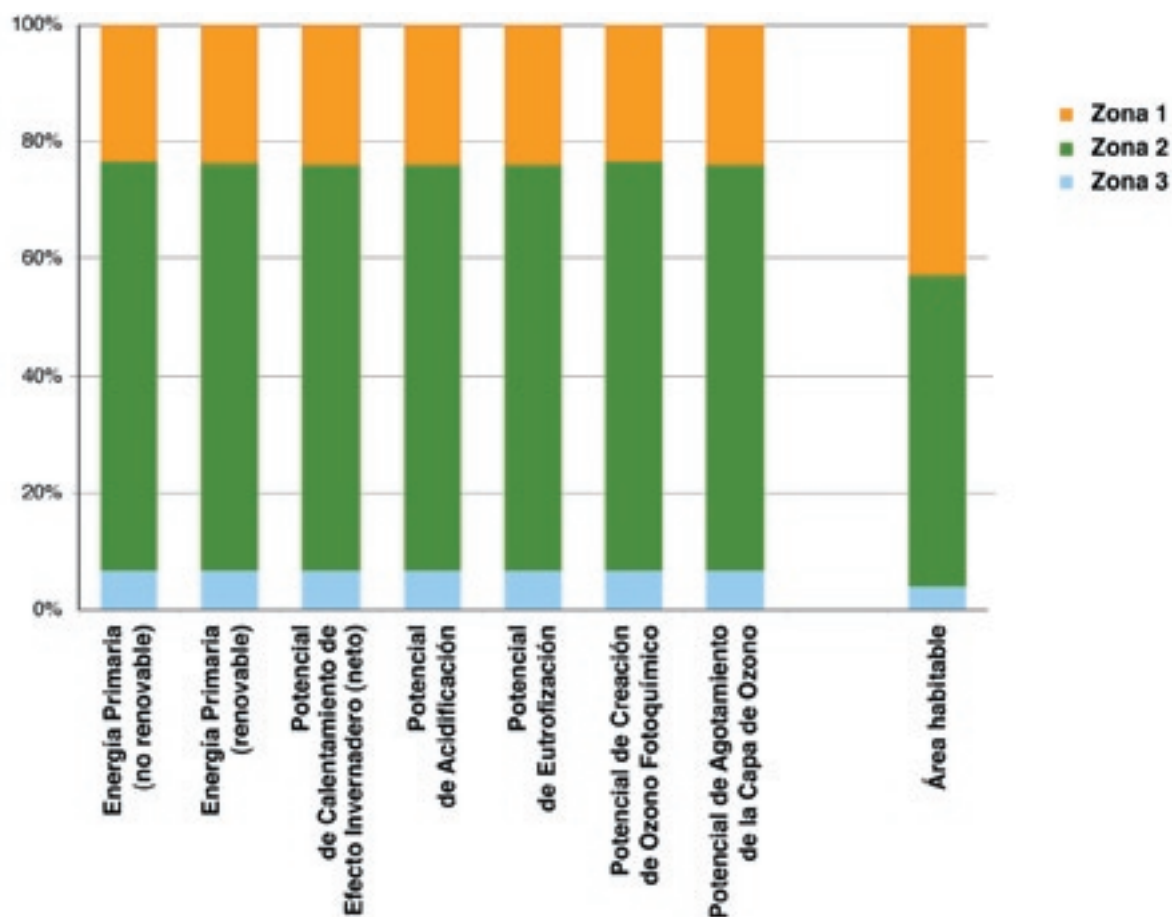


Figura 5.12 Contribuciones relativas al total de impactos medioambientales del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con las zonas geográficas.

La Figura 5.13 muestra los impactos medioambientales a nivel de la UE agrupados según los grupos de edificios. La mayor parte de los impactos medioambientales se deben a las casas unifamiliares (del 63,3 al 64,0%), seguidas de las casas multifamiliares (del 31,9 al 32,3%). Los edificios de gran altura sólo son responsables del 4,1 al 4,4% de los impactos medioambientales. Nuevamente, los porcentajes de los impactos medioambientales se pueden comparar con los porcentajes correspondientes del área habitable. Las casas unifamiliares muestran unos porcentajes relativos mayores en los impactos medioambientales que lo que sugeriría su porcentaje en el área habitable. Esto se debe a que sus cargas medioambientales son relativamente mayores por m² de área habitable, tal y como se muestra en la Sección 5.2.1. Por el contrario, para las casas multifamiliares, y más especialmente para los edificios de gran altura, sus correspondientes impactos medioambientales son menores que sus porcentajes en el área habitable.

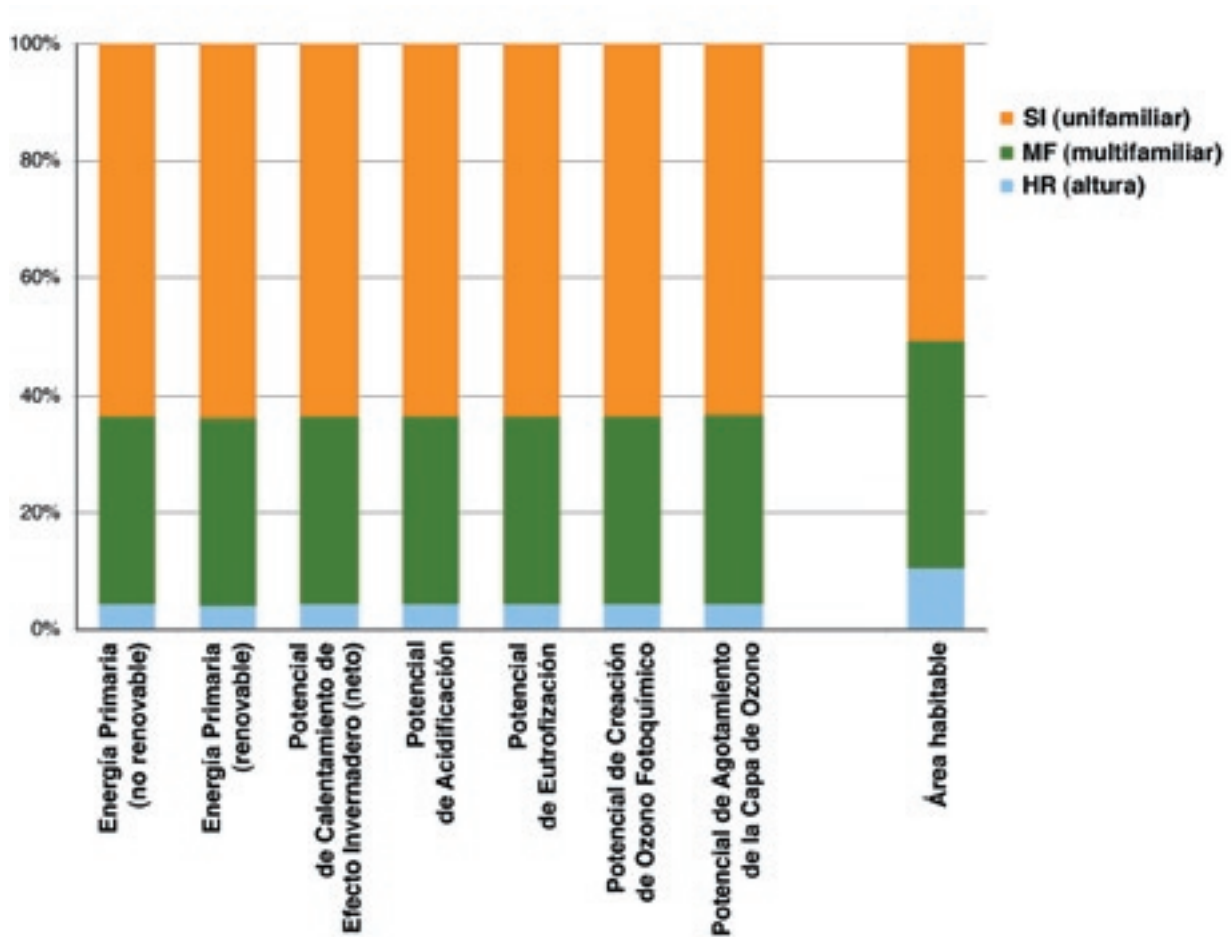


Figura 5.13 Contribuciones relativas al total de impactos medioambientales del volumen de construcción en la UE-25 de acuerdo con los grupos de edificios.

Todos los impactos medioambientales muestran unas pautas similares para todas las categorías de impactos e indicadores medioambientales (véase la Figura 5.12 y la Figura 5.13). En gran medida, esto refleja que los edificios existentes dominan estos impactos, en los que la fase de uso, especialmente el uso de energía para la calefacción, es el origen principal de los impactos.

5.4 Puntos medioambientales conflictivos

5.4.1 Introducción

Las secciones anteriores mostraban la gran preponderancia de la Fase de Uso en los impactos globales del ciclo de vida de los edificios (véase la Sección 5.3.1). También mostraban la importancia de las zonas geográficas en términos de impactos medioambientales de edificios residenciales. En esta sección, los impactos de la Fase de Uso y de la Fase de Construcción (en el caso de los edificios nuevos) se detallan con más detenimiento y se analizan con el objetivo de identificar cuáles son los componentes del edificio que generan los mayores impactos.

En ambos casos, se redimensionan a nivel de la UE los resultados del AICV que se proporcionan en el Anexo C para cada tipo de edificio y se agrupan a fin de poner de relieve la contribución media de los diversos elementos de construcción.

5.4.2 Fase de Uso

5.4.2.1 Rendimiento energético de los edificios

Entre los tipos de edificios hay diversas diferencias. Una de las más importantes que influye en la demanda energética (calefacción y refrigeración) es la superficie de la envolvente: la superficie específica se calcula como el coeficiente de calor que pasa del área de la envolvente al volumen del edificio. Una casa multifamiliar suele mostrar una envolvente más pequeña (una superficie específica menor) que, por ejemplo, las casas multifamiliares. Los valores varían desde los edificios de gran altura, con valores por debajo de $0,4 \text{ m}^2/\text{m}^3$, a las casas multifamiliares, con valores desde $0,4$ hasta $0,8 \text{ m}^2/\text{m}^3$, hasta las casas unifamiliares, con valores que se encuentran entre $0,8$ y $1,2 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Este ratio tiene una influencia significativa en el consumo de energía para calefacción por m^2 de área habitable y, por lo tanto, afecta a la Fase de Uso del Edificio, arrojando diversos resultados en los Resultados de los Análisis del Impacto del Ciclo de Vida (véase la Sección 5.2.1).

Entre las zonas geográficas, las mayores diferencias residen en la temperatura media mensual, así como en la radiación solar mensual difusa y global, la cual varía de manera significativa de una zona a otra.

En cierta medida, las envolturas de los edificios en Europa ya están adaptadas a las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, los edificios del norte de Europa han sido diseñados con un nivel mayor de aislamiento térmico para así reducir mejor las transferencias de calor. Esto se tuvo en cuenta a la hora de determinar las condiciones límite de los edificios de una determinada zona.

Al combinar estos tres factores podemos explicar en gran parte el perfil energético y medioambiental de los edificios modelados en el proyecto. La influencia de estos factores se muestra en la Figura 5.14, la cual muestra la demanda media de energía primaria por m^2 de área habitable al año en diversas zonas y para los diversos tipos de edificios (incluyendo los edificios nuevos y los existentes). Los impactos se agruparon para todos los tipos de edificios (por separado para los edificios nuevos y los existentes) que pertenecían al grupo de edificios correspondiente (SI, MF, HR) y zona y, posteriormente, se calcularon las medias. En este caso, se utilizó la Energía Primaria (total) como un indicador, el cual es un buen representante de los impactos medioambientales (véase la Sección 5.3.2).

Hay que destacar que, a pesar de que la demanda energética para los edificios de la zona 3 es la más alta, esto no es distinto para los edificios de otras zonas, proporcionalmente a su media de grados-días de calefacción (1.269 , 3.272 , 4.513 GDC en la zona 1, zona 2 y zona 3 respectivamente). Esto se explica gracias al mayor nivel de aislamiento de estos edificios si los comparamos con otros de otras zonas.

5.4.2. Puntos conflictivos

Se asignaron los impactos medioambientales de la fase de uso a los diversos elementos de construcción, según su papel en lo que respecta a las pérdidas de calor. La Figura 5.14 muestra la contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales de la Fase de Uso. Las pérdidas de calor («otros»)⁴ no se incluirán en el análisis de los puntos conflictivos.

⁴ Las pérdidas de calor debido a motivos técnicos o rechazos (resumidos como «otros») se deben a una distribución irregular de la temperatura, a temperaturas ambientes o a un control de la calefacción que no son los más apropiados, a pérdidas de calor del sistema de distribución de calor, a pérdidas en la generación de calor en funcionamiento y en standby y a pérdidas de calor debido a un control del sistema de calefacción que no es el óptimo. Los rechazos representan ganancias de calor no utilizadas.

Tal y como se ha mostrado anteriormente, existe una pauta clara que muestra un mayor número de impactos medioambientales al viajar desde el sur hasta el norte de Europa y un menor número de impactos medioambientales de las casas unifamiliares a las casas multifamiliares y, por último, a los edificios de gran altura (véase la Sección 5.2.1). Hay que tener presente que sólo un pequeño porcentaje de impactos medioambientales tienen su origen en los países del norte de Europa (zona 3) debido a la pequeña participación porcentual del área habitable en esta zona (véase la Figura 5.12).

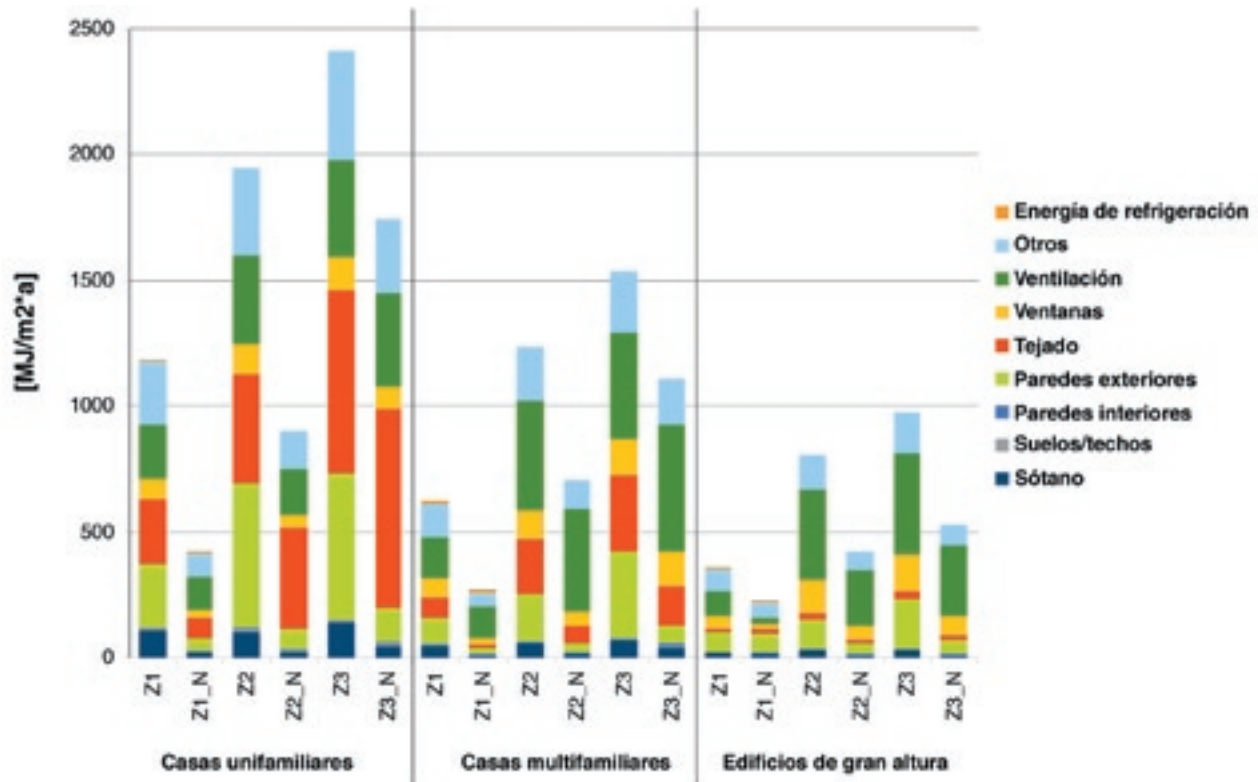


Figura 5.14 Contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales de la Fase de Uso (Energía Primaria total) de acuerdo con la zona y el grupo de edificios (media ponderada). _N significa edificios nuevos.

La Figura 5.14 sugiere, en primer lugar, una pauta común a lo largo de las diversas zonas y tipos de edificios; concretamente, la importancia de las pérdidas de calor relacionadas con la ventilación del edificio. Las pérdidas de calor a través de los tejados y las paredes exteriores son también importantes en la mayoría de las casas unifamiliares y multifamiliares. Sin embargo, en estos casos, tanto los niveles absolutos como los relativos varían de un tipo de edificio a otro. La importancia relativa de las pérdidas de calor a través de las paredes exteriores en los edificios de gran altura es también significativa, a pesar de que los tejados tienen una importancia menor en el caso de estas construcciones. Ésto se debe tanto a una participación más pequeña de la superficie del tejado en el total de la superficie de la envoltura del edificio, como a un nivel de aislamiento mayor.

Para las casas unifamiliares y multifamiliares, las pérdidas de calor porcentuales a través de las ventanas son menores debido a que las superficies implicadas son menores, pero también como consecuencia de la suposición de que el reacondicionamiento de las ventanas es, en gran medida, parte de una evolución autónoma en los edificios ya existentes, y que tendrá lugar durante la vida de los mismos. Sin embargo, su importancia relativa es mayor para los edificios de gran altura.

En este gráfico también podemos observar el mejor rendimiento energético de los edificios nuevos, mostrando unos niveles de aislamiento mucho más altos.

Zona 1

Para las **casas unifamiliares** existentes, el tejado y las paredes exteriores son los puntos conflictivos más importantes, seguidos de la ventilación. Para las casas unifamiliares nuevas, la ventilación es la carga medioambiental dominante en la Fase de Uso, seguida del tejado y de las paredes exteriores.

En lo que respecta a los **edificios multifamiliares**, la ventilación y las paredes exteriores son los elementos más importantes, tanto para los edificios existentes como para los nuevos.

Los puntos conflictivos de los **edificios de gran altura** existentes son la ventilación y las paredes exteriores. Para los edificios HR ya existentes, los elementos de construcción dominantes desde el punto de vista medioambiental son las paredes exteriores y la ventilación.

Las pérdidas de calor a través de las ventanas muestran algunos puntos conflictivos (casas multifamiliares existentes y edificios de gran altura). En las casas unifamiliares existentes, el tejado tiene también una gran importancia. El sótano, los suelos/techos, las paredes interiores y la energía de refrigeración sólo juegan un papel relativamente menor.

Zona 2

En general, en las **casas multifamiliares** existentes, la mayoría de los impactos medioambientales están relacionados con las pérdidas de calor a través de las paredes exteriores, seguidas de las pérdidas de calor a través del tejado. Para las casas unifamiliares nuevas, el tejado y la ventilación son los que muestran los mayores impactos.

En las **casas multifamiliares** nuevas y existentes, las pérdidas por ventilación juegan un papel importante, seguidas de las pérdidas a través del tejado.

Los impactos medioambientales de los **edificios de gran altura** durante la Fase de Uso están dominados por las pérdidas por ventilación de la energía para calefacción, las ventanas y las paredes exteriores.

Como en la zona 1, los elementos de construcción como el sótano, los suelos/techos, las paredes interiores y la energía de refrigeración sólo juegan un papel de menor tanto en los edificios existentes como en los nuevos.

Zona 3

Al igual que en los países del centro de Europa, las **casas unifamiliares** existentes sitas en la parte norte de Europa muestran que la mayoría de sus impactos medioambientales están relacionados con las pérdidas de calor a través del tejado y las paredes exteriores. Las pérdidas por ventilación ocupan el tercer lugar. Para los edificios nuevos, el tejado es el elemento de construcción más importante, seguido de la ventilación.

Las **casas multifamiliares** de esta zona son bastante parecidas a las de los países del centro de Europa. Las pérdidas por ventilación, las pérdidas de calor a través de las paredes exteriores y el tejado representan los puntos conflictivos de la Fase de Uso para este grupo de edificios.

En los **edificios de gran altura**, la ventilación, las paredes y las ventanas son los dominantes en la Fase de Uso.

Como en las otras zonas, los elementos de construcción como el sótano, los suelos/techos, las paredes interiores y la energía de refrigeración sólo juegan un papel menor tanto en los edificios existentes como en los nuevos.

5.4.3 Fase de construcción

La contribución de los elementos individuales de construcción a los impactos medioambientales en la Fase de Construcción se muestra en la Figura 5.15. Los impactos se agruparon para todos los tipos de edificios nuevos que pertenecían al grupo de edificios correspondiente (SI, MF, HR) y zona y, posteriormente, se calcularon las medias. Se utilizó la Energía Primaria total como un indicador para los impactos medioambientales, ya que es un buen representante del mismo (véase la Sección 5.3.2).

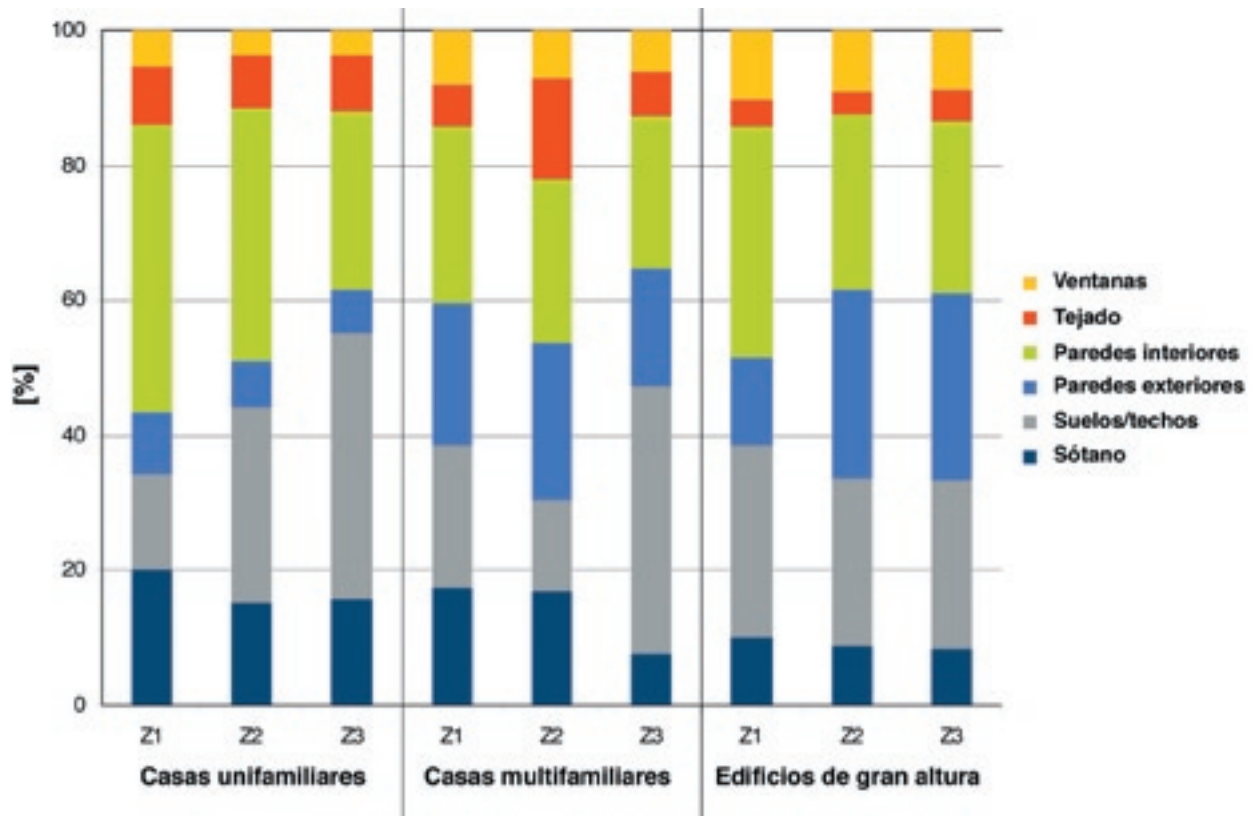


Figura 5.15 Contribución de los elementos de construcción individuales a los impactos medioambientales en la Fase de Construcción (Energía Primaria total), para edificios nuevos de acuerdo con la zona y el grupo de edificios.

En las tres zonas, las paredes exteriores, el sótano y los suelos/techos son importantes. Las paredes interiores, el tejado y las ventanas solo desempeñan un papel de menor importancia.

Obviamente, la geometría y el volumen influyen en el papel que desempeñan los diversos elementos de construcción. Por ejemplo, las paredes exteriores tienden a desempeñar un papel de una importancia relativamente menor en los edificios de gran altura que en el resto.

5.5 Solidez de los resultados

Para todos los modelos de construcción se llevaron a cabo verificaciones de la integridad de la masa global de los materiales de construcción, de la energía calculada en la fase de uso y de los procesos de Fin de Vida Útil, verificaciones realizadas a nivel de componente de construcción. Todos los datos de entrada se examinaron internamente para garantizar la integridad o totalidad de los modelos del ciclo de vida con respecto a las masas, las áreas y los ciclos de reacondicionamiento de los elementos de construcción.

Debido a que los modelos del ciclo de vida describen la información de entrada, se realizaron análisis de sensibilidad centrados en los parámetros más importantes del ciclo de vida. Los efectos medioambientales predominantes en la fase de uso muestran la importancia de uno buenos datos de entrada para las demandas energéticas de calefacción y refrigeración. Resultados similares se observan también para algunos aspectos de la fase de Fin de Vida Útil, especialmente en los edificios existentes.

Se realizó una verificación de la consistencia antes de aplicar el modelos del ciclo de vida genérico a los tipos específicos de edificios. Se eligieron procesos de fondo consistentes, los cuales garantizaban definiciones similares para los límites del sistema, los criterios límite y otros aspectos subyacentes del modelado. En el sistema en primer plano, se definió el uso de elementos de construcción, el transporte y los requerimientos energéticos a lo largo de todos los modelos del ciclo de vida de una manera coherente. Por consiguiente, la inclusión u omisión de los aspectos del ciclo de vida es similar en todos los ACV.

6 Opciones para mejorar el rendimiento medioambiental de los edificios residenciales

Los puntos medioambientales conflictivos explicados en la Sección 5.4 son la base para la definición de las opciones de mejora técnica. Los impactos medioambientales del ciclo de vida cuantificados en el Capítulo 5 y los puntos medioambientales conflictivos proporcionan una base sólida para centrar el análisis de las mejoras medioambientales en la Fase de Uso y, más especialmente, en la calefacción y, en el caso de los edificios nuevos, en la Fase de Construcción.

Este capítulo describe las opciones de mejora a tener en cuenta para un análisis más detallado. Aquí se cuantifican las mejoras medioambientales y los costes de estas medidas.

6.1 Mejora del rendimiento energético de los edificios existentes

En el caso de los edificios existentes, la eficiencia energética se puede mejorar mediante la implementación de unos niveles mayores de aislamiento térmico en los componentes de la envoltura (p. ej., el tejado, las paredes exteriores). En lo que respecta a los puntos medioambientales conflictivos identificados en 5.4.2.2, las principales opciones de mejora son las siguientes:

- sustitución de las ventanas,
- aislamiento adicional de la fachada,
- aislamiento adicional del tejado,
- nuevos sellados para reducir las pérdidas por ventilación.

En la siguiente información, se describen las medidas de reacondicionamiento en términos de prácticas generales que reflejan las mejores técnicas disponibles en estos momentos en la UE-25. Pueden existir medidas que aumenten el rendimiento medioambiental, aunque es posible que sean menos viables desde un aspecto técnico o bien demasiado costosas. Las medidas más usadas se enumeran en la Tabla 6.1, con una breve descripción sobre las técnicas y materiales implicados (por ejemplo, grosor del panel de aislamiento de 12 cm. de ETICS-Sistemas Compuestos de Aislamiento Térmico Exterior). Dichas medidas se obtuvieron de encuestas realizadas durante la European COST C16 action [BRAGANÇA 2007].

El objetivo de este proyecto no es proporcionar unas instrucciones detalladas sobre cómo aplicar una medida. Sin embargo, hay que tener presente que, en la práctica, la ejecución detallada de las medidas debe amoldarse al edificio en cuestión.

Tabla 6.1 Medidas de mejora tenidas en cuenta para los edificios existentes

Elemento de construcción	Medida	Descripción
Paredes exteriores	Yeso para el aislamiento	El yeso para el aislamiento suele usarse cuando el aislamiento con los paneles aislantes resulta demasiado costoso o cuando las juntas existentes (las del tejado, por ejemplo) no permiten un aislamiento de mayor grosor.
	Sistemas de Aislamiento Térmico por el Exterior (ETICS)	El sistema más usado utiliza poliestireno, lana mineral, material reciclado o materiales o materiales respetuosos con el medio ambiente (o ecológicos) como material aislante.
	Aislamiento del núcleo: aislamiento entre la construcción de madera las partes de la construcción de madera o aislamiento entre la mampostería y el muro-cortina	Es la manera más barata de aplicar aislamiento a las paredes ya que sólo es necesario introducir el material aislante en el núcleo de la pared.
	Aislamiento interior	Se tendrá en cuenta este tipo de aislamiento si la situación del edificio (por ejemplo, la fachada está considerada como patrimonio nacional) no permite un aislamiento exterior. El aislamiento interior puede provocar ciertos problemas con los puentes térmicos y la tensión en la estructura de carga.
Tejado	Tejado inclinado: aislamiento sobre, entre y bajo las vigas, aislamiento del sotabanco	Para los tejados inclinados, bien la estructura de techo flotante está aislada o el aislamiento se encuentra debajo, entre o sobre las vigas, dependiendo de si el techo está habitado o dependiendo del estado de degradación de las tejas del tejado.
	Tejado plano: aislamiento del tejado plano bien con tejado frío o templado	Para los tejados planos, la medida de reacondicionamiento del aislamiento nuevo se aplica cuando el tejado plano ya no es impermeable y, por lo tanto, el aislamiento también se vería afectado por la acción de sustitución
	Construcción de madera: viga de madera, techo reforzado con listones	Si una construcción de madera ya no soporta la carga debido a la humedad y al ataque fúngico, el revestimiento del techo se elimina y se pone una nueva armadura de cubierta.
	Revestimiento: teja del tejado, capa bituminosa, capa metálica	Los niveles más bajos del edificio deben protegerse de la lluvia y de otros impactos medioambientales.
Sótano	Aislamiento del techo del sótano	Por regla general, en el sótano/bodega la temperatura es más baja que la temperatura ambiente necesaria para las áreas habitables. Por lo tanto, debe reducirse el flujo térmico en estas áreas más frías.

6.1.1 Sustitución de las ventanas

La sustitución de viejas ventanas o con acristalamiento único por ventanas modernas con doble acristalamiento y un espacio lleno de gas (cámara), con los correspondientes marcos optimizados, reduce la ventilación y las pérdidas por transmisión de manera significativa y, al mismo tiempo, mejora el confort térmico en las áreas habitables al reducir las pérdidas por radiación y reducir el impacto acústico del exterior. Debido a que los sistemas mejorados de acristalamiento necesitan marcos más grandes y tienen un coeficiente de transmisión más bajo (coeficiente g), se trasmite al espacio menos radiación en la radiación infrarroja y también en el espectro visible. Por otro lado, un recalentamiento, especialmente en verano, reduce la carga calorífica, lo cual tiene un efecto positivo. Por otra parte, también habrá menos luz del día en el espacio tras la acción de reacondicionamiento.

Hay que destacar que en los edificios antiguos con grandes pérdidas de transmisión a través de las paredes exteriores se observa la presencia y crecimiento de moho y hongos (especialmente en los puentes térmicos), ya que, con las nuevas ventanas, se reduce la ventilación. Por lo tanto, sería perfecto sustituir las ventanas con la consiguiente mejora global de las pérdidas térmicas de la envoltura del edificio.

Se supone que la sustitución de las ventanas tendrá lugar de un modo u otro en el escenario base después de 10 años. La suposición de la sustitución de las ventanas durante la Fase de Uso viene del resultado del proyecto europeo de investigación llamado INVESTIMMO, en el cual se analizaron el ciclo de vida y el potencial de degradación. Los factores más importantes que influyen en la degradación y, por ende, en la sustitución de las ventanas se identificaron tal y como sigue:


- tipo de marco (madera, plástico, aluminio, madera y metal),
- pintura del marco (plástico, óleo, resistente a la intemperie, pintura anticorrosiva),
- calidad de las ventanas,
- antigüedad,
- situación de propiedad del edificio (público, empresa privada que posee más de cuatro edificios, empresa privada que posee menos de cuatro edificios, un propietario, varios propietarios, gremios de artesanos...).

No obstante, la medida «sustitución de las ventanas» resulta crucial, ya que esta medida también conlleva problemas como un índice de renovación del aire reducido y la correspondiente reducción de la calidad del aire y el crecimiento de moho y hongos. Para todas las medias y, más concretamente, para las sustituciones de las ventanas y la reducción de pérdidas por ventilación, se debería tener muy en cuenta el consejo de los expertos en física de la construcción.

6.1.2 Aislamiento adicional de la fachada

El aislamiento térmico de las paredes exteriores reduce las pérdidas por transmisión y las correspondientes pérdidas por radiación, lo que aumenta el confort térmico de los habitantes. Esto se puede realizar poniendo capas de material aislante con una baja conductividad térmica (alrededor de 0,040 W/mK), bien en la pared interna, en el núcleo (en el caso del aislamiento de la cavidad), o bien como aislante externo en la parte exterior de la pared (véase la Tabla 6.2). Con un aislamiento externo se pueden evitar problemas con los puentes térmicos y con la tensión térmica de la estructura de carga.

Tabla 6.2 Opción de mejora: aislamiento adicional de la fachada




Descripción detallada de la medida	Especificación
<p>Limpieza y reparación del revestimiento de la pared existente; andamiaje. Sistema compuesto de aislante aplicado a la pared con material aislante térmico (poliestireno y, en algunas partes, por razones de protección contra incendios, también lana mineral en sitios como, por ejemplo, la jamba de las ventanas), material de blindaje, revestimiento y recubrimiento final. El sistema de aislamiento se fija a la pared con pegamento y espigas. Además, también se tuvieron en cuenta las juntas de la fachada y del edificio existente a fin de analizar los costes. Son las siguientes: un cristal de la ventana nuevo y más grande, juntas de dilatación, cimentación para reducir los puentes térmicos. Se amplía el aislamiento en 50 cm. hasta la cimentación no calefaccionada para reducir los puentes térmicos.</p>	<p>Sistemas compuestos de aislamiento térmico exterior (ETICS)</p> <p>Las alternativas son.</p> <ul style="list-style-type: none"> • aislamiento del núcleo (si la pared tiene cavidad) • aislamiento de la pared interior • yeso para el aislamiento

6.1.3 Aislamiento adicional del tejado

El reacondicionamiento del tejado con un aislamiento adicional dependerá del tipo de tejado. En el caso de los tejados inclinados, la capa aislante se podrá poner debajo, entre o sobre las vigas. Para los tejados planos, el aislamiento se podrá colocar como «tejado frío» o «tejado templado» (véase la Tabla 6.3). El aislamiento del suelo del ático también es una práctica común debido a su bajo coste. Tal y como se ha descrito con anterioridad, el aislamiento del tejado reduce también las pérdidas por transmisión y la demanda energética, aumentando simultáneamente el confort térmico de los habitantes del piso más alto del edificio.

Tabla 6.3 Opción de mejora: aislamiento adicional del tejado



Descripción detallada de la medida	Especificación
<p>Andamiaje con la eliminación de recubrimiento del suelo existente (por ejemplo, tejas, el refuerzo con listones y la barrera de vapor), el aislante (lana mineral) se pone entre y sobre las vigas del techo y se llevan a cabo otras medidas posteriores de recubrimiento del tejado, volviendo a poner el recubrimiento del suelo. La medida más barata de poner un aislamiento entre y bajo las vigas del tejado desde abajo sin eliminar el recubrimiento del tejado no se tuvo en cuenta, ya que esta medida no se puede llevar a cabo en áticos habitados en los que las vigas del techo suelen estar cubiertas con placas de yeso (pladur).</p>	<p>Aislamiento de la inclinación del tejado</p> <p>Aislamiento sobre las vigas del tejado</p> <p>Aislamiento entre las vigas del tejado</p> <p>Aislamiento de techo</p>


6.1.4 Nuevos sellados para reducir las pérdidas por ventilación

Por el bienestar y la comodidad de los habitantes, es necesario un índice de renovación del aire mínimo para proporcionar cantidades suficientes de oxígeno y reducir las concentraciones de CO y CO₂ en el espacio. El índice mínimo de renovación del aire según las normas nacionales depende del uso previsto para el espacio. Para las áreas habitables, en la mayoría de los casos, el índice de renovación del aire debe de ser al menos de 0,3-0,5/h. El índice de renovación del aire contribuye a la reducción de la humedad relativa en el espacio y, por lo tanto, del riesgo de que se formen hongos o moho. Estos aspectos deben tenerse en cuenta al considerar los medios para reducir las pérdidas por ventilación y, por ende, para reducir las pérdidas energéticas.

La reducción de pérdidas por ventilación es una medida económica que normalmente se puede realizar añadiendo tiras autoadhesivas de enmasillado de plástico expandido al marco de la ventana y a otras partes de la casa en las que se produzcan grandes pérdidas por ventilación. Normalmente un análisis termográfico del edificio muestra, por ejemplo, pérdidas a través las cajas de las cortinas, los enchufes y, en el tejado, a través de los espacios existentes entre las tejas.

La sustitución de las ventanas antiguas también conlleva una reducción de la ventilación, pero esto sólo sucede durante los primeros años tras la instalación de las nuevas ventanas. Debido a la tensión térmica y la humedad, así como al uso de partes móviles, los marcos de las ventanas no cierran perfectamente (herméticamente) unos años después de la instalación.

Tabla 6.4 Opción de mejora: nuevos sellados para reducir la ventilación



Descripción detallada de la medida	Especificación
Debido a la tensión térmica, los marcos de las ventanas comienzan a tener agujeritos y, por lo tanto, estos agujeros deben rellenarse con un material sellante que se compone de compuestos o tiras de enmasillado.	<p>Añadir tiras autoadhesivas de enmasillado de plástico expandido</p> <p>Ajustar la junta de la ventana al marco</p> <p>Tapar el listón (o telar de la ventana) con cortinas</p>

6.2 Edificios nuevos

6.2.1 Mejor eficiencia energética

Tal y como se ha mostrado en la Sección 5.4.2.2 y en la Sección 5.2.1, los edificios nuevos tienen una mejor eficiencia energética que los edificios existentes. Esto es la consecuencia de unas prácticas de construcción mejores, las cuales implementan unos estándares de aislamiento más altos a las diversas envolturas de los edificios, debido a la reglamentación política actual, incluyendo la Directiva relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios [EPBD] y su uso en los estados miembros.

Esta es la razón por la que dichas medidas no se analizaron en este proyecto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, en realidad, el nivel de implementación y uso en los diversos estados miembros varía significativamente y que, allá donde se han observado algunos retrasos, se han aplicado unos estándares de aislamiento más bajos.

También merece la pena observar que, debido a la larga vida de los edificios, los recién erigidos representan hoy en día sólo una pequeña parte de todo el volumen de construcción de Europa. Por otro lado, las decisiones que se tomen para estos edificios nuevos determinarán en gran medida la presión del sector residencial sobre las fuentes energéticas y sobre el cambio climático en los próximos años. La estrategia a largo plazo de la UE para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se basará en una reducción drástica de las emisiones en todos los sectores, incluyendo el sector residencial. A este respecto, los diseños de construcción más innovadores juegan un papel muy importante. Esto incluye los nuevos conceptos de vivienda pasiva y el denominado «edificio con cero emisiones de CO₂», para los cuales la demanda de calefacción se reduce a 20 kWh/m² [SMEDS & WALL, 2007]. Una demanda tan baja solo se puede conseguir con una combinación óptima de la geometría del edificio (ratio A:V), un alto aislamiento térmico de toda la envoltura, una alta hermeticidad y unos sistemas de ventilación con un alto rendimiento energético, incluyendo intercambiadores de calor –siempre que la orientación del edificio y las superficies de las ventanas sean las apropiadas para optimizar las ganancias solares obtenidas durante los períodos en los que se utiliza la calefacción– y dispositivos de sombra para evitar un sobrecalentamiento durante los períodos de refrigeración.

Un alto rendimiento energético puede también incorporar unos sistemas de calefacción y refrigeración mejores, tales como las bombas de calor o los paneles solares, los cuales pueden también conllevar ciertos cambios en los edificios. Por lo tanto, estos nuevos conceptos de construcción requieren un enfoque mucho más integrado de los diversos aspectos del edificio, incluyendo un mejor rendimiento de los sistemas de calefacción y refrigeración. También resulta difícil cuantificar los costes adicionales de estos nuevos edificios de un modo genérico⁵. La evaluación de dichos sistemas innovadores se encuentra fuera del alcance de este proyecto.

6.2.2 Materiales de construcción alternativos

En lo que respecta a la Fase de Construcción de los edificios, fase que también representa una proporción significativa de los impactos medioambientales, podemos constatar la viabilidad de ciertas medidas para cambiar la composición de los materiales. Se consideraron varias alternativas con el objetivo de ilustrar las mejoras que se puedan lograr. La selección de las alternativas consideradas se realizó teniendo en cuenta algunos requisitos técnicos como, por ejemplo, la protección acústica y la protección contra incendios.

El diseño técnico del sótano y de los cimientos, así como las restricciones debido a que los sótanos deben realizar una tarea de carga, no suelen permitir variaciones en lo que respecta a los materiales de construcción. Ésto también sucede con los suelos y los techos, en los que las variaciones de material para un tipo específico de edificio son muy limitadas y, por lo tanto, no se evalúan en este documento.

Como consecuencia, las alternativas se centraron en las paredes interiores y exteriores y, posteriormente, se compararon con el correspondiente caso base. Ésto incluyó:

- hormigón de carbonilla,
- silicocalcáreo,
- construcción de madera,
- ladrillo hueco,
- hormigón armado.

⁵ Esto podría costar hasta un 40% más de lo que cuesta normalmente (véase, por ejemplo, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/business/6735715.stm>).

7 Beneficios medioambientales y rentabilidad

7.1 Edificios existentes

En el Capítulo 5 se analizó el potencial medioambiental y los costes asociados para los edificios más representativos. En cada caso, el cálculo se realizó en comparación con el caso base correspondiente. Este cálculo también se realizó a nivel de volumen de construcción.

7.1.1 Tipos de edificios que se han tenido en cuenta

A fin de hacer que el análisis fuera viable y, al mismo tiempo, centrarse en la parte más importante del volumen de construcción, se seleccionaron los tipos de edificios a tener en cuenta para que representaran, aproximadamente, al 80% del área habitable del volumen de construcción residencial. Fruto de ello fue la lista de tipos de edificios que se proporciona en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1 Tipos de edificios existentes analizados en relación con su potencial de mejora medioambiental. Estos tipos de edificios representan el 80% del área habitable de todos los tipos de edificios analizados previamente.

Tipo de edificio	Área habitable total en millones de m ² por tipo de edificio	Porcentaje por tipo de edificio en %	Porcentaje acumulado en %
Z2_SI_005	1,262	8,5	8,5
Z2_SI_001	981	6,6	15,0
Z1_MF_003	846	5,7	20,7
Z2_MF_003	814	5,5	26,1
Z2_SI_006_ex	776	5,2	31,3
Z1_SI_005_ex	697	4,7	36,0
Z2_MF_001	628	4,2	40,2
Z2_SI_002	549	3,7	43,9
Z1_HR_001_ex	515	3,4	47,3
Z1_HR_002	513	3,4	50,8
Z2_MF_005_ex	509	3,4	54,2
Z1_SI_001	458	3,1	57,2
Z1_SI_004	455	3,0	60,3
Z1_SI_006_ex	427	2,9	63,1
Z1_MF_001	360	2,4	65,6
Z1_SI_007_ex	335	2,2	67,8
Z2_MF_004	333	2,2	70,0
Z2_HR_001	318	2,1	72,2
Z1_MF_005	312	2,1	74,3
Z2_MF_007_ex	273	1,8	76,1
Z2_SI_007_ex	267	1,8	77,9
Z2_SI_003	239	1,6	79,5

A modo de referencia, se compara la lista con la lista de tipos de edificios que corresponde al 80% de las emisiones cuantificadas de gases de efecto invernadero del ciclo de vida (véase la Tabla 7.2). Estos dos listados son iguales excepto cinco tipos de edificios.

Tabla 7.2 Tipos de edificios existentes analizados en relación con su potencial de mejora medioambiental. Estos tipos de edificios representan el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de todos los tipos de edificios analizados previamente.

Tipo de edificio	Área habitable total en millones de m ² por tipo de edificio	Porcentaje por tipo de edificio en %	Porcentaje acumulado en %
Z2_SI_005	155	11,1%	11,1%
Z2_SI_001	133	9,5%	20,6%
Z2_SI_002	101	7,2%	27,8%
Z2_SI_006_ex	85	6,1%	33,8%
Z2_MF_003	71	5,1%	38,9%
Z1_SI_005_ex	63	4,5%	43,4%
Z2_MF_001	55	4,0%	47,4%
Z1_SI_004	48	3,4%	50,8%
Z1_MF_003	46	3,3%	54,1%
Z1_SI_006_ex	44	3,1%	57,2%
Z2_MF_005_ex	41	3,0%	60,1%
Z1_SI_001	41	2,9%	63,0%
Z2_SI_003	34	2,4%	65,5%
Z2_SI_007_ex	33	2,3%	67,8%
Z2_MF_004	30	2,1%	69,9%
Z2_SI_008_ex	27	1,9%	71,9%
Z1_SI_008	26	1,8%	73,7%
Z1_SI_007_ex	25	1,8%	75,5%
Z1_HR_002	22	1,6%	77,1%
Z1_MF_001	22	1,6%	78,7%
Z2_HR_001	20	1,4%	80,1%

Hay que tener en cuenta que, como consecuencia de este criterio de selección, no se tienen en cuenta los edificios de la zona 3 y sus posibles mejoras. Ésto, por supuesto, no significa que la mejora no sea viable en dichos países. Se puede suponer que, en algunos países (países bálticos), un aislamiento mayor de los edificios traería unas mejoras substanciales de la eficiencia energética. Por otro lado, esta zona representa un porcentaje pequeño del volumen de construcción de la UE-25. Por lo tanto, la exclusión de los edificios de la zona 3 en este cálculo no supone una infravaloración significativa del potencial global de mejora asociado al aislamiento de los edificios existentes.

El objetivo de todas las medidas de reacondicionamiento sugeridas para los edificios existentes es reducir el consumo de energía para la calefacción. Los puntos medioambientales conflictivos y las consecuentes opciones de mejora arrojaron tres opciones de mejora distintas:

- aplicar un material aislante adicional al tejado,
- aplicar un material aislante adicional a la fachada,
- sustituir los sellados de las juntas de las puertas y ventanas para reducir las pérdidas por ventilación.

Estas medidas de reacondicionamiento se aplican a todos los tipos de edificios de acuerdo con la matriz proporcionada en la Tabla 7.3, lo que es el resultado del procedimiento detallado en la Sección 5.4, junto con los tipos de edificios a tener en cuenta recogidos en la Sección 7.1.1.

Tabla 7.3 Asignación de puntos medioambientales conflictivos a los tipos de edificios existentes, para definir las opciones de mejora

Tipo de edificio	Volumen de construcción en millones de m ² por tipo de edificio	Puntos medioambientales conflictivos en la Fase de Uso (calefacción y refrigeración)		
		Tejado	Paredes exteriores	Ventilación
Z1 SI 001	457	X	X	X
Z1_SI_004	455	X	X	X
Z1_SI_005_ex	699	X	X	X
Z1_SI_006_ex	429	X	X	X
Z1_SI_007_ex	336	X	X	X
Z1_MF_001	359		X	X
Z1_MF_003	845		X	X
Z1_MF_005	311		X	X
Z1_HR_001_ex	514		X	X
Z1_HR_002	512		X	X
Z2_SI_001	939	X	X	
Z2_SI_002	523	X	X	
Z2_SI_003	231	X	X	
Z2_SI_005	1.205	X	X	
Z2_SI_006_ex	763	X	X	
Z2_SI_007_ex	268	X	X	
Z2_MF_001	939			X
Z2_MF_003	523			X
Z2_MF_004	231			X
Z2_MF_005_ex	1.205			X
Z2_MF_007_ex	763			X
Z2_HR_001	268			X

7.1.2 Edificio mejorado versus caso base

En el capítulo 4 se determinaron los tipos de edificios y los sistemas de productos relacionados que representan los casos base en los que se deben evaluar las opciones de mejora.

Para cada uno de los edificios enumerados en la Tabla 7.3 y para cada medida de reacondicionamiento tomada en cuenta, se ajustó el modelo genérico con el parámetro correspondiente, con el objetivo de calcular el nuevo perfil medioambiental tras el reacondicionamiento del edificio. Posteriormente se compararon los impactos del ciclo de vida ya cambiados con los calculados para el correspondiente caso base, a fin de cuantificar los beneficios medioambientales de la medida. Se siguió un enfoque similar para cuantificar los costes adicionales que acarrea la medida de reacondicionamiento (véase la Sección 7.1.4). La comparación del edificio reacondicionado y el edificio de referencia debe realizarse cuidadosamente, teniendo en cuenta todos los cambios que tendrán lugar durante la vida del edificio.

Tal y como ya se ha descrito en la Sección 4.5.3.3, es muy posible que se implementen algunas de las mejoras, de un modo u otro, en alguna parte de los edificios. Algunas partes deberán ser reemplazadas por partes de edificios que sean, al menos, comparables en su funcionalidad (reacondicionamiento). En algunos casos, los propietarios de los edificios tendrán en cuenta que también es una oportunidad para mejorar el aislamiento térmico, especialmente cuando están vigentes algunos incentivos políticos (por ejemplo, subvenciones, desgravaciones). Por lo tanto, hasta cierto punto, se producirá un mejor aislamiento térmico de elementos como el tejado o las paredes exteriores durante la vida del edificio, lo que se refleja en el caso base.

Cabe la posibilidad de realizar otros dos tipos de mejora. Por una parte, las mejoras se podrían realizar de modo más sistemático al reformar el edificio. Por otra parte, la modernización se podría llevar a cabo antes de tener que realizarla de manera autónoma.

En la tabla 7.4 se describen los cambios que se han producido en un edificio de referencia (reformas sin aislante térmico) y en un edificio modernizado (reformas con aislante térmico) con las tres medidas analizadas. Debe tenerse en cuenta cuando se estudie el coste de las medidas (véase el capítulo 7.1.4).

Tabla 7.4 Descripción de las medidas de mejora

Medida	Edificio reformado	Edificio de referencia
Aislamiento adicional de la fachada	Sistema compuesto de aislamiento térmico externo (ETICS) –con material de aislamiento de 12 cm., fijado con clavijas, blindaje, revestimiento y pintura. ETICS se aplica en el revestimiento anterior, después de prepararlo: se limpia y se elimina una parte. También se incluyen el coste de los andamios, los derechos de autor del urbanista y los costes complementarios.	La preparación (limpiar el revestimiento y retirar una parte), poner el nuevo revestimiento y pintarlo. También se incluyen el coste de los andamios, los derechos de autor del urbanista y los costes complementarios.
Aislamiento adicional del tejado	Aislar el suelo del ático (deshabitado y con tejado inclinado): preparar la línea maestra, nivelarlo, material de 10 cm. con costes de conexión (adaptar la puerta de entrada al ático, etc.) y recubrimiento final con suelo de madera transitable. Aislamiento sobre y entre las vigas (tejado inclinado). La preparación incluye retirar las tejas, aislamiento con barrera de vapor, refuerzo con listones y tejas. Aislamiento del tejado plano. Preparación, retirar el aislamiento actual y la antigua capa bituminosa, colocar el nuevo aislamiento (16 cm.) y la capa bituminosa. También se incluyen el coste de los andamios, los derechos de autor del urbanista y los costes complementarios.	Suelo del ático: nivelación simple del suelo del ático con línea maestra. Tejado inclinado: preparación, retirada de tejas, refuerzo con listones, barrera de vapor y tejas. Tejado plano: retirar la capa bituminosa antigua y sustituirla con otra. También se incluyen el coste de los andamios, los derechos de autor del urbanista y los costes complementarios.
Nuevos sellados para disminuir las pérdidas por ventilación	Colocar tiras de masilla autoadhesiva de plástico expandido en los marcos de todas las ventanas	No se ha estudiado ninguna alternativa

7.1.3 El ahorro de combustible

Resulta evidente que la colocación de material aislante en el tejado y/o fachada en el edificio existente o la reducción de pérdidas por ventilación reducirán su demanda energética para la calefacción y resultará más efectiva que en el caso de referencia.

Sin embargo, al realizar la comparación con el caso de referencia, se debe tener en cuenta la ya asumida mejora autónoma en el caso base. Tal y como se señala en las figuras 7.1, 7.2 y 7.3, es previsible que algunos edificios aislen sus tejados después de un tiempo, para así reducir su demanda energética. También se estima que las ventanas se deben cambiar al cabo de 10 años, en un proceso de mejora autónoma.

Se debe comparar la evolución de la demanda energética de ambos edificios durante su ciclo de vida. Es lo que se muestra en las figuras 7.1 y 7.2, en el caso del edificio Z2_SI_001 y de los casos mejorados de «aislamiento de tejados» y «aislamiento de fachadas».

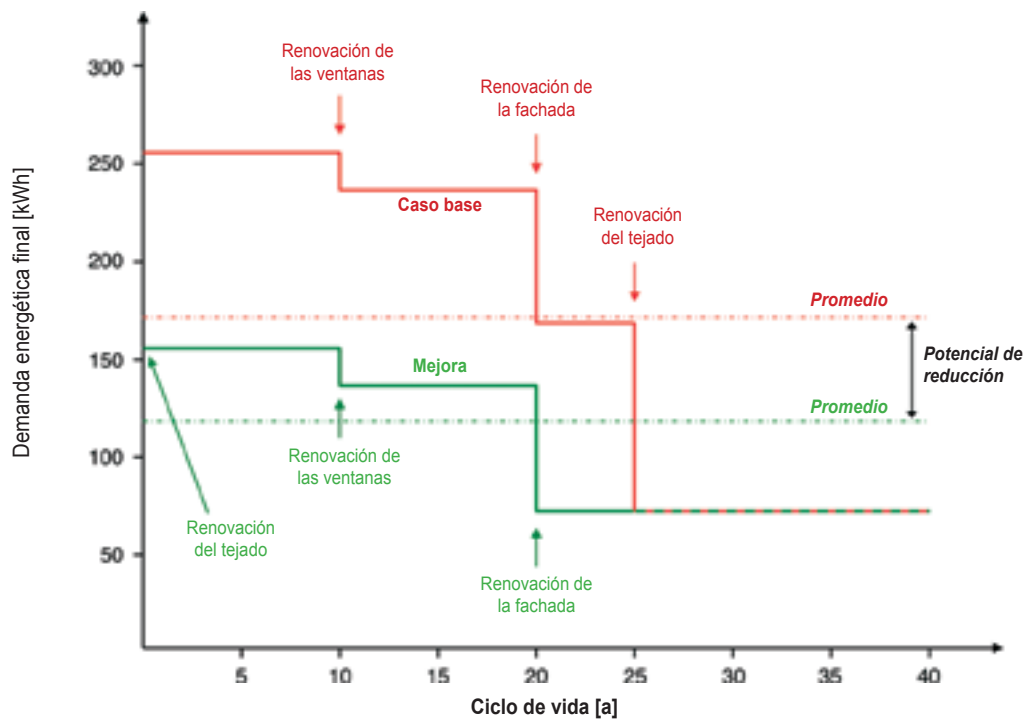


Figura 7.1 Demanda energética final del caso base y mejora del «aislamiento adicional del tejado»

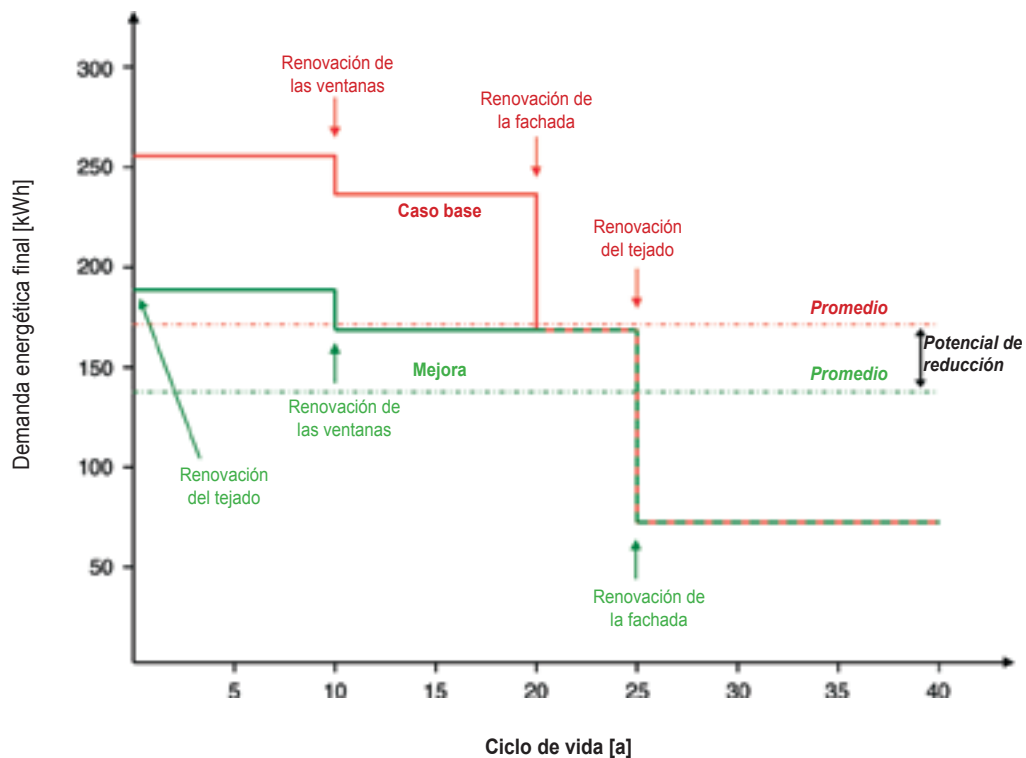


Figura 7.2 Demanda energética final del caso base y mejora del «aislamiento adicional de la fachada»

En el caso de mejora con disminución de pérdidas por ventilación, la diferencia entre el edificio reformado y el caso base es de diez años (véase la figura 7.3), debido a que se considera que buena parte del ahorro energético está directamente relacionado con el correcto sellado de las ventanas. En el caso base, las ventanas fueron modernizadas al cabo de diez años; se supone, por tanto,

La descripción general de las estimaciones se muestra en la tabla 7.5, que da valores U a cada elemento indicado en el caso base (valor inicial y valor después de la reforma, si es relevante) y el caso de mejora.

Tabla 7.5 Valores U en W/m²K antes y después de las medidas de modernización de la UE-25

Tipo de edificio	Fachada		Tejado		Ventana	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Z1_SI_001	1,10	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z1_SI_004	1,16	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z1_SI_005_ex	1,00	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z1_SI_006_ex	1,16	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z1_SI_007_ex	0,50	0,12	0,65	0,16	2,80	1,60
Z1_MF_001	1,10	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z1_MF_003	0,50	0,12	3,20	-	2,80	1,60
Z1_MF_005	1,70	0,12	0,80	-	5,80	1,60
Z1_HR_001_ex	0,50	0,12	0,80	-	2,80	1,60
Z1_HR_002	1,70	0,12	0,80	-	5,80	1,60
Z2_SI_001	1,10	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z2_SI_002	2,70	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z2_SI_003	1,50	0,12	3,20	0,16	3,50	1,60
Z2_SI_005	1,16	0,12	3,20	0,16	2,80	1,60
Z2_SI_006_ex	0,37	0,12	0,36	0,16	1,60	1,60
Z2_SI_007_ex	0,27	0,12	0,24	0,16	1,60	1,60
Z2_MF_001	1,10	-	3,20	-	3,50	1,60
Z2_MF_003	0,86	-	3,20	-	2,80	1,60
Z2_MF_004	1,00	-	3,20	-	2,80	1,60
Z2_MF_005_ex	0,37	-	0,37	-	2,80	1,60
Z2_MF_007_ex	1,00	-	3,20	-	1,60	1,60
Z2_HR_001	0,75	-	0,80	-	5,80	1,60

Los ahorros de energía de cada tipo de edificio y mejora se calcularon con el programa de software europeo epiqr®. Esto se muestra en la tabla 7.6.

Tabla 7.6 Demanda de energía del caso base y oportunidades de mejoras en kWh/m²a

Tipo de edificio	Caso base ^a	Aislamiento complementario para el tejado	Aislamiento complementario para la fachada	Aislamiento complementario para el tejado y la fachada	Caso base ^b	Nuevos sellados para disminuir las pérdidas por ventilación
Z1_SI_001	169	107	135	75	253	202
Z1_SI_004	273	172	200	102	282	231
Z1_SI_005_ex	220	136	179	97	269	218
Z1_SI_006_ex	269	169	201	101	278	227
Z1_SI_007_ex	96	83	80	68	113	89
Z1_MF_001	119		99		150	100
Z1_MF_003	105		94		111	86
Z1_MF_005	146		95		167	117
Z1_HR_001_ex	42		36		53	31
Z1_HR_002	92		48		108	83
Z2_SI_001	351	237	289	177		
Z2_SI_002	470	356	295	182		
Z2_SI_003	381	267	292	179		
Z2_SI_005	332	218	266	154		
Z2_SI_006_ex	130	122	119	112		
Z2_SI_007_ex	138	134	132	128		
Z2_MF_001	227				315	223
Z2_MF_003	257				301	209
Z2_MF_004	263				310	218
Z2_MF_005_ex	156				181	92
Z2_MF_007_ex	201				205	114
Z2_HR_001	183				244	153

a) en el caso del aislamiento adicional de tejados y fachadas, se calculó la demanda final del caso base y las oportunidades de mejoras, teniendo en cuenta el ciclo de vida residual medio del tipo de edificio (20, 30 o 40 años);

b) en el caso de los sellados nuevos, se calculó sólo la demanda de energía final del caso base y las oportunidades de mejora para los primeros 10 años

7.1.4 La cuantificación de los costes

Cada medida conlleva el ahorro tanto de inversiones como de costes, como resultado de los ahorros de costes en los años siguientes. El procedimiento usado para evaluar los costes netos de cada mejora potencial se muestra en la figura 7.4.

El software epiqr® se utilizó para calcular los costes de las medidas de mejoras basadas en datos nacionales sobre costes. Por ejemplo, en el caso del aislamiento adicional de fachadas, el coste de limpiar la fachada existente, incluyendo la demolición parcial del revestimiento, colocar un sistema compuesto de aislante térmico exterior (fijado con clavijas, blindaje, revestimiento y pintura) y por último, el coste de los andamios. Para calcular los costes del caso base, se sumaron la remodelación simple de la fachada, incluyendo la limpieza, la demolición parcial del revestimiento suelto, el nuevo revestimiento, la pintura y el andamiaje. En ambos casos se añadieron las regalías de los urbanistas externos y los gastos complementarios.

Los costes adicionales incurridos en el caso de mejora incluyen los dos tipos de cambios implementados como resultado de las medidas de mejora y la remodelación realizada tanto en el caso base como en el caso de mejora, como se muestra en la figura 7.1.

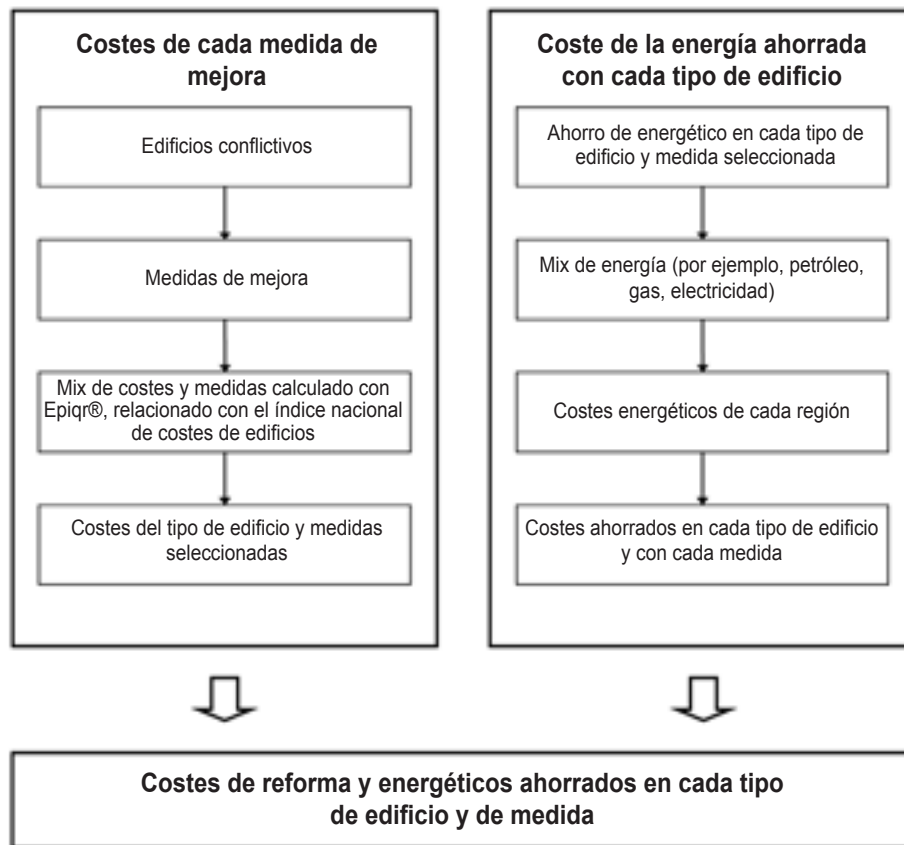


Figura 7.4 El procedimiento para analizar los costes

Los tipos de edificio representan las diversas construcciones de los países de Europa donde los costes de edificación y remodelación varían, como consecuencia de las diferencias en los costes de producción (por ejemplo, la mano de obra). El índice con los costes específicos de cada país se tomó de [BKI 2007], con el que se analizaron 1.200 proyectos. El índice se estableció como 1,0 para los edificios alemanes en 2007 (figura 7.5); lo que significa que, por ejemplo, el aislamiento de una fachada cuesta una media de 100 € en Alemania (el precio entre la frontera polaca y Munich oscila entre los 80 y los 125 €), la misma medida costará una media de 118 € en Francia, dado que el índice de costes de edificación francés era 1,18 en 2007.

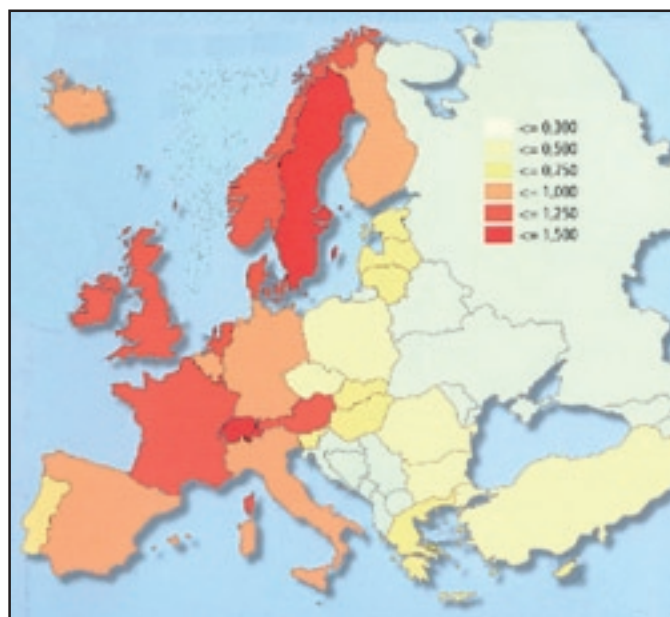


Figura 7.5 Índice de costes de la edificación en la Unión Europea en 2007 [BKI 2007]

Para lograr el precio medio de cada zona, se midieron los costes del tipo de edificio y el país según su representatividad. También se dividieron de acuerdo con el área habitable del tipo de construcción, para calcular el precio por metro cuadrado (véase la tabla 7.7).

Tabla 7.7 Ejemplo de los costes por m² dependiendo del tipo y las medidas en la zona 1 (euro)

Tipo de edificio/medida	Francia	Italia	Grecia	Portugal	España	Malta	Chipre
HR (edificios altos)							
Remodelación convencional de la fachada	84	54	50	40	64	35	43
Aislamiento adicional de la fachada	133	85	80	63	101	55	69
Nuevo sellado para limitar las pérdidas por ventilación	8	5	5	4	6	3	4
MF (edificios multifamiliares)							
Remodelación convencional de la fachada	84	54	50	40	64	35	43
Aislamiento adicional de la fachada	133	85	80	63	101	55	69
Nuevo sellado para limitar las pérdidas por ventilación	6	4	4	3	5	3	3
SI (viviendas unifamiliares, bifamiliares y adosadas)							
Remodelación convencional de la fachada	91	58	55	43	69	38	47
Aislamiento adicional de la fachada	145	93	87	68	110	60	75
Nuevo sellado para limitar las pérdidas por ventilación	2	1	1	1	2	1	1
Remodelación convencional del tejado	81	52	48	38	61	34	42
Aislamiento adicional del tejado	107	69	64	51	82	45	55

Las estimaciones de la demanda energética para el caso base y los casos de mejora (kWh/m²a) se han multiplicado por los costes de energía, para obtener el ahorro en los costes de combustible.

La media del precio de kWh se obtuvo teniendo en cuenta el mix de energía medio de la zona y los precios de los portadores para cada país. El precio de la zona 1 y 2 –no se tiene en consideración la zona 3 en este caso- es 0,054 €/kWh y 0,051 €/kWh, respectivamente.

Se han calculado dos indicadores de coste (para más detalles, véase el anexo D): el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rendimiento (TIR). Se tuvo en cuenta una tasa de descuento del 4 % y el incremento anual del precio de la energía (2 %), lo que puede considerarse un enfoque conservador.

7.1.5 El potencial de mejora medioambiental

En este capítulo se analizan los beneficios medioambientales cuantificados de las oportunidades de mejora en los edificios existentes. En primer lugar, aparecen las mejoras organizadas de acuerdo con el tipo de edificio, los m² habitables y el año. A continuación, se analiza el potencial por zonas.

Según lo expuesto en el capítulo 6, las emisiones de CO₂ son buenas indicadoras de la repercusión que los edificios existentes tienen en el medio ambiente. Los resultados se refieren exclusivamente a los gases de efecto invernadero. Los resultados por m² habitable y año aparecen en la tabla 7.8 y en la figura 7.6.

Todas las medidas de modernización aportan mejoras netas al escenario base, aunque varían dependiendo del tipo de edificio y de la medida adoptada. En la mayoría de los tipos de edificio donde las medidas han sido aplicadas, las emisiones se reducen al menos un 20 % en comparación con el caso base.

Tabla 7.8 Emisiones de gases de efecto invernadero y oportunidades de mejora del caso base

Tipo de edificio	Caso base ^a			Aislamiento adic. tejado		Aislamiento adic. fachada		Aislam. adic. tejado y fachada		Caso base ^b		
	Kg. CO ₂ eq/m ² a	Kg. CO ₂ eq/m ² a	% red.	Kg. CO ₂ eq/m ² a	% red.	Kg. CO ₂ eq/m ² a	% red.	Kg. CO ₂ eq/m ² a	% red.	Kg. CO ₂ eq/m ² a	Kg. CO ₂ eq/m ² a	% red.
Z1_SI_001	45	28	37	36	20	20	56	67	54	20		
Z1_SI_004	72	46	37	53	27	27	63	75	61	18		
Z1_SI_005_ex	58	36	38	48	18	26	56	71	58	19		
Z1_SI_006_ex	71	45	37	53	25	27	62	74	60	18		
Z1_SI_007_ex	25	22	13	21	16	18	29	30	24	21		
Z1_MF_001	32	---	---	26	17	---	---	40	27	33		
Z1_MF_003	28	---	---	25	10	---	---	29	23	23		
Z1_MF_005	39	---	---	25	35	---	---	44	31	30		
Z1_HR_001_ex	11	---	---	9	16	---	---	14	8	42		
Z1_HR_002	24	---	---	13	48	---	---	29	22	23		
Z2_SI_001	87	59	32	72	18	44	50	---	---	---		
Z2_SI_002	117	88	24	73	37	45	61	---	---	---		
Z2_SI_003	95	66	30	72	23	44	53	---	---	---		
Z2_SI_005	82	54	34	66	20	38	54	---	---	---		
Z2_SI_006_ex	32	30	6	30	8	28	14	---	---	---		
Z2_SI_007_ex	34	33	3	33	5	32	8	---	---	---		
Z2_MF_001	56	---	---	---	---	---	---	78	55	29		
Z2_MF_003	64	---	---	---	---	---	---	75	52	31		
Z2_MF_004	65	---	---	---	---	---	---	77	54	30		
Z2_MF_005_ex	39	---	---	---	---	---	---	45	23	49		
Z2_MF_007_ex	50	---	---	---	---	---	---	51	28	44		
Z2_HR_001	45	---	---	---	---	---	---	60	38	37		

a) en el caso del aislamiento adicional de tejados y fachadas, se han calculado la demanda final del caso base y las oportunidades de mejora, atendiendo al ciclo de vida residual medio del tipo de edificio (20, 30 ó 40 años);

b) en el caso de los sellados nuevos, sólo se han calculado la demanda energética final del caso base y las oportunidades de mejora de los diez primeros años.

Por otra parte, se observa que en todas las zona y tipos de edificio (SI, MF y HR, respectivamente), cuanto mayor es el impacto del edificio, mayor es su potencial de mejora. Es el caso de los edificios mal aislados. También explica la amplitud de las emisiones reducidas, que oscila entre el 3 % (aislamiento adicional para el tejado en los edificios Z2_SI_007_ex) y el 49 % (nuevo sellado para disminuir la ventilación en los edificios Z2_MF_005_ex).

En el caso de las viviendas unifamiliares, el mayor potencial de mejora se obtiene con el aislamiento del tejado, seguido del aislamiento adicional de la fachada y, en la zona 1, con la disminución de la ventilación. En lo referente al aislamiento del tejado, los resultados son más positivos en la zona 1 (del 13 % al 37 %) que en la zona 2 (del 2 % al 34 %).

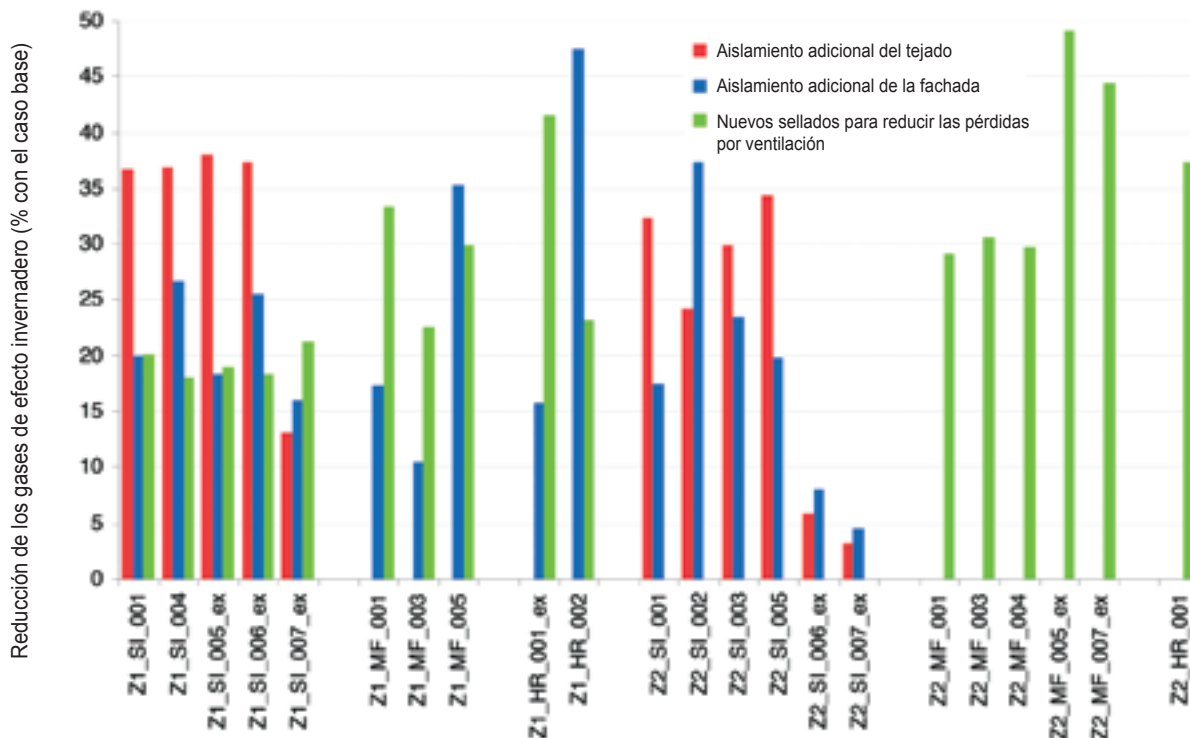


Figura 7.6 Potencial de mejora de las emisiones de efecto invernadero relativas, dependiendo del tipo de edificio y de la medida aplicada

El potencial de mejora medioambiental ha sido ajustado al nivel del volumen de los edificios, multiplicando las cifras anteriores por el área habitable de las viviendas de la UE-25. Los resultados se muestran en la tabla 7.9 y en la figura 7.7. En la figura 7.8 se aprecia el potencial de mejora medioambiental de cada tipo de edificio y la vida útil residual que ha sido prevista.

En algunos tipos de edificio (particularmente, en aquéllos donde han sido realizadas importantes mejoras y representan gran parte del volumen europeo), el potencial de reducción de emisiones de cada medida es muy significativo (hasta 34 toneladas métricas de CO₂ equivalente al año).

La zona que mayor potencial de mejora presenta es la 2, aunque sólo necesite el aislamiento adicional de los tejados y fachadas de las viviendas unifamiliares, debido al mayor volumen de edificación y clima más frío.

Esos mismos resultados demuestran asimismo que el potencial de mejora del aislamiento de los tejados es mayor que el de las fachadas. El mayor potencial de mejora medioambiental del

aislamiento de fachadas lo presentan las viviendas unifamiliares de la zona 2. Hay que tener en cuenta que el mayor potencial de mejora lo tiene el aislamiento de las fachadas; de hecho, en el caso de los edificios Z2_SI_002, se calcula que el potencial de reducción de emisiones es de 23 Mt CO₂ al año, mayor que el que se obtendría con el aislamiento del tejado.

El nuevo sellado para la reducción de la ventilación puede también conllevar una disminución de emisiones de efecto invernadero, sobre todo en las casas multifamiliares de la zona 2 (hasta 27 Mt CO₂ en los edificios Z2_MF_005_ex).

Tabla 7.9 Ahorro en la emisión de los gases de efecto invernadero de las opciones de mejora en comparación con el caso base

Tipo de edificio	Aislamiento adic. tejado		Aislamiento adic. fachada		Aislam. adic. tejado y fachada		Sellado reducir ventilación	
	Mt CO ₂ -eq./a	% red.	Mt CO ₂ -eq./a	% red.	Mt CO ₂ -eq./a	% red.	Mt CO ₂ -eq./a	% red.
Z1_SI_001	7.5	37	4.1	20	11.4	56	6.2	20
Z1_SI_004	12.1	37	8.7	27	20.6	63	6.2	18
Z1_SI_005_ex	15.5	38	7.5	18	22.7	56	9.5	19
Z1_SI_006_ex	11.4	37	7.8	25	19.1	62	5.8	18
Z1_SI_007_ex	1.1	13	1.4	16	2.5	29	2.1	21
<i>Total SI</i>	<i>47.7</i>	<i>36</i>	<i>29.5</i>	<i>22</i>	<i>76.3</i>	<i>57</i>	<i>29.7</i>	<i>19</i>
Z1_MF_001			2.0	17			4.8	33
Z1_MF_003			2.5	10			5.6	23
Z1_MF_005			4.2	35			4.1	30
<i>Total MF</i>			<i>8.7</i>	<i>19</i>			<i>14.5</i>	<i>27</i>
Z1_HR_001_ex			0.9	16			3.0	42
Z1_HR_002			5.9	48			3.4	23
<i>Total HR</i>			<i>6.8</i>	<i>37</i>			<i>6.4</i>	<i>29</i>
Total zona 1			1	44.9	23		50.6	22
Z2_SI_001	26.4	32	14.3	18	40.6	50		
Z2_SI_002	14.8	24	22.8	37	37.4	61		
Z2_SI_003	6.5	30	5.1	23	11.6	53		
Z2_SI_005	34.0	34	19.6	20	53.3	54		
Z2_SI_006_ex	1.4	6	2.0	8	3.4	14		
Z2_SI_007_ex	0.3	3	0.4	5	0.7	8		
<i>Total SI</i>	<i>83.5</i>	<i>28</i>	<i>64.2</i>	<i>22</i>	<i>147.0</i>	<i>49</i>		
Z2_MF_001							21.4	29
Z2_MF_003							11.9	31
Z2_MF_004							5.3	30
Z2_MF_005_ex							26.6	49
Z2_MF_007_ex							17.2	44
<i>Total MF</i>							<i>82.4</i>	<i>37</i>
Z2_HR_001							6.1	37
<i>Total HR</i>							<i>6.1</i>	<i>37</i>
Total zona 2							88.4	37

a) en el caso del aislamiento adicional de tejados y fachadas, se han calculado la demanda final del caso base y las oportunidades de mejora, atendiendo al ciclo de vida residual medio del tipo de edificio (20, 30 ó 40 años);

b) en el caso de los sellados nuevos, sólo se han calculado la demanda energética final del caso base y las oportunidades de mejora de los diez primeros años.

El potencial de mejora se ha calculado atendiendo exclusivamente a la localización de los puntos conflictivos y a los tipos de edificios existentes (véase la tabla 7.3). Por tal motivo, el hecho de que algunas celdas estén vacías no significa que no exista un potencial de reducción, sino que esa combinación de oportunidad de mejora/tipo de edificio no ha sido calculada, por no haberse detectado ese tipo de edificio en los puntos medioambientalmente conflictivos (por ejemplo,

los tejados de viviendas multifamiliares y edificios altos de la zona 1) en el análisis (véase el capítulo 5.4).

A partir de estos resultados, se puede deducir que el mayor potencial de mejora corresponde a las viviendas unifamiliares, bifamiliares y adosadas. En cuanto a los edificios altos, pese a su elevado porcentaje de potencial de mejora, la reducción de las emisiones en términos absolutos es menor, dada la menor relevancia de estos edificios atendiendo al volumen.

Sumando todos los tipos de edificio y medidas, la reducción total de las emisiones alcanza las 360 Mt de CO₂ equivalentes al año.

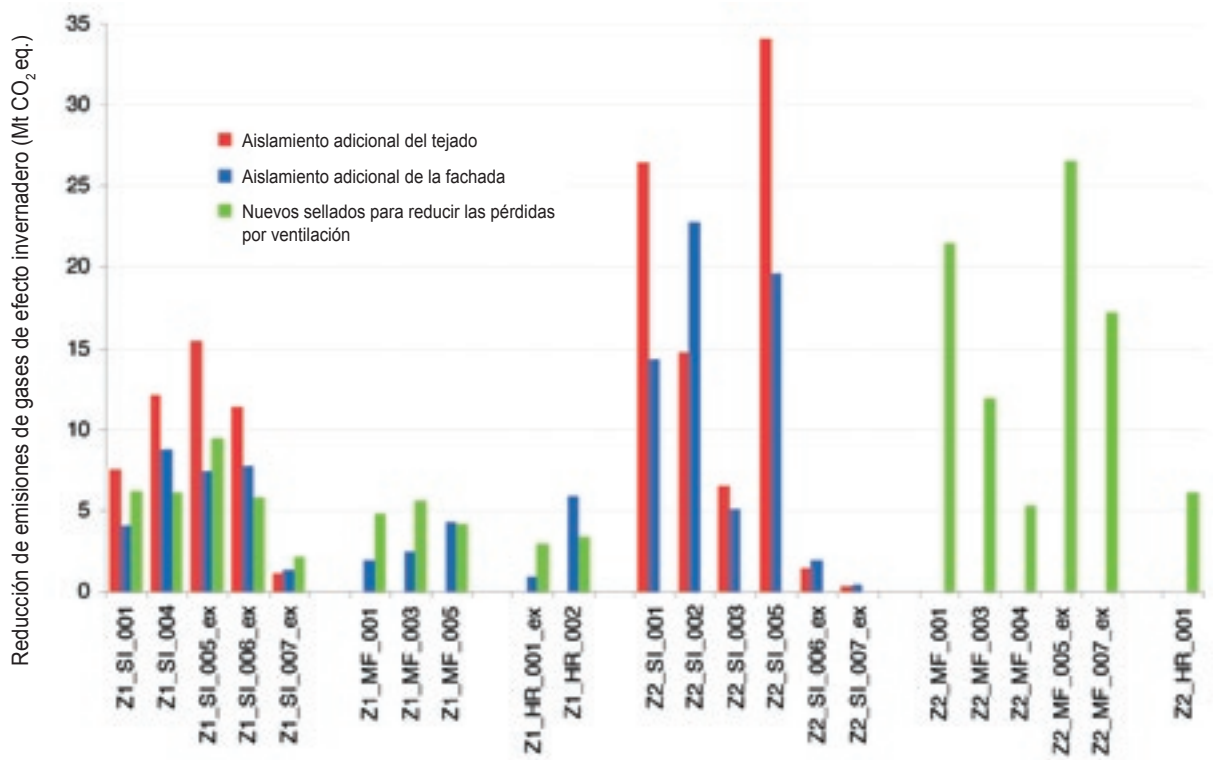


Figura 7.7 Potencial de mejora medioambiental anual total, en cuanto a emisiones de efecto invernadero, en la UE-25, dependiendo del tipo de edificio y medida de mejora

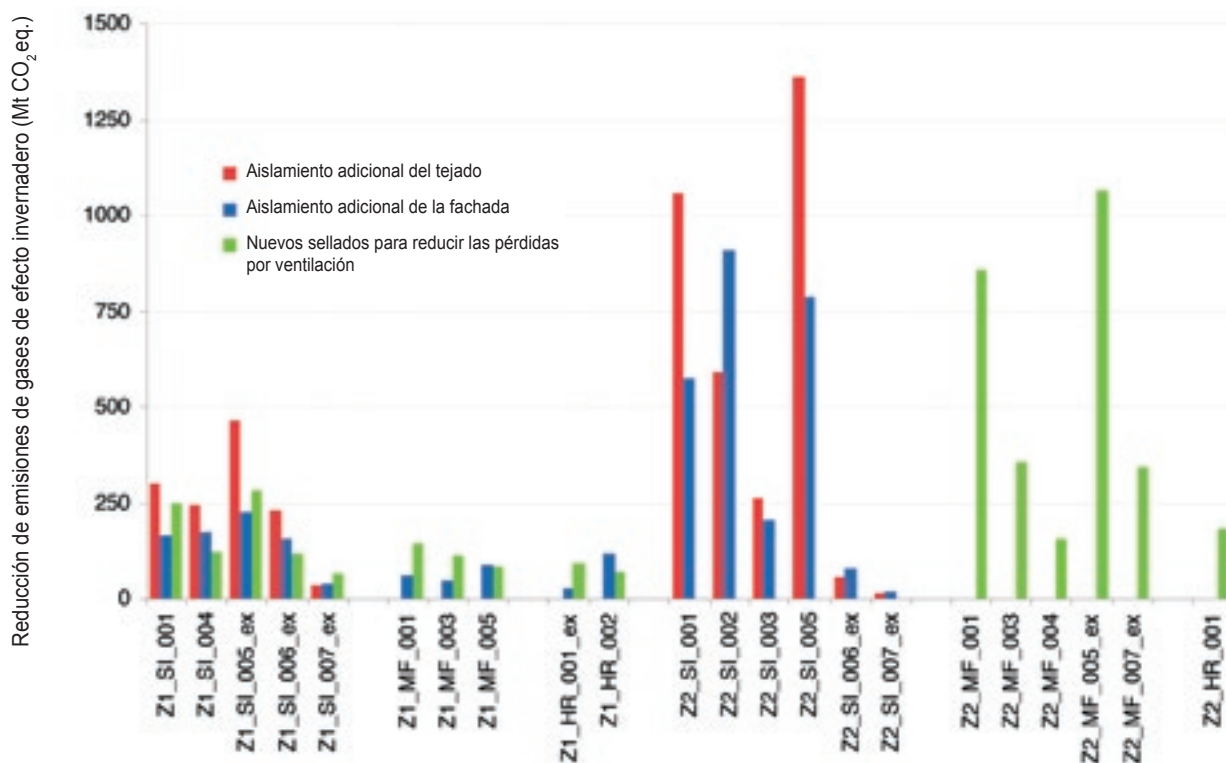


Figura 7.8 Potencial de mejora medioambiental total, en cuanto a emisiones de efecto invernadero, en la UE-25, dependiendo del tipo de edificio y medida de mejora, durante el ciclo de vida del tipo de edificio

7.1.6 Rentabilidad de las oportunidades de mejora

La tabla 7.10 nos ofrece una visión general de los costes de evaluación de las medidas escogidas, a partir de la tasa interna de rendimiento, teniendo en cuenta que el precio de la energía aumenta un 2 % al año (véase el anexo D 2).

En cuanto al **aislamiento adicional del tejado**, la tasa interna de rendimiento es negativa en sólo tres casos. En los demás tipos de edificio arroja datos económicos positivos.

En el caso del **aislamiento adicional de la fachada**, se han identificado 16 tipos de edificio en los que la medida podría ser aplicada. En cinco de los casos, la tasa interna de rendimiento es negativa, mientras que en otros nueve oscila entre el 1,8 y el 14,6 %.

La reducción de la ventilación, en comparación con el ahorro de combustible, presenta una tasa muy alta, debido a los bajos costes de inversión. Sin embargo, se constata que la medida debe ser correctamente aplicada para evitar la aparición de problemas, tales como el menoscabo de la calidad del aire del interior y los problemas de humedad que ello puede originar.

En términos generales, las medidas resultan rentables en prácticamente todos los tipos de edificio y oportunidades de mejora.

No obstante, esta premisa general sólo se cumple cuando el inversor tiene los ahorros energéticos garantizados. En los supuestos de arrendamiento del edificio, será difícil transferir todo el coste al

arrendatario. Por otro lado, sólo el arrendatario se beneficia del ahorro de energía. Así, para que se cumpla la conclusión anterior, también el inversor debe percibir los beneficios de la reducción de los costes energéticos.

Tabla 7.10 Tasa interna de rendimiento de las medidas de reforma en %

Tipo de edificio	Aislamiento adic. tejado	Aislamiento adic. fachada	Aislam. adic. tejado y fachada	Sellado reducir ventilación
Z1_SI_001	10.59	1.77	5.23	93.83
Z1_SI_004	15.31	2.29	7.21	94.25
Z1_SI_005_ex	15.41	1.83	7.19	105.26
Z1_SI_006_ex	18.52	3.50	9.22	113.28
Z1_SI_007_ex	X	X	X	46.20
Z1_MF_001	---	4.02	---	83.69
Z1_MF_003	---	X	---	50.50
Z1_MF_005	---	14.57	---	81.44
Z1_HR_001_ex	---	X	---	39.19
Z1_HR_002	---	14.45	---	47.20
Z2_SI_001	16.38	4.33	8.84	---
Z2_SI_002	16.32	12.88	13.99	---
Z2_SI_003	16.68	6.90	10.36	---
Z2_SI_005	16.52	4.76	9.10	---
Z2_SI_006_ex	X	X	X	---
Z2_SI_007_ex	X	X	X	---
Z2_MF_001	---	---	---	141.77
Z2_MF_003	---	---	---	146.19
Z2_MF_004	---	---	---	165.24
Z2_MF_005_ex	---	---	---	139.96
Z2_MF_007_ex	---	---	---	172.81
Z2_HR_001	---	---	---	182.50

a) X representa la tasa interna de rendimiento negativa

% 5
>% 10%
<%0

7.1.7 Los costes de reducción del CO₂

El coste unitario de las emisiones de CO₂ reducidas durante el ciclo de vida (costes de reducción) ha sido calculado a partir del VAN de las medidas de mejora comparado con el caso base (véase anexo D). Por definición, refleja todos los costes del ciclo de vida (inversiones y ahorros de los costes de energía).

En la figura 7.9 se han clasificado las medidas individuales aplicadas a los tipos de edificio, según los costes de reducción (mostrados en el eje vertical). El eje horizontal representa el potencial de reducción acumulado de emisiones en la UE-25.

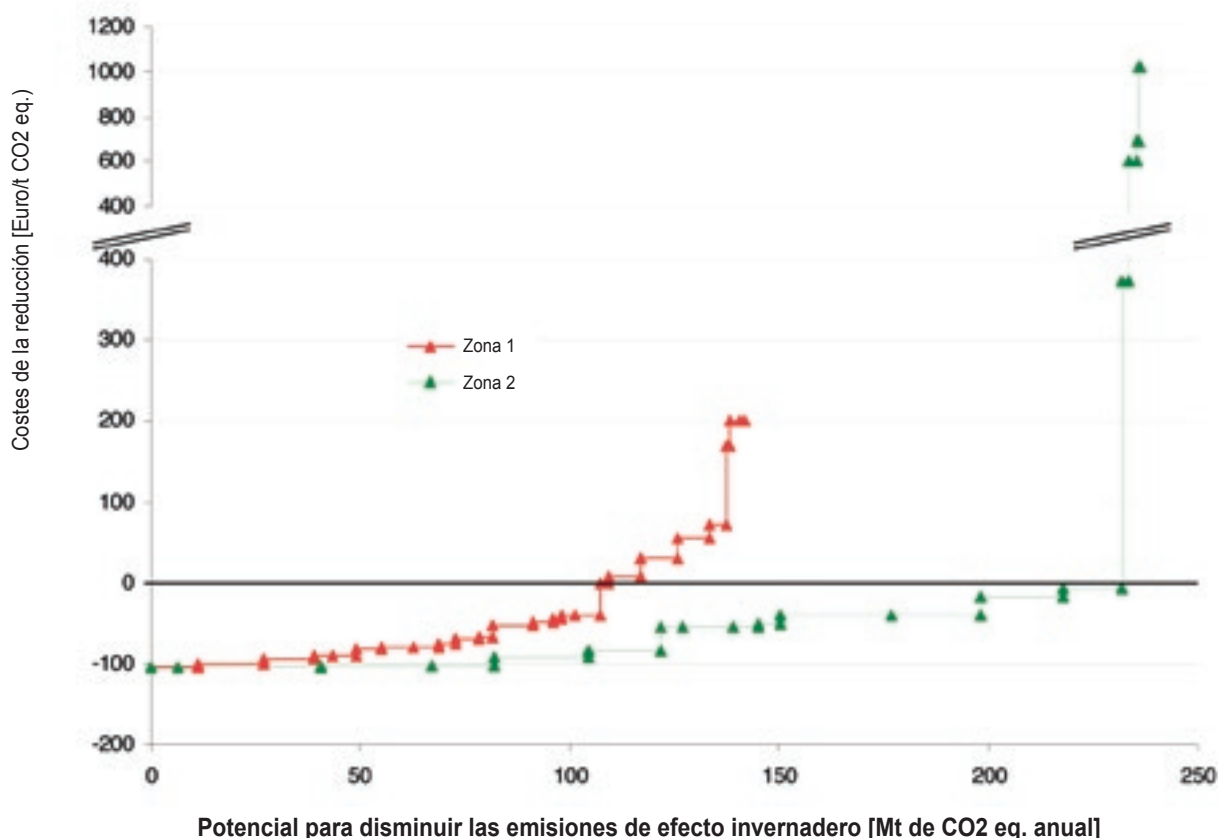


Figura 7.9 El coste de reducción de las medidas de mejora relacionadas con el potencial de disminución de emisiones de efecto invernadero en la UE-25

La figura 7.9 muestra que la mayoría de oportunidades de mejora son factibles y que presentan costes de reducción negativos, lo que significa que la energía ahorrada con la medida es mayor que la inversión inicial: en la zona 1 puede alcanzar el 80 % del potencial de reducción de emisiones totales, y en la zona 2 el 95 %. Sólo unas pocas oportunidades de mejora presentan costes de reducción positivos. En el caso de los nuevos sellados para reducir la ventilación, las medidas resultan positivas en un solo tipo de edificio, que además tiene un bajo potencial de mejora (véase la tabla 7.11). Por lo demás, la mayoría de las medidas para el aislamiento adicional del tejado son rentables (véase la tabla 7.10) y tienen un potencial de reducción total en la UE-25.

El aislamiento adicional de la fachada, en comparación con el resto, origina grandes costes para reducir las emisiones de CO₂ y tiene un potencial de mejora medio. Sin embargo, en la mayoría de edificios, la tasa interna de rendimiento es positiva (véase la tabla 7.10).

Así, las medidas de aislamiento adicional del tejado y los nuevos sellados para reducir la ventilación son favorables para el medio ambiente, teniendo en cuenta todo el potencial de mejora y la rentabilidad de los costes de reducción del CO₂.

Tabla 7.11 Los costes de reducción del CO₂ y el potencial de mejora de las medidas de reforma

Tipo de edificio	Aislamiento adic. tejado		Aislamiento adic. fachada		Sellado reducir ventilación	
	Costes de mejora en €/t CO ₂ -eq.	Reducción de emisiones en Mt CO ₂ -eq.	Costes de mejora en €/t CO ₂ -eq.	Reducción de emisiones en Mt CO ₂ -eq.	Costes de mejora en €/t CO ₂ -eq.	Reducción de emisiones en Mt CO ₂ -eq.
Z1_SI_001	-80.6	7.5	71.7	4.1	-39.4	6.2
Z1_SI_004	-94.0	12.1	30.0	8.7	-78.9	6.2
Z1_SI_005_ex	-100.5	15.5	55.1	7.5	-52.7	9.5
Z1_SI_006_ex	-105.3	11.4	8.0	7.8	-81.5	5.8
Z1_SI_007_ex	201.3	1.1	422.7	1.4	-44.1	2.1
Z1_MF_001	---	---	-0.4	2.0	-49.4	4.8
Z1_MF_003	---	---	200.3	2.5	-69.3	5.6
Z1_MF_005	---	---	-90.8	4.2	-76.3	4.1
Z1_HR_001_ex	---	---	169.4	0.9	-39.6	3.0
Z1_HR_002	---	---	-90.3	5.9	-66.6	3.4
Z2_SI_001	-103.3	26.4	-7.5	14.3	---	---
Z2_SI_002	-103.2	14.8	-92.4	22.8	---	---
Z2_SI_003	-104.0	6.5	-50.0	5.1	---	---
Z2_SI_005	-103.7	34.0	-16.7	19.6	---	---
Z2_SI_006_ex	372.9	1.4	598.1	2.0	---	---
Z2_SI_007_ex	689.6	0.3	1020.9	0.4	---	---
Z2_MF_001	---	---	---	---	-40.3	21.4
Z2_MF_003	---	---	---	---	-55.1	11.9
Z2_MF_004	---	---	---	---	-55.6	5.3
Z2_MF_005_ex	---	---	---	---	-40.6	26.6
Z2_MF_007_ex	---	---	---	---	-84.8	17.2
Z2_HR_001	---	---	---	---	-54.9	6.1
Coste de reducción negativo						
Coste de reducción positivo con TIR negativo						
Coste de reducción positivos con TIR positivo						

7.1.8 Los efectos socio-culturales

El proyecto no se ha detenido en algunos de los efectos indirectos de las medidas de mejora en la UE. Serían los siguientes:

- las medidas de aislamiento mejoran el **bienestar térmico** de los ciudadanos. El cuerpo humano percibe aproximadamente dos tercios de la temperatura por el intercambio de radiación entre las superficies irradianes cercanas, por lo que las superficies que más se calientan (en invierno) como consecuencia del aislamiento de los tejados y paredes proporcionan un mayor bienestar.
- al reducir las pérdidas por ventilación con la instalación de nuevas ventanas, el **aislamiento contra el ruido** se ve reforzado.
- la adopción de las medidas puede también redundar en beneficio de la **salud** de los ciudadanos, puesto que al ser mayor la temperatura interior de las fachadas exteriores, disminuye la aparición de hongos y moho. Aunque puede que el efecto no se produzca cuando, al reducir la ventilación, se genere menos humedad.
- Otros posibles efectos funcionales o sociales son la eliminación de barreras arquitectónicas, la mejora de la seguridad y del estado del barrio, etc.

7.1.9 Conclusiones

Las tres medidas (aislamiento del tejado, aislamiento de la fachada y reducción de la ventilación) tienen un gran potencial de mejora, de alrededor del 20 % en la mayoría de los casos, en comparación con el caso base.

El mayor potencial corresponde al aislamiento adicional del tejado y al nuevo sellado (en los edificios mencionados, alrededor de 130 Mt de CO₂ equivalente y 140 Mt de CO₂ equivalente al año, respectivamente). El potencial de aislamiento del tejado es especialmente alto en las viviendas unifamiliares. En la mayoría de los casos, ambas medidas generan beneficios económicos. También al aislar las fachadas externas el potencial se ve aumentado (110 Mt CO₂ eq./año). Sin embargo, en ese caso la rentabilidad económica no suele ser tan sistemática, porque el ahorro de combustible no compensa la inversión inicial.

Las medidas de mejora tienen un mayor potencial de mejora en la zona 2 de Europa, debido al gran volumen de edificios y a las más frías condiciones climáticas.

El conjunto de los tipos de edificio y de las medidas correspondientes permitiría reducir 360 Mt de CO₂ equivalente. Asimismo, los resultados muestran que es viable realizar mejoras con costes de reducción negativos.

Para determinar la medida a aplicar a cada tipo de edificio, se puede mirar la tabla de resultados, pero sabiendo a qué medida se le quiere dar prioridad.

7.2 Edificios de nueva construcción

En lo que se refiere a las medidas para edificios de nueva construcción, tal y como se ha expuesto en el capítulo 6.2, la cuantificación de los beneficios medioambientales se ha limitado a las oportunidades que reducen los impactos a partir de la fase de construcción, con sólo cambiar el material de construcción de los edificios.

Para realizar el análisis, ha sido aplicado el modelo creado al principio, el mismo que se ha utilizado en el capítulo 4.5. Las alternativas han sido adaptadas para calcular la nueva Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida y poder compararla con el caso base. El modelo se ha aplicado a cuatro tipos de edificios seleccionados de la lista de edificios de nueva construcción (véase la tabla 7.12).

Tabla 7.12 Edificios de nueva construcción seleccionados para el análisis de elementos de construcción sustituibles

Tipos de edificio	Volumen de edificios en millones de m ²	Aspectos medioambientales conflictivos en la fase de construcción			
		Fachadas exteriores	Fachadas interiores	Suelos/techos	Sótano
Z1_HR_001	271	X		X	
Z1_MF_004	215	X	X		
Z1_SI_007	283	X			X
Z2_SI_008	366	X		X	

Se han elegido composiciones alternativas de materiales para los cuatro tipos de edificios:

- hormigón de escorias
- grava

- estructura de madera
- ladrillo compacto
- hormigón armad.

Se han analizados materiales alternativos para las paredes interiores y exteriores, pero no para suelos/techos y sótanos. Las alternativas producen distintos efectos sobre el medio ambiente, y no todas generan necesariamente un menor impacto que las de la situación base. Eso es lo que se muestra en la figura 7.10, que compara las cuatro alternativas y la situación base para las paredes exteriores, en un edificio Z1_MF_004. En este gráfico se puede observar que tres de las opciones tienen un perfil limitado comparado con el caso base, y que la opción cuyo perfil más se ajusta al medioambiente es el del hormigón armado. Por otra parte, la única alternativa que permite realizar una mejora significativa es la de la estructura de madera, al reducir los gases de efecto invernadero del ciclo de vida en un 12 %.

Potencial de calentamiento global: situación base vs medidas de reforma individuales

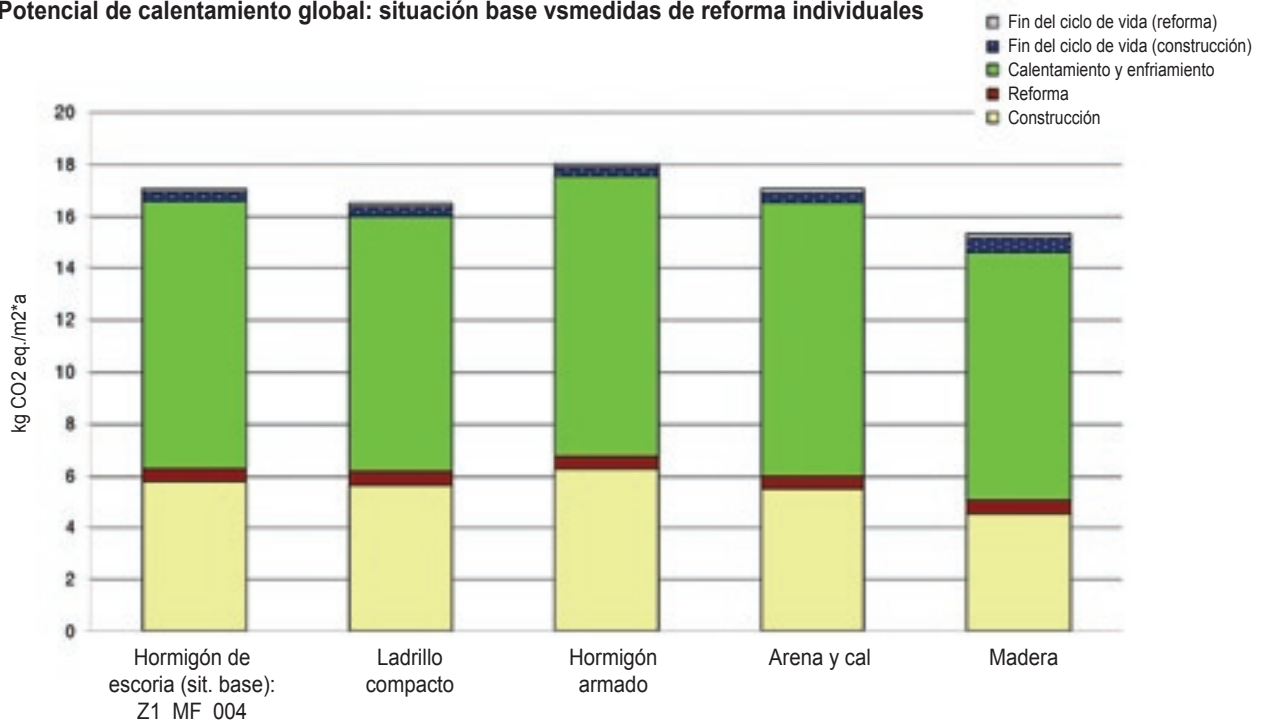


Figura 7.10 Ejemplo de los resultados (emisiones de efecto invernadero) de los edificios nuevos (aquí: Z1_MF_004): comparación del caso base (hormigón de escoria) con cuatro materiales de construcción alternativos para paredes exteriores

Los resultados de los edificios y los materiales de construcción de la tabla 7.13 muestran las consecuencias del ciclo de vida relativos a los valores básicos y recogen las conclusiones del ejemplo.

En términos generales, cabe afirmar que la estructura que menor impacto medioambiental produce es la de madera. Las demás opciones pueden diferir entre sí, pero los posibles beneficios sistemáticos no resultan tan obvios.

Tabla 7.13 Impactos totales del ciclo de vida de las alternativas de construcción comparadas con el caso base

	Z1_HR_001			Z1_MF_004				Z1_SI_007			S2_SI_008						
	Fachada exterior Caso base: estructura de madera			Fachada exterior Caso base: hormigón de escoria				Fachada interior Caso base: hormigón de escoria			Fachada exterior Caso base: hormigón armado			Fachada exterior Caso base: estructura de madera			
Categoría del impacto	Arena y cal	Hormigón de escoria	Hormigón armado	Ladrillo compacto	Hormigón armado	Arena y cal	Madera	Ladrillo compacto	Arena y cal	Hormigón armado	Hormigón de escoria	Arena y cal	Madera	Hormigón de escoria	Ladrillos de repuesto	Hormigón armado	Arena y cal
PE	95	93	99	101	100	101	96	104	102	105	104	101	101	109	106	110	102
GWP	100	100	107	94	100	100	88	100	106	112	106	104	94	113	106	113	104
AP	95	98	102	97	102	100	91	100	98	105	108	101	96	112	105	110	101
EP	100	100	125	100	100	100	100	100	100	120	108	100	92	110	105	110	100
POCP	100	100	107	100	107	100	93	100	100	107	106	104	98	111	104	110	101
ODP	97	97	105	98	106	100	95	103	101	108	105	102	99	108	103	108	99
Impactos menores al 98 % en comparación con el caso base																	
Impactos mayores al 102 % en comparación con el caso base																	

Si bien desde el punto de vista medioambiental la madera funciona mejor, no es fácil determinar un potencial de mejora en la UE. Para extrapolar los resultados, se deberían analizar las oportunidades de construcción más adecuadas para las condiciones locales y climáticas, considerando, entre otras, las necesidades relacionadas con el calor. Por eso, las cifras no han sido adaptadas a la UE.

También los procesos iniciales deberían ser estudiados en mayor profundidad, incluidas las condiciones para la gestión de los bosques. Si la madera proviene de un bosque gestionado de manera sostenible, el equilibrio del carbono en la atmósfera será neutro. Por el contrario, si la madera obtenida no se compensa mediante más plantaciones, se deberá tener en cuenta que seguramente se esté emitiendo carbono a la atmósfera. En esos casos, el equilibrio de carbono no será neutro y se deberá contar con emisiones netas y con los efectos sobre la biodiversidad.

8 Conclusiones

En este proyecto se han analizado los impactos del ciclo de vida de los edificios residenciales europeos, se han identificado las fuentes de los impactos medioambientales y se ha evaluado el potencial para su mejora.

En primer lugar, se ha procedido a definir la tipología de los edificios, que se clasifican en 72 categorías, 19 de ellas correspondientes a edificios de nueva edificación. El 80 % del volumen de edificios en la UE-25 es de carácter residencial. Han sido descritos atendiendo a su representatividad en cuanto al volumen total, a la distribución geográfica, a sus dimensiones, a la antigüedad, al diseño, a la composición de material, a la vida útil residual y al aislamiento térmico.

8.1 Impactos del ciclo de vida

Los modelos de edificio fueron sometidos a un análisis del ciclo de vida. Se calculó, en particular, la demanda energética final de calefacción, aplicando el método estándar; es decir, teniendo en cuenta todos los parámetros de carácter significativo (por ejemplo, el clima, la temperatura interior de la vivienda y la geometría del edificio).

El primer análisis recalcó el papel del uso de la energía en la mayor parte de los impactos cuantificados; por una parte, como resultado de la combustión de combustible para calefacción; por otra, como resultado de los procesos industriales encargados de la fabricación de los productos de construcción. Por tanto, tanto el uso de energía primario y las emisiones de gases de efecto invernadero son buenos indicadores del comportamiento de los edificios en el medio ambiente.

Los edificios de nueva construcción, tal y como actualmente se erigen, son medioambientalmente más benévolos que los ya existentes, debido a su mejor comportamiento energético, siempre y cuando sean aplicadas las mejores prácticas disponibles, especialmente a lo que al aislamiento se refiere.

Evidentemente, las condiciones climáticas incrementan la demanda de calefacción, motivo por el cual la demanda energética de los edificios del norte de Europa es mayor. Sin embargo, en prácticamente idénticas condiciones climáticas, los edificios de esa zona tienen un mejor rendimiento energético. El efecto de la geometría del edificio se traduce también en una mayor demanda energética de las viviendas unifamiliares en comparación con los demás tipos. Se estima que la demanda de frío es insignificante en el total de la demanda energética de los edificios. Lo que no se analizó fue el impacto del incremento de ventas de sistemas de frío en la futura demanda.

La demanda energética prevalece claramente en la fase de uso, en todos los edificios. En los de nueva construcción, la fase de construcción es también importante, aunque varía dependiendo de la categoría del impacto. En la fase final del ciclo de vida, su importancia se reduce considerablemente. Las consecuencias medioambientales de la fase de uso fueron clasificadas atendiendo a los elementos de construcción, basándose en las pérdidas de calor de cada uno. Así, se comprobó que las pérdidas por infiltración y ventilación tienen gran peso en todos los edificios.

Lo mismo ocurre con las paredes exteriores, particularmente en los edificios altos. La cantidad de calor que se pierde por el tejado es también significativa en las viviendas unifamiliares y en las multifamiliares. Se podría decir que las ventanas tienen menor importancia, en parte porque, si bien su reforma se realiza dentro de una mejora autónoma, ofrece una imagen demasiado optimista. Por lo general, las diferencias entre los tipos de edificio se explican por su geometría y por su aislamiento.

Se observa asimismo que en los edificios de nueva construcción la fase más importante se corresponde con la fase de uso, aunque su importancia sea relativamente menor por el mejor rendimiento energético. Le sigue la fase de construcción, sobre todo la de las fachadas exteriores, el sótano y suelos/techos. Las paredes interiores, los tejados y las ventanas desempeñan un papel menor.

8.2 Oportunidades de mejora

Se han identificado diversas oportunidades de mejora, sobre todo en los puntos medioambientalmente conflictivos (fase de uso y de construcción), para su posterior comparación con los casos bases iniciales.

Por las razones en torno a los **tipos de edificios nuevos** explicados en el capítulo 6.2.1, la cuantificación de los beneficios medioambientales se ha limitado a las oportunidades que reducen los impactos de la fase de construcción cambiando la composición de los edificios.

Según los resultados, con las alternativas estudiadas, sólo se pueden esperar mejoras en los casos en los que se sustituyan los materiales convencionales (hormigón, hormigón armado, ladrillos) por productos de madera.

En el caso de los **edificios existentes**, las medidas se corresponden con el papel dominante de la fase de uso, y se le ha hecho referencia a esa parte del ciclo de vida, sobre todo a la calefacción, cada vez que un elemento de construcción constituía un punto conflictivo para el medio ambiente. Las medidas llamadas «aislamiento adicional del tejado», «aislamiento adicional de la fachada» y «nuevo sellado para reducir la ventilación» tienen gran potencial para mejorar el medio ambiente, al menos del 20 % en la mayoría de edificios, en comparación con el caso base.

En la UE-25, el potencial de reducción de las emisiones de CO₂ es grande. Si se aplican todas las medidas, el potencial es mayor en la zona 2, puesto que el volumen de edificios es mayor y el clima más frío.

El potencial es asimismo mayor en el caso de las viviendas unifamiliares, bifamiliares y adosadas que en las viviendas multifamiliares. Aunque los edificios de gran altura presentan un significativo potencial, se considera que, en términos generales, generan menos emisiones, al ser su volumen menor.

Después de combinar y unificar los tipos de edificio y las medidas de reforma, el potencial de reducción de emisiones de CO₂ durante el ciclo de vida es de 360 Mt de CO₂ equivalente al año, es decir, cerca del 7 % de los gases de efecto invernadero emitidos directamente en la UE-25 en 2005 (dejando el uso del suelo, el cambio del uso del suelo y la silvicultura de lado) [EEA

2007]. Estas estimaciones se lograrían si se superan todos los obstáculos (por ejemplo, sociales, económicos). El precio de la inversión inicial podría ser también un inconveniente. Los costes del ciclo de vida se calcularon con la tasa interna de rendimiento y el valor actual neto.

Tanto en el caso del aislamiento del tejado como en el de la reducción de la ventilación, en la mayoría de los edificios las medidas resultan económicamente rentables (la tasa interna de rendimiento es positiva) (véase la tabla 8.1). En cuanto al aislamiento de las fachadas exteriores, la rentabilidad no es tan sistemática, dado que el ahorro de combustible no compensa la alta inversión inicial. En comparación con las otras dos medidas, el sellado para reducir la ventilación presenta un menor potencial de mejora, pero una mayor rentabilidad, al ser muy pequeña la inversión inicial.

Por otro lado, se ha demostrado que todas las oportunidades de mejora resultan factibles y que tienen un coste de reducción de CO₂ negativo: el 80 % del potencial de reducción en la zona 1 y el 95 % en la zona 2.

Tabla 8.1 Resumen del potencial de mejora ambiental y de los costes de reducción

Medida de mejora	Grupo de edificio	Zona	Murrizte kostua	Hobekuntzarako potentziala guztira
			Euro/t CO ₂ -baliok.	urtean Mt CO ₂ -baliok.
Aislamiento adicional del tejado	Casas unifamiliares	Zona 1	-90	48.67
		Zona 2	-93	83.50
Aislamiento adicional de la fachada	Casas unifamiliares	Zona 1	55	29.46
		Zona 2	-19	64.21
	Casas multifamiliares	Zona 1	12	8.67
		Zona 2	Na	na
	Garaiera handiko etxeak	Zona 1	-56	6.81
		Zona 2	Na	na
Nuevos sellados para reducir la ventilación	Casas unifamiliares	Zona 1	60	29.71
		Zona 2	Na	na
	Casas multifamiliares	Zona 1	-65	14.48
		Zona 2	-53	82.39
	Edificios de gran altura	Zona 1	-54	6.39
		Zona 2	-55	6.06

Estas conclusiones generales nos ofrecen elementos para dirigir políticas de apoyo a la adopción de estas medidas mediante instrumentos tales como las ayudas o la concienciación. No obstante, antes de optar por la aplicación de una determinada medida, se debe evaluar la situación del edificio.

8.2 Mensaje clave

En resumen, se puede decir que la situación actual del volumen de los edificios de vivienda en Europa en cuanto a su comportamiento medioambiental, está lejos de alcanzar los estándares de reducción de energía y que hay un gran potencial de mejora. Si se aplican las medidas estudiadas en los edificios analizados, puede que durante los próximos 40 años sus emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan entre el 30 % y el 50 %. Por tanto, todos los interesados deben llevar a cabo una promoción activa y acciones significativas con el objetivo de aprovechar esta oportunidad medioambiental. La información de este estudio sienta las bases de los debates y los pasos que se pueden dar en esa dirección.

9 Referenziak

[ADNOT ET AL. 2003] Adnot J & Waide P (Coord.): Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). Final Report. Volume 2. Armines, Paris 2003. Available at: <http://www.cenerg.ensmp.fr/english/themes/mde/pdf/EECCACfinalvol2.pdf>

[AMANN 2006] Amann W: Trendanalyse Hochbau bis 2012. Expertise. Institut für Immobilien, Bauen und Wohnen GmbH, Wien 2006. Available at: <http://www.iibw.at/deutsch/portfolio/bauen/downloads/Trendanalyse%20Hochbau%20060308.pdf>

[BAITZ 1995] Baitz M: Erstellung eines Modells zur Simulierung umweltrelevanter Auswirkungen von Transportprozessen unter Einfluß des Vertriebssystems, des Bedarfs und des Transportmittels. Study thesis. University of Stuttgart, Institute for Polymer Testing and Polymer Science 1995

[BAUER ET AL. 2004] Bauer M, Lair J, Wetzel C: WP2 Final Technical Report: Predictive model for future deterioration. INVESTIMMO Project. European Commission, 2004.

[BKI 2007] BKI (Ed.): Regionalfaktoren 2007 für Deutschland und Europa. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammer (BKI) 2007

[BOVERKET & MMR 2005] National Board of Housing, Building and Planning, Sweden & Ministry for Regional Development of the Czech Republic (Ed.): Housing Statistics in the European Union 2004. Boverket & MMR 2005. Available at: http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2005/housing_statistics_in_the_european_union_2004.pdf

[BRAGANÇA 2007] Bragança L, Wetzel C, Buhgiar V, Verhoef GW: Improving the Quality of Existing Urban Building Envelopes. IOS Press, Delft 2007

[CML 2001] CML's impact assessment methods and characterisation factors. Leiden University, Institute of Environmental Science (CML). Leiden, 2001. Available at: <http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/index.html>

[COM(2003) 302 FINAL] Communication from the Commission to the Council and to the European Parliament: Integrated Product Policy. Building on Environmental Life-Cycle Thinking COM(2003) 302 final. Brussels, 2003. Available at: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0302:FIN:EN:PDF>

[DALIN ET AL. 2006] Dalin, P, Nilsson J, Rubenhag A: Ecoheatcool. Work package 2. The European Cold Market. Final Report. Euroheat & Power, Brussels 2006. Available at: <http://www.euroheat.org/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool%20WP2%20Web.pdf>

[EEA 2007] European Environment Agency (Ed.): Annual European Community greenhouse gas inventory 1990–2005 and inventory report 2007. Submission to the UNFCCC Secretariat.

Version 27 May 2007. Technical report No 7/2007. EEA, Copenhagen 2007. Available at: http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2007_7/en

[EIPRO 2006] Tukker A et al. (2006): Environmental Impact of Products (EIPRO). Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25. European Commission. Joint Research Centre. Technical Report EUR 22284 EN. Available at: http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf

[EN 832:2003] EN 832:2003. Thermal Performance of Buildings – Calculation of Energy Use for Heating – Residential Buildings 9 12BReferences 102

[EN ISO 14040] EN ISO 14040:2006. Environmental Management – Life Cycle Assessment– Principles and Framework

[EN ISO 14044] EN ISO 14044:2006. Environmental Management – Life Cycle Assessment– Requirements and Guidelines

[EPBD] Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. Official Journal of the European Union L 1 4.1.2003 p65

[EPIQR 1996] European Project: Energy Performance, Indoor Environment Quality, Retrofit (Epiqr). EU-Contract N JOR3-CT96-0044 (DG12-WSME). 1996

[EU COUNCIL 1999] Council Directive 1999/31/EC on the landfill of waste. Official Journal of the European Union L 182/1 (1999). Available at: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/1999/l_182/l_18219990716en00010019.pdf

[EUP DIRECTIVE] Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products and amending Council Directive 92/42/EEC and Directives 96/57/EC and 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union L 191 22.7.2005. p29.

[EUROSTAT 2005a] Eurostat: Europe in figures, Eurostat yearbook 2005. Eurostat, Luxembourg 2005. Available at: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KSCD-05-001/EN/KS-CD-05-001-EN.PDF

[EUROSTAT 2005b] Eurostat: Dwellings by type of ownership, type of building and period of construction of the building. Eurostat, Luxembourg 2005. Available at: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136184,0_45572592&_dad=portal&_schema=PORTAL

[EUROSTAT 2006] Eurostat (Ed.): European business - Facts and figures. Data 1995-2004. Eurostat, Luxembourg 2006. Available at: http://www.edsdestatis.de/downloads/publ/en4_europ_business_part15.pdf

[EUROSTAT 2007] Eurostat (Ed.): Energetic Final Consumption of Private Households. Eurostat, Luxembourg 2007

[GDI 2005] GDI: Market shares insulation materials. Gemeinschaft Dämmstoff Industrie, Wien 2005

[GIKAS & KEENAN 2006] Gikas A & Keenan R: Statistical aspects of the energy economy in 2004. EU-25 energy dependence on the increase. Statistics in focus. Environment and Energy. 5/2006. Eurostat, Luxembourg 2006. Available at: http://bookshop.eu.int/eubookshop/FileCache/PUBPDF/KSNQ06005ENC/KSNQ06005ENC_002.pdf

[IEA 2004] International Energy Agency (Ed.): IEA Statistics 2004. Electricity Information. IEA 2004. Available at: <http://www.iea.org>

[KEMNA ET AL. 2006] Kemna R, van Elburg M, Li W, van Holsteijn R: Preparatory Study on Eco-design of Boilers. Task 3 Report (Draft final) – Consumer Behaviour & Local Infrastructure. Delft 2006. Available at: <http://www.eup-richtlinie.at/download/lot1/task3.pdf> 9 12BReferences 103

[LBP & PE 2007] LBP & PE: GaBi 4. Software-System and Databases for Life Cycle Engineering. Department of Life Cycle Engineering, Chair of Building Physics, Stuttgart University & PE International GmbH. Echterdingen 2007. Information available at: <http://www.gabi-software.com/>

[LÜSNER 1996] Lüsner H: Ganzheitliche Bilanzierung im Bauwesen. Ganzheitliche Bilanzierung von Ingenieurbauwerken. In: Eyerer P (Ed.): Ganzheitliche Bilanzierung. Werkzeug zum Planen und Wirtschaften in Kreisläufen. Springer, Berlin 1996

[MÉNDEZ nd] Méndez R: European Insulation Policies: View from the Foams Industry. BASF nd

[SMEDS & WALL 2007] Smeds J & Wall M: Enhanced energy conservation in houses through high performance design. Energy and Buildings (39) 2007 273-278. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.07.003>

[VROM 2005] Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning, and the Environment (VROM) (Ed.): Sustainable Refurbishment of High-Rise Residential Buildings and Restructuring of Surrounding Areas. Report for European Housing Ministers' Conference. Prague, 14-15/03/2005

[WETZEL & VOGDT 2005] Wetzel C & Vogdt FU: Technical improvement of Housing Envelopes in Germany. ESF-COST-C16, 2005 (not published)