



---

# MEP-ZERO

---

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y  
TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO

*INFORME FINAL*

---

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

## Índice de Contenidos

<b>A</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>6</b>
A.1	Contexto y motivación del estudio.....	6
A.2	Objetivos y alcance del proyecto MEP-ZERO.....	7
A.3	Metodología general del estudio.....	8
A.3.1	Fase 1. Coordinación y gestión del proyecto.....	8
A.3.2	Fase 2. Análisis del estado del arte y casos de éxito.....	8
A.3.3	Fase 3. Prospección de casuísticas locales y barreras.....	8
A.3.4	Fase 4. Detección de oportunidades de mejora en la implantación.....	8
A.3.5	Fase 5. Redacción del estudio y contraste con agentes.....	9
A.3.6	Fase 6. Comunicación y difusión de resultados.....	9
A.4	Estructura del informe.....	9
<b>B</b>	<b>Estado del arte de las tecnologías de descarbonización .....</b>	<b>10</b>
B.1	Identificación de tecnologías de descarbonización.....	10
B.1.1	Digitalización, comportamiento y gestión.....	11
B.1.2	Soluciones tecnológicas para la reducción de la demanda.....	11
B.1.3	Renovables térmicas.....	12
B.1.4	Electrificación.....	14
B.2	Análisis normativo sobre las instalaciones para la descarbonización.....	16
B.2.1	Normativa europea.....	16
B.2.2	Normativa estatal.....	17
B.2.3	La evolución del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE).....	17
B.2.4	La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE).....	17
B.2.5	Los Fondos Next y los generadores térmicos de combustible fósil.....	17
B.3	Recopilación de casos de éxito.....	18
B.3.1	Otxarkoaga (Bilbao): red de autoconsumo energético.....	18
B.3.2	Barrio Coronación (Vitoria-Gasteiz): red de Calor.....	18
B.3.3	Ecobarrio Txomin-Enea (Donostia-San Sebastián): red de Calor.....	18
B.3.4	Comunidades energéticas locales (CEL/TEK).....	19
B.3.5	HUBs de recarga para VE.....	19
B.3.6	Infraestructura de recarga en sede corporativa.....	19
B.3.7	Módulos de energía.....	19



B.3.8	Calefacción híbrida eficiente.....	20
B.3.9	<b>Barandilla modular fotovoltaica</b> .....	20
B.3.10	<b>Generación eólica urbana</b> .....	20
<b>C</b>	<b>Prospección de casuísticas y barreras de implantación.....</b>	<b>21</b>
C.1	Objetivo y metodología del análisis.....	21
C.1.1	Fuentes de información.....	21
C.1.2	Clasificación de las barreras.....	21
C.1.3	Relación con las tecnologías analizadas.....	22
C.2	Análisis de barreras por bloques temáticos.....	22
C.2.1	Barreras normativas/administrativas.....	22
C.2.2	Barreras tecnológicas.....	23
C.2.3	Barreras operacionales.....	23
C.2.4	Barreras financieras.....	24
C.3	Matriz resumen de barreras.....	24
<b>D</b>	<b>Detección de oportunidades de implantación.....</b>	<b>26</b>
D.1	Introducción.....	26
D.2	Análisis de oportunidades por bloques temáticos.....	26
D.2.1	Oportunidades normativas-administrativas.....	26
D.2.2	Oportunidades tecnológicas.....	27
D.2.3	Oportunidades operacionales.....	27
D.2.4	Oportunidades financieras.....	28
D.3	Matriz resumen de oportunidades.....	28
<b>E</b>	<b>Síntesis integrada de barreras y oportunidades: matriz comparativa.....</b>	<b>30</b>
E.1	Introducción.....	30
E.2	Matriz comparativa visual.....	30
E.3	Conclusiones del análisis integrado.....	33
E.3.1	Normativas-administrativas.....	33
E.3.2	Tecnológico.....	33
E.3.3	Operacional.....	33
E.3.4	Financiero.....	33
<b>F</b>	<b>Herramienta de simulación de escenarios para la descarbonización.....</b>	<b>34</b>
F.1	Introducción.....	34
F.2	Diagnóstico energético del parque residencial: usos térmicos actuales.....	35



F.2.1	Calefacción y agua caliente sanitaria (ACS)	35
F.3	Matriz de sistemas de instalaciones existentes	36
F.4	Matriz de sistemas de instalaciones propuestas	38
F.5	Herramienta de simulación	39
F.6	Claves para la integración de bombas de calor	39
<b>G</b>	<b>Oportunidades a escala</b>	<b>40</b>
G.1	Oportunidades a escala distrito	40
G.1.1	Instalaciones térmicas de distrito	40
G.1.2	Generación de energía renovable in situ	42
G.1.3	Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico de distrito	43
G.1.4	Matriz resumen y claves de implementación	44
G.2	Oportunidades a escala edificio	45
G.2.1	Instalaciones térmicas en edificio	45
G.2.2	Generación de energía renovable in situ en edificio	46
G.2.3	Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico en edificio	48
G.2.4	Matriz resumen y claves de implementación	49
G.3	Oportunidades a escala vivienda	50
G.3.1	Instalaciones térmicas en vivienda	50
G.3.2	Generación de energía renovable in situ en vivienda	52
G.3.3	Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico en vivienda	53
G.3.4	Matriz resumen y claves de implementación	55
<b>H</b>	<b>Conclusiones generales y líneas futuras</b>	<b>56</b>
H.1.1	Síntesis transversal del estudio	57
H.1.2	Principales barreras y palancas para la descarbonización	58
H.1.3	Recomendaciones para la acción	60
H.1.4	Potencial de replicabilidad y próximos pasos	62
<b>I</b>	<b>Anexos</b>	<b>62</b>
I.1.1	Anexo 1 – Entregable 1: Documento sobre el estado del arte, análisis normativo y casos de éxito sobre las tecnologías de descarbonización de las instalaciones de edificios existentes	62
I.1.2	Anexo 2 – Entregable 2: Visualizador de las tecnologías detectadas en distintos escenarios de implementación y descarbonización	62
I.1.3	Anexo 3 – Entregable 3: Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación analizadas en la fase	62



I.1.4 Anexo 4 – Cuestionarios de entrevistas.....¡Error! Marcador no definido.



## A Introducción

### A.1 Contexto y motivación del estudio

En el actual contexto donde Europa se ha marcado el objetivo de ser neutra en términos climáticos de cara al año 2050, la rehabilitación energética integral es clave para la descarbonización del parque residencial. Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es urgente y, para ello, es fundamental actuar sobre los edificios existentes, donde más energía se consume en su fase de uso.

A nivel global, el informe “Achieving Zero-Carbon Buildings: Electric, Efficient and Flexible” de la Energy Transitions Commission (ETC), publicado en febrero de 2025, indica que el sector de la construcción es responsable del 37% del consumo de energía mundial y del 33% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, repartidas en un 7% asociado al carbono embebido y un 26% derivado de la fase de uso de los edificios.

En el contexto europeo, el informe del World Green Building Council “Hoja de ruta para la descarbonización de la edificación en todo su ciclo de vida” señala que el sector de la edificación representa el 40% del consumo energético y el 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Estas cifras reflejan la magnitud del reto y la urgencia de actuar sobre el parque edificado existente.

Para lograrlo, las rehabilitaciones energéticas integrales combinan diferentes estrategias:

- Por un lado, se interviene en los sistemas pasivos, realizando mejoras en la envolvente de los edificios para reducir las pérdidas y ganancias energéticas (fachada, ventanas y cubierta).
- Por otro lado, se sustituyen los sistemas activos, mediante la eliminación y/o adaptación de sistemas térmicos alimentados por combustibles fósiles (como por ejemplo las calderas de gasoil o gas) apostando por soluciones descarbonizadas.
- Finalmente, se complementan con la integración de sistemas de generación energética (como por ejemplo la energía fotovoltaica) y la instalación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos.

Gracias a la combinación de estas actuaciones en las intervenciones de rehabilitación energética integral (denominadas “Deep Renovation”) se consiguen resultados más ambiciosos de ahorro energético y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

No obstante, uno de los principales retos de las rehabilitaciones energéticas integrales es la complejidad que supone integrar nuevas soluciones en edificios existentes, tanto en sus espacios comunes como en el interior de las viviendas. Por este motivo, muchas intervenciones se limitan a actuar sobre la envolvente, ya que acometer la sustitución de instalaciones térmicas fósiles o incorporar sistemas de generación renovable y puntos de recarga para vehículos eléctricos sigue siendo técnicamente complejo. Además, su implementación no está suficientemente estandarizada ni adaptada a la gran diversidad tipológica del parque edificado, lo que dificulta una aplicación a gran escala.

Escalar estas soluciones es un reto tanto técnico como estratégico, imprescindible para cumplir los objetivos climáticos y garantizar un parque residencial resiliente, eficiente y alineado con los principios de sostenibilidad.

Dada esta problemática, este estudio se propone profundizar en las tecnologías y oportunidades para la descarbonización de las instalaciones durante la fase de uso de los edificios residenciales, analizando sus barreras y explorando vías realistas para superarlas.



## A.2 *Objetivos y alcance del proyecto MEP-ZERO*

---

Los objetivos de descarbonización del parque edificado existente en Europa se han intensificado en los últimos años, impulsados por los compromisos climáticos, los nuevos objetivos de sostenibilidad, la necesidad de independencia energética y el marco de financiación habilitado por los Fondos Next Generation EU. En este contexto, la rehabilitación energética del parque residencial construido se sitúa como una prioridad estratégica, clave para reducir de forma significativa el consumo energético y las emisiones asociadas a la fase de uso de los edificios.

Este impulso se ha visto reforzado por el avance de tecnologías de electrificación, como la aerotermia, la hidrotermia o la geotermia, que ya están sustituyendo progresivamente a los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria basados en combustibles fósiles, especialmente en obra nueva. Del mismo modo, la generación de energía distribuida a través de sistemas fotovoltaicos ha comenzado a consolidarse, incluso en esquemas colectivos como las comunidades energéticas. Paralelamente, la expansión del vehículo eléctrico ha venido acompañada de nuevas normativas e incentivos que promueven la instalación de puntos de recarga en edificios.

Sin embargo, la penetración de estas soluciones en el parque residencial existente es aún muy limitada. Las intervenciones de rehabilitación energética presentan una elevada complejidad técnica, asociada a la heterogeneidad del parque edificado, la dificultad de integración de nuevas tecnologías en entornos construidos y la escasa experiencia del sector en este tipo de actuaciones. A ello se suma la juventud de muchas soluciones disponibles, que aún requieren adaptación para su despliegue a gran escala en rehabilitación.

Ante este contexto, el presente estudio tiene como objetivo general impulsar la implantación de tecnologías de descarbonización en edificios residenciales existentes, promoviendo un proceso de aprendizaje técnico y estratégico que permita superar las barreras actuales y acelerar su adopción a escala de mercado.

Para ello, el proyecto contempla los siguientes objetivos específicos:

- Mapear y analizar las tecnologías más adecuadas para la rehabilitación de instalaciones térmicas, generación de energía y recarga de vehículos eléctricos, con foco en soluciones viables para el parque edificado existente.
- Identificar las barreras técnicas, operativas, económicas y normativas que dificultan su implementación en la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), así como las oportunidades de mejora y los factores habilitadores para su despliegue.
- Diseñar diferentes escenarios de rehabilitación energética según el tipo de tecnología aplicada y el nivel de descarbonización alcanzable.
- Desarrollar una herramienta de simulación que permita evaluar estos escenarios y facilitar la toma de decisiones para agentes del sector.
- Analizar la cadena de valor asociada a estas soluciones en la CAPV, identificando los agentes clave implicados y detectando potenciales nichos de mercado para el tejido empresarial local.
- Fomentar la colaboración entre los distintos agentes de la cadena de valor, con el fin de generar soluciones más integrales y coordinadas.
- Alinear las soluciones identificadas con estándares y marcos europeos de evaluación de sostenibilidad, como el marco Level(s) y las Guías de Edificación y Rehabilitación Sostenible de Viviendas elaboradas por IHOBE.
- Servir de base para futuras líneas de innovación verde en el sector, promoviendo nuevos modelos de negocio, industrialización de soluciones y mejoras en la eficiencia de las intervenciones.



El proyecto busca, en última instancia, contribuir a la transición hacia un parque edificado descarbonizado, resiliente y alineado con los objetivos climáticos y energéticos tanto de la CAPV como del conjunto de Europa.

### **A.3 Metodología general del estudio**

---

El presente estudio adopta una **metodología mixta**, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para abordar de forma integral el análisis de tecnologías de descarbonización aplicables a edificios residenciales existentes en la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) en su fase de uso. La metodología se ha diseñado con un **enfoque secuencial y estructurado**, orientado a identificar tecnologías relevantes para la rehabilitación energética, analizar su grado de implantación y las barreras asociadas, y detectar oportunidades a distintas escalas de intervención.

El estudio combina el análisis documental, la prospección técnica y el contraste con agentes del sector, articulándose en seis fases claramente diferenciadas.:

#### **A.3.1 Fase 1. Coordinación y gestión del proyecto**

Desde el inicio se ha asegurado una coordinación eficaz del proyecto mediante reuniones periódicas internas del equipo de trabajo, así como encuentros específicos para la elaboración de contenidos. Estas reuniones han permitido estructurar el desarrollo del estudio, alinear a los participantes y consensuar los enfoques metodológicos y técnicos adoptados en cada fase.

#### **A.3.2 Fase 2. Análisis del estado del arte y casos de éxito**

En esta fase se ha desarrollado una revisión detallada de las tecnologías de descarbonización actualmente disponibles para climatización, agua caliente sanitaria, generación energética y recarga de vehículo eléctrico en edificios residenciales. La identificación y clasificación de estas soluciones se ha complementado con un análisis normativo del marco regulatorio vigente (especialmente el CTE DB HE) y un repaso de las ayudas públicas, así como con la recopilación de casos de éxito a escala local y europea.

#### **A.3.3 Fase 3. Prospección de casuísticas locales y barreras**

A través de entrevistas a empresas especializadas en instalaciones térmicas, energías renovables y recarga de vehículos, se han identificado las principales barreras técnicas, normativas, operacionales y financieras que afectan a la implantación real de estas tecnologías en contextos de rehabilitación energética. Posteriormente, se ha realizado un análisis cualitativo y cuantitativo del impacto de estas casuísticas en la descarbonización, para finalmente definir las tecnologías más relevantes y su potencial transformador. Como resultado, se ha desarrollado un visualizador de tecnologías, que permite comparar distintas combinaciones según su impacto ambiental, económico y normativo.

#### **A.3.4 Fase 4. Detección de oportunidades de mejora en la implantación**

Partiendo de los aprendizajes de las fases anteriores, se ha elaborado una matriz de oportunidades de actuación para favorecer la implantación de tecnologías de descarbonización, estructurada en tres escalas: barrio o distrito, edificio y vivienda. Esta clasificación ha permitido identificar intervenciones viables según el grado de agregación de la demanda, la facilidad de ejecución y el potencial de impacto, con un enfoque especialmente dirigido a facilitar su replicabilidad.

### A.3.5 Fase 5. Redacción del estudio y contraste con agentes

Actualmente en desarrollo, esta fase incluye la elaboración del informe final del estudio, su revisión por parte de los agentes participantes en fases anteriores, y la redacción de un resumen ejecutivo. Se prevé también el contraste de contenidos con otras entidades y expertos del sector para enriquecer las conclusiones y recomendaciones formuladas.

### A.3.6 Fase 6. Comunicación y difusión de resultados

Finalmente, se contempla una fase de difusión que incluye la publicación del informe completo, el resumen ejecutivo y el visualizador interactivo a través de una plataforma web. Además, se documentarán las acciones de comunicación realizadas y su impacto, con el objetivo de maximizar el alcance y la transferencia de los resultados del estudio.

## A.4 Estructura del informe

---

El presente informe se estructura en seis bloques principales que siguen una lógica progresiva desde el análisis de contexto hasta la formulación de recomendaciones:

- **Bloque A – Introducción:** se presenta el contexto y la motivación del estudio, se definen los objetivos y el alcance del proyecto MEP-ZERO, y se describe la metodología empleada en las distintas fases del trabajo.
- **Bloque B – Estado del arte de las tecnologías de descarbonización:** se identifican las tecnologías clave aplicables en la rehabilitación energética residencial, se analizan los marcos normativos relevantes (europeo, estatal y autonómico), y se documentan casos de éxito que ilustran soluciones tecnológicas aplicadas en el entorno vasco.
- **Bloque C – Prospección de casuísticas y barreras de implantación:** se sistematizan los resultados obtenidos en entrevistas a agentes del mercado y revisión documental, describiendo escenarios reales, tecnologías asociadas y un análisis estructurado de las barreras clasificadas y analizadas de forma cruzada.
- **Bloque D – Detección de oportunidades de implantación:** se analizan oportunidades específicas que pueden facilitar la incorporación de tecnologías de descarbonización, organizadas paralelamente a las barreras identificadas, y se recoge una matriz resumen.
- **Bloque E – Síntesis integrada de barreras y oportunidades: matriz comparativa:** se presenta una matriz comparativa visual que permite identificar correlaciones entre las barreras y sus respectivas oportunidades, seguida de un análisis transversal por bloques temáticos.
- **Bloque F – Herramienta de simulación de escenarios para la descarbonización:** se describe una herramienta desarrollada para simular distintos escenarios de intervención sobre los sistemas existentes, proponiendo combinaciones tecnológicas más adecuadas en función de cada contexto.
- **Bloque G – Oportunidades de implantación a distintas escalas:** se profundiza en la viabilidad de las tecnologías analizadas según el nivel de intervención (distrito, edificio, vivienda), con una matriz comparativa y recomendaciones específicas para cada escala.
- **Bloque G – Conclusiones generales y líneas futuras:** se sintetizan los principales hallazgos del estudio, se destacan las barreras y palancas más relevantes y se formulan recomendaciones para la acción y próximos pasos.
- **Bloque H – Anexos:** se incluyen los entregables generados durante las fases del estudio.

Cada sección se enfoca en un aspecto específico del estudio, garantizando una visión integral y coherente de las tecnologías y oportunidades para la descarbonización en la rehabilitación energética residencial.



## B Estado del arte de las tecnologías de descarbonización

El presente apartado ofrece una síntesis de los aspectos más relevantes del estado del arte en materia de tecnologías de descarbonización aplicadas al entorno residencial. Su objetivo es contextualizar las soluciones actualmente disponibles y emergentes, así como los avances técnicos más significativos en este ámbito. Para una descripción detallada y una revisión técnica más exhaustiva, se remite al Anexo 1 del presente documento, donde se recoge la información completa y actualizada. El documento íntegro puede consultarse en el enlace que se indica a continuación: [Anexo 1](#)

### B.1 Identificación de tecnologías de descarbonización

La transición hacia un parque edificatorio neutro en carbono exige no solo un marco normativo robusto, sino también la implementación efectiva de tecnologías que permitan reducir las emisiones derivadas del consumo energético residencial. En este proceso, destacan tres vectores fundamentales: la electrificación de la demanda, la integración de energías renovables térmicas y la mejora de la eficiencia de los sistemas existentes. Dado el largo ciclo de vida de los edificios y su baja tasa de renovación, es esencial orientar las decisiones actuales con una perspectiva de largo plazo que garantice la alineación con los objetivos de neutralidad climática fijados para 2050.

En particular, los sistemas de generación de calor y frío —como los utilizados para climatización y agua caliente sanitaria— concentran un gran potencial de descarbonización. Esta sección aborda el estado del arte de las principales tecnologías aplicables a contextos residenciales existentes, analizando su madurez, viabilidad y capacidad de reducción de emisiones. Tomando como referencia la Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050 del MITECO, se consideran cuatro grandes grupos de tecnologías: digitalización y gestión, soluciones pasivas para la reducción de demanda, energías renovables térmicas y electrificación, centrando el análisis en estos dos últimos:



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020

## B.1.1 Digitalización, comportamiento y gestión

- **Sistemas peer-to-peer**

Los sistemas de energía peer-to-peer (P2P) permiten el intercambio directo de energía renovable entre usuarios, promoviendo la descentralización y sostenibilidad del modelo energético. Basados en tecnologías como blockchain y redes inteligentes, garantizan transacciones seguras y flexibles. Facilitan el autoconsumo, reducen pérdidas de energía y emisiones de carbono, y fortalecen la autonomía energética de comunidades y hogares. Representan una herramienta innovadora para acelerar la descarbonización del sector residencial.

- **Sistemas de monitorización en tiempo real**

Los sistemas de monitorización en tiempo real permiten visualizar y analizar el consumo energético, la generación renovable y las emisiones de carbono en edificios. Incorporan sensores inteligentes, software de análisis, conectividad IoT y automatización con sistemas como HVAC o iluminación. Estas herramientas optimizan el uso de energía, fomentan el autoconsumo renovable, facilitan la toma de decisiones informadas y permiten la integración en redes inteligentes, contribuyendo activamente a la descarbonización del entorno construido.

- **Machine Learning, aprendizaje digital**

El *Machine Learning* (ML) es una herramienta clave para la descarbonización al permitir la optimización de consumos energéticos, la predicción de emisiones y una mejor integración de fuentes renovables. Sus aplicaciones incluyen la gestión inteligente de edificios, la mejora de procesos industriales, la previsión de generación solar o eólica y la optimización del transporte y la electromovilidad. También se usa en modelos climáticos y de gestión forestal. Destacan su precisión, escalabilidad y capacidad de adaptación en tiempo real, lo que lo convierte en un recurso estratégico en la transición hacia un sistema energético más limpio y eficiente.

## B.1.2 Soluciones tecnológicas para la reducción de la demanda

- **Sistemas de gestión de la energía**

Los sistemas de gestión energética permiten un uso más eficiente y sostenible de los recursos mediante la supervisión, análisis y automatización del consumo en tiempo real. Integran tecnologías como IoT, inteligencia artificial y *Machine Learning*, facilitando la integración de energías renovables y la reducción de ineficiencias. Sus componentes clave incluyen sensores de medición, software de análisis, control automatizado de sistemas como HVAC, y generación de informes sobre consumo y emisiones. Son fundamentales para impulsar la descarbonización en edificios y entornos industriales.

- **Soluciones de aislamiento térmico y estrategias retrofit**

El aislamiento térmico y las estrategias *retrofit* son esenciales para reducir el consumo energético en edificios y avanzar en la descarbonización del sector. El aislamiento se basa en incorporar materiales que minimizan las pérdidas o ganancias de calor, como lana mineral, espumas, aerogeles o materiales naturales (corcho, cáñamo, celulosa), reduciendo así la demanda de calefacción y refrigeración. Por su parte, el *retrofit* actualiza edificios existentes mediante la mejora de la envolvente térmica y la incorporación de energías renovables. Soluciones como sistemas



EIFS, vidrios de baja emisividad o integración fotovoltaica avanzada pueden llegar a reducir las emisiones hasta en un 80% en rehabilitaciones profundas.

- **Sistemas pasivos de climatización y ventilación**

---

Los sistemas pasivos de climatización y ventilación regulan la temperatura y calidad del aire sin requerir consumo energético significativo, lo que los convierte en soluciones clave para la descarbonización. Permiten reducir entre un 50% y un 70% la demanda energética en calefacción y refrigeración, según estudios del World Green Building Council y la IEA. Aplicaciones como chimeneas solares, enfriamiento evaporativo y protecciones solares permiten mantener el confort térmico y una buena calidad del aire con un consumo mínimo, favoreciendo edificios más sostenibles y eficientes.

### B.1.3 Renovables térmicas

- **Sistemas geotérmicos directos**

---

Los sistemas geotérmicos directos aprovechan el calor del subsuelo para cubrir necesidades de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) en los edificios. Esta tecnología, apoyada por iniciativas europeas como el Pacto Verde y proyectos de investigación financiados por la UE, se presenta como una solución eficiente y sostenible para reducir las emisiones del sector edificatorio. Al tratarse de una fuente de energía local, renovable y de bajo impacto, permite sustituir combustibles fósiles, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y, en algunos casos, aprovechar el subsuelo como almacenamiento energético o de carbono. Es una herramienta clave para avanzar hacia edificios neutros en carbono.

- **Calderas y estufas de biomasa**

---

Las calderas y estufas de biomasa son sistemas de calefacción sostenibles que utilizan combustibles renovables como pellets, astillas, leña o residuos agrícolas. Son una alternativa eficiente y ecológica a los sistemas fósiles, con ventajas como la reducción de emisiones, el aprovechamiento de residuos y la neutralidad en carbono. Además, ofrecen un coste competitivo y buena accesibilidad en zonas rurales. Estas tecnologías, apoyadas por subvenciones y políticas de descarbonización, representan una solución clave para avanzar hacia un modelo energético más limpio y autosuficiente.

- **Sistemas de combustión diseñados específicamente para el uso de biocombustibles líquidos o de biogás/biometano**

---

Los sistemas de combustión adaptados al uso de biocombustibles líquidos (como biodiésel, bioetanol o aceites vegetales tratados) y gases renovables (biogás y biometano) permiten cubrir las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria en edificios de forma eficiente y sostenible. Estos sistemas están diseñados para maximizar el rendimiento energético de estos combustibles, reduciendo significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Entre sus principales ventajas destacan la sustitución directa de combustibles fósiles sin necesidad de modificar infraestructuras, la generación distribuida de energía con menor pérdida en el transporte, y la neutralidad en carbono, ya que el CO<sub>2</sub> emitido se compensa con el absorbido por la biomasa. Además, promueven la economía circular, al utilizar residuos agrícolas, industriales y urbanos como materia prima. El biometano, en particular, ya se inyecta en redes de gas en



numerosos países europeos y puede alcanzar precios más competitivos que el gas natural, reforzando su viabilidad económica dentro del proceso de transición energética.

## • **Bomba de calor**

---

Las bombas de calor son tecnologías térmicas altamente eficientes que permiten climatizar edificios mediante el uso de electricidad, captando energía del ambiente (aire, agua o tierra) y transfiriéndola al interior. Son especialmente adecuadas para edificios nuevos o rehabilitados con baja demanda energética, ya que permiten alcanzar los objetivos de uso de energía renovable establecidos por la normativa.

Funcionan como un frigorífico invertido, extrayendo calor del medio exterior (foco frío) y liberándolo en el interior (foco caliente), mediante un ciclo termodinámico cerrado y el uso de un gas refrigerante. Aunque necesitan electricidad para funcionar, su alto rendimiento permite generar más energía térmica de la que consumen en forma de electricidad. Su impacto ambiental depende del origen de la electricidad: si proviene de fuentes renovables, la bomba de calor puede alcanzar un consumo casi nulo de energía primaria no renovable.

Las principales tipologías se clasifican según la fuente de energía (aerotérmica, geotérmica, hidrotérmica) y el medio al que se transfiere el calor (aire o agua), dando lugar a variantes como: Aire-aire; Aire-agua; Agua-aire; Agua-agua; Tierra-aire; Tierra-agua.

La más común en edificación es la bomba de calor aire-agua, que transfiere calor al agua del sistema de calefacción (suelo radiante o radiadores). Muchas son reversibles, ofreciendo también refrigeración, lo que las convierte en una solución versátil.

En cuanto a eficiencia, se utilizan los indicadores COP (coeficiente de rendimiento puntual) y SCOP (coeficiente de rendimiento estacional). Un COP de 4 implica que por cada 1 kWh de electricidad consumida se obtienen 4 kWh de calor. El SCOP, más representativo que el COP, tiene en cuenta el rendimiento de la bomba de calor a lo largo de toda la temporada de calefacción, considerando variaciones de temperatura y condiciones reales de uso. Proporciona así una estimación más realista de la eficiencia energética en funcionamiento estacional.

Gracias a su eficiencia, versatilidad y capacidad de funcionar con electricidad renovable, las bombas de calor son una pieza clave para la descarbonización del sector de la edificación.

## • **Frío solar (refrigeración por absorción)**

---

El frío solar es una tecnología que utiliza la energía térmica del sol para alimentar sistemas de refrigeración por absorción, reduciendo significativamente el consumo de electricidad y las emisiones de carbono. Funciona mediante ciclos H<sub>2</sub>O/LiBr activados con agua caliente procedente de captadores solares, alcanzando temperaturas de refrigeración entre 3,5 y 15 °C. Su rendimiento depende de la temperatura del agua caliente y requiere acumuladores térmicos para gestionar la variabilidad solar.

Esta solución es especialmente adecuada en regiones cálidas y soleadas, donde la demanda de refrigeración es elevada. Según IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables), puede reducir hasta un 60% las emisiones respecto a sistemas convencionales. Se presenta como una alternativa sostenible y eficaz para descarbonizar la climatización en edificios, integrándose en un modelo energético más limpio y resiliente.



- **Solar térmica**

---

La energía solar térmica convierte la radiación solar en energía térmica para aplicaciones como calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria (ACS) y procesos industriales. Sus usos incluyen sistemas de calefacción por suelo radiante o radiadores, frío solar mediante refrigeración por absorción, y calentamiento de agua doméstica, cubriendo hasta el 70–80 % de la demanda anual en zonas soleadas.

Es una tecnología clave para la descarbonización, al sustituir fuentes fósiles en múltiples usos térmicos. Destaca por su sostenibilidad, ahorro energético, bajo coste operativo, reducción de emisiones y capacidad para descentralizar la generación energética. Puede aplicarse en viviendas, edificios y entornos industriales, apoyando la transición hacia un sistema energético más limpio, autónomo y con bajas emisiones.

#### **B.1.4 Electrificación**

- **Pilas de combustible utilizando combustibles renovables**

---

Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que generan electricidad directamente a partir de combustibles sin necesidad de combustión, lo que reduce pérdidas energéticas y emisiones. Cuando se alimentan con combustibles renovables como hidrógeno verde, metanol, etanol o biogás, ofrecen una alternativa limpia a los sistemas basados en fósiles. Son especialmente útiles en sectores como el transporte, la industria y la edificación, y permiten su integración en sistemas descentralizados o de autoconsumo, incluso con aprovechamiento del calor residual en aplicaciones de cogeneración.

Estas tecnologías destacan por su alta eficiencia, funcionamiento silencioso y continuo, modularidad y capacidad para operar fuera de la red, además de su compatibilidad con energías renovables y microrredes inteligentes. Según IRENA, el hidrógeno verde podría evitar hasta 830 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> anuales en 2050, y la Comisión Europea estima que su uso en transporte podría reducir a la mitad las emisiones del sector para 2030. A pesar de desafíos como los costes actuales y la limitada infraestructura de hidrógeno, su potencial para la descarbonización es elevado y en crecimiento.

- **Calderas eléctricas y resistencias**

---

Las calderas y resistencias eléctricas son sistemas que generan calor a partir de electricidad, usados principalmente para calefacción y agua caliente sanitaria. Aunque su eficiencia energética es muy alta (cercana al 100 %), su verdadero valor en la descarbonización depende del origen de la electricidad que utilizan. Cuando se alimentan con energía renovable —como solar, eólica o hidráulica—, se convierten en soluciones libres de emisiones directas de carbono, contribuyendo significativamente a un modelo energético más limpio.

El despliegue de estas tecnologías está favorecido por la caída de costes de las renovables (70–90 % desde 2010, según IRENA) y por el impulso político de la transición energética, como el Pacto Verde Europeo. Según la IEA, su adopción crece a un ritmo del 12 % anual en Europa, especialmente en el sector residencial. Su contribución a la descarbonización será mayor cuanto más avance la electrificación renovable y se apliquen políticas de apoyo a su implementación.



- **Autoconsumo residencial**

---

El autoconsumo eléctrico permite a particulares o empresas generar y consumir su propia energía mediante instalaciones próximas al punto de consumo, como paneles solares fotovoltaicos o turbinas mini eólicas. Esta modalidad energética reduce la dependencia de la red eléctrica y promueve el uso directo de energías renovables, contribuyendo activamente a la sostenibilidad ambiental y energética.

Las tecnologías más comunes para autoconsumo son la energía solar fotovoltaica, especialmente en el sector residencial, y en menor medida, la mini eólica en zonas con buen recurso viento, o la micro hidráulica en áreas rurales con caudal constante. También existen sistemas híbridos, que combinan renovables con almacenamiento o generación convencional. El autoconsumo aporta importantes beneficios como el ahorro económico —con costes solares hasta un 80 % inferiores a las tarifas convencionales (IRENA)—, la reducción de emisiones —hasta 0,7 kg de CO<sub>2</sub> por kWh evitado (IEA)— y la independencia energética. Según la EEA, puede reducir entre un 20 % y un 30 % las emisiones del sector residencial en zonas con alta implantación solar, siendo una herramienta clave en la transición energética.

- **Sistemas de almacenamiento energético**

---

Los sistemas de almacenamiento eléctrico son fundamentales para facilitar la integración de energías renovables y avanzar hacia un modelo energético descarbonizado. Permiten acumular la electricidad generada, especialmente a partir de fuentes como la solar o la eólica, y liberarla cuando la demanda no coincide con la producción, mejorando el autoconsumo, reduciendo costes operativos y estabilizando la red. Entre las principales tecnologías se encuentran el almacenamiento de energía por gravedad, que utiliza bloques elevados para generar electricidad al descender; las centrales de bombeo reversible de agua, que aprovechan el desnivel entre embalses; las baterías, especialmente las de ion-litio y nuevas alternativas basadas en sodio o aluminio; las plantas termosolares con almacenamiento en sales fundidas; el almacenamiento de calor en masa, mediante calor sensible, latente o termoquímico; y los sistemas de aire comprimido, que almacenan energía en forma de presión en cavidades subterráneas.

A nivel residencial, se están adoptando soluciones como baterías domésticas, almacenamiento térmico, aire comprimido a pequeña escala y el uso incipiente de hidrógeno verde. Estas tecnologías permiten aumentar la autosuficiencia energética de los hogares, optimizar el uso de generación renovable local y participar en esquemas como comunidades energéticas. Aunque aún existen retos en costes, espacio y madurez de algunas tecnologías, el almacenamiento eléctrico es ya una pieza clave del sistema energético del futuro, tanto a gran escala como en aplicaciones distribuidas.

- **Infraestructura de recarga para vehículos eléctricos**

---

Los puntos de recarga de vehículos eléctricos (VE) son una infraestructura clave en la transición hacia un modelo energético descarbonizado, especialmente en el sector del transporte, uno de los mayores emisores de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Según el informe *Global EV Outlook 2023* de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el 14% de los coches nuevos vendidos en 2022 fueron eléctricos, un avance notable que exige, sin embargo, una rápida expansión de la red de recarga para cumplir con los objetivos climáticos. Existen distintos tipos de recarga —lenta, semi-rápida, rápida y ultra-rápida—, y su despliegue debe integrarse en la planificación urbana y energética de forma estratégica.



Desde el punto de vista de la descarbonización, los puntos de recarga contribuyen significativamente en varios frentes. Permiten reducir hasta un 60-70% de las emisiones asociadas al transporte si la energía empleada proviene de fuentes renovables. Además, tecnologías emergentes como las redes inteligentes (Smart Grids) y el *Vehicle-to-Grid* (V2G) permiten que los vehículos eléctricos funcionen como unidades de almacenamiento distribuido, apoyando la estabilidad de la red eléctrica y facilitando una mayor penetración de energías limpias. A todo ello se suma el beneficio en salud pública, ya que la reducción de emisiones contaminantes como NOx y partículas finas mejora la calidad del aire, especialmente en entornos urbanos.

### • **Telecomunicaciones y electrónica de potencia**

---

Las telecomunicaciones y la electrónica de potencia son elementos clave para el funcionamiento eficiente y flexible de los sistemas energéticos actuales. Las telecomunicaciones permiten la monitorización remota, el control dinámico en tiempo real y la integración con redes inteligentes (smart grids), facilitando una gestión óptima de la carga, descarga y distribución de la energía. Esto resulta fundamental para integrar fuentes renovables variables como la solar o la eólica, y adaptar la demanda según su disponibilidad. Tecnologías como el IoT, el 5G o los protocolos V2G (vehicle-to-grid) amplían estas capacidades, permitiendo una conectividad avanzada entre dispositivos y sistemas energéticos.

La electrónica de potencia, por su parte, permite la conversión y el control eficiente de la energía eléctrica mediante dispositivos como IGBTs o MOSFETs. Su uso es esencial en aplicaciones como convertidores de energía, cargadores de vehículos eléctricos o sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS). La combinación de ambas tecnologías permite optimizar la eficiencia energética, mejorar la estabilidad de la red, reducir pérdidas y costes operativos, e impulsar la integración de energías limpias. Esta sinergia resulta fundamental para avanzar hacia un sistema energético más sostenible y descarbonizado.

## **B.2 *Análisis normativo sobre las instalaciones para la descarbonización***

---

El marco normativo europeo y estatal ha evolucionado significativamente para favorecer la transición energética en el sector de la edificación:

### **B.2.1 Normativa europea**

Desde la aprobación del paquete legislativo "Energía limpia para todos los europeos", la Unión Europea ha establecido un marco normativo ambicioso para acelerar la transición energética, centrado en medidas como la actualización de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD) y el fomento de planes nacionales como el PNIEC. La revisión de la EPBD en 2024 refuerza los estándares para edificios de consumo casi nulo, exige la rehabilitación de los menos eficientes e impulsa la integración de energías renovables, tecnologías inteligentes y digitalización del consumo energético. Estas medidas se enmarcan en el Pacto Verde Europeo, articulado a través de iniciativas como la Renovation Wave, la Estrategia para un Entorno Construido Sostenible y el Plan de Acción de Economía Circular.

Todo este cuerpo normativo ha reforzado el compromiso de los Estados miembros con la descarbonización y ha llevado a la adaptación de sus marcos regulatorios nacionales, promoviendo un parque edificado más eficiente, renovable y tecnológicamente avanzado. En conjunto, estas políticas buscan transformar el sector de la edificación en un pilar clave de la neutralidad climática europea, contribuyendo a una economía más resiliente, digital y respetuosa con el medio ambiente.



## **B.2.2 Normativa estatal**

A nivel estatal, España ha situado la transición ecológica en el centro de su agenda política, reflejándose en la creación del Ministerio para la Transición Ecológica y el impulso de marcos normativos como la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (LCCTE), que establece una senda obligatoria hacia la neutralidad climática en 2050. Entre sus principales instrumentos se encuentra el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), que traza las líneas de actuación para una descarbonización multisectorial, y la Estrategia de Rehabilitación Energética en la Edificación (ERESEE), que concreta los objetivos para el parque edificado.

En el ámbito reglamentario, destacan herramientas como el Certificado Energético, el RITE y las sucesivas actualizaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE), que refuerzan los estándares de eficiencia energética e introducen el concepto de Edificios de Consumo Casi Nulo (EECN). No obstante, persisten retos relacionados con la integración de criterios de sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida de los edificios. En conjunto, estos instrumentos forman un marco sólido para avanzar en la transición energética y fomentar la sostenibilidad en la edificación.

## **B.2.3 La evolución del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE)**

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) ha evolucionado de centrarse exclusivamente en la eficiencia energética de los sistemas térmicos a convertirse en una herramienta clave para la descarbonización del sector edificatorio. Inicialmente orientado a optimizar el rendimiento de instalaciones de calefacción, refrigeración y ACS, su enfoque actual incorpora objetivos más ambiciosos de reducción de emisiones, alineados con los compromisos climáticos europeos. Las actualizaciones recientes promueven el uso de energías renovables—como bombas de calor, solar térmica o geotermia—y exigen el cumplimiento de estándares como los Edificios de Consumo Casi Nulo (EECN), reflejando una visión integral que transforma la manera en que los edificios consumen y gestionan la energía.

## **B.2.4 La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE)**

La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) muestra una transición clara desde un enfoque inicial en la eficiencia energética hacia una estrategia integral de descarbonización del parque edificatorio, especialmente en el ámbito de la rehabilitación. A lo largo de tres etapas—eficiencia básica (2006), introducción de renovables y reducción de emisiones (2013), y descarbonización con enfoque en EECN (2020)—, el DB HE ha incorporado requisitos cada vez más exigentes que promueven el uso de energías renovables, el aislamiento avanzado y la electrificación de sistemas térmicos. Además, la introducción del DB HE 6 sobre infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en 2022 refuerza su papel en la transición energética más allá del propio edificio. No obstante, persisten desafíos técnicos y económicos para aplicar estas exigencias al parque edificado existente, lo que plantea la necesidad de soluciones escalables y políticas de apoyo que impulsen rehabilitaciones profundas sin comprometer su viabilidad.

## **B.2.5 Los Fondos Next y los generadores térmicos de combustible fósil**

Las ayudas para la rehabilitación energética financiadas por los fondos Next Generation EU, dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, excluyen expresamente la financiación de sistemas térmicos que utilicen combustibles fósiles, como las calderas de gas o de condensación. Esta medida busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector residencial, uno de los principales consumidores de energía y emisores de CO<sub>2</sub>. Además, se alinea con la hoja de ruta europea que prohíbe



el uso de combustibles fósiles para calefacción a partir de 2040 y promueve el uso progresivo de gases renovables.

A partir del 1 de enero de 2025, la Unión Europea ha dejado de incentivar económicamente la instalación de sistemas de calefacción fósil, incluso si su uso aún es legal. Las ayudas se orientan ahora hacia tecnologías limpias y eficientes como las bombas de calor, la energía solar térmica o la geotermia, que permiten una descarbonización real del parque edificatorio. Esta reorientación de fondos públicos pretende acelerar la transición hacia un modelo energético sostenible, en línea con los objetivos del Pacto Verde Europeo y la neutralidad climática.

### **B.3 Recopilación de casos de éxito**

---

El documento recoge diversos ejemplos reales de implantación de soluciones de descarbonización en entornos residenciales del País Vasco, que demuestran la viabilidad técnica y social de estas tecnologías:

#### **B.3.1 Otxarkoaga (Bilbao): red de autoconsumo energético**

En el barrio de Otxarkoaga (Bilbao), el proyecto OPENGELA, impulsado por el Gobierno Vasco, busca avanzar hacia un modelo de eco-barrio mediante la creación de una mancomunidad de autoconsumo energético. La iniciativa contempla una instalación fotovoltaica de 75 kW, con 226 paneles solares ubicados en la cubierta del edificio comercial rehabilitado. El excedente de energía se reparte de forma equilibrada: un 50% se destina al centro y locales comerciales y el otro 50% a viviendas situadas en un radio inferior a 500 metros, beneficiando a 9 portales y 11 hogares. A través de una ventanilla única, el proyecto facilita la participación vecinal y la gestión técnica y administrativa del proceso, reforzando el suministro de energía limpia a escala de barrio y el compromiso con la sostenibilidad urbana.

#### **B.3.2 Barrio Coronación (Vitoria-Gasteiz): red de Calor**

En el barrio de Coronación (Vitoria-Gasteiz), el proyecto SmartEnCity promueve una rehabilitación integral basada en la eficiencia energética y la descarbonización mediante una red de calor de distrito alimentada con biomasa. Esta red proporciona calefacción y agua caliente sanitaria de forma centralizada, complementándose con la mejora del aislamiento de los edificios y acciones de sensibilización ciudadana. La iniciativa, financiada por el programa Horizon 2020, busca reducir emisiones, mejorar el confort en viviendas y fomentar la implicación vecinal, con especial atención a las barreras derivadas de las rentas bajas. La red ya abastece a más de 300 viviendas y varios edificios terciarios, y continúa abierta a nuevas adhesiones.

#### **B.3.3 Ecobarrio Txomin-Enea (Donostia-San Sebastián): red de Calor**

En el ecobarrio de Txomin-Enea (Donostia-San Sebastián) se ha implantado una red de calor urbana basada en biomasa que abastece calefacción y agua caliente a 1.500 viviendas. El sistema, con una potencia de 7.400 kW, utiliza dos calderas de biomasa de 1.400 kW que cubren al menos el 85% de la demanda, complementadas con calderas de gas para picos y mantenimiento. La biomasa —astilla forestal procedente de un radio inferior a 250 km— permite reducir más del 80% las emisiones de CO<sub>2</sub> y abaratar un 10-15% la factura energética. La energía se distribuye por 3 km de tuberías preaisladas y cada edificio cuenta con su propia subcentral. Los residentes pueden monitorizar su consumo en tiempo real mediante una plataforma digital.



### **B.3.4 Comunidades energéticas locales (CEL/TEK)**

El Gobierno Vasco, a través de iniciativas como OPENGELA y en colaboración con entidades como Edinor y el Ente Vasco de la Energía (EVE), impulsa el modelo de Comunidades Energéticas Locales (CEL) o Tokiko Energia Komunitateak (TEK) para promover la generación y consumo de energía renovable a nivel local. Basado en principios de proximidad (instalaciones a menos de 2 km del consumidor), cero emisiones (energía con garantía de origen renovable) y participación abierta, este modelo involucra a ciudadanía, pymes y administraciones. Ejemplos como TEK Barakaldo (592 kW en diez edificios municipales) o TEK Gipuzkoa 22 (instalaciones en 43 cubiertas públicas de 22 municipios) benefician ya a más de 2.000 hogares y comercios. Estas comunidades permiten acceder a energía limpia sin obras en viviendas, con ahorros de hasta un 20% en la factura eléctrica, fomentando además la cohesión social y la sostenibilidad local.

### **B.3.5 HUBs de recarga para VE**

En el marco del Plan de Contingencia Energética de Euskadi, el Gobierno Vasco está impulsando la instalación de hubs de recarga para vehículos eléctricos en espacios públicos estratégicos, con el objetivo de facilitar una movilidad más sostenible y reducir las emisiones. Estos hubs permiten acceder a energía 100% renovable mediante puntos de recarga de distintos formatos y potencias. Entre los casos ya en marcha destaca el hub de recarga inaugurado en el aparcamiento del centro Ekoetxea Urdaibai, que utiliza exclusivamente energía con garantía de origen renovable. Asimismo, se han instalado 10 puntos de recarga públicos en aparcamientos de hipermercados Eroski en localidades como Vitoria-Gasteiz, Bilbao, Barakaldo y Donostia-San Sebastián, gestionados por Ibil y accesibles mediante tarjeta. Estas infraestructuras contribuyen a consolidar una red de recarga eficiente en Euskadi, clave para avanzar hacia la descarbonización del transporte y cumplir los objetivos de transición energética.

### **B.3.6 Infraestructura de recarga en sede corporativa**

En el aparcamiento subterráneo de la sede del Banco Santander se ha implantado una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos, desarrollada por SIMON como parte de su estrategia de movilidad sostenible. El sistema incluye 270 cargadores de pared con doble toma tipo 2 y gestión dinámica de potencia, permitiendo hasta 14,8 kW por equipo. La instalación incorpora cinco autómatas de control que equilibran la carga de forma fija o dinámica, coordinados por un autómata maestro conectado al sistema de gestión del edificio (BMS). Además, se prevé una ampliación con 50 unidades adicionales. El sistema se complementa con una plataforma digital que permite activar los puntos de recarga mediante app, QR, ordenador o tarjeta RFID, con tarificación automática según el consumo. Esta solución ofrece una infraestructura escalable, eficiente y adaptada a las necesidades actuales y futuras de electrificación del parque móvil corporativo.

### **B.3.7 Módulos de energía**

El proyecto desarrollado por la empresa neerlandesa Factory Zero propone soluciones modulares prefabricadas para facilitar la rehabilitación energética de viviendas existentes mediante sistemas off-site. Uno de sus productos más destacados fue el módulo iCEM (Integrated Climate and Energy Module), una unidad compacta que integra calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y, opcionalmente, energía solar fotovoltaica, todo ello instalado en la cubierta para optimizar espacio y reducir molestias. Esta solución se enmarca en el modelo de rehabilitación en serie, que permite intervenciones rápidas, eficientes y poco invasivas, contribuyendo a la mejora del confort y al avance hacia edificios de consumo casi nulo.

### **B.3.8 Calefacción híbrida eficiente**

El proyecto GoHyb propone una solución híbrida para la descarbonización progresiva de viviendas con caldera de gas, combinando una bomba de calor con el sistema existente sin necesidad de sustituir la caldera ni los emisores. Desarrollado por Orkli, e instalado en 12 viviendas piloto en municipios como Beasain, Tolosa o Aretxabaleta, el sistema permite reducir el consumo energético más de un 55% y las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de un 60%, con una cobertura térmica de la bomba de calor superior al 80%. Además, incluye monitorización IoT y control remoto mediante app, y representa una alternativa viable a la electrificación total en rehabilitación, con menores costes, menor demanda sobre la red eléctrica y mayor flexibilidad para el usuario.

### **B.3.9 Barandilla modular fotovoltaica**

La empresa EIBHO, en colaboración con IZPITEK, ha desarrollado un sistema de barandillas modulares con integración fotovoltaica, orientado tanto a obra nueva como a rehabilitación. El sistema MODULAR 2.0 combina diseño contemporáneo, seguridad y eficiencia energética, permitiendo una instalación rápida gracias a su fabricación industrializada y a la integración en fábrica del vidrio y las células solares. La tecnología InFlex, aplicada directamente sobre el vidrio, permite una conexión tipo “plug and produce”, reduciendo tiempos y complejidad en obra. Las células fotovoltaicas se distribuyen de forma estratégica para mantener la visibilidad desde el interior, y el sistema admite regulación tridimensional, conexión superior o inferior y múltiples acabados. Esta solución representa una alternativa innovadora para incorporar generación renovable en elementos arquitectónicos, con bajo impacto visual y alto valor añadido en sostenibilidad.

### **B.3.10 Generación eólica urbana**

ROSEO propone una solución innovadora para la generación distribuida de energía en entornos urbanos mediante la combinación de una turbina minieólica de fachada y una herramienta de simulación del recurso eólico. La turbina, aún en fase de validación tecnológica, está diseñada para captar corrientes verticales en fachadas, lo que permite su integración arquitectónica con bajo impacto visual y acústico. En paralelo, la herramienta ANEMOI, ya en fase comercial, permite analizar y simular el recurso eólico en ubicaciones concretas, optimizando el diseño y la viabilidad de las instalaciones. Esta combinación facilita la planificación de proyectos de minieólica urbana con mayor precisión y eficiencia, y representa una oportunidad estratégica para avanzar en la descarbonización del entorno construido mediante soluciones energéticas distribuidas.

Estos casos muestran cómo, a pesar de las barreras normativas, técnicas y sociales, existen soluciones replicables que permiten avanzar hacia la descarbonización a través de la rehabilitación y la innovación tecnológica.



## C *Prospección de casuísticas y barreras de implantación*

### C.1 *Objetivo y metodología del análisis*

El presente apartado tiene como objetivo identificar y analizar las principales barreras que dificultan la implantación de tecnologías de descarbonización en el parque residencial existente del País Vasco. Este análisis forma parte del diagnóstico del proyecto MEP-ZERO y proporciona la base para la posterior formulación de oportunidades y soluciones (apartado D).

#### C.1.1 Fuentes de información

Las barreras han sido identificadas a partir de una metodología cualitativa basada en distintas fuentes complementarias:

- **Entrevistas semiestructuradas** con agentes clave del ecosistema de descarbonización residencial, incluyendo instaladores, empresas proveedoras de soluciones renovables, entidades promotoras de comunidades energéticas, operadores de infraestructura de recarga, entre otros.
- **Revisión documental** de normativa vigente y documentos estratégicos a escala europea, estatal y autonómica, así como de manuales técnicos, informes sectoriales y literatura especializada.
- **Análisis de casos reales** y experiencias prácticas en el territorio, utilizados como referencia para contrastar barreras detectadas y validar su relevancia.

Este enfoque ha permitido recoger una visión plural y realista de las dificultades existentes, tanto desde una perspectiva técnica como organizativa y regulatoria.

#### C.1.2 Clasificación de las barreras

Para estructurar el análisis de forma sistemática y facilitar su posterior tratamiento, se ha adoptado una clasificación en cuatro bloques de barreras, que responden a los principales ejes identificados en el estudio:

1. **Barreras normativas y administrativas:** derivadas de la legislación vigente, la interpretación normativa, los trámites administrativos o la coordinación entre niveles competenciales.
2. **Barreras tecnológicas:** relativas a la madurez, adaptación e interoperabilidad de las tecnologías, así como a su adecuación al parque edificado existente.
3. **Barreras operacionales:** relacionadas con aspectos prácticos de la implementación, como la falta de personal cualificado, dificultades en la gestión y coordinación de proyectos, o limitaciones asociadas a la toma de decisiones colectivas.
4. **Barreras financieras y económicas:** vinculadas al acceso a financiación, rentabilidad de las inversiones, complejidad de los modelos de negocio o percepción de riesgo por parte de los agentes implicados.

Esta clasificación permite abordar las barreras desde una perspectiva transversal y estructurada, facilitando su análisis tanto a nivel individual como comparativo.



### C.1.3 Relación con las tecnologías analizadas

El estudio MEP-ZERO se ha centrado en tres **grandes áreas tecnológicas de descarbonización** aplicables al entorno residencial, que agrupan las principales soluciones viables actualmente:

- **Instalaciones térmicas descarbonizadas:** como la aerotermia, la biomasa, la geotermia o las redes de calor renovables.
- **Generación de energía renovable in situ:** principalmente mediante instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo individual o colectivo.
- **Infraestructura de recarga para vehículo eléctrico (VE):** incluyendo tanto soluciones individuales como compartidas en edificios plurifamiliares, así como la integración con sistemas de gestión energética.

## C.2 *Análisis de barreras por bloques temáticos*

---

A partir del marco metodológico descrito en el apartado anterior, se presenta a continuación una descripción detallada de las barreras identificadas para la implantación de tecnologías de descarbonización en el parque residencial del País Vasco. Estas barreras se han estructurado en cuatro bloques temáticos —normativas y administrativas, tecnológicas, operacionales y financieras— que permiten abordar de forma sistemática los diferentes obstáculos que afectan a los procesos de rehabilitación energética y despliegue de soluciones renovables.

### C.2.1 Barreras normativas/administrativas

- **Marco normativo y regulador**

---

- **Falta de revisión de la normativa hacia tecnologías electrificadas**, lo que genera incertidumbre jurídica y ralentiza inversiones.
- **Falta de exigencias específicas de eficiencia energética en climatización**, lo que impide generar una demanda orientada hacia soluciones más sostenibles.
- **Falta de armonización normativa entre distintos niveles administrativos** (municipal, autonómico, estatal), provocando contradicciones y retrasos.
- **Normativa urbanística restrictiva en edificios protegidos**, que dificulta la instalación de sistemas renovables visibles (como aerotermia o fotovoltaica).
- **Desconocimiento o falta de claridad en la aplicación de normativas**, especialmente entre los agentes locales.
- **Falta de medidas de desincentivación del uso de combustibles fósiles**, como impuestos al gasóleo o restricciones progresivas de su uso.

- **Gestión administrativa y tramitaciones**

---

- **Lentitud en la tramitación de licencias y permisos administrativos**, especialmente para obras menores asociadas a instalaciones renovables.
- **Excesiva burocracia para acceder a subvenciones**, que desincentiva a muchos particulares y comunidades.
- **Dificultades para la legalización del autoconsumo compartido**, por la complejidad de la normativa y los requisitos técnicos.



## C.2.2 Barreras tecnológicas

### • Desarrollo y adaptación tecnológica

---

- Necesidad de desarrollo de equipos más compactos y eficientes, para su integración en edificios existentes con limitaciones físicas.
- Necesidad de equipos más silenciosos para contextos urbanos con alta densidad de población.
- Falta de soluciones adaptadas a edificios históricos, donde la estética y la protección patrimonial son prioritarias.

### • Interoperabilidad y estándares

---

- Limitada interoperabilidad entre sistemas de diferentes fabricantes, lo que dificulta la integración de soluciones mixtas.
- Escasez de estándares técnicos claros para nuevas tecnologías, que genera inseguridad en promotores y técnicos.

### • Digitalización y evolución tecnológica

---

- Riesgo de obsolescencia tecnológica rápida, especialmente en el ámbito de la movilidad eléctrica.
- Desafíos en la digitalización y monitorización energética, debido a la falta de conectividad, interoperabilidad o conocimientos técnicos.

## C.2.3 Barreras operacionales

### • Condiciones técnicas y espaciales

---

- Espacio limitado para la integración de las instalaciones, sobre todo en edificios antiguos o sin espacios comunes amplios.
- Complejidad técnica en la rehabilitación de edificios existentes, tanto por su estado como por la necesidad de coordinar múltiples soluciones.

### • Capacidad y formación profesional

---

- Falta de mano de obra y técnicos cualificados en tecnologías como la aerotermia, la geotermia o el almacenamiento energético.
- Falta de información y formación sobre tecnologías de descarbonización tanto en el ámbito técnico como en el vecinal.

### • Gobernanza, coordinación y escala

---

- Deficiente cooperación entre administraciones, promotores y usuarios, especialmente en proyectos a escala de barrio o distrito.
- Falta de una masa crítica mínima para generar economías de escala, lo que encarece las intervenciones.
- Dificultad de coordinación en rehabilitaciones con múltiples propietarios, por diferencias de intereses o ritmos de decisión.



- **Cambio cultural y mantenimiento**

---

- Resistencia al cambio por parte de los profesionales del sector, habituados a sistemas convencionales.
- Poca cultura de mantenimiento energético eficiente, lo que reduce el rendimiento real de las instalaciones tras su puesta en marcha.

#### C.2.4 Barreras financieras

- **Costes de inversión y acceso a financiación**

---

- Costes iniciales elevados de las instalaciones, incluso con ayudas.
- Limitaciones económicas de ciertos perfiles de usuarios, especialmente personas mayores o en situación de vulnerabilidad.
- Dificultad de acceso a financiación para comunidades de vecinos, debido a la complejidad legal y al riesgo percibido.
- Dificultad para adoptar tecnologías innovadoras debido a su coste, como bombas de calor geotérmicas o baterías.

- **Subvenciones e incentivos**

---

- Subvenciones insuficientes para la electrificación de las instalaciones térmicas, que suelen tener mayores costes que las convencionales.
- Incentivos financieros limitados o mal diseñados, lo que reduce su impacto transformador.

- **Riesgos y rentabilidad**

---

- Falta de mecanismos de garantía para reducir el riesgo financiero, especialmente en rehabilitaciones colectivas.
- Poca claridad en el retorno de inversión, lo que dificulta la toma de decisiones informadas.
- Percepción negativa del coste inicial frente a ahorros a largo plazo, aun cuando el balance económico a medio plazo sea positivo.

#### C.3 Matriz resumen de barreras

---

Como complemento al análisis cualitativo desarrollado en el apartado anterior, a continuación, se presenta una clasificación visual que sintetiza las principales barreras para la implantación de tecnologías de descarbonización en el parque residencial del País Vasco. En lugar de establecer una matriz cruzada por categorías tecnológicas, las barreras se han agrupado en torno a cuatro grandes bloques temáticos: normativas y administrativas, tecnológicas, operacionales y financieras. Cada bloque se organiza en subcategorías que permiten desglosar las principales dificultades identificadas, ofreciendo una visión estructurada y comprensible del conjunto de retos existentes. Esta representación facilita la lectura transversal del diagnóstico y sienta las bases para el diseño de soluciones integradas que se abordarán en el siguiente apartado.





Figura: Barreras de implantación



Tal y como se observa en la clasificación, las barreras de tipo normativo-administrativo y financiero son especialmente numerosas y transversales, lo que evidencia la necesidad de actuaciones coordinadas a nivel regulador y del diseño de instrumentos de apoyo económico. Asimismo, se identifican desafíos tecnológicos relevantes, particularmente en relación con la adaptación de las soluciones al parque edificado existente y la interoperabilidad de sistemas. En el plano operacional, destacan las carencias en formación, coordinación y cultura del mantenimiento, aspectos clave para garantizar una implantación efectiva y sostenible en el tiempo.

En total, se han identificado 34 barreras específicas que afectan de forma directa o indirecta a la descarbonización del parque residencial vasco. La elevada interdependencia entre estas barreras pone de manifiesto la necesidad de soluciones integradas que combinen medidas regulatorias, apoyo financiero, innovación tecnológica y fortalecimiento de las capacidades profesionales. Todo ello requiere una aproximación sistémica que permita avanzar de forma coherente y efectiva hacia la transformación energética del entorno construido.

## **D** *Detección de oportunidades de implantación*

### *D.1* **Introducción**

La superación de las 34 barreras identificadas requiere no solo intervenciones sectoriales, sino una estrategia integral y multiescalar. En este contexto, se han identificado 28 oportunidades que actúan como palancas de cambio, estructuradas de forma paralela y complementaria. Estas permiten orientar la acción hacia una descarbonización efectiva del parque residencial del País Vasco.

Estas oportunidades se han clasificado de forma paralela a las barreras previamente descritas, agrupadas en cuatro bloques: normativo-administrativo, tecnológico, operacional y financiero. Cada uno de estos bloques incluye subcategorías que permiten identificar de forma precisa los ámbitos de actuación y orientar las estrategias de intervención hacia resultados efectivos.

### *D.2* **Análisis de oportunidades por bloques temáticos**

#### **D.2.1** **Oportunidades normativas-administrativas**

- **Marco normativo y regulador**

- **Revisión y adaptación del marco normativo vigente** para facilitar la integración de tecnologías electrificadas y bajas en carbono, como la aerotermia, la geotermia o las redes de calor renovables.
- **Introducción de exigencias específicas de eficiencia energética en sistemas de climatización en el marco regulatorio**, tanto en rehabilitación como en obra nueva.
- **Elaboración de guías y manuales técnicos que clarifiquen la interpretación de las normativas**, especialmente en entornos con protección urbanística o patrimonial.
- **Aplicación de medidas desincentivadoras del uso de combustibles fósiles** (como penalizaciones fiscales, restricciones o eliminación progresiva de apoyos económicos).
- **Impulso de incentivos fiscales y económicos asociados al uso de tecnologías de descarbonización** (deducciones en IRPF, bonificaciones en IBI o ICIO, etc.).



- **Gestión administrativa y tramitaciones**

---

- **Digitalización y simplificación de procesos administrativos** relacionados con licencias de obra, legalización de instalaciones o acceso a subvenciones.
- **Creación de ventanillas únicas** para tramitar proyectos de rehabilitación energética, permitiendo una interlocución ágil entre ciudadanía, técnicos y administraciones.
- **Mejora de la coordinación entre los distintos niveles administrativos** (local, autonómico y estatal) para facilitar el alineamiento normativo y operativo.

## D.2.2 Oportunidades tecnológicas

- **Desarrollo y adaptación tecnológica**

---

- **Fomento del I+D orientado al diseño de equipos compactos, silenciosos y adaptables a edificios existentes**, especialmente en contextos urbanos o con restricciones arquitectónicas.

- **Interoperabilidad y estándares**

---

- **Impulso de estándares técnicos comunes que faciliten la interoperabilidad entre distintos fabricantes y sistemas** (equipos HVAC, controladores, sensores, cargadores VE, etc.).
- **Promoción de certificaciones de compatibilidad y protocolos abiertos** que eviten dependencias tecnológicas e incentiven la competencia.

- **Digitalización y evolución tecnológica**

---

- **Despliegue de infraestructuras de monitorización y gestión energética** (smart grids, tecnologías IoT) para la optimización de consumos energéticos.
- **Desarrollo de herramientas digitales** para la planificación energética de rehabilitaciones, simulaciones de ahorro, diseño de instalaciones y comparación de soluciones.
- **Apoyo a proyectos piloto con tecnologías emergentes para la descarbonización** que desarrollan soluciones innovadoras en eficiencia, autoconsumo, almacenamiento o movilidad eléctrica.

## D.2.3 Oportunidades operacionales

- **Condiciones técnicas y espaciales**

---

- **Desarrollo de soluciones modulares y flexibles** que permitan escalabilidad y faciliten el montaje en espacios reducidos o de difícil acceso.
- **Desarrollo de kits preinstalados, soluciones plug-and-play y sistemas integrados** que minimicen el impacto de la intervención y reduzcan los tiempos de instalación.

- **Capacidad y formación profesional**

---

- **Diseño e impulso de programas de formación técnica y certificación profesional** para instaladores, mantenedores, arquitectos, ingenieros y gestores energéticos.
- **Adaptación de los programas formativos existentes** a las nuevas tecnologías emergentes y a los requisitos normativos actualizados.
- **Difusión de buenas prácticas y programas de sensibilización.**



- **Gobernanza, coordinación y escala**

---

- **Creación de redes de colaboración** entre propietarios, comunidades de vecinos, administraciones públicas y empresas instaladoras para facilitar la toma de decisiones y la ejecución de proyectos.
- **Impulso a plataformas digitales de comunicación** para coordinar proyectos de rehabilitación energética entre múltiples agentes.

- **Cambio cultural y mantenimiento**

---

- **Desarrollo de campañas de sensibilización ciudadana** sobre los beneficios de la rehabilitación energética, el mantenimiento y el uso eficiente de la energía.

#### D.2.4 Oportunidades financieras

- **Costes de inversión y acceso a financiación**

---

- **Fomento de modelos de financiación vinculados a los ahorros energéticos obtenidos:** certificados de ahorro energético (CAE), contratos de rendimiento energético (EPC), esquemas de leasing energético o comunidades de ahorro compartido.

- **Subvenciones e incentivos**

---

- **Incremento y diversificación de las líneas de subvención específicas para proyectos de descarbonización**, incluyendo ayudas a fondo perdido, préstamos reembolsables y programas mixtos.
- **Flexibilización de requisitos y procedimientos para acceder a estas ayudas**, especialmente en comunidades de vecinos o zonas vulnerables.
- **Diseño de incentivos combinados** (económicos, fiscales y financieros) que faciliten el cierre de la brecha de inversión inicial.

- **Riesgos y rentabilidad**

---

- **Establecimiento de mecanismos de garantía**, seguros de rendimiento o fondos de cobertura que **reduzcan el riesgo asociado a la inversión** en tecnologías emergentes.
- **Desarrollo de estudios de caso y herramientas de análisis** que cuantifiquen la rentabilidad energética, económica y social de las actuaciones.

#### D.3 Matriz resumen de oportunidades

---

A partir del análisis de oportunidades descrito en los subapartados anteriores, se ha elaborado una matriz resumen que recoge de forma sintética las principales palancas de cambio, estructuradas en cuatro bloques temáticos (normativo-administrativo, tecnológico, operacional y financiero). La matriz permite una lectura comparada con las barreras del apartado C, facilitando la identificación de líneas de acción. Se mantiene la coherencia metodológica con las fuentes empleadas (entrevistas, análisis documental y casos reales) y con los ejes tecnológicos (instalaciones térmicas, generación renovable in situ, almacenamiento energético e infraestructura de recarga de vehículos eléctricos) del proyecto MEP-ZERO.



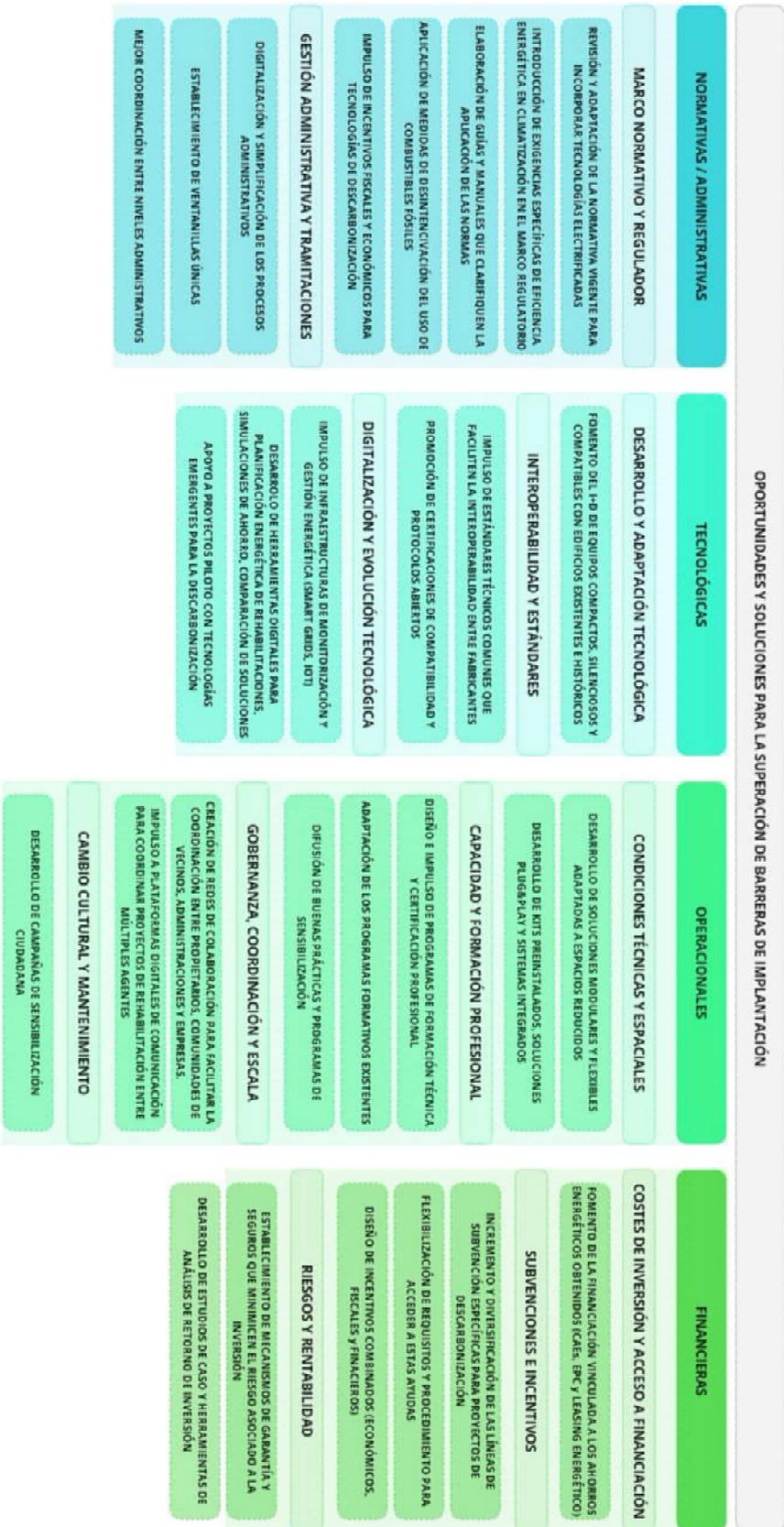


Figura: Oportunidades y soluciones para la superación de barreras de implantación



La matriz de oportunidades sintetiza un conjunto de propuestas viables y escalables. Su aplicación puede impulsar de forma efectiva la descarbonización del parque residencial existente en el País Vasco. En total, se han identificado 28 oportunidades de implantación, estructuradas en paralelo a las 34 barreras recogidas en el apartado C, lo que permite establecer una correspondencia clara entre obstáculos y palancas de cambio.

La aplicación de estas oportunidades requiere un enfoque coordinado entre agentes públicos y privados, así como una planificación multiescalar que abarque desde intervenciones a nivel de barrio o distrito hasta soluciones específicas en edificios y viviendas.

Estas oportunidades no solo responden a las barreras detectadas, sino que también están alineadas con los objetivos estratégicos de transición energética, reducción de emisiones y mejora del confort residencial. La siguiente fase del informe abordará precisamente la materialización de estas oportunidades mediante un visualizador tecnológico y casos de aplicación concreta.

## **E Síntesis integrada de barreras y oportunidades: matriz comparativa**

### **E.1 Introducción**

---

La identificación detallada de barreras (bloque C) y de oportunidades (bloque D) ha permitido construir una matriz comparativa que resume, de forma estructurada y visual, las principales dificultades y las palancas de cambio para la implantación de tecnologías de descarbonización en el parque residencial del País Vasco.

Esta matriz permite identificar de un solo vistazo la correspondencia entre los retos detectados y las soluciones propuestas, agrupadas en los cuatro bloques temáticos clave: normativo-administrativo, tecnológico, operacional y financiero, y en sus respectivas subcategorías. Esta herramienta actúa como puente entre el diagnóstico y las estrategias de actuación, facilitando la planificación de políticas, programas o intervenciones integrales orientadas a superar barreras y activar oportunidades de transformación.

### **E.2 Matriz comparativa visual**

---

Las matrices comparativas siguientes sintetizan gráficamente la interrelación entre barreras y oportunidades para cada uno de los cuatro bloques temáticos analizados. En cada matriz se agrupan las casuísticas detectadas por subcategorías, permitiendo visualizar de forma clara las áreas críticas y las posibles líneas de actuación.



Figura: Matriz comparativa de barreras y oportunidades - Bloque normativo - administrativo

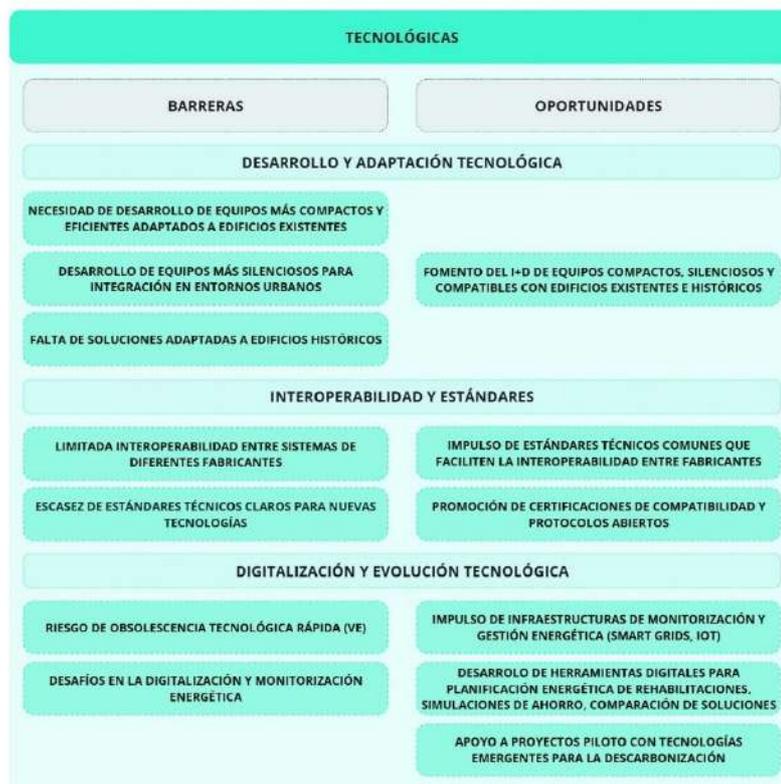


Figura: Matriz comparativa de barreras y oportunidades - Bloque tecnológico



Figura: Matriz comparativa de barreras y oportunidades - Bloque operacional

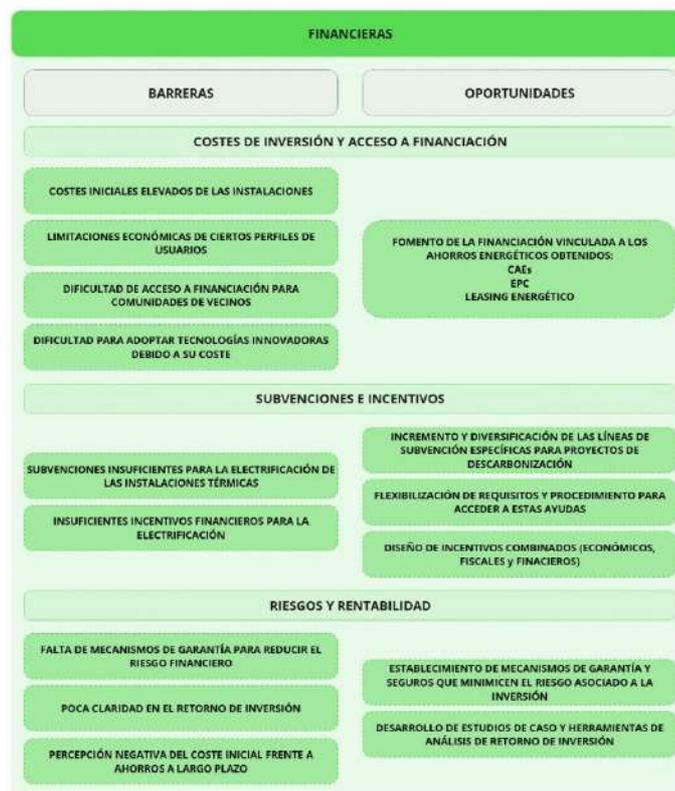


Figura: Matriz comparativa de barreras y oportunidades - Bloque financiero

### E.3 Conclusiones del análisis integrado

---

El análisis visual integrado permite constatar una alineación directa y estratégica entre las barreras detectadas y las oportunidades propuestas, lo que valida el enfoque estructurado adoptado. Esta correspondencia refuerza la utilidad de la matriz como herramienta de diagnóstico y acción.

En total, se han identificado 34 barreras y 28 oportunidades, clasificadas por bloques temáticos. El cruce entre ambos elementos no es meramente descriptivo, sino que revela relaciones causa-solución que orientan posibles líneas de intervención. A continuación, se destacan las más relevantes:

#### E.3.1 Normativas-administrativas

- La **lentitud y complejidad de los procedimientos administrativos** se responde directamente con la **creación de ventanillas únicas y procedimientos simplificados**, especialmente diseñados para rehabilitaciones colectivas.
- La **falta de criterios energéticos en la normativa urbanística y técnica** encuentra solución en la **revisión e integración de dichos criterios**, como ya ensayan algunos municipios.
- Ante la **escasa coordinación interinstitucional**, las oportunidades apuntan al **refuerzo del papel de los ayuntamientos** y a la definición de **marcos normativos estables y coordinados** entre niveles de gobierno.

#### E.3.2 Tecnológico

- La **desconfianza o desconocimiento hacia nuevas tecnologías**, particularmente en entornos residenciales, se aborda mediante el **impulso a tecnologías maduras y probadas en rehabilitación**, así como con **formación técnica para agentes clave**.
- Frente a la **falta de soluciones adaptadas a edificios existentes**, se propone el desarrollo e implantación de **sistemas modulares, centralizados o híbridos**, como los ya pilotados en varios barrios.
- La **escasa interoperabilidad entre sistemas** puede mitigarse a través de **herramientas digitales y plataformas abiertas**, que mejoren la compatibilidad y gestión de los equipos instalados.

#### E.3.3 Operacional

- La **escasez de personal técnico cualificado**, uno de los cuellos de botella más repetidos, se combate mediante **programas de formación específicos para instaladores y técnicos**, coordinados con la estrategia de digitalización del sector.
- La **falta de información y acompañamiento a comunidades de vecinos**, clave en procesos de decisión compartida, se responde con la **creación de figuras de gestor de la rehabilitación** y **herramientas de visualización del ahorro y la inversión**.
- Las **dificultades de mantenimiento y operación** pueden resolverse con **plataformas digitales de seguimiento energético** y con la incorporación de **servicios de mantenimiento integrados** en los modelos de contratación.

#### E.3.4 Financiero

- Los **altos costes iniciales y el difícil acceso a financiación**, especialmente en comunidades de vecinos o usuarios vulnerables, encuentran respuesta en **modelos de financiación alternativos** como los CAE, EPC o **leasing energético**, que vinculan pagos a los ahorros generados.



- Las **subvenciones insuficientes o mal diseñadas** se contrarrestan con propuestas de **programas más flexibles, combinados (económicos, fiscales y financieros)** y adaptados a distintos perfiles y contextos (zonas vulnerables, edificios protegidos, etc.).
- La **falta de garantías o incertidumbre sobre la rentabilidad** puede superarse mediante **mecanismos de cobertura del riesgo**, como fondos de garantía, y con el desarrollo de **herramientas de análisis comparativo** que cuantifiquen los beneficios económicos y sociales de la inversión.

En conjunto, este análisis integrado demuestra que las principales barreras no son estructurales o inevitables, sino que pueden ser abordadas eficazmente si se activan las palancas adecuadas desde el ámbito normativo, técnico, operativo y financiero. La matriz se convierte así en una hoja de ruta articulada y coherente, capaz de guiar la transición energética del parque residencial del País Vasco con criterios de eficacia, realismo y equidad.

## F Herramienta de simulación de escenarios para la descarbonización

### F.1 Introducción

La herramienta de simulación desarrollada en el marco del proyecto MEP-ZERO tiene como objetivo facilitar el análisis y la planificación de intervenciones de descarbonización en el parque residencial de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), con un enfoque específico en las edificaciones construidas antes de 1980.

Esta herramienta toma como referencia técnica el Informe de prospectiva sobre climatización y ACS en edificación residencial elaborado por ATECYR para la Estrategia a Largo Plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE 2020). A partir de este informe, se han extraído y adaptado datos clave sobre la distribución tipológica de viviendas, los sistemas térmicos predominantes y sus niveles de eficiencia energética.

Según ATECYR, el 55% del parque de viviendas en España fue construido antes de 1980, es decir, antes de la entrada en vigor de la primera norma estatal sobre eficiencia energética, la NBE CT-79. En el caso de la CAPV, este porcentaje asciende al 63%, lo que representa aproximadamente 700.000 viviendas, de acuerdo con datos del EUSTAT. Estas edificaciones se caracterizan por:

- Ausencia o escaso aislamiento térmico en la envolvente.
- Ventanas con bajo rendimiento térmico y estanqueidad deficiente.
- Instalaciones térmicas obsoletas, basadas en combustibles fósiles (gasóleo, gas natural, carbón).
- Ineficiencia energética estructural, con consumos elevados y emisiones asociadas elevadas.

Por estas razones, las viviendas anteriores a 1980 constituyen un ámbito prioritario de actuación para alcanzar los objetivos establecidos por la Estrategia de Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050 (ELP 2050), que plantea una reducción del 90% de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a 1990.

La herramienta permite simular escenarios de descarbonización mediante la sustitución de sistemas térmicos convencionales por alternativas eficientes y renovables, considerando:

- Las zonas climáticas C (Bizkaia y Gipuzkoa) y D (Álava), según el CTE.
- Las condiciones específicas del parque residencial anterior a 1980, tanto en términos constructivos como tecnológicos.



- La combinación de medidas activas (sistemas térmicos y generación renovable) con medidas pasivas (rehabilitación de envolvente) para alcanzar los objetivos de neutralidad climática.

Aunque la mejora de instalaciones térmicas y la incorporación de energías renovables son palancas fundamentales, se subraya que por sí solas no garantizan la descarbonización total. Por ello, la herramienta está concebida como parte de una estrategia integral de rehabilitación energética, que combine:

- Intervenciones sobre la envolvente térmica.
- Sustitución de sistemas técnicos convencionales.
- Implantación de generación renovable in situ.

## F.2 Diagnóstico energético del parque residencial: usos térmicos actuales

### F.2.1 Calefacción y agua caliente sanitaria (ACS)

Según una simulación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), elaborada a partir de datos del MITERD, el IDAE y el proyecto SPAHOUSEC, el 100% de los 18,77 millones de hogares principales en España dispone de alguna instalación para suministro de agua caliente sanitaria (ACS). En cambio, un 10,4% de las viviendas carece de sistemas de calefacción, mientras que el 89,6% cuenta con algún tipo de solución térmica, ya sea individual, colectiva o mediante chimeneas y estufas.

En términos de consumo energético total, las viviendas unifamiliares (5,5 millones) son las que presentan mayor demanda, con cerca de 47.700 GWh anuales. La biomasa es la fuente dominante en este segmento (57,4% del consumo), seguida del gasóleo (18%) y el gas natural (15%).

Por su parte, las viviendas plurifamiliares con sistemas individuales (9,5 millones) consumen en torno a 26.500 GWh, aproximadamente la mitad que las unifamiliares. En este caso, el energético predominante es el gas natural, que representa el 58% del consumo, seguido por el gasóleo (19%) y la electricidad (8,6%).

Finalmente, las viviendas con calefacción colectiva (1,8 millones) registran el menor consumo energético, unos 4.000 GWh anuales. Aquí, el gas natural también es la fuente principal (69% del total), seguido del gasóleo (22%).

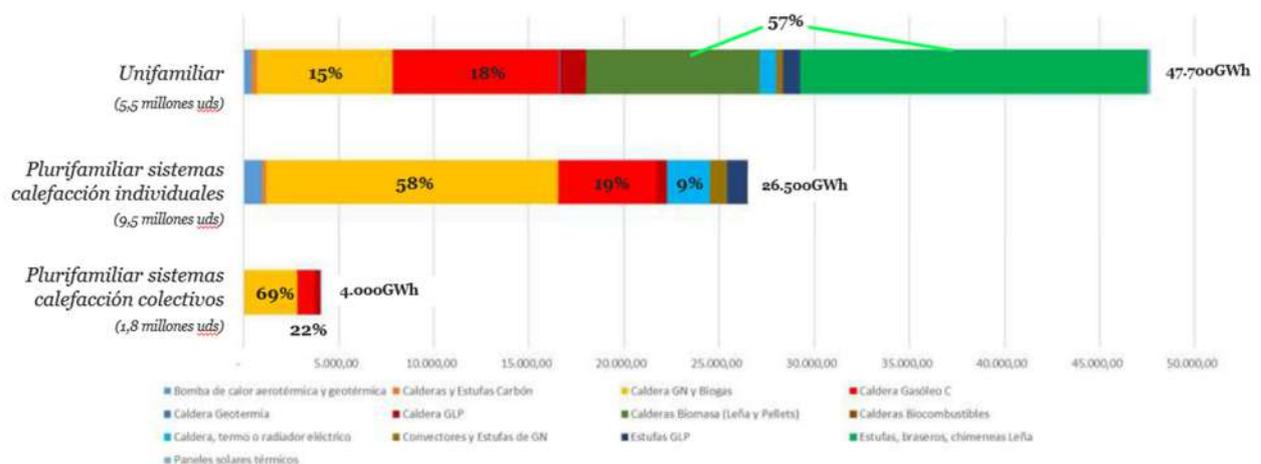
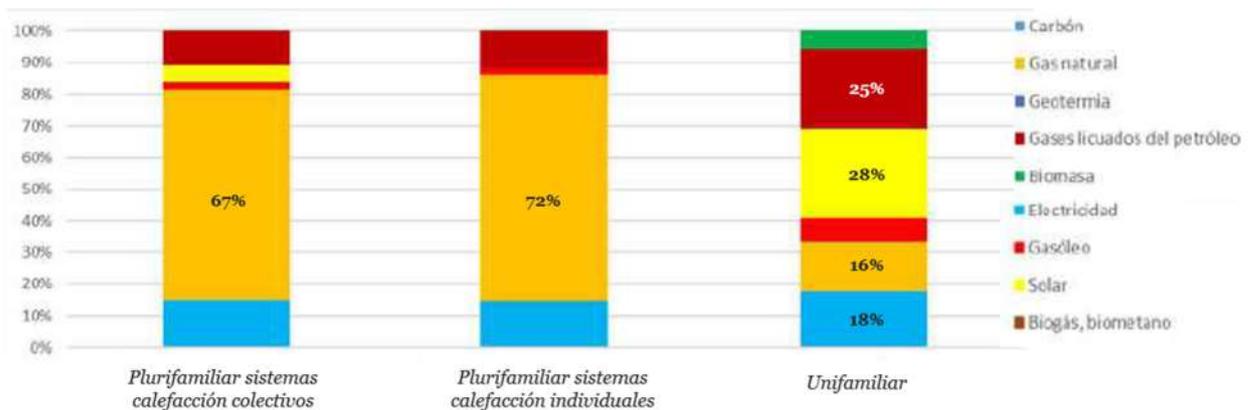


Figura: Distribución del consumo de energía en 2020 para Calefacción por equipos y combustibles, según tipología de vivienda y tipo de sistemas – individual y colectivo (GWh) - Fuente: Modelo de MITMA a partir de MITERD (modelo TIMES-SINERGIA) e IDAE

En lo que respecta al suministro de agua caliente sanitaria (ACS), aunque el consumo medio es similar entre viviendas unifamiliares y plurifamiliares, la distribución por fuentes energéticas muestra diferencias notables.

- En viviendas plurifamiliares, el gas natural es la fuente dominante: representa el 66,6% del consumo en sistemas colectivos y el 71,8% en sistemas individuales. Le siguen la electricidad, el GLP, y en menor proporción la energía solar y el gasóleo.
- En viviendas unifamiliares, el reparto es más equilibrado: la energía solar térmica aporta un 28,3%, el GLP un 25%, la electricidad un 17,6% y el gas natural un 15,8% del consumo total.



*Figura: Distribución porcentual del consumo de energía para ACS por combustibles, según tipología de vivienda y tipo de sistemas individual, colectivo (% sobre total) - Fuente: Modelo de MITMA a partir de MITERD (modelo TIMES-SINERGIA) e IDAE*

Este diagnóstico del parque residencial y su perfil energético permite contextualizar las prioridades de intervención en descarbonización. La fuerte presencia de sistemas fósiles y la limitada implantación de tecnologías renovables evidencian la necesidad de actuar de forma estructurada. A partir de esta base, los apartados F.3 y F.4 recogen, respectivamente, una clasificación de los sistemas actuales y una propuesta de soluciones más sostenibles y eficientes para su sustitución.

### F.3 Matriz de sistemas de instalaciones existentes

La siguiente imagen recoge una clasificación sistemática de los sistemas térmicos existentes en el parque residencial construido antes de 1980 en la Comunidad Autónoma del País Vasco, centrándose en la climatización y la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Esta matriz se ha elaborado a partir del análisis del informe de ATECYR para la ERESEE 2020, así como de datos territoriales adaptados a las zonas climáticas C y D.

Se incluyen tanto los sistemas individuales como colectivos, distinguiendo entre:

- Zona climática (C o D)
- Tipo de vivienda.
- Tipo de calefacción.
- Tipo de ACS.
- Presencia o ausencia de energías renovables en el sistema actual.

Esta radiografía permite visualizar el punto de partida realista y representativo del parque edificado vasco, identificando los focos principales de ineficiencia y dependencia de combustibles fósiles. Se trata de un diagnóstico esencial para construir escenarios de transición tecnológica coherentes y fundamentados:



Figura: Esquema de sistemas de instalaciones existentes

### F.4 Matriz de sistemas de instalaciones propuestas

La siguiente imagen presenta una matriz de tecnologías térmicas descarbonizadas que se proponen como alternativas viables y adaptadas a las condiciones del parque edificado anterior a 1980 en la CAPV.

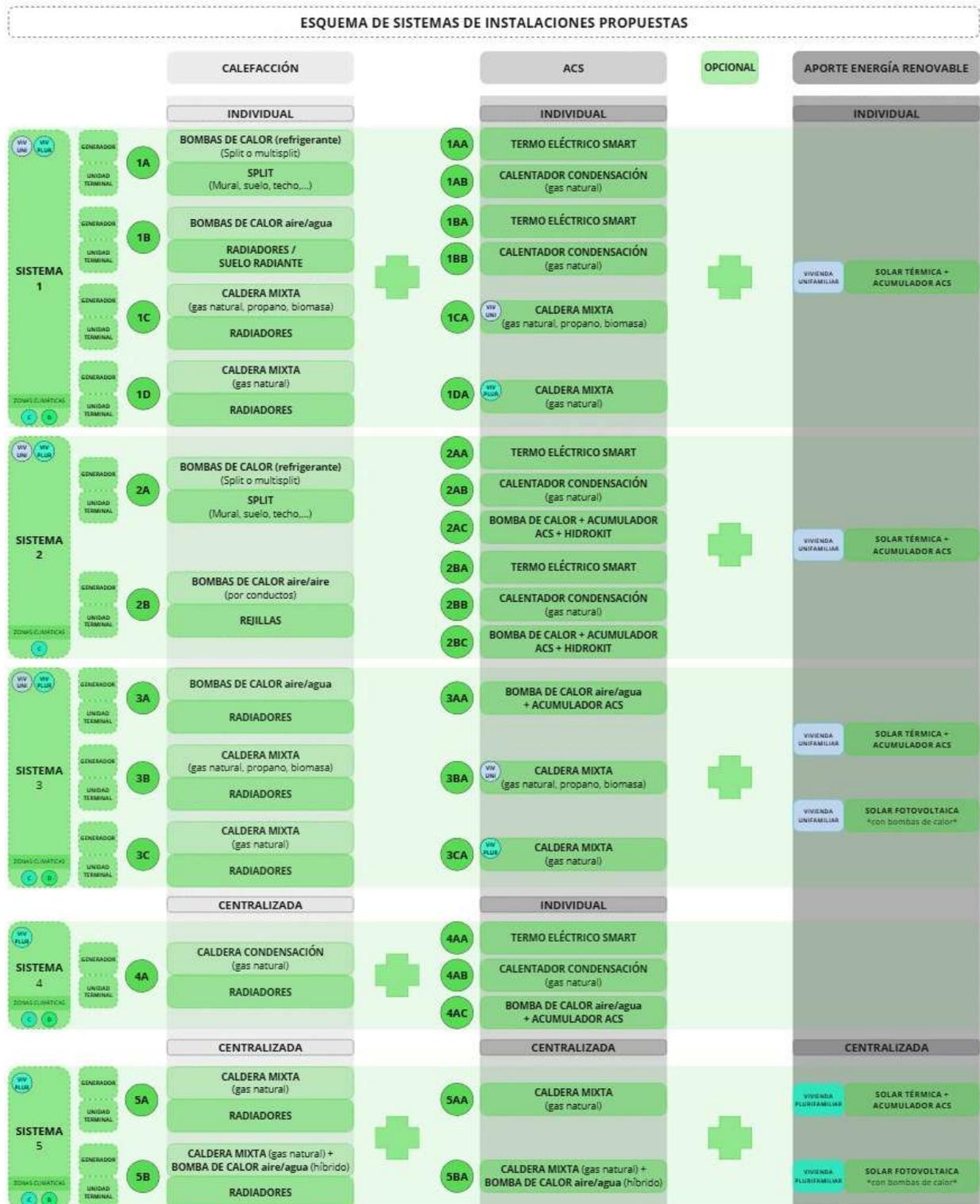


Figura: Esquema de sistemas de instalaciones propuestas

## F.5 Herramienta de simulación

---

A partir de las dos matrices anteriores, se ha desarrollado una herramienta interactiva de simulación en formato Power BI que permite explorar diferentes escenarios de descarbonización de instalaciones térmicas en edificios residenciales construidos antes de 1980.

La herramienta permite:

- Seleccionar zona climática (C o D), tipo de edificio, tipo de calefacción y tipo de ACS.
- Comparar el impacto de los distintos sistemas propuestos sobre la base del sistema existente.
- Estimar de forma orientativa el grado de descarbonización/electrificación y el grado de compatibilidad con los sistemas de generación de energía renovable.

Esta funcionalidad convierte la herramienta en un instrumento de apoyo a la toma de decisiones para agentes públicos y privados involucrados en procesos de rehabilitación energética, facilitando la planificación estratégica y la priorización de actuaciones en función de su potencial de descarbonización.

Enlace:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieZTE3OGM1YjctZjRkOC00M2ZlLWVhOWltM2ZhYmU4OTg5ZjBjIiwidCI6ImUxYzcyNWY5LWVhZTEtNGE2ZS1hMTRkLWU2MTViMDYzZmY2MSIsImMiOiJ9>

## F.6 Claves para la integración de bombas de calor

---

Aunque la herramienta de simulación permite evaluar escenarios de sustitución de sistemas térmicos por bombas de calor, se deben tener en cuenta una serie de condiciones técnicas que condicionan su viabilidad real:

- **Ámbito climático:** Se recomienda el uso de bombas de calor como alternativa a los combustibles fósiles especialmente en zonas de inviernos más suaves (zona climática C). En zonas más frías (zona D), su idoneidad debe evaluarse caso a caso, en función de la rehabilitación prevista y de las condiciones térmicas del edificio.
- **Adaptación del sistema de emisión existente:** La posibilidad de reutilizar radiadores existentes depende de la reducción de la demanda térmica conseguida mediante la rehabilitación de la envolvente. La nueva temperatura de impulsión (60°C / retorno 50°C) debe permitir mantener condiciones de confort similares a las originales, diseñadas para temperaturas más altas (hasta 90/70°C).
- **Condiciones generales por tipología de edificio** (según ATECYR):
  - *Edificios poco compactos* que cumplan la NBE CT-79: es probable que se requiera sustituir los radiadores por otros de mayor tamaño para trabajar con baja temperatura.
  - *Edificios compactos* con cumplimiento de la NBE CT-79: pueden permitir la reutilización de radiadores existentes con bombas de calor.
  - *Edificios anteriores a la NBE CT-79* rehabilitados conforme al CTE DB HE: generalmente, permiten la integración de bombas de calor manteniendo la red de radiadores existente.
- **Infraestructura eléctrica y ubicación de equipos:** Antes de sustituir calderas por bombas de calor, debe comprobarse:
  - Que existe potencia eléctrica disponible o capacidad de ampliación.
  - Que existe espacio en cubierta u otra zona exterior adecuada para la instalación, con los caudales de aire requeridos



## G Oportunidades a escala

Este apartado analiza la viabilidad de implantar tecnologías de descarbonización en función de la escala de intervención: distrito, edificio y vivienda. Cada una presenta retos y oportunidades específicos según el nivel de agregación de demanda, el marco normativo aplicable, la facilidad de ejecución y el impacto potencial. Esta aproximación multiescalar permite identificar intervenciones realistas, con especial atención a su replicabilidad en el parque edificado del País Vasco.

### G.1 Oportunidades a escala distrito

La escala barrio o distrito constituye una de las más estratégicas para avanzar en la descarbonización del parque residencial, ya que permite generar economías de escala, optimizar infraestructuras comunes y favorecer la implicación colectiva. Esta escala facilita además soluciones sistémicas que integran vectores térmicos, eléctricos y de movilidad, con impactos positivos en eficiencia energética, cohesión social y resiliencia local.

A continuación, se presentan las principales oportunidades clasificadas según los cuatro bloques analizados previamente: normativas/administrativas, tecnológicas, operacionales y financieras.

#### G.1.1 Instalaciones térmicas de distrito

Las redes térmicas a escala barrio/distrito (calor/frío) representan una de las palancas más efectivas para descarbonizar el parque residencial del País Vasco. Permiten reducir la dependencia de combustibles fósiles mediante la integración de fuentes renovables y aprovechar economías de escala, simplificando la operación y reduciendo los costes por vivienda. A continuación, se resumen las oportunidades más relevantes clasificadas por tipo de palanca

##### • Normativas / Administrativas

- **Marcos normativos específicos:** regulación adaptada para redes de calor/frío con energías renovables (biomasa, geotermia, aerotermia centralizada, cogeneración de biogás, solar térmica).
- **Planeamiento urbano adaptado:** inclusión en los PGOU de reservas de suelo y trazados para infraestructura térmica común (centros de producción, intercambiadores, etc.).

##### • Tecnológicas

- **Redes centralizadas o semi-centralizadas** adaptadas a barrios residenciales, basadas en bombas de calor comunitarias, cogeneración o calderas de biomasa de alta eficiencia.
- **Monitorización colectiva** mediante IoT para seguimiento de consumos, diagnóstico energético y mantenimiento predictivo.
- **Intercambiadores geotérmicos colectivos** ubicados bajo espacios públicos (plazas, parques) para alimentar redes compartidas.



## • Operacionales

---

- **Operadores energéticos de barrio:** Estructuras tipo ESE o cooperativa que gestionen operación, mantenimiento y facturación ("calor como servicio").
- **Soluciones modulares y escalables:** Plantas térmicas en contenedores o kioscos que se adapten a distintas tipologías de barrio.
- **Protocolos de operación y mantenimiento comunes:** Estándares de servicio, SLA y formación técnica homogénea para personal de barrio.

## • Financieras

---

- **Financiación conjunta:** acceso a fondos europeos (LIFE, FEDER, NextGen) y programas del EVE orientados a infraestructuras térmicas colectivas.
- **Modelos EPC (Energy Performance Contracting)** donde la inversión inicial se recupera con los ahorros generados.
- **Compra agrupada de equipos** para reducir el CAPEX mediante licitaciones colectivas o acuerdos cooperativos.

## • Ejemplos

---

- **Plan de Geotermia 2017-2020** (Gobierno Vasco): impulso a redes con aprovechamiento subterráneo.
- **Txomin-Enea (Donostia):** red de calor con biomasa y sistema de monitorización digital.
- **SmartEnCity – Coronación (Vitoria-Gasteiz):**
  - Red de calor biomasa + aerotermia.
  - Aerotermia centralizada con plataforma de control digital (Visesa).
  - Gestión municipal mediante ESE.
  - Financiación EPC (Visesa + fondos europeos).
- **Red de calor en Mendizorrotza y Oion (Álava):** biomasa en entornos educativos y residenciales.
- **Zaramaga (Vitoria-Gasteiz):** Rehabilitación de Viviendas Sociales y actuación sobre red de calor colectiva.
- **Sabando (Álava):** red comunitaria de biomasa operada por vecinos.
- **EDAR de Galindo (Sestao):** Planta de cogeneración con biogás que suministra calor y electricidad.
- **Plan de Contingencia Energética de Euskadi:** apoyo a proyectos de infraestructura térmica.

## • Agentes clave

---

- Gobierno Vasco, Ayuntamientos, EVE, Agencias de energía, ESEs, cooperativas energéticas, empresas de mantenimiento, comunidades de vecinos, entidades financieras sostenibles, centros tecnológicos (Tecnalia, CIC energiGUNE).



## G.1.2 Generación de energía renovable in situ

La generación renovable distribuida a escala barrio permite aprovechar recursos locales para abastecer colectivamente a comunidades residenciales. Impulsa la autosuficiencia energética, la participación vecinal y el aprovechamiento de cubiertas, fachadas y suelos públicos o privados infrautilizados.

### • Normativas / Administrativas

---

- **Simplificación de trámites para comunidades energéticas:** ventanillas únicas, permisos exprés y registros simplificados.
- **Normativa de uso compartido de cubiertas y espacios públicos** (edificios municipales, centros sociales, aparcamientos) para instalaciones solares térmicas, fotovoltaicas o mini-eólicas.
- **Permisos automáticos o acelerados** para tecnologías innovadoras (mini-eólica vertical, almacenamiento de hidrógeno verde).
- **Reconocimiento normativo del papel de las comunidades energéticas** en la planificación energética local.

### • Tecnológicas

---

- **Microredes inteligentes de barrio** que integren producción renovable (fotovoltaica, mini-eólica, solar térmica) y almacenamiento distribuido (baterías, hidrógeno, supercondensadores).
- **Sistemas híbridos de generación** (FV + mini-eólica) adaptados a condiciones urbanas.
- **Plataformas digitales de gestión energética colectiva** con reparto dinámico y balance entre vecinos.
- **Acoplamiento sectorial** entre electricidad y térmica a través de almacenamiento intermedio.

### • Operacionales

---

- **Comunidades energéticas vecinales** que gestionan el autoconsumo compartido, el mantenimiento y la gestión administrativa.
- **Uso de espacios infrautilizados** (cubiertas públicas, tejados comunitarios, fachadas soleadas) para instalaciones renovables.
- **Mantenimiento preventivo** bajo contratos de servicio colectivo.
- **Formación ciudadana básica** sobre gestión energética local.

### • Financieras

---

- **Inversiones compartidas** con retorno vecinal (PPA comunitarios, cooperativas).
- **Subvenciones específicas** para comunidades energéticas (NextGen, IDAE, EVE).
- **Modelos de leasing, renting o suscripción** para baterías, solar térmica o mini-eólica.
- **Financiación colaborativa** (crowdfunding, crowdlending).
- **Bonificaciones fiscales locales** por participación en proyectos energéticos comunitarios.



## • Ejemplos

---

- **TEK Bilbao–Athletic:** comunidad energética con FV en cubierta del estadio San Mamés.
- **Comunidad energética de Barakaldo:** 850 viviendas y comercios.
- **Opengela Otxarkoaga:** autoconsumo compartido en rehabilitación integral.
- **Comunidades Energéticas Lasierra y Salburua:** instalaciones en espacios públicos y gestión digital.
- **Som Comunitats (Goienar):** financiación PPA + crowdfunding.

## • Agentes clave

---

- Gobierno Vasco, Ayuntamientos, EVE, IDAE, cooperativas energéticas, plataformas de inversión ciudadana, oficinas de rehabilitación, centros de innovación.

### G.1.3 Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico de distrito

La electrificación del parque móvil residencial requiere una infraestructura accesible, compartida y bien integrada en los barrios. A escala distrito, se pueden desplegar hubs de recarga comunitarios y soluciones inteligentes para facilitar la transición hacia una movilidad cero emisiones.

## • Normativas / Administrativas

---

- **Planificación anticipada en PGOU** de espacios para recarga VE comunitaria o pública.
- **Incentivos urbanísticos** a la preinstalación de canalizaciones eléctricas en barrios en rehabilitación.
- **Zonificación energética** que identifique barrios con necesidad prioritaria de puntos de recarga compartidos.

## • Tecnológicas

---

- **Hubs de recarga inteligente (smart charging)** en espacios municipales, cooperativos o comunitarios.
- **Integración de la recarga en esquemas de vehículo compartido eléctrico (carsharing).**
- **Recarga bidireccional (V2G)** con capacidad de inyectar energía a la red del barrio.
- **Sistemas de control digital** integrados con la gestión energética residencial.

## • Operacionales

---

- **Gestión cooperativa o público-privada de hubs de recarga,** con modelos escalables por barrio.
- **Plataformas digitales de reserva, carga y uso compartido,** adaptadas a comunidades de vecinos.
- **Coordinación local** con ayuntamientos, operadores y empresas de movilidad.

## • Financieras

---

- **Economías de escala** si se actúa a nivel de barrio (licitación agrupada, descuentos).
- **Subvenciones agrupadas** para cargadores comunitarios (MOVES, Plan Vasco de Energía).
- **Financiación por modelo ESCO,** incluyendo inversión, instalación y mantenimiento.
- **Bonificaciones fiscales** por instalación de puntos de recarga comunitarios (IBI, ICIO).



### • Ejemplos

- **TEK Gipuzkoa 22:** hubs de recarga con gestión comunitaria y subvención agrupada.
- **Smart Txomin (Donostia):** modelo ESCO + carsharing eléctrico.
- **Zarautz:** planificación integrada en zonas residenciales y turísticas.

### • Agentes clave

- Ayuntamientos, EVE, cooperativas de movilidad, operadores de red, comercializadoras, empresas de digitalización, fabricantes de cargadores.

## G.1.4 Matriz resumen y claves de implementación

### • Matriz resumen

Tecnología	Normativa/Admin.	Tecnológica	Operacional	Financiera
Instalaciones térmicas	PGOU adaptado a redes, regulación específica de redes	Redes centralizadas, IoT, geotermia colectiva	Operadores de barrio, mantenimiento compartido, módulos escalables	EPC, fondos europeos, compra agrupada
Generación renovable in situ	Uso compartido de cubiertas públicas, ventanilla única CE	Microredes, FV+mini-eólica, plataformas digitales, almacenamiento	Comunidades vecinales, mantenimiento común, uso de espacios infrautilizados	Subvenciones, PPA, crowdfunding
Recarga de vehículo eléctrico	Zonificación energética, reservas PGOU para hubs	Hubs inteligentes, V2G, carsharing integrado	Gestión comunitaria o mixta, plataformas de reserva	MOVES, ESCOs, fiscalidad local, compra agrupada

### • Claves de implementación

- **Actuar con visión urbana integrada:** articular planificación energética, urbanística y de movilidad.
- **Aprovechar mecanismos financieros agrupados y modelos cooperativos.**
- **Reforzar las comunidades energéticas como instrumento de gestión colectiva.**
- **Acompañar técnicamente desde oficinas de rehabilitación y entes locales.**
- **Priorizar intervenciones replicables y escalables en barrios vulnerables o en transición.**

## G.2 Oportunidades a escala edificio

---

La escala edificio representa una oportunidad clave para avanzar en la descarbonización del parque residencial del País Vasco, especialmente en el ámbito de la rehabilitación energética de edificios plurifamiliares. Esta escala permite intervenciones específicas sobre instalaciones térmicas, generación renovable y movilidad eléctrica, aprovechando los espacios y elementos comunes del inmueble (cubiertas, salas técnicas, garajes, etc.), y articulando procesos de decisión a través de comunidades de propietarios.

Además, es una escala ideal para aplicar modelos replicables y modulares, y para activar ayudas públicas o esquemas de financiación colectiva, sin requerir actuaciones urbanísticas complejas.

A continuación, se presentan las oportunidades organizadas por tecnología y por tipo de barrera/oportunidad.

### G.2.1 Instalaciones térmicas en edificio

La renovación de instalaciones térmicas centralizadas en edificios existentes es una acción directa y de alto impacto para reducir el consumo energético y las emisiones. Este tipo de intervención permite aprovechar espacios existentes, reducir costes operativos y mejorar el confort térmico de forma colectiva.

#### • Normativas / Administrativas

---

- **Actualización normativa específica** para instalaciones centralizadas de calefacción y ACS, que reconozca las tecnologías renovables como solución prioritaria.
- **Reconocimiento en ordenanzas municipales y autonómicas** de la aerotermia, biomasa o geotermia como tecnologías prioritarias en el contexto de rehabilitación energética.
- **Simplificación de trámites administrativos**, especialmente cuando no se altere la envolvente del edificio ni su estructura portante.
- **Fomento de la centralización de sistemas individuales existentes**, incentivando su conversión a sistemas colectivos de mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental.

#### • Tecnológicas

---

- **Instalación de bombas de calor aerotérmicas centralizadas**, ubicadas en cubiertas, patios interiores o salas técnicas existentes.
- **Calderas de biomasa comunitarias**, especialmente adecuadas en entornos rurales o barrios periurbanos con buena logística de suministro.
- **Sistemas de geotermia vertical o bucles geotérmicos cerrados**, integrables en patios interiores o bajo garajes del edificio.
- **Sistemas híbridos** que combinen tecnologías renovables con apoyo convencional para garantizar flexibilidad.
- **Modernización de redes hidráulicas internas** mediante válvulas termostáticas, equilibrado hidráulico y bombas de caudal variable.

#### • Operacionales

---

- **Gestión energética del sistema térmico por parte de la comunidad** de propietarios, cooperativas energéticas o ESEs especializadas.
- **Protocolos de mantenimiento predictivo y preventivo**, vinculados a contratos de servicio multianual.



- **Sistemas prefabricados o modulares**, que permiten una instalación rápida y limpia en edificios habitados.
- **Formación técnica y administrativa para representantes vecinales**, facilitando la interlocución con proveedores y el seguimiento del rendimiento del sistema.

#### • **Financieras**

---

- **Subvenciones específicas para instalaciones térmicas centralizadas renovables**, como las ofrecidas por programas PREE 5000, EVE o fondos NextGeneration.
- **Modelos de contratación energética tipo EPC**, en los que una empresa invierte en la mejora térmica y recupera su inversión con los ahorros energéticos generados.
- **Financiación colectiva escalonada**, adaptada a las posibilidades económicas de cada vecino.
- **Bonificaciones fiscales municipales** (como reducción del IBI o exención del ICIO) para actuaciones de mejora energética colectiva.

#### • **Ejemplos**

---

- **Opengela Txonta (Eibar) y Otxarkoaga (Bilbao)**: renovación integral de instalaciones térmicas comunitarias con soluciones renovables.
- **Ensanche y Ariznabarra (Vitoria-Gasteiz)**: transición de sistemas individuales a calefacción colectiva basada en aerotermia.
- **Promociones de Visesa** en Donostia y Bilbao: integración de aerotermia y geotermia en nuevos desarrollos residenciales con gestión colectiva.
- **Lauro Ikastola**: Rehabilitación energética de los edificios de la ikastola sustituyendo las calderas de gas por aerotermias centralizadas en cascada con autoconsumo fotovoltaico.
- **Albergue de Ulia (Donostia-San Sebastián)**: Proyecto híbrido de aerotermia y caldera de biomasa con instalación solar térmica y fotovoltaica.

#### • **Agentes clave**

---

- Gobierno Vasco, EVE, IDAE, oficinas de rehabilitación (Opengela), comunidades de propietarios, administradores de fincas, cooperativas energéticas, ESEs, empresas instaladoras.

### **G.2.2 Generación de energía renovable in situ en edificio**

El uso de cubiertas, patios o fachadas para la instalación de tecnologías renovables (principalmente fotovoltaica y solar térmica) permite a los edificios generar parte de su energía de forma limpia y compartida, reduciendo su dependencia de la red y mejorando la autosuficiencia energética.

#### • **Normativas / Administrativas**

---

- **Fomento normativo del autoconsumo colectivo como opción preferente** en rehabilitación energética, integrándolo explícitamente en ayudas regionales y municipales.
- **Priorización del uso de cubiertas comunes** como superficie preferente para instalaciones renovables, incorporando este criterio en planes municipales y ordenanzas de edificación.
- **Bonificaciones fiscales municipales** (IBI, ICIO) para instalaciones renovables de autoconsumo compartido, mediante ordenanzas específicas.
- **Tramitación simplificada y digitalizada para instalaciones de hasta 100 kW**, con validaciones automáticas y coordinación directa entre el municipio y la distribuidora.



## • Tecnológicas

---

- **Sistemas fotovoltaicos compartidos**, conectados al cuarto de contadores del edificio o repartidos dinámicamente mediante coeficientes.
- **Sistemas solares térmicos centralizados** para ACS y calefacción, integrables con sistemas existentes o con aerotermia.
- **Mini-eólica urbana vertical**, aplicable en cubiertas con buena exposición y viento útil, como complemento a la fotovoltaica.
- **Sistemas de almacenamiento comunitario** (baterías eléctricas o acumuladores térmicos) para mejorar el aprovechamiento de la energía generada.

## • Operacionales

---

- **Gestión del autoconsumo compartido por la comunidad**, con soporte técnico de cooperativas energéticas o empresas especializadas.
- **Plataformas digitales de gestión energética colectiva**, con visibilidad de producción, consumo y reparto individualizado.
- **Mantenimiento preventivo colectivo**, con contratos únicos para todo el edificio.
- **Integración de la generación renovable con la rehabilitación energética global**, para maximizar el ahorro energético.

## • Financieras

---

- **Subvenciones para instalaciones renovables compartidas**, especialmente si se combinan con rehabilitación energética (PREE, EVE, IDEA, NextGen).
- **Modelos PPA comunitarios**, donde una empresa externa instala y mantiene los equipos a cambio de una tarifa reducida de energía.
- **Financiación colectiva y crowdfunding** a través de cooperativas energéticas.
- **Bonificaciones fiscales por generación renovable compartida**, especialmente en municipios que hayan aprobado ordenanzas de fiscalidad verde (IBI, ICIO u otras tasas locales).

## • Ejemplos

---

- **Opengela Otxarkoaga**: instalación FV compartida en el marco de una rehabilitación integral.
- **Proyectos de autoconsumo colectivo (CEL-TEK) en Vitoria y Barakaldo**: con reparto dinámico y financiación cooperativa.
- **Instalaciones solares en edificios públicos** (Donostia, Portugalete, Basauri) como ejemplo replicable en el parque privado.

## • Agentes clave

---

- EVE, IDAE, ayuntamientos, comunidades de propietarios, cooperativas energéticas (Goienar, I-ener), oficinas de rehabilitación, plataformas tecnológicas, empresas instaladoras.



### G.2.3 Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico en edificio

La implantación de puntos de recarga en edificios residenciales es esencial para promover la movilidad eléctrica. En garajes comunitarios, se requiere infraestructura eléctrica compartida, gestión cooperativa y soluciones escalables para adaptarse al crecimiento de la demanda.

#### • Normativas / Administrativas

---

- **Impulso normativo a la instalación de infraestructura troncal común** en garajes colectivos mediante incentivos urbanísticos, ordenanzas técnicas y apoyo económico directo.
- **Integración de la planificación de recarga eléctrica** como actuación complementaria subvencionable en rehabilitaciones integrales o programas como el PREE.
- **Bonificaciones fiscales municipales** por despliegue de infraestructura comunitaria (IBI, ICIO, tasas de licencia).
- **Regulación de modelos de recarga compartida**, promoviendo acuerdos marco en comunidades de vecinos e implantación progresiva sin necesidad de unanimidad.

#### • Tecnológicas

---

- **Puntos de recarga individuales con contadores independientes** o integrados en plataforma comunitaria.
- **Infraestructura troncal compartida** con posibilidad de ampliación por módulos.
- **Sistemas de gestión inteligente de carga (smart charging)** que equilibran la potencia del edificio y priorizan la carga eficiente.
- **Integración con generación renovable (FV) y almacenamiento**, para maximizar el autoconsumo en la recarga.

#### • Operacionales

---

- **Gestión vecinal o por parte de una empresa externa (ESCO)**, que se encarga de la instalación, mantenimiento y facturación del sistema de recarga.
- **Plataformas digitales de reserva, seguimiento y gestión**, adaptadas a comunidades de vecinos.
- **Implantación por fases**, compatible con diferentes niveles de uso actual del vehículo eléctrico.
- **Acompañamiento técnico desde oficinas de rehabilitación**, para planificar la electrificación del aparcamiento en el tiempo.

#### • Financieras

---

- **Ayudas del programa MOVES III y fondos regionales (EVE)** para puntos de recarga individuales o comunitarios.
- **Modelos de leasing, renting o pago por uso** mediante plataforma.
- **Financiación agrupada con otros elementos de rehabilitación energética**, como generación renovable o eficiencia térmica.
- **Bonificaciones fiscales y reducción de costes en contratación eléctrica** para puntos de recarga compartidos.



• **Ejemplos**

- **Proyectos piloto MOVES** en garajes comunitarios de Donostia, Zarautz y Gernika.
- **Promoción de hubs comunitarios de recarga eléctrica** en edificios con apoyo municipal o cooperativo (proyectos TEK).
- **Proyectos integrados de autoconsumo + movilidad** en Tolosa y Usurbil (Plan MOVES + NextGen).

• **Agentes clave**

- Gobierno Vasco, EVE, IDAE, ayuntamientos, comunidades de propietarios, operadores de recarga, cooperativas de movilidad, empresas instaladoras, administradores de fincas.

**G.2.4 Matriz resumen y claves de implementación**

• **Matriz resumen**

Tecnología	Normativa/Admin.	Tecnológica	Operacional	Financiera
Instalaciones térmicas	Alineamiento del RITE y del CTE, fomento centralización	Aerotermia, biomasa, geotermia en salas técnicas	Gestión vecinal, mantenimiento preventivo, soluciones modulares	Subvenciones, PREE/EVE, EPC, financiación comunitaria
Generación renovable in situ	Regulación autoconsumo colectivo, tramitación digital	FV, solar térmica, mini-eólica, almacenamiento compartido	Reparto digital, mantenimiento común	PPA comunitario, subvenciones, bonificaciones fiscales
Recarga de vehículo eléctrico	Normativa troncal en garajes comunitarios, bonificación licencias	Carga troncal o individual, smart charging, integración FV + V2G	Gestión vecinal o por empresa externa	MOVES III, leasing, financiación privada o cooperativa

• **Claves de implementación**

- **Aprovechar los elementos comunes del edificio** como espacios técnicos o cubiertas para maximizar el impacto.
- **Promover el autoconsumo compartido como fórmula base** para democratizar el acceso a renovables.
- **Fomentar la figura del “edificio gestor de su energía”** mediante plataformas digitales y servicios externos.
- **Activar ayudas específicas y acompañamiento técnico** desde oficinas de rehabilitación, ESEs o cooperativas.
- **Impulsar ejemplos replicables** en entornos vulnerables o con alta concentración de vivienda plurifamiliar.

### G.3 Oportunidades a escala vivienda

---

La escala vivienda individual (ya sea unifamiliar o una unidad dentro de un bloque plurifamiliar) representa el nivel más inmediato de intervención en términos de eficiencia energética, confort y descarbonización. Aunque tiene menos potencial de agregación, permite una rápida toma de decisiones, adaptación a las necesidades concretas del hogar y reducción directa de emisiones y consumo energético.

Las tecnologías a esta escala son más compactas, autogestionadas y, en muchos casos, parcialmente subvencionables. La clave está en facilitar su implantación a través de marcos normativos claros, acompañamiento técnico y mecanismos financieros accesibles.

A continuación, se presentan las oportunidades organizadas por tecnología y por tipo de barrera/oportunidad.

#### G.3.1 Instalaciones térmicas en vivienda

Las soluciones térmicas renovables en viviendas individuales (unifamiliares o dentro de bloques con instalaciones independientes) permiten reducir emisiones de forma directa, mejorar el confort y disminuir la dependencia del gasóleo o del gas.

##### • Normativas / Administrativas

---

- **Simplificación normativa para sustitución de equipos térmicos:** establecer procedimientos abreviados para la renovación de calderas por bombas de calor, especialmente si se mantienen los mismos puntos de conexión hidráulica y eléctrica.
- **Reconocimiento expreso en normativas locales de rehabilitación energética** de la aerotermia o solar térmica como soluciones tipo, facilitando la concesión de ayudas o bonificaciones fiscales.
- **Autorización tácita o licencias por comunicación previa** en caso de actuaciones sin impacto estructural ni urbanístico (por ejemplo, instalación de unidad exterior de aerotermia en balcones o patios interiores).
- **Incentivos regulatorios para la renovación energética simultánea** (cambio de caldera + aislamiento de envolvente o ventanas), articulando mejoras integrales con mayor impacto climático.

##### • Tecnológicas

---

- **Bombas de calor aerotérmicas aire-agua individuales** como solución prioritaria para calefacción y ACS, especialmente en zonas climáticas C y D (interior de Euskadi), donde su rendimiento estacional es más favorable.
- **Sistemas compactos de ACS con bomba de calor** tipo monobloc, ideales para viviendas sin calefacción por agua caliente, o para sustituir termos eléctricos ineficientes.
- **Calderas de biomasa en viviendas unifamiliares** (pellets o astilla) con silo o almacenamiento modular, compatibles con radiadores existentes.
- **Pequeños sistemas solares térmicos de apoyo**, con depósito integrado o con respaldo eléctrico para viviendas con buena exposición solar.
- **Sistemas de control inteligente** (termostatos programables, zonificación, válvulas termostáticas) que mejoran la eficiencia de cualquier tecnología instalada.



## • Operacionales

---

- **Protocolos de instalación rápida y estandarizada** desarrollados por asociaciones profesionales, que reduzcan la barrera técnica y eviten problemas de ejecución.
- **Catálogos de soluciones adaptadas a tipologías de vivienda frecuentes en Euskadi** (por ejemplo, piso sin calefacción previa, vivienda rural con caldera mural antigua, adosado con garaje disponible...).
- **Red de empresas instaladoras acreditadas**, con garantías de calidad, mantenimiento incluido y respuesta técnica en menos de 48h.
- **Servicios de acompañamiento técnico personalizados**, desde oficinas de rehabilitación u oficinas municipales de energía, que ayuden a seleccionar la mejor solución, estimar ahorros y planificar la inversión.
- **Contratos de mantenimiento y asistencia postventa asociados** a la instalación, con revisión anual, limpieza de filtros y ajuste de parámetros.

## • Financieras

---

- **Subvenciones directas a fondo perdido** para cambio de equipos térmicos individuales, vinculadas al cumplimiento de criterios de eficiencia energética o emisiones.
- **Deducciones fiscales en el IRPF** por inversiones en mejora de eficiencia energética en vivienda habitual, con porcentajes crecientes si se combinan varias actuaciones (caldera + ventanas, por ejemplo).
- **Líneas de financiación a interés reducido o microcréditos verdes**, facilitadas por bancos éticos o avaladas por programas públicos como Elkargi o BEI.
- **Modelos de renting o suscripción energética**, donde el usuario paga una cuota fija mensual que incluye el equipo, la instalación, el mantenimiento y en algunos casos la energía consumida.
- **Bonificaciones en tributos locales** como el IBI o el ICIO, en municipios que han activado ordenanzas fiscales verdes.

## • Ejemplos

---

- **Programa Renove Aerotermia del EVE** para viviendas particulares, con subvenciones directas para la instalación de bombas de calor.
- **Campañas municipales en municipios rurales de Álava** para reemplazo de calderas de gasóleo por biomasa o aerotermia.
- **Actuaciones piloto en municipios como Orozko, Areatza o Antzuola**, donde se promueve la descarbonización individual mediante ayudas y asesoramiento técnico.
- **Casos de éxito en cooperativas energéticas** como Goiener, que ofrecen paquetes integrales de aerotermia con financiación asociada.

## • Agentes clave

---

- Gobierno Vasco (Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente), EVE, IDAE, ayuntamientos, oficinas de rehabilitación, cooperativas energéticas, asociaciones de instaladores, fabricantes de equipos, entidades financieras sostenibles (Fiare, Laboral Kutxa), empresas de servicios energéticos (ESEs).



### G.3.2 Generación de energía renovable in situ en vivienda

Las soluciones de autoconsumo a escala vivienda permiten generar energía limpia para el uso doméstico y reducir significativamente la factura eléctrica. Se adaptan bien a viviendas unifamiliares, aunque algunas son viables también en pisos superiores con acceso a cubierta.

#### • Normativas / Administrativas

---

- **Refuerzo institucional al autoconsumo individual y sin excedentes**, incorporándolo como actuación tipo en ordenanzas de eficiencia energética y planes locales de energía.
- **Bonificaciones fiscales estables y automáticas** por instalación de fotovoltaica en vivienda habitual (IBI, ICIO), articuladas en coordinación con el registro de instalaciones.
- **Compatibilización con ordenanzas estéticas y normativas de protección** en cascos históricos o edificios catalogados, mediante criterios técnicos uniformes.
- **Asesoramiento gratuito desde oficinas locales de energía**, para orientar la legalización y maximizar los beneficios regulatorios del autoconsumo residencial.

#### • Tecnológicas

---

- **Sistemas fotovoltaicos individuales para autoconsumo con o sin excedentes**, adaptados a las características de consumo y superficie disponible.
- **Kits de autoconsumo FV plug-and-play**, que pueden conectarse directamente a un enchufe para consumidores pequeños o segundas residencias.
- **Sistemas solares térmicos compactos**, para producción de agua caliente sanitaria, con instalación sobre tejado o terraza y depósitos de acumulación con respaldo eléctrico.
- **Integración de baterías domésticas** para almacenamiento y mejora del autoconsumo instantáneo, especialmente útil con tarifas dinámicas.
- **Sistemas híbridos (FV + bomba de calor)** que optimizan el uso de la energía generada para climatización y ACS.

#### • Operacionales

---

- **Instalación "llave en mano" por parte de empresas especializadas**, que incluyen ingeniería, tramitación, ejecución y legalización en un único paquete.
- **Sistemas de monitorización digital en tiempo real**, accesibles por app, que permiten al usuario visualizar el rendimiento del sistema y los ahorros generados.
- **Integración con otras actuaciones de eficiencia**, como cambio de iluminación, sustitución de electrodomésticos o envolvente térmica, para maximizar el beneficio global.
- **Mantenimiento técnico preventivo con revisión anual**, limpieza de paneles y verificación de inversores o depósitos.
- **Red de instaladores de confianza**, apoyada por entidades como EVE, IDAE o cooperativas energéticas locales.



## • **Financieras**

---

- **Ayudas directas por parte del IDAE, EVE y fondos europeos (NextGen)** para instalaciones de autoconsumo doméstico, incluso en vivienda habitual.
- **Bonificaciones fiscales autonómicas o municipales:** deducción en el IRPF por mejora energética, reducción de tasas urbanísticas, o exención temporal del IBI.
- **Financiación 100% del coste a través de acuerdos con bancos sostenibles,** entidades locales o cooperativas energéticas.
- **Modelos de renting energético o PPA residencial,** en los que una empresa instala y mantiene el sistema y el usuario paga solo por la energía autoconsumida, sin inversión inicial.

## • **Ejemplos**

---

- **Instalaciones residenciales individuales en Busturialdea, Lea-Artibai o Montaña Alavesa,** con ayuda del programa Renove FV del EVE.
- **Proyectos promovidos por Goiener e I-ener** para sus socios, con autoconsumo conectado a la red y retorno económico progresivo.
- **Programas municipales de autoconsumo fotovoltaico en viviendas rurales** (por ejemplo, Elgoibar, Ordizia, Balmaseda).
- **Integraciones FV + bomba de calor en viviendas de nueva construcción,** especialmente en las promociones de cooperativas o autopromoción en Gipuzkoa y Bizkaia.

## • **Agentes clave**

---

- EVE, IDAE, ayuntamientos, diputaciones, cooperativas energéticas, instaladores homologados, fabricantes, oficinas de energía, entidades financieras sostenibles (Triodos, Fiare), plataformas de microfinanciación.

### **G.3.3 Infraestructura de recarga de vehículo eléctrico en vivienda**

La instalación de puntos de recarga en viviendas individuales o en plazas de garaje privativas es un paso imprescindible para el despliegue de la movilidad eléctrica en el ámbito doméstico.

## • **Normativas / Administrativas**

---

- **Refuerzo del papel de las entidades locales** para acompañar y acelerar el despliegue de recarga en viviendas individuales, con asesoramiento, ventanillas únicas y guías simplificadas.
- **Bonificaciones fiscales municipales por instalación de punto de recarga** (IBI, ICIO), automatizadas tras registro de instalación conforme al REBT.
- **Tramitación por comunicación previa** o declaración responsable en la mayoría de municipios, evitando licencias de obra si no hay afección estructural.
- **Promoción de soluciones integradas (autoconsumo + recarga)** mediante ordenanzas de eficiencia energética o programas piloto.
- **Guías normativas municipales o forales** para facilitar la instalación correcta, segura y conforme a reglamento electrotécnico (REBT ITC BT 52).



## • Tecnológicas

---

- **Cargadores monofásicos o trifásicos tipo Wallbox**, con programación horaria para carga en horas valle.
- **Sistemas inteligentes de balanceo de carga (Load Management)** para evitar sobrecargas en la instalación eléctrica doméstica.
- **Integración con sistema fotovoltaico doméstico**, priorizando la carga desde energía solar.
- **Recarga bidireccional (V2H o V2G)** aún incipiente, pero con alto potencial futuro en viviendas unifamiliares.
- **Cargadores con conectividad y gestión remota**, que permiten controlar, limitar o autorizar el uso desde una app móvil.

## • Operacionales

---

- **Instalación certificada por empresa autorizada**, con boletín eléctrico y configuración personalizada según potencia contratada.
- **Revisión anual y mantenimiento básico incluido**, en especial limpieza, actualización de firmware y verificación de protecciones.
- **Gestión energética integrada** para usuarios con FV, que sincroniza producción solar y carga del vehículo.
- **Opciones de instalación conjunta con el vehículo** mediante acuerdos con concesionarios o marcas de automóviles.

## • Financieras

---

- **Subvenciones del programa MOVES III**, que cubren hasta el 70% del coste del punto de recarga en vivienda habitual.
- **Reducciones fiscales o ayudas adicionales en municipios que impulsan la movilidad eléctrica**, como Bilbao, Donostia o Tolosa.
- **Modelos de renting o leasing del punto de recarga**, con mantenimiento incluido, facturación integrada y opción de compra final.
- **Acuerdos con empresas energéticas** que ofrecen la instalación gratuita o financiada a cambio de contratación de servicios.

## • Ejemplos

---

- **Instalaciones domésticas financiadas por MOVES III en garajes unifamiliares** de comarcas rurales (Debarrena, Sakana, Montaña Alavesa).
- **Campañas de apoyo a la instalación de cargadores en viviendas de Getxo, Donostia y Gernika**, promovidas por EVE y ayuntamientos.
- **Proyectos de autoconsumo + recarga integrados** en promociones cooperativas en Tolosa y Usurbil.

## • Agentes clave

---

- Gobierno Vasco, EVE, MOVES (IDAE), ayuntamientos, instaladores eléctricos autorizados, fabricantes de puntos de recarga, concesionarios de vehículos eléctricos, entidades financieras, comercializadoras eléctricas.



### G.3.4 Matriz resumen y claves de implementación

- **Matriz resumen**

Tecnología	Normativa/Admin.	Tecnológica	Operacional	Financiera
Instalaciones térmicas	Guías simplificadas para sustitución de sistemas fósiles	Aeroterminia aire-agua, solar térmico compacto, control inteligente	Instalación certificada, mantenimiento básico, kits modulares	Ayudas directas (EVE/NextGen), IRPF, renting, microfinanciación
Generación renovable in situ	Facilidades para FV plug-and-play y almacenamiento	FV individual, solar térmico, baterías, integración ACS-FV	Instalación llave en mano, coordinación con rehabilitación	Subvenciones NextGen/EVE, PPA residencial, crowdfunding
Recarga de vehículo eléctrico	Derecho individual en garaje privado	Cargadores inteligentes, integración FV + V2H/V2G	Instalación certificada, gestión por aplicación, mantenimiento incluido, acuerdos con fabricantes	MOVES III, convenios con marcas, renting de cargadores, ayudas municipales

- **Claves de implementación**

- Facilitar la implantación masiva de soluciones compactas y rentables en viviendas particulares.
- Potenciar programas de ayuda directos, ágiles y bien comunicados a la ciudadanía.
- Apoyar la instalación profesionalizada con garantías y mantenimientos incluidos.
- Promover modelos de financiación accesibles (renting, préstamos blandos).
- Conectar las actuaciones individuales con objetivos colectivos de barrio o municipio.

G.4 Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación

		MATRIZ DE OPORTUNIDADES EN LAS 3 ESCALAS DE ACTUACIÓN			
		NORMATIVAS / ADMINISTRATIVAS	TECNOLOGICAS	OPERACIONALES	FINANCIERAS
DISTRITO	INSTALACIONES TÉRMICAS	FOUO ADAPTADO A REDES TÉRMICAS RENOVABLES	GEOTERMIA O BOMBA PARA REDES COLECTIVAS CENTRALIZADAS	CONSTRUCCIÓN DE OPERADORES ENERGÉTICOS LOCALES PARA GESTIÓN DESCENTRALIZADA	MODELOS EPC (ENERGY PERFORMANCE CONTRACTING)
	GENERACIÓN RENOVABLE IN SITU	REGULACIÓN ESPECÍFICA PARA REDES RENOVABLES	SENSIBILIZACIÓN Y CONTROL REMOTO EN REDES COLECTIVAS CENTRALIZADAS	IMPULSO A COMUNIDADES ENERGÉTICAS RENOVABLES	CAMPAÑA ADAPTADA DE EQUIPAMIENTO ENERGÉTICO
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	REGULACIÓN DEL USO COMPARTIDO DE CUERTELAS PÚBLICAS VENTANILLAS ÚNICAS PARA COMUNIDADES ENERGÉTICAS	INTEGRACIÓN CON PLV Y MANEJO DE BATERÍAS EN BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO	OPORTUNIDADES DE REHABILITACIÓN COMO APARTO	ACUERDOS PARA PROMOVER PERSONAS AGENTES (COMMUNITARIOS)
EDIFICIO	INSTALACIONES TÉRMICAS	ALINEAMIENTO DEL BITE Y CTE	REDES DE RECARGA INTELIGENTE CON INTEGRACIÓN BIOMÉTRICA (POR VEHÍCULO TOLLING)	MODELOS DE GOBERNANZA MUNICIPAL-VEHICULAR	APORTO A INFRAESTRUCTURAS COMUNITARIAS MEDIANTE SUBVENCIONES ADAPTADAS
	GENERACIÓN RENOVABLE IN SITU	FOMENTO DE SISTEMAS DE INSTALACIONES CENTRALIZADAS	SISTEMAS DE CARGA ELÉCTRICO INTEGRADO EN EL ENTORNO URBANO	INTEGRACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS CON SISTEMAS DE MOVILIDAD COMPARTIDA	FINANCIACIÓN POR MODELO ESCO (ENERGY SERVICE COMPANY)
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	CUARTELACIÓN DEL MARCO LEGAL PARA AUTOCONSUMO COLECTIVO	SISTEMAS DE ALBERGUE Y SOLAR TÉRMICA CENTRALIZADA	SERVICIOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA CON MANTENIMIENTO INTEGRAL PREDICTIVO Y PREVENTIVO	SUBVENCIONES COMBINADAS CON REHABILITACIÓN E INSTALACIONES TÉRMICAS CENTRALIZADAS
VIVIENDA	INSTALACIONES TÉRMICAS	ADAPTACIÓN DEL MARCO HORIZONTAL PARA RECARGA	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO AUTOMATIZADO	GESTIÓN DE AUTOCONSUMO COMPARTIDO POR LA COMUNIDAD	FINANCIACIÓN VINCULADA A AUDITOS ENERGÉTICOS (CAE)
	GENERACIÓN RENOVABLE IN SITU	RECONOCIMIENTO DEL DERECHO A INSTALAR	PLATAFORMA DE ALMACENAMIENTO	INTEGRACIÓN DE GENERACIÓN RENOVABLE CON REHABILITACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL	BONIFICACIONES FISCALES MUNICIPALES (REBUCÓN EN IED) / FINANCIACIÓN COLECTIVA ESCOLARADA ADAPTADA A ODA VIVIENDA
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	RECONOCIMIENTO DEL DERECHO A INSTALAR	INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA PREINSTALADA EN ZONAS COMÚNES	PLATAFORMAS DIGITALES DE RESERVA, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN	LEASING COMPARTIDO O RENTING COOPERATIVO
VIVIENDA	INSTALACIONES TÉRMICAS	GUÍAS SAMPLIFICADAS PARA SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS FÓSEOS	BOQUAS DE CALOR ABIORTÉRMICA AIRE AGUA INDIVIDUALES	PROTOSCOLOS DE INSTALACIÓN RÁPIDA Y ESTANDARIZADA	SUBVENCIONES INDIVIDUALES PARA ELECTRIFICACIÓN
	GENERACIÓN RENOVABLE IN SITU	SAMPLIFICACIÓN DE REQUISITOS PARA AUTOCONSUMO	SISTEMAS DE CONTROL, INTELIGENTE CON CONTROL REMOTO	SEÑALES DE ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO PERSONALIZADOS	MECANIZACIÓN FLEXIBLE O MICROREDITOS VERDES
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	ELIMINACIÓN DE TRABAJOS INABUNDANTES	KITS DE AUTOCONSUMO PLV-PLUG-AND-PLAY CON BATERÍAS	INSTALACIONES LLAVE EN MANO POR PARTE DE EMPRESAS ESPECIALIZADAS	AYUDAS DIRECTIVAS PARA AUTOCONSUMO
VIVIENDA	INSTALACIONES TÉRMICAS	REGULACIÓN PARA RESERVA INDIVIDUAL EN CASOS PRIVADOS	SISTEMAS SOLARES TÉCNICOS COMPACTOS	ACUERDOS CON MARCA DE FABRICANTES	MODELOS DE RENTING O LEASING DEL PUNTO DE RECARGA
	GENERACIÓN RENOVABLE IN SITU	REGULACIÓN PARA RESERVA INDIVIDUAL EN CASOS PRIVADOS	CANALIZADORES INTELIGENTES CON BALANCEO DE CARGA E INTEGRACIÓN PLV	REVISIÓN Y MANTENIMIENTO INCLUIDO POR EMPRESA INSTALADORA	SUBVENCIONES MUNICIPALES COMPLEMENTARIAS
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	INCLUSIÓN DE LA RECARGA EN AYUDAS	SOLUCIONES BIOMÉTRICAS (BY VEHICLE TOLLING) Y SOLUCIONES DE ALMACENAMIENTO		

## H Conclusiones generales y líneas futuras

Este bloque sintetiza los principales hallazgos del estudio, identificando las barreras más relevantes, las palancas clave para la descarbonización y los próximos pasos que pueden orientar la acción pública y privada en el corto y medio plazo.

### H.1.1 Síntesis transversal del estudio

El proyecto MEP-ZERO ha evidenciado que la descarbonización del parque residencial en la CAPV requiere una acción multiescalar, intersectorial y sistémica. A lo largo del análisis, se ha constatado que, aunque ya existen avances normativos (por ejemplo, la introducción progresiva de requisitos más exigentes en el DB HE del CTE a nivel estatal) y soluciones tecnológicas maduras (bombas de calor, fotovoltaica, solar térmica), persisten importantes obstáculos que impiden su despliegue masivo.

#### • Escala distrito:

- La existencia de redes térmicas en barrios como Txomin-Enea, Coronación o Sabando demuestra el potencial de levantar economías de escala organizando colectivos de varias manzanas.
- Sin embargo, se han detectado carencias en la armonización normativa local y retrasos en licencias municipales, lo que ralentiza proyectos integrales (redes de calor, comunidades energéticas).
- Al mismo tiempo, los retos de gobernanza y coordinación (falta de “masa crítica” y de operadores energéticos de barrio) suelen traducirse en viabilidades financieras precarias, incluso cuando existe demanda vecinal.

#### • Escala edificio:

- Los edificios plurifamiliares, especialmente aquellos con salas técnicas subutilizadas o cubiertas disponibles, ofrecen un escenario ideal para sustituir calderas de gasóleo/gas por aerotermia o biomasa comunitaria, y para instalar fotovoltaica o solar térmica colectiva.
- No obstante, la complejidad técnica de las instalaciones en edificios antiguos (falta de espacio, pasos de ventilación, mantenimiento dificultoso) y la dispersión de decisiones entre múltiples propietarios frenan la inversión, a pesar de ayudas como PREE o las líneas autonómicas del EVE.
- Además, la falta de técnicos especializados en MEP (capaces de dimensionar correctamente circuitos hidráulicos, integrar válvulas termostáticas y configurar sistemas IoT) provoca sobrecostes de ejecución.

#### • Escala vivienda:

- A nivel de vivienda unifamiliar o de piso individual, las soluciones más sencillas —bombas de calor aire-aire, paneles solares en tejados inclinados, wallboxes VE— ya están maduras y apoyadas por convocatorias MOVES III y subvenciones IDAE/EVE.
- Sin embargo, la falta de información accesible, la preocupación por el coste inicial (incluso con subvenciones parciales) y la baja concienciación en torno a las ganancias reales de eficiencia hacen que muchos propietarios pospongan o renuncien a estas mejoras.
- El proceso de tramitación, aun cuando simplificado para <10 kW de FV o para un solo punto de recarga en garaje, sigue siendo percibido como complejo por el ciudadano medio.



En conjunto, la **descarbonización debe entenderse como un proceso sistémico en el que cada escala potencia a las demás**: un barrio con una red térmica débil limita el atractivo de que cada edificio centralice su aerotermia, del mismo modo que un edificio sin autoconsumo colectivo dificulta que cada vivienda cierre el círculo de generación y demanda. Por tanto, garantizar la multiplicidad de palancas —normativas, tecnológicas, operacionales y financieras— funcionando en sinergia resulta imprescindible para lograr una transformación efectiva del parque residencial vasco hacia el año 2030.

### H.1.2 Principales barreras y palancas para la descarbonización

A continuación, se presentan las barreras más determinantes detectadas en el diagnóstico, cada una seguida inmediatamente de la palanca habilitadora que la contrarresta y del impacto esperado.

- **Normativas desactualizadas o poco claras**

#### **Barrera y consecuencia**

A pesar de los avances del DB HE del CTE, todavía no existen guías técnicas claras ni una fuerza vinculante que obligue a la adopción de tecnologías electrificadas en rehabilitaciones. Además, la interpretación municipal varía de un Ayuntamiento a otro, por lo que proyectos de comunidades energéticas o redes térmicas se retrasan por discrepancias en requisitos de licencia e informes técnicos.

#### **Palanca habilitadora**

Actualizar el RITE para establecer que, cuando se realice una rehabilitación energética de cierta envergadura, la instalación de sistemas de calefacción y agua caliente basados en energías renovables sea un requisito ineludible en la concesión de permisos.

#### **Impacto**

Con este cambio normativo, todas las comunidades que emprendan rehabilitaciones de carácter integral deberán incorporar alternativamente bombas de calor o redes térmicas renovables. Esto unificará los criterios de los distintos Ayuntamientos, evitará interpretaciones dispares y acelerará el proceso de eliminación progresiva de calderas de combustibles fósiles.

- **Limitaciones técnicas en edificios existentes**

#### **Barrera y consecuencia**

Las tipologías edificatorias antiguas (cubiertas complejas, espacios técnicos reducidos, fachadas protegidas) impiden incorporar aerotermia, geotermia o paneles fotovoltaicos de gran potencia de forma estándar. Esto obliga a soluciones “a medida” que encarecen los proyectos y frustran la replicabilidad de los pilotos de obra nueva en edificios con más de 40 años de antigüedad.

#### **Palanca habilitadora**

Implementar un programa formativo en centros de FP y entidades certificadoras para formar a técnicos en redes térmicas comunitarias, aerotermia y monitorización IoT en los próximos años, junto con la creación de catálogos de soluciones modulares adaptadas a distintas tipologías (kit plug-and-play para cubiertas complejas, intercambiadores compactos, etc.).



### Impacto

Al disponer de mano de obra especializada y catálogos de componentes estandarizados, se reducen los sobrecostes de ingeniería “ad hoc” y se agiliza la implantación en edificios protegidos o de estructura complicada, acercando las soluciones a entornos residenciales envejecidos.

- **Dificultad de coordinación en comunidades de vecinos**

### Barrera y consecuencia

La ausencia de un actor (ESE, cooperativa o gestor energético) que asuma la responsabilidad de impulsar la inversión y el mantenimiento frena las decisiones. La resistencia al cambio (presidentes reacios, posibles conflictos sobre reparto de costes) diluye las votaciones, de modo que muchas comunidades no llegan siquiera a aprobar la preinstalación de recarga VE, a pesar de las ayudas MOVES.

### Palanca habilitadora

Consolidar e impulsar las Comunidades Energéticas Locales (CEL/TEK) y las redes de calor de distrito mediante ayudas específicas del EVE y del Gobierno Vasco, que cubran no solo la infraestructura, sino también la fase de diseño y la contratación de operadores de barrio (ESE) encargados de coordinar la compra agrupada y la operación.

### Impacto

Con un operador de barrio profesional garantizado, las comunidades dispondrán de un interlocutor único que gestione la inversión y el mantenimiento, reduciendo conflictos internos y asegurando la masa crítica mínima (por ejemplo, 50 viviendas unidas para una red de calor de 200 kW), agilizando la toma de decisiones y mejorando la gobernanza vecinal.

- **Falta de financiación accesible**

### Barrera y consecuencia

En la CAPV, las ayudas públicas actuales para proyectos de aerotermia comunitaria o autoconsumo colectivo cubren únicamente una parte del coste total. Además, no existen esquemas claros de leasing o de contratos por rendimiento (EPC) adaptados a proyectos pequeños, lo que obliga a las comunidades de vecinos a hacer frente a un desembolso inicial elevado o a recurrir a préstamos bancarios a tipo de mercado. Esta carga económica inicial desincentiva la inversión, aun cuando el cálculo de ahorro energético muestre que la instalación se amortizaría a medio plazo.

### Palanca habilitadora

Crear un programa “PREE Avanzado CAPV” que permita combinar las ayudas existentes con una línea de financiación a tipo muy reducido (por ejemplo, préstamos blandos) para cubrir la parte del coste que hoy queda fuera de subvención. De este modo, las comunidades solo tendrían que aportar una cantidad moderada en cuotas mensuales, perfectamente compensables con los ahorros en la factura energética.



## Impacto

Al reducir drásticamente la necesidad de desembolso inicial y garantizar condiciones de préstamo muy favorables, desaparece la principal barrera económica. Las comunidades de propietarios se ven animadas a aprobar proyectos de aerotermia, biomasa o autoconsumo colectivo, ya que las cuotas mensuales pasan a ser asumibles y quedan cubiertas por el ahorro energético generado. Así, se acelera la adopción de tecnologías renovables y se avanza de forma tangible en la descarbonización del parque residencial.

### H.1.3 Recomendaciones para la acción

Basándonos en las barreras y palancas identificadas, las recomendaciones se agrupan por ejes de actuación. Cada recomendación combina al menos dos palancas que, al implementarse de manera conjunta, multiplican su efectividad.

#### • Políticas multiescalares

- Diseñar instrumentos normativos que obliguen a la electrificación térmica y la instalación de autoconsumo en cada nivel (distrito, edificio, vivienda). Por ejemplo, en barrios clasificados como “Zonas Urbanas Vulnerables”, cualquier rehabilitación de fachada con ayudas NextGen deberá incluir al menos un 30 % de envolvente mejorada, una bomba de calor comunitaria o la incorporación de paneles FV por edificio.
- Establecer criterios de elegibilidad de ayudas que premien los proyectos integrales multiescalares (puntuación extra para propuestas que incluyan red de calor + autoconsumo + puntos de recarga VE).

#### • Digitalización y planificación energética

- Desplegar la herramienta MEP-ZERO en formato web-app, mejorando su interfaz y funcionalidades para que gestores de barrio, técnicos o comunidades puedan simular distintos escenarios de intervención (como aerotermia, fotovoltaica o almacenamiento) de forma rápida e intuitiva. Aunque no proporcione aún cálculos detallados de consumo energético o emisiones de CO<sub>2</sub>, permitiría visualizar combinaciones tecnológicas y orientar decisiones iniciales sobre costes aproximados, tipologías viables y fases de intervención, facilitando la planificación preliminar de proyectos de descarbonización.
- Fomentar la interoperabilidad de plataformas IoT (sensores de temperatura, de gas, de consumo eléctrico) y software de gestión energética, para que las comunidades que instalen un kit básico de monitorización puedan escalar posteriormente a microredes inteligentes sin cambiar todo el sistema.

#### • Modelos de negocio colaborativos

- Impulsar esquemas EPC (“calor como servicio”) en edificios plurifamiliares, donde una ESE financie, instale y mantenga la aerotermia, facturando mensualmente solo por el servicio térmico consumido. Este modelo elimina el riesgo de inversión directa para comunidades de propietarios y genera empleo especializado.
- Apoyar las cooperativas energéticas mediante bonificaciones fiscales (IBI, ICIO) y préstamos sin interés, de modo que tanto la instalación de paneles FV compartidos como la creación de hubs de recarga VE comunitarios se financien a través de un modelo de cuotas “pay-as-you-save”.



## • **Formación y sensibilización**

---

- Coordinar con los centros de Formación Profesional un curso especializado en tecnologías de descarbonización que certifique a técnicos en los próximos años, abarcando desde el dimensionado de redes térmicas hasta la configuración de plataformas digitales de gestión.
- Desarrollar campañas de sensibilización ciudadana con ejemplos prácticos: vídeos en euskera, castellano e inglés que muestren el “antes y después” de mejoras energéticas en portales, salas de calderas o azoteas para que los vecinos visualicen el ahorro y el confort. Complementar con talleres prácticos de participación ciudadana donde técnicos y representantes comunitarios expliquen trámites, financiación y resultados reales, permitiendo resolver dudas y generar confianza.
- Publicar anualmente un “Informe MEP-ZERO Retorno” con datos reales de amortización y reducción de CO<sub>2</sub> en proyectos piloto (Txomin-Enea, Coronación, Opengela) para que la comunidad y las entidades financieras dispongan de cifras objetivas.

## • **Simplificación de trámites y acceso a ayudas**

---

- Implantar una ventanilla única virtual en cada ayuntamiento —coordinada con la Diputación y el Gobierno Vasco— que permita a comunidades de vecinos, administradores o particulares gestionar desde un solo formulario la solicitud de ayudas relacionadas con la descarbonización (PREE, MOVES III, NextGen, programas del EVE, etc.). Esta herramienta aún no existe, pero su desarrollo permitiría simplificar trámites, evitar duplicidades y mejorar la coordinación entre niveles administrativos.
- Establecer un convenio interadministrativo entre Gobierno Vasco, EVE y entidades locales para unificar criterios y acortar los plazos de tramitación de ayudas asociadas a la descarbonización residencial. Este protocolo debería fijar un plazo máximo orientativo de resolución, ofreciendo mayor previsibilidad y agilidad a las comunidades solicitantes.
- Desarrollar un “kit de tramitación” descargable con formularios tipo, instrucciones paso a paso y guías para justificar los requisitos de ayudas a la descarbonización, incluyendo ejemplos orientativos de documentos técnicos (como certificados energéticos o memorias), sin sustituir al técnico responsable. Este recurso ayudaría a comunidades y administradores a preparar correctamente la documentación, reduciendo errores y agilizando la tramitación.

#### H.1.4 Potencial de replicabilidad y próximos pasos

Los aprendizajes obtenidos en el proyecto MEP-ZERO demuestran que muchas de las soluciones propuestas son replicables en otros entornos urbanos y rurales con características similares al parque edificado de la CAPV, especialmente en regiones con vivienda envejecida, necesidades de rehabilitación y baja penetración de tecnologías renovables.

El enfoque multiescalar, la combinación de herramientas digitales con modelos cooperativos, y la identificación de barreras estructurales permiten establecer una hoja de ruta adaptable a distintos contextos. Para que esa replicabilidad sea efectiva, es clave seguir reforzando cuatro líneas de acción:

- **Consolidar una gobernanza compartida**, que articule la colaboración entre administraciones, agentes técnicos, comunidades vecinales y entidades financieras.
- **Escalar los casos de éxito existentes**, adaptando sus claves a nuevas realidades territoriales y promoviendo su documentación abierta y accesible.
- **Avanzar hacia la normalización y simplificación de procesos**, facilitando el acceso a la financiación, reduciendo la carga administrativa y promoviendo un entorno profesional capacitado.
- **Fomentar la experimentación con pilotos a escala real**, que permitan validar modelos tecnológicos, operativos y financieros en contextos diversos, realizando un seguimiento riguroso de su impacto energético, económico y social.

La continuidad del enfoque MEP-ZERO debe orientarse a reforzar los ecosistemas locales de descarbonización, activar intervenciones viables y visibles en los barrios, y convertir la transición energética en una oportunidad tangible de mejora del confort, el ahorro y la calidad de vida para la ciudadanía.

## I Anexos

- I.1.1 Anexo 1 – Entregable 1: Documento sobre el estado del arte, análisis normativo y casos de éxito sobre las tecnologías de descarbonización de las instalaciones de edificios existentes**
- I.1.2 Anexo 2 – Entregable 2: Visualizador de las tecnologías detectadas en distintos escenarios de implementación y descarbonización**
- I.1.3 Anexo 3 – Entregable 3: Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación analizadas en la fase.**





---

# MEP-ZERO

---

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y  
TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO

*Entregable 1: Documento sobre el estado del arte, análisis normativo y casos de éxito sobre las tecnologías de descarbonización de las instalaciones de edificios existentes.*

---

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

## Indice de Contenidos

<b>A</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
A.1	Estado del arte .....	4
<b>B</b>	<b>Identificación de tecnologías de descarbonización .....</b>	<b>5</b>
B.1	La descarbonización en la digitalización, comportamiento y gestión .....	5
B.1.1	Sistemas peer to peer de compraventa y gestión de energía.....	5
B.1.2	Sistemas de monitorización en tiempo real como herramienta para el usuario.....	7
B.1.3	Machine Learning, aprendizaje digital .....	8
B.2	Descarbonización en soluciones tecnológicas para la reducción de la demanda .....	9
B.2.1	Sistemas de gestión de la energía .....	9
B.2.2	Soluciones de aislamiento térmico/ retrofit.....	9
B.2.3	Sistemas de climatización o ventilación pasivos: chimeneas solares, enfriamiento evaporativo de flujo descendente, sistemas de protección solar. ....	11
B.3	Descarbonización en renovables térmicas .....	13
B.3.1	Sistemas geotérmicos directos .....	13
B.3.2	Calderas y estufas de biomasa.....	14
B.3.3	Sistemas de combustión diseñados específicamente para el uso de biocombustibles líquidos o de biogás/biometano.....	16
B.3.4	Bomba de calor .....	17
B.3.5	Frío solar (refrigeración por absorción).....	21
B.3.6	Solar térmica.....	23
B.4	Descarbonización en la electrificación.....	24
B.4.1	Pilas de combustible utilizando combustibles renovables.....	24
B.4.2	Resistencia/caldera eléctrica.....	26
B.4.3	Generación eléctrica para autoconsumo .....	27
B.4.4	Sistemas de almacenamiento eléctrico.....	28
B.4.5	Puntos de recarga de vehículo eléctrico.....	30
B.4.6	Telecomunicaciones y electrónica de potencia .....	31
<b>C</b>	<b>Análisis normativo sobre las instalaciones para la descarbonización.....</b>	<b>32</b>
C.1.1	Contexto normativo europeo .....	32



C.1.2	Normativa estatal.....	33
C.1.3	La evolución del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) como paradigma del cambio normativo.....	34
C.1.4	La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE).....	35
C.1.5	Los Fondos Next y los generadores térmicos de combustible fósil.....	38
D	Recopilación de casos de éxito .....	<b>39</b>



## A Introducción

### A.1 Estado del arte

---

Los objetivos de descarbonización del parque edificado son actualmente ambiciosos y se han fortalecido en los últimos años gracias a la llegada de los Fondos Next y a los nuevos desafíos de sostenibilidad e independencia energética. Asimismo, la necesidad de reducir el consumo energético en los edificios existentes ocupa un lugar prioritario en la agenda energética y social de Europa, lo que ha impulsado la canalización de inversiones destinadas a realizar transformaciones significativas.

En este contexto, cabe destacar que, en los últimos años, la industria ha acelerado la electrificación de las instalaciones en los edificios. Por un lado, los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria que utilizan combustibles fósiles están siendo progresivamente reemplazados en las nuevas construcciones por instalaciones basadas en fuentes eléctricas o renovables, impulsadas por el avance de tecnologías como la aerotermia, la hidrotermia y la geotermia. Por otro lado, la producción de energía mediante sistemas fotovoltaicos ha experimentado un notable crecimiento, junto con el desarrollo de comunidades energéticas que aprovechan las cubiertas de los edificios como un eje clave de las estrategias energéticas colectivas. Además, el desarrollo y la comercialización de sistemas de recarga para vehículos eléctricos han tomado impulso, apoyados por medidas de incentivación y la creciente obligatoriedad de su instalación.

No obstante, todas estas iniciativas, que suelen aplicarse ampliamente en las edificaciones residenciales de obra nueva, apenas han logrado penetrar en los edificios existentes. Esto se debe, en parte, a que la rehabilitación energética presenta un alto grado de incertidumbre técnica: los imprevistos y las dificultades de adaptación a estructuras preexistentes complican las intervenciones y reducen el impacto de las inversiones realizadas. Además, influyen factores como la reciente aparición de algunas soluciones de descarbonización, la limitada adaptación de ciertas tecnologías a las particularidades del parque edificado, y, sobre todo, la escasa experiencia y conocimiento acumulado en este tipo de intervenciones en el sector residencial ya construido.

De hecho, la rehabilitación energética integral está llamada a ser la estrategia clave para la descarbonización del parque edificado residencial. La urgencia por reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> que aceleran el cambio climático ha llevado a poner el foco en los edificios existentes y, en concreto, en la drástica reducción de la energía consumida en la fase de uso mediante las actuaciones integrales. Este tipo de obras abarcan por un lado la intervención en los sistemas pasivos (renovando fachadas, ventanas y cubiertas) y, por otro lado, la actuación en la sustitución de los denominados sistemas activos alimentados por combustibles fósiles (calderas o similares sistemas térmicos). Además, se combinan con la integración de instalaciones de generación energética y recarga de vehículos como complementos a la reducción de pérdidas energéticas y la eliminación de combustibles fósiles. Debido a la combinación de estas actuaciones en las intervenciones de rehabilitación energética integral (denominada “Deep renovation” en los textos de referencia europeos), se consiguen resultados óptimos de ahorro energético y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> frente a las actuaciones más superficiales que sólo actúan en parte de la envolvente o únicamente en los sistemas activos. No obstante, este tipo de intervenciones integrales de



renovación de envolventes e instalaciones presentan una complejidad característica: la integración de las soluciones en edificios existentes o en el interior de los inmuebles del edificio rehabilitado.

Como consecuencia de la problemática expuesta, el presente documento pretende ahondar en las tecnologías y oportunidades para la descarbonización de instalaciones en la fase de uso de los edificios residenciales existentes.

## **B Identificación de tecnologías de descarbonización**

La transición hacia un parque edificatorio neutro en carbono requiere más que un marco normativo adecuado; exige la puesta en marcha de tecnologías concretas que permitan reducir las emisiones asociadas a los usos energéticos del sector residencial. En este contexto, la electrificación de la demanda, la integración de energías renovables térmicas y la mejora sustancial de la eficiencia energética de los sistemas existentes se perfilan como vectores clave para alcanzar los objetivos de neutralidad climática establecidos para 2050.

Dado el largo ciclo de vida de los edificios y su baja tasa de renovación, resulta crucial anticipar y alinear las actuaciones tecnológicas actuales con una visión a largo plazo. En particular, los sistemas de producción de calor y frío, como los destinados a climatización y agua caliente sanitaria, concentran gran parte del potencial de descarbonización. La presente sección describe el estado del arte de las principales tecnologías disponibles para impulsar este proceso, evaluando su grado de madurez, su aplicabilidad en contextos residenciales existentes y su contribución esperada a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Tomando como referencia el documento de Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), las tecnologías disponibles para la descarbonización en edificación se dividen en cuatro grupos principales, aunque en este caso el enfoque está en los dos últimos del mismo siendo los siguientes:

- Digitalización, comportamiento y gestión.
- Soluciones tecnológicas para la reducción de la demanda.
- **Renovables térmicas.**
- **Electrificación.**

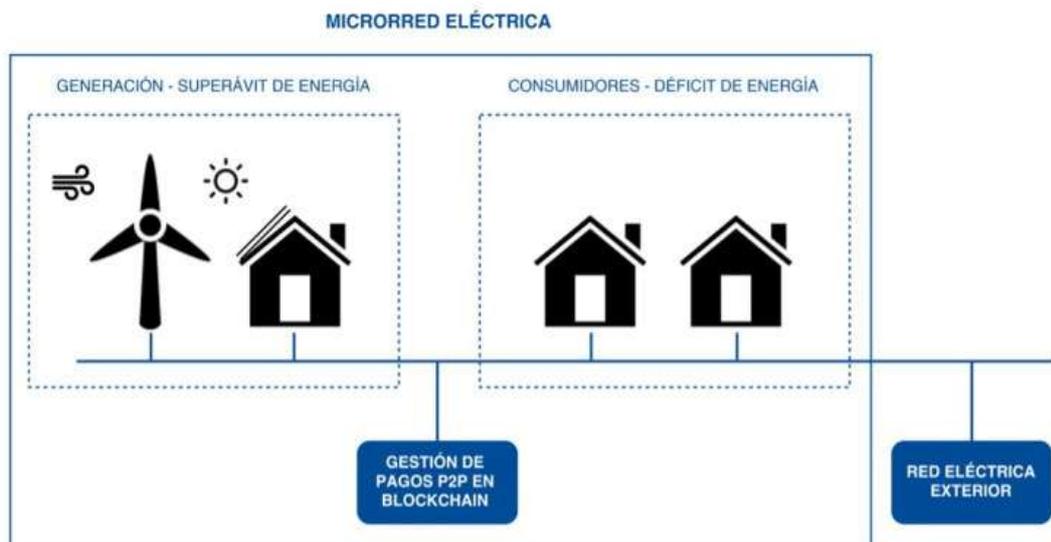
### **B.1 La descarbonización en la digitalización, comportamiento y gestión**

#### **B.1.1 Sistemas peer to peer de compraventa y gestión de energía**

Los sistemas peer-to-peer (P2P) de compraventa y gestión de energía tienen una relación directa y significativa con los esfuerzos de descarbonización, ya que facilitan la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y bajos en carbono. Europa y Asia son los países que actualmente lideran la implementación de estos sistemas, gracias a políticas favorables hacia las energías renovables y la

descarbonización. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), las energías renovables representaron casi el 90% del aumento en la capacidad global de generación eléctrica en 2021. El uso de sistemas P2P puede acelerar la adopción de fuentes renovables a nivel doméstico y comunitario. Como características principales de estos sistemas destacan las siguientes:

- Interacción directa entre usuarios: Por un lado, los participantes pueden actuar como productores y consumidores. Por ejemplo, un hogar con paneles solares puede vender el excedente de energía que genera a sus vecinos. Por otro lado, los compradores adquieren energía directamente de otros usuarios, en lugar de depender exclusivamente de una compañía eléctrica.
- Tecnología subyacente: La tecnología Blockchain utilizada en este caso, garantiza la transparencia, inmutabilidad y seguridad de las transacciones de energía, permitiendo contratos inteligentes (Smart Contracts) para automatizar pagos y entregas.  
Las redes eléctricas inteligentes utilizadas también en estos casos permiten medir gestionar y distribuir la energía de manera eficiente entre los participantes del sistema.
- Mercado descentralizado: Funciona como un mercado libre donde los precios de la energía se determinan según la oferta y la demanda local. Los usuarios pueden negociar precios y términos lo que fomenta una mayor flexibilidad y competitividad.
- Gestión eficiente de recursos energéticos: promueve el uso de fuentes de energía renovables, como la solar o eólica, ya que facilita su integración en la red. Además, se reducen las pérdidas de energía al aprovechar la generación y consumo local en lugar de depender de redes de transporte a gran escala.
- Autonomía energética: los usuarios ganan mayor control sobre su consumo y producción de energía. Asimismo, se fomenta una cultura de sostenibilidad al empoderar a comunidades para gestionar su propio suministro energético.



Fuente: LinkedIn. Sistemas de compraventa de energía peer to peer.



En cuanto a medidas de descarbonización relacionadas con estos sistemas destacan las siguientes:

- Optimización del consumo energético.
- Fomento del autoconsumo renovable.
- Información relevante para la toma de decisiones.
- Integración de redes inteligentes (Smart grids).

### **B.1.3 Machine Learning, aprendizaje digital**

El Machine Learning (ML), como parte de la inteligencia artificial, se ha convertido en una herramienta clave para la descarbonización, ayudando a optimizar procesos, prever emisiones y facilitar la transición hacia un modelo energético más limpio y eficiente. Su capacidad para analizar y procesar datos a gran escala permite identificar soluciones innovadoras y eficientes en sectores como la energía, la industria y el transporte. Como aplicaciones relevantes en cuanto a la descarbonización pueden destacar las siguientes:

- Optimización del uso de energía: a través de redes inteligentes ayuda a predecir la demanda energética y a optimizar el suministro en tiempo real reduciendo pérdidas y favoreciendo el uso de fuentes renovables. También con la gestión de edificios inteligentes los algoritmos de ML optimizan el consumo en sistemas de calefacción, ventilación e iluminación disminuyendo emisiones de carbono.
- Descarbonización de industrias: el ML permita optimizar procesos industriales identificando ineficiencias en los procesos productivos que consumen grandes cantidades de energías. También tiene aplicaciones en cuanto a la predicción de emisiones ya que pueden estimar las emisiones de carbono en función de las actividades de una industria permitiendo medidas predictivas.
- Integración de energías renovables: Los modelos predictivos de ML pueden estimar la generación de energía solar o eólica con base de datos climáticos, mejorando la integración en la red. De este modo optimiza el uso de baterías y otros sistemas de almacenamiento para maximizar el uso de energías renovables.
- Transporte bajo en carbono: Los algoritmos pueden reducir el consumo de combustible en el transporte de mercancías optimizando las rutas de los vehículos. También tiene aplicaciones en cuanto a la electromovilidad ya que apoya en la predicción del comportamiento de baterías en la planificación de infraestructura de recarga.
- Modelo climático y forestal.: En lo referente a la gestión de recursos naturales el ML se utiliza para monitorear la deforestación, predecir el impacto de actividades humanas y promover soluciones basadas en la naturaleza. También aplica a la optimización de procesos de captura y almacenamiento de carbono a través de simulaciones y aprendizaje en tiempo real.

Los principales beneficios del aprendizaje automático en este caso son su precisión para detectar patrones complejos, su escalabilidad para aplicarse en distintos contextos con pocos cambios y su adaptabilidad para ajustarse en tiempo real según nuevos datos.



## B.2 Descarbonización en soluciones tecnológicas para la reducción de la demanda

---

### B.2.1 Sistemas de gestión de la energía

Son herramientas clave para promover la descarbonización al permitir un uso más eficiente y sostenible de los recursos energéticos. Estos sistemas integran tecnologías avanzadas como IoT, inteligencia artificial (IA) y machine Learning (ML) mencionados anteriormente. Con ello se trata de facilitar la transición hacia fuentes de energía renovable. Este conjunto de procesos, herramientas y tecnologías están diseñadas para:

- Supervisar y analizar el consumo energético en tiempo real.
- Identificar oportunidades de ahorro energético.
- Automatizar procesos para reducir ineficiencias.
- Facilitar la integración de energías de energías renovables.

Los principales componentes de un sistema de gestión de energía son los siguientes:

- La medición y el monitoreo: se trata de sensores y dispositivos IoT que recopilan datos sobre consumos energéticos, generación de energía renovable, emisiones de carbono... La toma de datos se realiza en tiempo real y sirve para poder tomar decisiones de forma eficiente.
- Software de análisis y optimización: los distintos algoritmos de IA y ML identifican patrones de consumo por lo que se traduce en oportunidades de ahorro.
- Automatización y control: se refiere al control automático de sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC) y maquinaria industrial para reducir el consumo energético. Permite también la integración con redes eléctricas inteligentes (Smart grids).
- Reportes y métricas: equivale a los informes sobre emisiones de carbono, eficiencia energética y ahorros donde se suele plantear como objetivo el cumplimiento de las normativas de sostenibilidad.

### B.2.2 Soluciones de aislamiento térmico/ retrofit

El aislamiento térmico y las estrategias retrofit (rehabilitación o mejora de edificios existentes) desempeñan un papel esencial en la descarbonización. Al mejorar la eficiencia energética de edificios y reducir el consumo de energía, estas soluciones contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de carbono.

Por un lado, el aislamiento térmico consiste en incorporar materiales y sistemas que reducen las pérdidas o ganancias de calor en un edificio. Minimiza la energía requerida para calefacción y refrigeración, disminuyendo la huella de carbono. Según el *World Green Building Council (2019)*, mejorar el aislamiento térmico puede reducir el consumo energético en edificios hasta en un 50%. El sector de la construcción representa aproximadamente el 38% de las emisiones globales de carbono relacionadas con la energía (*IEA, 2022*), y el aislamiento es una de las soluciones con mayor costo y eficiencia para abordar este problema.



Por otro lado, el retrofit es la actualización de edificios existentes con nuevas tecnologías y materiales para mejorar su desempeño energético. Puede incluir desde mejoras en envolventes térmicas hasta la instalación de sistemas de energía renovable. En Europa, los edificios existentes consumen alrededor del 40% de la energía total y son responsables de más del 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Un retrofit profundo puede reducir estas emisiones hasta en un 80% (*European Commission, 2021*).



Fuente: <https://www.ysarq.com/>

Como datos técnicos en el caso de materiales de aislamiento para lograr la eficiencia térmica se encuentran los siguientes:

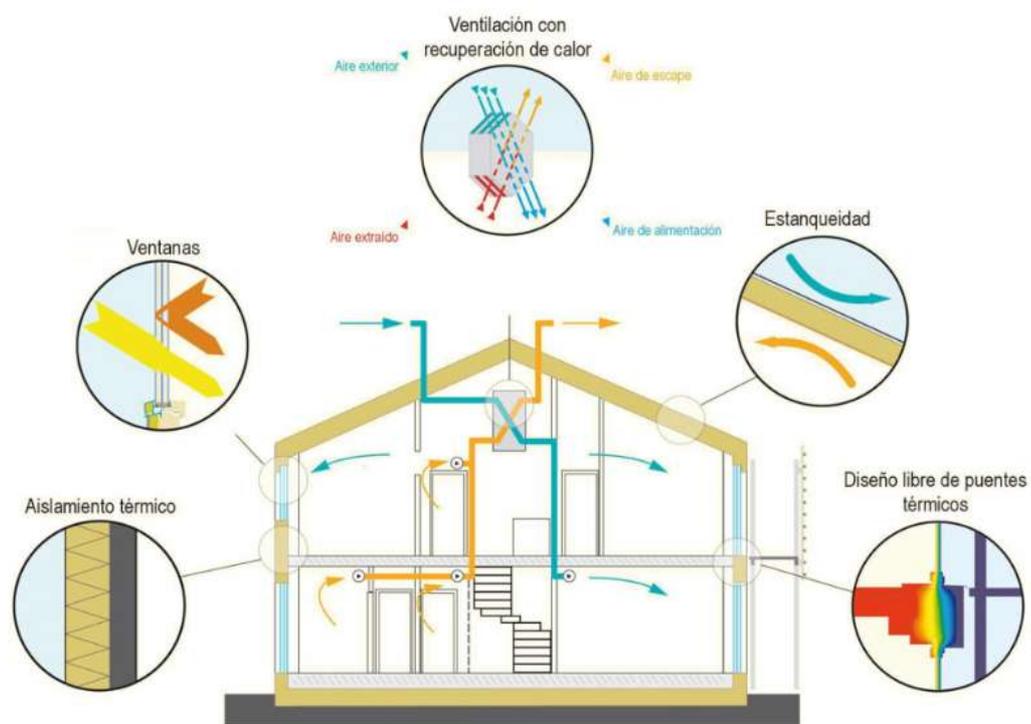
- Lana mineral (roca o vidrio): 0.030–0.045 W/m·K
- Espuma de poliuretano (PU): 0.022–0.028 W/m·K.
- Aerogeles: 0.013–0.018 W/m·K, siendo uno de los más eficientes.
- Materiales naturales (corcho, cáñamo, celulosa): 0.035–0.040 W/m·K, con baja huella de carbono.

Como tecnologías Retrofit se encuentran las siguientes:

- Sistemas de aislamiento externo (EIFS): Consiste en envolventes que integran aislamiento, impermeabilización y acabado exterior. Son de uso común en rehabilitaciones urbanas para edificios multifamiliares. Reducen las emisiones hasta un 40% en edificios de gran escala (*IEA Retrofit Toolkit, 2021*).
- Vidrios de baja emisividad (Low-E): Disminuyen la transferencia de calor a través de ventanas, reduciendo hasta un 30% la demanda energética. Tratan de alcanzar un mayor confort térmico y también incide en la reducción del deslumbramiento como beneficio adicional.
- Integración de renovables: Hace referencia a los sistemas fotovoltaicos integrados en techos con aislamiento avanzado.

### B.2.3 Sistemas de climatización o ventilación pasivos: chimeneas solares, enfriamiento evaporativo de flujo descendente, sistemas de protección solar.

Los sistemas de climatización y ventilación pasivos son estrategias diseñadas para regular la temperatura y calidad del aire en edificios sin recurrir a equipos mecánicos o un consumo significativo de energía. Estas soluciones son fundamentales para la descarbonización, ya que reducen considerablemente la demanda energética, especialmente en calefacción, refrigeración y ventilación. Una de las principales ventajas de los sistemas pasivos es la reducción del consumo energético. Supone hasta un 50% de energía en comparación con sistemas activos en climas templados según *World Green Building Council, 2019*.



Fuente: ECO House

Según un estudio de la International Energy Agency (IEA), los edificios diseñados con principios pasivos pueden reducir hasta un 70% la demanda energética para calefacción y refrigeración. Otro estudio realizado por Passive House Institute indica que los sistemas de ventilación pasiva pueden mantener una calidad de aire óptima mientras consumen menos de 10 kWh/m<sup>2</sup>/año, frente a sistemas activos tradicionales que consumen más de 100 kWh/m<sup>2</sup>/año.

- **Chimeneas solares**

---

Una chimenea solar es un sistema pasivo que utiliza la energía solar para generar ventilación natural en los edificios. Funciona mediante el calentamiento del aire en un conducto vertical expuesto al sol, lo que provoca que el aire ascienda y salga por la parte superior, creando una corriente que succiona aire más fresco desde el exterior o desde otras zonas del edificio. Este efecto mejora la ventilación interior sin necesidad de sistemas mecánicos.

Sus principales ventajas son la reducción del consumo energético en climatización, la mejora de la calidad del aire y su bajo mantenimiento. Es especialmente útil en climas cálidos o templados y puede integrarse tanto en obra nueva como en rehabilitación. Su eficacia aumenta si se combina con otras estrategias pasivas como patios ventilados o ventilación cruzada.

Sin embargo, su rendimiento depende del diseño arquitectónico, la orientación y el clima. En zonas con baja radiación o en invierno, puede ser necesario complementarla para evitar pérdidas térmicas. Actualmente, puede combinarse con sensores, compuertas automáticas o paneles solares, y formar parte de sistemas híbridos que optimicen la eficiencia energética del edificio.

- **Enfriamiento evaporativo de flujo descendente**

---

El enfriamiento evaporativo de flujo descendente es una técnica pasiva de climatización que aprovecha la evaporación del agua para reducir la temperatura del aire. Funciona haciendo pasar aire caliente por una superficie húmeda o por un flujo de agua descendente; al evaporarse, el agua absorbe calor del aire, lo enfría y lo hace descender por efecto de la gravedad hacia los espacios interiores del edificio. Este sistema se inspira en estrategias tradicionales, como los captadores de viento y torres de enfriamiento de climas áridos.

Sus principales ventajas son el bajo consumo energético, la simplicidad tecnológica y su buen rendimiento en zonas cálidas y secas, donde la humedad relativa es baja. Puede aplicarse en edificios residenciales, equipamientos o espacios industriales, y resulta especialmente eficaz cuando se integra con sistemas de ventilación natural o patios interiores. Además, permite mejorar el confort térmico sin recurrir a refrigeración mecánica.

Entre sus limitaciones se encuentra la dependencia de la humedad ambiental, ya que en climas húmedos su efectividad se reduce. También requiere una gestión adecuada del agua y mantenimiento para evitar problemas de calidad del aire o proliferación de microorganismos. En la actualidad, este sistema puede complementarse con tecnologías de control higrotérmico, sensores de humedad y soluciones híbridas, que permiten adaptar su funcionamiento a las condiciones exteriores y mejorar la eficiencia energética global del edificio.



- **Sistemas de protección solar**

---

Los sistemas de protección solar son estrategias pasivas diseñadas para controlar la radiación solar que incide sobre un edificio, reduciendo el sobrecalentamiento en los meses cálidos y mejorando el confort térmico interior. Funcionan bloqueando, filtrando o desviando la radiación solar directa mediante elementos como lamas, aleros, persianas, celosías o toldos, colocados principalmente en fachadas acristaladas o ventanas expuestas al sol.

Entre sus principales ventajas destacan la disminución de la carga térmica interna, la reducción del consumo energético en refrigeración y la mejora del confort visual al evitar deslumbramientos. Son soluciones de bajo coste, fácilmente adaptables a distintos tipos de edificios y eficaces en combinación con ventilación natural, aislamiento térmico y estrategias bioclimáticas.

Sus limitaciones dependen del diseño, la orientación y el tipo de sistema utilizado, ya que un sombreado mal dimensionado puede reducir el aporte solar útil en invierno. Para mejorar su rendimiento, pueden integrarse con dispositivos móviles o automatizados que se ajusten a la posición solar o a sensores climáticos, y combinarse con vidrios de control solar o sistemas de gestión energética del edificio.

### **B.3 Descarbonización en renovables térmicas**

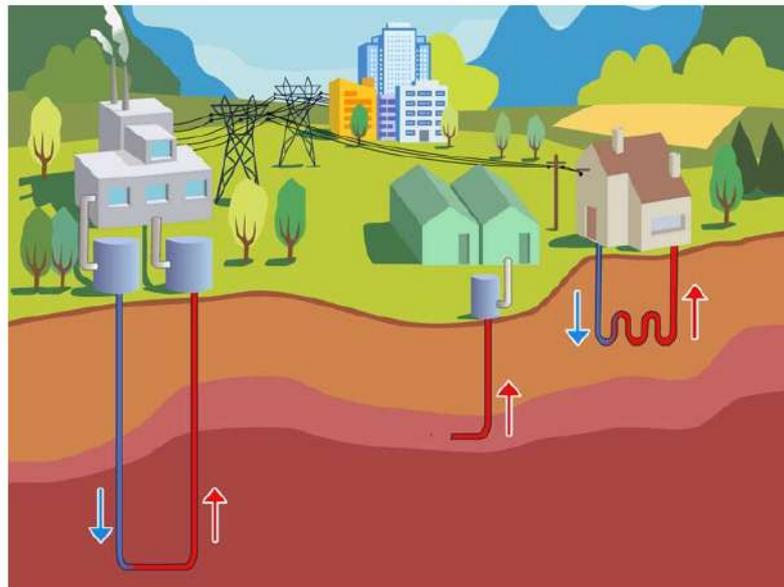
---

#### **B.3.1 Sistemas geotérmicos directos**

Los sistemas geotérmicos directos son tecnologías que aprovechan el calor almacenado en el subsuelo para satisfacer necesidades energéticas de los edificios, principalmente calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS). En el esfuerzo continuo por combatir el cambio climático, la Comisión Europea está priorizando nuevas fuentes de energía ecológicas y neutras en carbono, destacando especialmente su iniciativa del Pacto Verde. La energía geotérmica se posiciona como una de estas fuentes prometedoras. En este Results Pack de CORDIS, se presentan las investigaciones más recientes e innovadoras, financiadas por la Unión Europea, sobre energía geotérmica profunda y superficial. Estas investigaciones tienen como objetivo acelerar su implementación de manera más amplia, eficiente y efectiva, consolidando esta revolucionaria fuente de energía alternativa.

La energía geotérmica es una fuente local que puede proporcionar de manera rentable electricidad de carga base, calor o una combinación de ambos. La humanidad ha aprovechado esta energía durante milenios, como en el uso de aguas termales para el baño o la calefacción de espacios en la antigua Roma. Hoy en día, la energía geotérmica tiene el potencial de posicionarse como una alternativa viable a las centrales eléctricas de combustibles fósiles y a los sistemas de calefacción que generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Este avance no solo es factible en Europa, sino también a nivel global, especialmente en países en desarrollo. Además, los yacimientos geotérmicos pueden utilizarse como depósitos para el almacenamiento de energía y dióxido de carbono, ofreciendo un beneficio adicional significativo de esta tecnología.





© Unión Europea, 2020

Fuente: <https://cordis.europa.eu/article/id/415743-geothermal-energy-a-new-and-viable-alternative-source-to-help-achieve-climate-ambitions/es>

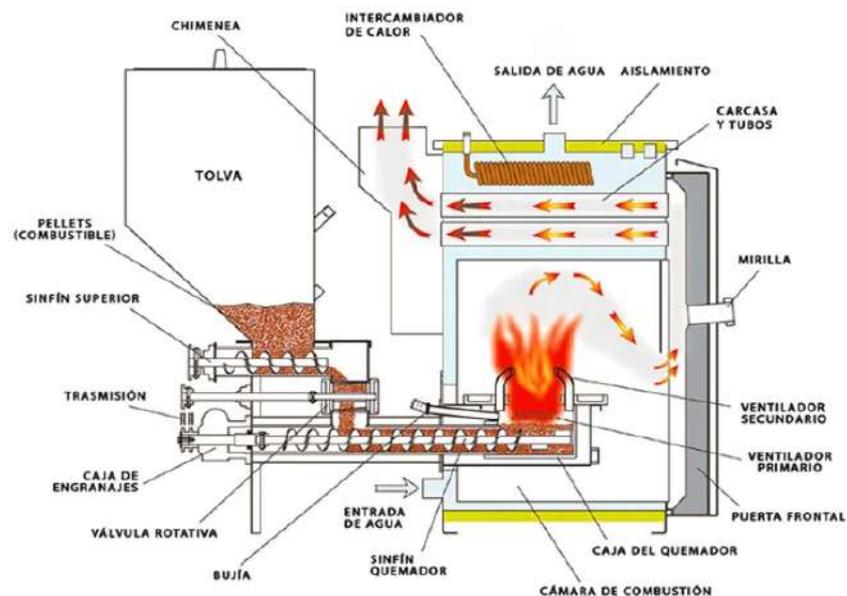
Los sistemas geotérmicos directos son una solución eficiente y sostenible para descarbonizar la edificación. Su aplicación es clave para la descarbonización de la edificación, ya que reducen o eliminan el uso de combustibles fósiles, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la operación de los edificios.

### B.3.2 Calderas y estufas de biomasa

Las calderas y estufas de biomasa son sistemas de calefacción sostenibles que aprovechan biomasa como combustible, una fuente renovable y neutra en carbono. Estas tecnologías se están consolidando como alternativas eficientes y ecológicas a los sistemas tradicionales que utilizan combustibles fósiles. Las partes de este tipo de calderas son las que se muestran a continuación:

Las calderas y estufas de biomasa funcionan de forma similar a cualquier otro tipo de caldera. Su particularidad radica en el tipo de combustible que emplea, es decir está preparada para la combustión de biomasa. Como distintos tipos de combustible se encuentran los siguientes:

- Pellets: consiste en comprimidos de madera seca y compacta de alta densidad energética.
- Astillas de madera: son fragmentos de madera, suelen ser más económicos, pero requieren sistemas más grandes.
- Leña: Es el combustible tradicional y accesible, aunque menos eficiente y con mayor emisión de partículas si no está bien seca.
- Residuos agrícolas: se refiere a las cáscaras, huesos de aceituna y residuos de cultivo.



Fuente: <https://www.tecpa.es/>

Las calderas y estufas de biomasa son una alternativa renovable y eficiente para reducir la huella de carbono en sistemas de calefacción. Con una gestión sostenible de los recursos y tecnologías avanzadas, representan un paso significativo hacia un modelo energético más limpio y accesible. En muchos países, se ofrecen subvenciones y desgravaciones fiscales para la instalación de calderas y estufas de biomasa, como parte de políticas de transición energética y descarbonización. Las principales ventajas consisten en:

- La reducción de emisiones: Sustituyen sistemas que emplean gasóleo, carbón o gas reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.
- El aprovechamiento de residuos: utilizan productos que de otro modo serían desechados.
- La neutralidad en carbono: La biomasa emite CO<sub>2</sub> al quemarse, pero este es compensado por el carbono absorbido durante el crecimiento de las plantas, resultando en un balance neto de carbono cercano a cero.
- El coste competitivo: los combustibles de biomasa son más económicos y estables en precio que los fósiles.
- La accesibilidad: resultan de fácil acceso para zonas rurales o áreas con difícil acceso a redes de gas.

### B.3.3 Sistemas de combustión diseñados específicamente para el uso de biocombustibles líquidos o de biogás/biometano

Consiste en tecnologías diseñadas para aprovechar combustibles derivados de biomasa como son:

- Biocombustibles líquidos: como por ejemplo el biodiésel, bioetanol o aceites vegetales tratados.
- Biogás: consiste en una mezcla de metano y dióxido de carbono generada por la digestión anaeróbica de materia orgánica.
- Biometano: en un biogás purificado con un contenido de metano superior al 90% equivalente al gas natural. Actualmente el biometano se está produciendo en 15 países europeos y es inyectado en la red de gas natural en la mayoría de los países europeos en los que está siendo desarrollado.

Estos sistemas están adaptados para aprovechar las propiedades específicas de estos combustibles, maximizando su eficiencia y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes. Proveen calefacción y agua caliente sanitaria en edificios residenciales o comerciales.



Fuente: <https://www.engie.es/potencial-del-biometano-en-la-transicion-energetica/>

Los sistemas de combustión para biocombustibles líquidos y biogás/biometano representan una solución eficaz para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y avanzar en la transición energética. Con un diseño optimizado y una implementación estratégica, estas tecnologías no sólo contribuyen a la descarbonización, sino que también fomentan la sostenibilidad económica y ambiental en sectores clave como la edificación.

Según la Asociación Europea de Biogás (EBA), el biogás y el biometano podrían satisfacer hasta el 30-50% de las necesidades de gas natural de Europa para 2050. Actualmente, el precio del biometano puede ser un 30% más bajo que el precio actual de gas natural. El biometano se puede producir a partir de 55€/MWh, mientras que el gas natural cuesta alrededor de 80€/MWh sin tener en cuenta el precio de CO<sub>2</sub>.

Por lo tanto, las principales ventajas de estos sistemas en cuanto a la descarbonización se refieren son los siguientes:

- La generación distribuida de energía: Los sistemas pequeños y medianos son ideales para aplicaciones locales, reduciendo las pérdidas de transporte y distribución.
- La sustitución directa de fósiles: permiten sustituir el gas natural y los combustibles líquidos derivados del petróleo sin necesidad de grandes cambios en infraestructuras.
- Reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI): El uso de biocombustibles es neutro en carbono, puesto que el CO<sub>2</sub> emitido durante la combustión es compensado por el carbono absorbido por las plantas durante su crecimiento.
- El aprovechamiento de residuos: Los biocombustibles se producen a partir de desechos agrícolas industriales y urbanos promoviendo así la economía circular.

### B.3.4 Bomba de calor

#### • Introducción

---

A medida que crece el abastecimiento de electricidad a partir de fuentes renovables y las políticas para la descarbonización aumentan, son muchas las voces que afirman que el acondicionamiento térmico de edificios a partir de tecnologías eléctricas como la bomba de calor, empieza a cobrar sentido. Y más especialmente en aquellos proyectos en los que el nivel de eficiencia energética es elevado (gracias a aislamientos, estrategias de diseño, ...) y requieren poca demanda energética de calefacción y refrigeración a satisfacer.

Las bombas de calor son susceptibles de uso tanto en edificios de nueva construcción como en rehabilitaciones de alta eficiencia, donde son capaces de apoyar los exigentes objetivos de uso de energía renovable de la normativa energética gracias a los altos rendimientos que son capaces de entregar.

#### • Definiciones

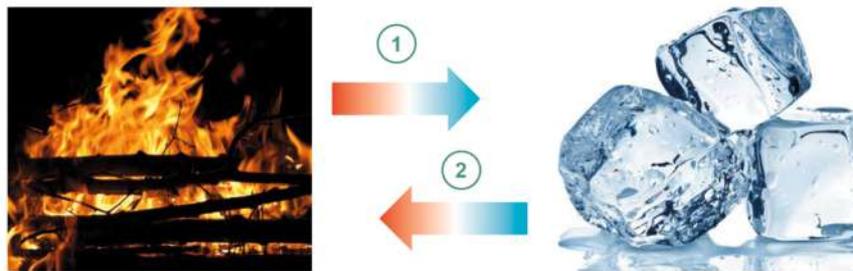
---

Atendiendo a el documento del IDAE "Síntesis del Estudio Parque de Bombas de Calor en España" [1], una bomba de calor puede definirse como *"una máquina térmica, sujeta por tanto a las leyes de la termodinámica, que transfiere el calor desde un foco frío a otro caliente con una gran eficiencia. La ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o en la tierra, para acondicionar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de trabajo en forma de energía generalmente eléctrica"*.

A efectos prácticos, se puede hacer el símil de funcionamiento entre una bomba de calor y un frigorífico, ya que tienen parecida forma de funcionar: en un frigorífico el calor es extraído de la zona de almacenaje y es expulsado por la parte trasera, mientras que en una bomba de calor el proceso es inverso, ya que el calor se toma del aire, la tierra o el agua y se libera dentro del edificio. Precisamente estas tres fuentes de

donde extraer calor, el aire, la tierra o el agua, serán la característica que defina las tipologías de las bombas de calor de calor.

Para extraer ese calor del aire, la tierra o el agua, "la bomba de calor utiliza un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado que, gracias a la existencia de dos focos a diferente temperatura, transporta el calor del medio ambiente a un habitáculo a acondicionar (...), con la particularidad de invertir el flujo natural de calor, de modo que fluya desde una temperatura más baja a otra más alta".



1. El calor fluye naturalmente del foco caliente al frío.  
2. Una bomba de calor mueve este en la dirección contraria.

Figura 1: Esquema de funcionamiento de la bomba de calor. Fuente: IDAE [1]

Para poder realizar este trabajo, las bombas de calor disponen del trabajo adicional de un compresor y, por ello, cualquier bomba de calor necesita electricidad para funcionar. Sin embargo, de cara a la alta eficiencia que se les pide y que logran estos aparatos, la electricidad que debe consumir la bomba de calor debe ser mucho menor que la energía térmica que es capaz de producir.

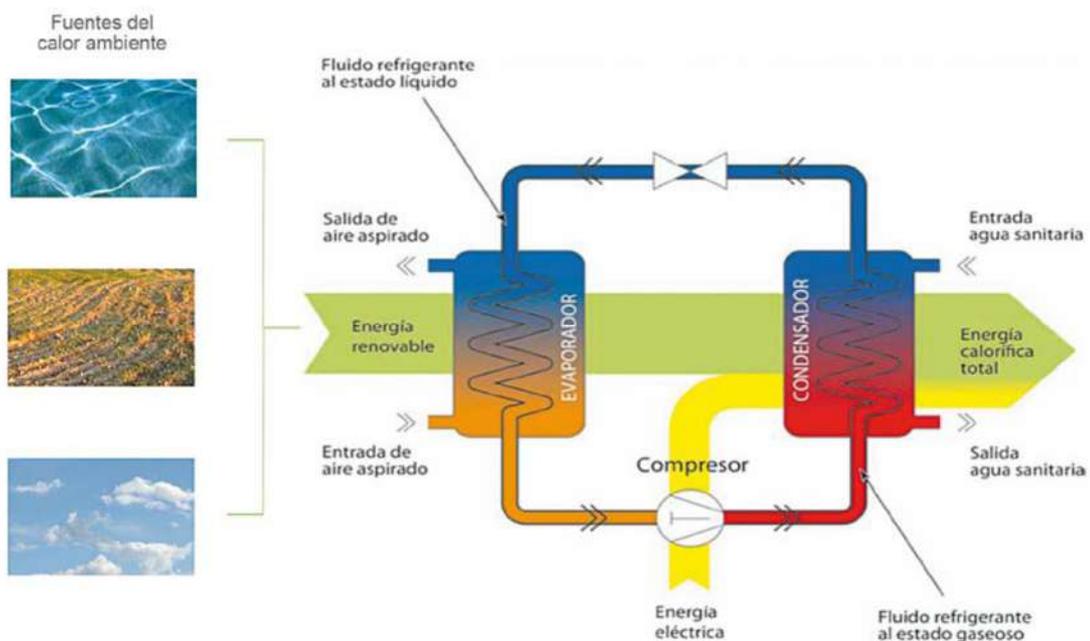


Figura 2: Ejemplo esquema de flujos de energía en una bomba de calor. Fuente: IDAE [1]

Partiendo de la base de que las bombas de calor son claramente más “limpias” que las calderas de gas o gasoil gracias al aprovechamiento que hacen de la energía renovable que extraen del aire, el agua o la tierra, su verdadero potencial “verde” también depende de la fuente de energía eléctrica que las alimente. Por tanto, la energía primaria no renovable que consuman este tipo de maquinaria tendrá mucho que ver con el origen de la electricidad o mix energético que utilicen: si la energía eléctrica proviene directamente de fuentes renovables, el consumo de energía primaria no renovable puede ser casi nulo y por tanto calificar aún mejor en las estimaciones energéticas.

- **Tipologías**

---

Como se ha visto en los párrafos anteriores, las bombas de calor son capaces de extraer energía de las diferencias térmicas existentes con el aire, la tierra o el agua. En función de cuál de estos medios es el que la bomba de calor usa para intercambiar calor con el exterior, se puede hacer una primera clasificación en función de ese primer parámetro.

- Si la bomba de calor utiliza la energía almacenada en la tierra, se denomina energía geotérmica
- Si la bomba de calor usa la energía contenida en el aire ambiente, se denomina energía aerotérmica,
- Si la bomba de calor extrae energía del agua (superficial: ríos, arroyos, lagos), se denomina energía hidrotérmica.

El segundo parámetro que define una bomba de calor es a qué medio transfiere el calor térmico. En este caso puede transferirlo a:

- Aire
- Agua

Combinado estos dos parámetros, se puede obtener la siguiente clasificación de las bombas de calor:

1. Bomba de calor aire-aire.
2. Bomba de calor aire-agua.
3. Bomba de calor agua-aire.
4. Bomba de calor agua-agua.
5. Bomba de calor tierra-aire.
6. Bomba de calor tierra-agua.

Las bombas de calor más usuales son las aire-agua, donde el gas refrigerante transfiere la energía capturada en el aire, a través de un intercambiador de calor y calienta el agua de distribución de calor, ya sea en forma de suelo radiante o radiadores. Además, hoy en día la mayor parte de las bombas de calor son reversibles, es decir, que son capaces de aportar tanto calefacción como refrigeración, por lo que las convierte en instalaciones muy versátiles.

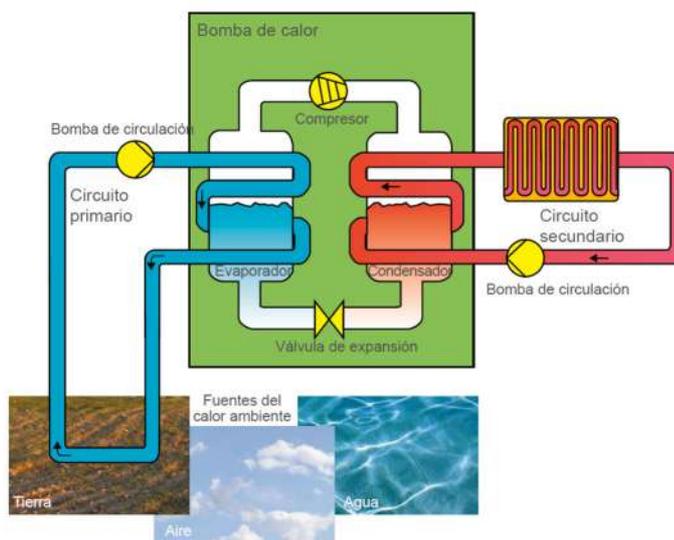


Figura 3: Esquema de funcionamiento y fuentes del calor ambiente. Fuente: IDAE [1].

- **Eficiencia: diferencias entre valores COP y SPF**

Los dos parámetros más utilizados para valorar la eficiencia de una bomba de calor son los coeficientes COP (Co-Efficient of Performance-Coeficiente de rendimiento) y SPF (Seasonal Performance Factor-Factor de rendimiento estacional). También es importante conocer que el equivalente al COP para el modo en refrigeración se denomina EER (Energy Efficiency Rating).

El COP es una ratio que informa sobre el calor aportado por la bomba de calor frente a la electricidad consumida para aportarlo. En una bomba de calor de, por ejemplo, COP=4, este ratio nos quiere indica que la bomba será capaz de convertir 1 kW de electricidad en 4 kW de calor. Por tanto, el COP es la resultante entre la "energía térmica cedida por el sistema (Q) y la energía absorbida por el compresor (W) para unas condiciones dadas de temperatura y unidad a plena carga" [1].  $COP=Q/W$ .

En la figura 4 se ilustra cómo la bomba de calor extrae 3 partes de energía del terreno (verde) y solo añade 1 parte de energía eléctrica (rojo, energía absorbida por el compresor (W)), para aportar 4 partes de energía (azul, energía térmica cedida por el sistema (Q)).  $COP=Q/W$ ;  $COP=4/1=4$ .

Se debe tener en cuenta que el rendimiento de las bombas de calor varía en función de los cambios en las condiciones a lo largo del año. Por ello, se utiliza también el parámetro SPF (Factor de rendimiento estacional), porque tiene en cuenta el funcionamiento de la bomba de calor tanto a bajas como a altas temperaturas. Adicionalmente, también cuenta la energía adicional necesaria en bombas de circulación y similares. Por ello, este parámetro mide la relación entre el calor entregado y el total de la energía eléctrica suministrada a lo largo del año y, por ello, se considera una medida más real y precisa.

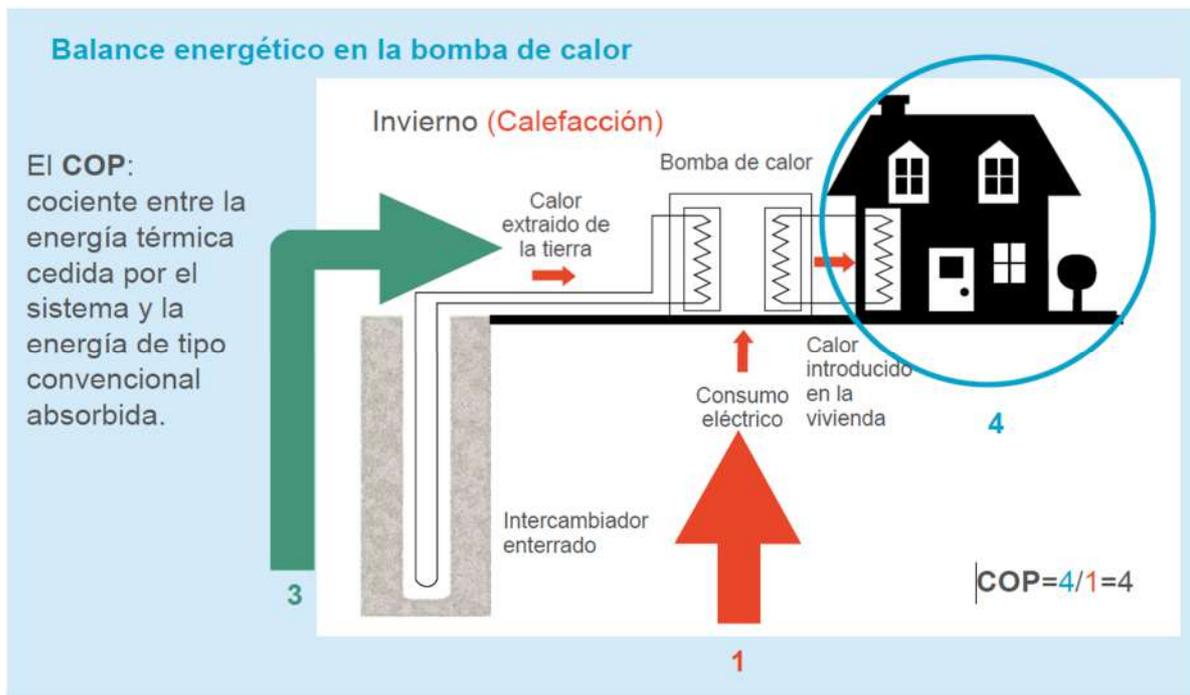


Figura 4: Balance energético en la bomba de calor. Fuente: IDAE [1].

## BIBLIOGRAFÍA

[1] "Síntesis del Estudio Parque de Bombas de Calor en España", 2014.

[https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones\\_idae/bombas\\_de\\_calor\\_correccion\\_errata\\_febrero\\_2019.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/bombas_de_calor_correccion_errata_febrero_2019.pdf)

### B.3.5 Frío solar (refrigeración por absorción)

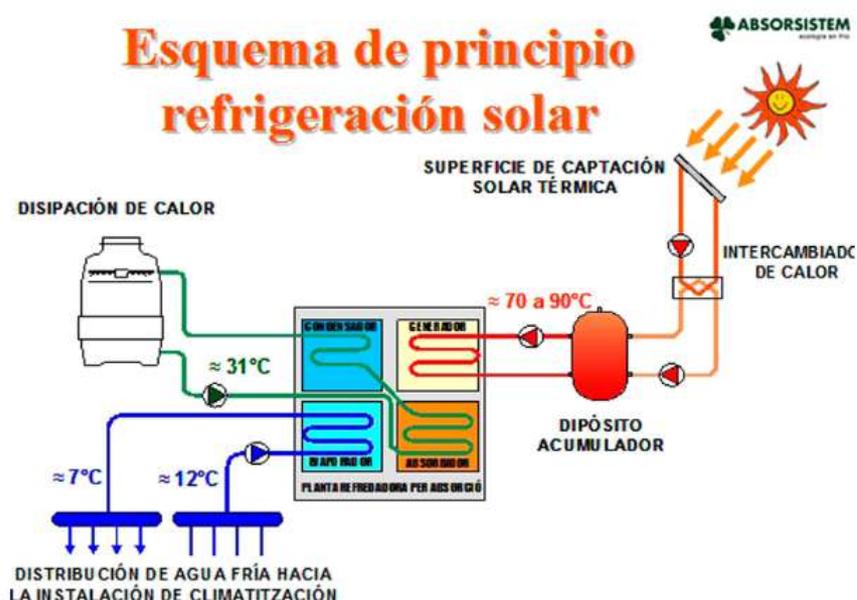
El frío solar es una tecnología que utiliza la energía solar para generar frío a través de sistemas de refrigeración por absorción. Este método es una alternativa sostenible a los sistemas de refrigeración convencionales, ya que reduce el consumo de electricidad y las emisiones asociadas al uso de combustibles fósiles. Las enfriadoras de absorción accionadas por agua caliente de origen solar permiten obtener agua refrigerada a temperatura de entre 3,5 y 15,0° para instalaciones de climatización y otros usos.

La técnica empleada para enfriar el circuito de agua refrigerada es el ciclo de absorción de H<sub>2</sub>O/LiBr, en el que el generador se acciona con agua caliente proveniente de los captadores solares térmicos. La temperatura nominal del agua caliente es de 88°C, aunque el efecto frigorífico ya se alcanza con agua caliente a partir de los 70°C. La capacidad frigorífica depende de la temperatura de entrada del agua caliente, siendo mayor cuanto mayor sea esta temperatura.

Aunque es necesario realizar un cálculo detallado teniendo en cuenta la ubicación del campo solar y las características de los paneles, para una estimación inicial, se puede considerar que se requieren aproximadamente 2,5 a 3 m<sup>2</sup> de superficie de captación por cada kW de capacidad frigorífica de la unidad de absorción, cuando se utiliza agua caliente a 88°C.

Además, es necesario instalar uno o más depósitos acumuladores de agua caliente para almacenar el calor excedente cuando la radiación solar sobrepasa la demanda de la enfriadora, de forma que se pueda utilizar

posteriormente cuando la aportación solar sea insuficiente frente a la demanda. Para determinar el volumen a acumular, es fundamental calcular con la mayor precisión posible las curvas horarias de demanda y de insolación, y compararlas entre sí.

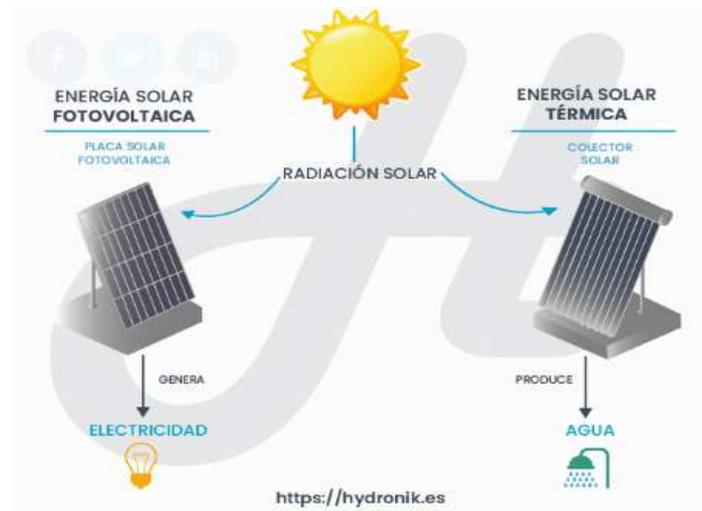


Fuente: <https://www.absorsistem.com/aplicaciones/refrigeracion-solar/>

La implementación de sistemas de frío solar para la climatización de edificios permite reducir la dependencia de sistemas convencionales que utilizan electricidad proveniente de fuentes contaminantes. Según un estudio de IRENA 2020 (*Solar Cooling: Market Development and Policy Recommendations*. International Renewable Energy Agency) los sistemas de refrigeración por absorción alimentados con energía solar pueden reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el 50-60% comparado con los sistemas de refrigeración tradicionales que dependen de la electricidad proveniente de combustibles fósiles. Esta tecnología es particularmente adecuada para edificios en regiones cálidas y soleadas, donde la demanda de refrigeración es alta. Representa una poderosa herramienta para la descarbonización de los sistemas de refrigeración y climatización. Al aprovechar la energía solar para generar frío, no solo se reduce el consumo de electricidad convencional, sino que también se disminuye la huella de carbono, contribuyendo significativamente a la transición hacia un sistema energético más limpio y sostenible.

### B.3.6 Solar térmica

Es una tecnología que convierte la radiación solar en energía térmica para su uso en diversas aplicaciones como calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, procesos industriales y calefacción de edificios.



Sus aplicaciones consisten en:

- La calefacción de edificios: La solar térmica se utiliza en la calefacción de edificios mediante sistemas de calefacción por suelo radiante o radiadores. Los sistemas de calefacción solar térmica son más eficientes que las calderas de gas o eléctricos y tienen un impacto directo en la reducción de la huella de carbono.
- Refrigeración solar: A través de la tecnología de frío solar (refrigeración por absorción), la energía térmica generada por los paneles solares se utiliza para producir frío, reemplazando sistemas de refrigeración convencionales que dependen de electricidad, frecuentemente generada a partir de combustibles fósiles. Todo ello reduce significativamente las emisiones y el consumo energético.
- Agua caliente sanitaria (ACS): Los sistemas de colectores solares térmicos se utilizan para calentar agua de uso doméstico, lo que permite reducir el consumo de energía eléctrica o gas para esta aplicación, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. En las regiones más soleadas, los sistemas solares térmicos para ACS pueden cubrir hasta el 70-80% de la demanda anual de agua caliente.

Esta tecnología juega un papel crucial en la descarbonización en aquellos procesos que dependen de fuentes de energía convencionales como los combustibles fósiles. Las principales ventajas que aporta son las siguientes:

- Sostenibilidad: Son altamente sostenibles y utilizan materiales que tienen un abaja huella de carbono en su fabricación y ciclo de vida. Por ello permite el ahorro de energía a largo plazo y contribuir a la conservación del medio ambiente.
- Ahorro energético y reducción de costes operativos: Tienen un bajo coste operativo una vez instalados debido al aprovechamiento de la energía solar. Lo ahorros a largo plazo.

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero: no emite gases efecto invernadero durante su funcionamiento, lo que la convierte en una herramienta clave en la transición energética hacia un sistema sin carbono.
- Descentralización de la generación energética: la tecnología solar térmica puede implementarse a pequeña y gran escala, tanto en edificaciones individuales como en grandes instalaciones industriales, lo que fomenta la autonomía energética y reduce la dependencia de la electricidad centralizada, frecuentemente a partir de fuentes fósiles.

Por lo tanto, la energía solar térmica es una de las tecnologías más accesibles y eficaces para descarbonizar el sector energético, contribuyendo a la transición hacia un futuro más sostenible y con bajas emisiones de carbono.

#### B.4 Descarbonización en la electrificación

##### B.4.1 Pilas de combustible utilizando combustibles renovables

Las pilas de combustible son dispositivos electroquímicos que convierten la energía química de un combustible directamente en energía eléctrica a través de un proceso de oxidación-reducción, sin necesidad de combustión. Este funcionamiento evita las pérdidas asociadas a la conversión térmica y mecánica, lo que les otorga una alta eficiencia energética y menores emisiones contaminantes. En función del combustible utilizado, también generan calor, lo que permite su aprovechamiento en aplicaciones de cogeneración.



Esta tecnología se considera una de las más prometedoras para descarbonizar diversos sectores de la economía, ya que permite sustituir sistemas basados en combustibles fósiles por alternativas más limpias y sostenibles. Su uso está especialmente indicado en sectores como el transporte, la edificación y la industria, y resulta particularmente eficaz en aplicaciones descentralizadas, edificios con alta demanda energética o viviendas autosuficientes.

Existen distintos tipos de pilas de combustible según el combustible que utilizan:

- Pilas de combustible de hidrógeno (H<sub>2</sub>): son las más limpias. Si se emplea hidrógeno verde (obtenido mediante electrólisis con energía renovable), el único subproducto del proceso es vapor de agua, por lo que no se generan emisiones locales de CO<sub>2</sub>.
- Pilas de metanol (CH<sub>3</sub>OH), etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) o biogás/biometano: utilizan combustibles que contienen carbono, por lo que su funcionamiento sí produce emisiones de CO<sub>2</sub>. No obstante, si su origen es biogénico, estas emisiones pueden considerarse neutras en términos de ciclo de carbono.

Las principales ventajas de las pilas de combustible en el contexto de la transición energética son:

- Alta eficiencia energética, especialmente cuando se aprovecha el calor residual.
- Funcionamiento silencioso, modular y continuo mientras se mantenga el suministro de combustible.
- Potencial para generar energía de forma distribuida e independiente de la red eléctrica.
- Versatilidad para integrarse en sistemas híbridos con energías renovables, almacenamiento y microrredes.

En cuanto a su potencial de descarbonización:

- Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el hidrógeno verde podría evitar hasta 830 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año para 2050.
- La Comisión Europea estima que el despliegue de pilas de combustible de hidrógeno en el transporte podría reducir las emisiones del sector en un 50% para 2030.
- La producción de hidrógeno mediante electrólisis con energía solar o eólica posiciona a esta tecnología como un pilar clave para un sistema energético sin carbono.

No obstante, esta tecnología también presenta ciertas limitaciones:

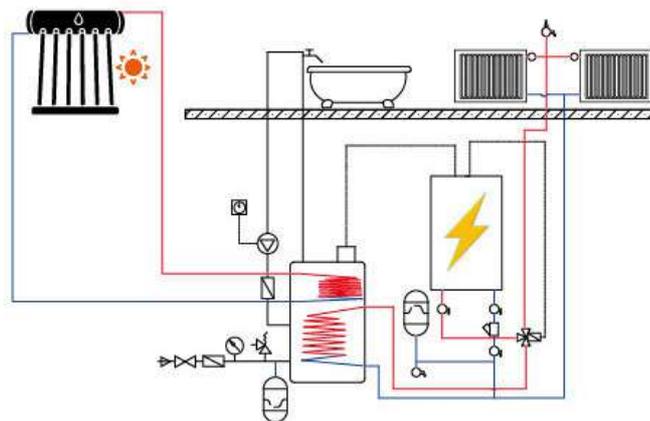
- Altos costes de instalación y producción, especialmente del hidrógeno verde.
- Infraestructura insuficiente para el transporte, almacenamiento y distribución del hidrógeno.
- Disponibilidad limitada de hidrógeno renovable a gran escala, aunque en expansión.

A pesar de estos retos, la integración de las pilas de combustible con energías renovables, sistemas de almacenamiento y microrredes inteligentes las convierte en una solución prometedora para avanzar hacia un modelo energético sostenible, eficiente y bajo en carbono.



### B.4.2 Resistencia/caldera eléctrica

Las resistencias y calderas eléctricas son tecnologías que utilizan electricidad para generar calor, empleadas comúnmente en sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS). Aunque su eficiencia en términos de conversión energética es cercana al 100%, su contribución a la descarbonización depende directamente de la fuente de energía eléctrica utilizada.



Fuente: [www.thermogroup.es](http://www.thermogroup.es)

En el caso de que la electricidad provenga de fuentes renovables como son la solar, eólica o hidráulica como es el caso del esquema anterior, las calderas eléctricas se convierten en una solución cero emisiones de carbono. De este modo desempeñan un papel esencial en la transición energética hacia un sistema más sostenible.

Las principales características de estos sistemas que aplican a la descarbonización son las siguientes:

- Costes decrecientes de energías renovables: Los costos de generación solar y eólica se han reducido en un 70-90% desde 2010, según IRENA, lo que favorece la competitividad de tecnologías eléctricas como las calderas para aplicaciones residenciales e industriales.
- Aplicación de tecnologías eléctricas a nivel europeo: En la unión europea el uso de bombas de calor y calderas eléctricas en el sector residencial está en aumento, con un crecimiento del 12% anual, impulsado por los objetivos del Pacto Verde Europeo para reducir las emisiones netas en un 55% para 2030.
- Según la IEA (International Energy Agency), con un crecimiento del 12% anual, impulsado por los objetivos del Pacto Verde Europeo para reducir las emisiones netas en un 55% para 2030.

Por lo tanto, las resistencias y calderas eléctricas son una herramienta eficaz para la descarbonización cuando se integran en sistemas eléctricos sostenibles alimentados por energías renovables. Su expansión depende en gran medida de la aceleración de la transición energética global hacia una matriz energética limpia y de la implementación de políticas que fomenten su adopción.

### B.4.3 Generación eléctrica para autoconsumo

El autoconsumo eléctrico se refiere a cuando particulares o empresas consumen energía generada por instalaciones de producción cercanas a sus puntos de consumo y asociadas a su vez a las mismas como, por ejemplo: paneles solares fotovoltaicos o generadores mini eólicos, vinculadas directamente a dichas instalaciones.



Fuente: <https://www.iberdrola.com/innovacion/autoconsumo-electrico>

Además de contribuir a mitigar el cambio climático mediante el uso de energías renovables, esta forma de consumo ofrece múltiples beneficios, no solo para el propio consumidor sino para la sociedad en su conjunto. Algunas de las ventajas que proporciona consisten en las siguientes:

- Ahorro energético y económico: La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) estima que el costo de generación solar para autoconsumo es hasta un 80% más bajo que las tarifas de electricidad convencionales dependiendo de las ubicaciones.
- Reducción de emisiones de carbono: La generación eléctrica mediante energías renovables evita el uso de combustibles fósiles. Según la IEA (International Energy Agency) cada kWh generado por sistemas fotovoltaicos evita entre 0,5 y 0,7 Kg de CO<sub>2</sub> en redes eléctricas basadas en combustibles fósiles.
- Integración con almacenamiento: el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía como baterías de litio, por ejemplo, permitan a los usuarios almacenar excedentes de generación para utilizarlos cuando la generación renovable no esté disponible.

Las tecnologías asociadas a estos sistemas consisten en las siguientes:

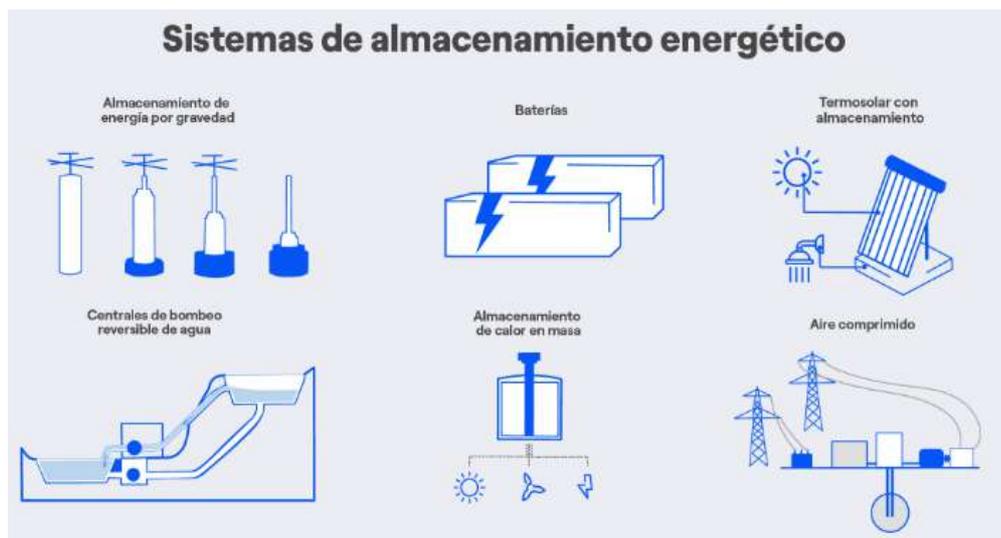
- Energía solar fotovoltaica: es la más común en el autoconsumo especialmente en el sector residencial. Los costes de instalación han disminuido más del 80% desde 2010.
- Turbinas eólicas: adecuadas especialmente para regiones con predisposición al viento siendo menos frecuentes que las anteriores pueden completar la generación en climas donde el recurso solar es más estacional.

- Micro hidráulica: especialmente aplicada en áreas rurales con recursos hídricos constantes.
- Sistemas híbridos: se refiere a la combinación de tecnologías como fotovoltaica y almacenamiento con generadores eólicos o sistemas convencionales que garantizan un suministro constante.

En cuanto a la descarbonización en el sector residencial según la EEA (European Environment Agency) el autoconsumo de renovables en viviendas puede reducir emisiones de CO2 del sector residencial en un 20- 30% en áreas con alto grado de implantación de tecnologías solares.

#### B.4.4 Sistemas de almacenamiento eléctrico

Los sistemas de almacenamiento eléctrico son una pieza clave en la transición hacia un modelo energético descarbonizado. Son dispositivos que permiten acumular la electricidad generada, especialmente a partir de fuentes renovables como la solar y eólica para su uso posterior cuando la generación no coincide con la demanda lo que conlleva una optimización del autoconsumo y la reducción de costes operativos entre otros. Incide también en la reducción de emisiones de carbono y facilita la integración de energías renovables. Existen distintos tipos a distintas escalas:



Fuente: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/sistemas-almacenamiento-energia-aliados-descarbonizacion>

- Almacenamiento de energía por gravedad: Este sistema aprovecha el principio de convertir la energía cinética del movimiento en electricidad mediante el uso de grúas y bloques de hormigón. Durante los periodos de alta producción energética, cuando hay excedente de electricidad, se elevan bloques masivos de hormigón hasta lo alto de una torre. En momentos de mayor demanda, cuando no hay suficiente viento o sol, estos bloques se descienden aprovechando la fuerza de la gravedad para generar electricidad al mover alternadores. Un aspecto destacado de este sistema es que los bloques pueden fabricarse a partir de escombros o materiales reciclados. Se trata esencialmente de una gran batería gravitacional, con un coste significativamente menor que las baterías eléctricas tradicionales y una eficiencia notablemente alta.

- Centrales de bombeo reversible de agua: Es similar al sistema anterior, pero utiliza la energía gravitatoria del agua. Consiste en una gigabatería compuesta por dos embalses o presas, ubicados a diferentes alturas: uno en la cota superior y otro en la inferior. En momentos de baja demanda eléctrica, se bombea agua al embalse superior. Cuando se requiere más energía, el agua almacenada se libera hacia el embalse inferior, generando electricidad durante su descenso.
- Baterías: Las baterías son actualmente los dispositivos más comunes para el almacenamiento de energía y han experimentado una gran revolución tecnológica en los últimos años. Hoy en día, existe una amplia variedad de opciones, desde las populares baterías de litio hasta otras más recientes que emplean materiales de menor impacto ambiental, como sodio, silicio, zinc, aluminio o calcio, ampliando las posibilidades del mercado.
- Termosolar con almacenamiento: Las centrales termosolares generan electricidad utilizando el calor del sol, pero su verdadera innovación radica en su capacidad para almacenar esta energía en grandes depósitos de sales, permitiendo liberarla y generar electricidad incluso durante la noche.
- Almacenamiento de calor en masa: El almacenamiento térmico se basa en acumular energía incrementando la energía interna de un material mediante la adición de calor. Dependiendo de la tecnología empleada, estos sistemas pueden almacenar el excedente energético durante periodos que van desde horas hasta días o incluso meses. Generalmente, se clasifican en tres tipos: calor sensible, calor latente y almacenamiento termoquímico.
- Aire comprimido: La energía eólica suele generar más electricidad por la noche debido a la mayor intensidad del viento. Sin embargo, en ocasiones esa energía no se aprovecha, ya sea por una baja demanda o porque otras fuentes de energía ingresan a las redes de distribución. El almacenamiento de energía por aire comprimido permite almacenar el aire generado en el subsuelo. Luego, este aire se comprime y, al liberarse, produce energía neumática que mueve turbinas, las cuales generan electricidad.

En cuanto al uso más residencial caben destacar los siguientes:

- Baterías de ion-litio.
- Baterías de flujo.
- Almacenamiento térmico.
- Almacenamiento por aire comprimido (CAES).
- Bombeo hidroeléctrico.
- Hidrógeno verde.



### B.4.5 Puntos de recarga de vehículo eléctrico

Los puntos de recarga de vehículos eléctricos (VE) juegan un papel clave en la descarbonización, especialmente en el sector del transporte, que es uno de los mayores emisores de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Son una parte importante a tener en cuenta en la construcción de infraestructuras. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA), en su informe *Global EV Outlook 2023*, el 14% de los automóviles nuevos vendidos en 2022 fueron eléctricos, lo que representa un avance significativo. Sin embargo, para alcanzar los objetivos de cero emisiones netas, es crucial expandir la red de infraestructura de recarga. Existe cuatro tipos distintos de recarga siendo los siguientes:

Tipo de carga	Potencia (kW)	Tiempo de carga	Ubicación típica
Lenta (Nivel 1)	Hasta 3,7	8-12 horas	Hogares, estacionamientos largos
Semi-rápida (Nivel 2)	7,4 - 22	2-6 horas	Aparcamientos públicos, empresas
Rápida (Nivel 3)	50 - 150	30-60 minutos	Autopistas, estaciones públicas
Ultra-rápida	150 - 350+	10-20 minutos	Corredores de carga rápida

Los puntos de recarga de vehículos eléctricos son una infraestructura esencial para promover la adopción de tecnologías limpias y, a su vez, lograr la descarbonización del transporte. Esto no solo reduce las emisiones de carbono, sino que también mejora la calidad del aire, impulsa la economía verde y facilita la transición hacia un modelo energético basado en fuentes renovables. Como principales características relevantes en cuanto a la descarbonización se refiere destacan las siguientes:

- Reducción de emisiones de carbono: Según la Unión Europea, el transporte representa aproximadamente el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en Europa. Los vehículos eléctricos pueden reducir hasta un 60-70% de emisiones en comparación con los vehículos de combustión interna cuando se recargan con electricidad de fuentes renovables.
- Fomento de la transición energética: La integración de redes inteligentes (Smart Grids) y tecnologías Vehicle-to-Grid (V2G) son clave para la descarbonización. La Agencia Internacional de Energía destaca que los vehículos eléctricos pueden actuar como almacenamiento flexible de energía, apoyando la estabilidad de la red y facilitando la mayor integración de energías renovables.
- Beneficios adicionales: La OMS informa de que la contaminación del aire causa muertes prematuras por lo que los vehículos eléctricos, al eliminar las emisiones de escape, reducen contaminantes como los óxidos de nitrógeno (NOx) y las partículas finas (PM2.5), mejorando la salud pública.



#### B.4.6 Telecomunicaciones y electrónica de potencia

Por un lado, las telecomunicaciones permiten la transmisión de información en tiempo real entre dispositivos y sistemas. Las principales comunicaciones clave son las siguientes:

- Monitorización remota de sistemas de energía.
- Control dinámico en tiempo real.
- Integración de redes inteligentes (Smart grids).
- Optimización de la carga y descarga en sistemas de almacenamiento.

Por otro lado, la electrónica de potencia se encarga de la conversión, control y procesamiento eficiente de la energía eléctrica utilizando dispositivos semiconductores de potencia (como IGBTs, MOSFETs, SCR, etc.). El objetivo principal consiste en garantizar un suministro eléctrico eficiente, seguro y de alta calidad. Sus aplicaciones más comunes son:

- Convertidores de energía.
- Cargadores de vehículos eléctricos,
- UPS (Sistemas de alimentación ininterrumpida).

La relación entre telecomunicaciones y la electrónica de potencia es fundamental para desarrollar sistemas innovadores y eficientes, especialmente en contextos como la gestión de energía, redes eléctricas inteligentes (*Smart Grids*) y vehículos eléctricos. El uso de tecnologías como IoT, 5G y protocolos de comunicación facilita el control de dispositivos de electrónica de potencia. El estudio de Kabalci y Kabalci "*Smart Grids and Their Communication Systems: A Review*". *IEEE Access*, destaca que 5G y comunicaciones V2G permitirán la expansión de redes inteligentes y sistemas de carga rápida de los vehículos eléctricos. La sinergia entre telecomunicaciones y electrónica de potencia permite:

- La integración de energías renovables y sistemas de almacenamiento: La electrónica de potencia permite conectar y gestionar fuentes de energía renovable como la solar fotovoltaica y la eólica, mientras que las telecomunicaciones facilitan el control y la optimización de estos sistemas.
- Mejorar la estabilidad de la red eléctrica: Las redes inteligentes integran telecomunicaciones y electrónica de potencia para optimizar la distribución y consumo de energía, facilitando la descarbonización del sistema eléctrico. Optimiza el uso de energía limpia y reduce pérdidas de transición y distribución.
- La optimización de la eficiencia energética en sistemas eléctricos: las micro redes locales combinan generación de energía renovable, almacenamiento y sistemas de electrónica de potencia, controlados mediante telecomunicaciones.
- La reducción de costos operativos mediante la monitorización remota.

## **C Análisis normativo sobre las instalaciones para la descarbonización**

La normativa estatal relacionada con la rehabilitación energética de edificios residenciales ha evolucionado significativamente en los últimos años, especialmente en lo que respecta a la integración de tecnologías y sistemas energéticos. En este contexto, el CTE DB HE (Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Ahorro de Energía) juega un papel clave al establecer los requisitos mínimos de eficiencia energética que deben cumplir los edificios en rehabilitación.

Este apartado se centra en analizar cómo la normativa actual influye en la aplicación de tres tipologías de instalaciones específicas dentro de la rehabilitación energética, evaluando su evolución a lo largo del tiempo. El objetivo es identificar las tecnologías que están siendo favorecidas por los cambios normativos, así como aquellas que han quedado desplazadas o ya no cumplen con las exigencias técnicas y sostenibles actuales.

Este análisis permitirá concluir qué tecnologías tienen un mayor potencial de desarrollo e implantación en el futuro, y cuáles, por el contrario, podrían estar en desuso o requerir una revisión en su continuidad dentro del proceso de rehabilitación energética.

### **C.1.1 Contexto normativo europeo**

A nivel europeo, desde la puesta en marcha de la iniciativa "Energía limpia para todos los europeos", también conocida como el "Paquete de invierno", la Unión Europea ha establecido un marco normativo integral para avanzar hacia la transición energética. Este paquete consta de ocho medidas legislativas clave, entre las cuales se incluyen la modificación de la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD) y la Directiva de Energías Renovables (DEE), así como el Reglamento 2018/1999 sobre la Gobernanza de la Unión de la Energía y la Acción por el Clima. Este reglamento obliga a todos los Estados miembros a elaborar y presentar un Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para el período 2021-2030, con el fin de garantizar la consecución de los objetivos climáticos y energéticos establecidos a nivel europeo.

Además, la actualización de la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (EPBD) en 2024 forma parte de los esfuerzos de la Unión Europea para acelerar la descarbonización del sector de la edificación y cumplir con los objetivos climáticos establecidos en el Pacto Verde Europeo. Esta revisión tiene como objetivo fortalecer los requisitos de eficiencia energética en los edificios, tanto en la construcción de nuevos edificios como en la rehabilitación de los existentes.

Uno de los aspectos más destacados de la actualización es la intensificación de las exigencias para los "edificios de consumo casi nulo de energía" (EECN), promoviendo que todos los nuevos edificios y las grandes renovaciones alcancen estos estándares. Asimismo, la nueva directiva introduce un enfoque más riguroso en la renovación energética de los edificios existentes, estableciendo que los edificios que no cumplan con los umbrales de eficiencia energética deberán ser renovados para mejorar su rendimiento y reducir las emisiones. Esto implica una aceleración de los procesos de rehabilitación energética, con el fin de lograr una mayor eficiencia energética en el parque edificado europeo.



Además, la directiva pone énfasis en la integración de energías renovables en los edificios, favoreciendo el uso de tecnologías como paneles solares, bombas de calor y sistemas de gestión energética inteligente. Otro cambio importante es la creación de un marco normativo que promueve la digitalización de la eficiencia energética en los edificios, lo que incluye el uso de herramientas y plataformas digitales para monitorizar y gestionar el consumo energético en tiempo real.

En el marco de estas iniciativas, el Pacto Verde Europeo, anunciado a finales de 2019, se ha consolidado como el principal instrumento político y normativo de la UE para garantizar un crecimiento sostenible a largo plazo. Este pacto se sustenta en tres iniciativas fundamentales: la "Renovation Wave" (Ola de Renovación), que busca impulsar la rehabilitación energética de los edificios existentes; el Plan de Acción de Economía Circular, que promueve la eficiencia de los recursos y la reducción de residuos; y la Estrategia Global para un Entorno Construido Sostenible, que tiene como objetivo fomentar la sostenibilidad y eficiencia en la construcción y rehabilitación de edificios.

Estas iniciativas, junto con las políticas y normativas derivadas del Pacto Verde, han logrado redirigir los esfuerzos de la Unión Europea hacia un modelo de crecimiento más sostenible, en el cual los países miembros han asumido como propios los objetivos de descarbonización y transición energética.

Para ello, han adaptado sus marcos regulatorios nacionales, implementando medidas concretas que favorecen la adopción de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la integración de tecnologías limpias en todos los sectores. Así, la normativa europea y su implementación a nivel nacional se alinean con las metas climáticas de la UE, contribuyendo a la creación de un futuro más verde y sostenible para Europa.

### **C.1.2 Normativa estatal**

A nivel estatal se ha decidido situar la transición ecológica como el eje central de sus políticas, lo que se refleja en la creación del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, además de elevarlo al rango de vicepresidencia. Este impulso ha dado lugar a un conjunto de normas y planes que orientarán la acción política del país hacia 2050, con un enfoque claro en la descarbonización y la sostenibilidad.

A nivel legislativo, la Ley de Cambio Climático y Transición Ecológica (LCCTE) se establece como el documento clave para avanzar hacia una economía sin carbono. Su aprobación marcará el inicio de una senda de descarbonización de obligado cumplimiento para 2050, desplegando una serie de herramientas y políticas que permitirán alcanzar los objetivos climáticos establecidos. Esta ley, junto con otros documentos estratégicos, define el camino hacia la transición energética en la península

Dentro de estos marcos normativos, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) es una de las principales directrices nacionales para cumplir con los compromisos adquiridos con la Unión Europea. El PNIEC, heredero de los planes anteriores relacionados con los objetivos 20/20/20, presenta la hoja de ruta para la descarbonización de la economía a corto y medio plazo, con medidas que abarcan todos los sectores económicos.



En el ámbito de la edificación, la Estrategia de Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación (ERESEE) despliega los objetivos del PNIEC a medio (2030) y largo (2050) plazo, con el objetivo de activar y fomentar la rehabilitación energética de los edificios. La actualización de la ERESEE en 2020, que se revisa cada tres años, ha sido un avance cualitativo importante, incorporando un paquete de medidas específicas para acelerar la rehabilitación energética en el país.

En el plano reglamentario, destacan el Certificado Energético del Edificio, el Reglamento de Instalaciones Térmicas del Edificio (RITE) y el Código Técnico de la Edificación (CTE). Este último ha incorporado recientemente el concepto de "Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo" (EECN) y ha establecido mayores exigencias en cuanto a las emisiones de los edificios. Sin embargo, a pesar de estos avances, aún es necesario seguir progresando en la regulación para reflejar el comportamiento real de los edificios, incorporando la sostenibilidad en todas las fases de su ciclo de vida, desde la construcción hasta la rehabilitación y el uso a largo plazo.

En conjunto, estas iniciativas y normativas conforman un marco robusto que permite a España avanzar en su transición energética, logrando una descarbonización progresiva y asegurando la sostenibilidad en el sector de la edificación y otros sectores clave.

### **C.1.3 La evolución del Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE) como paradigma del cambio normativo**

La evolución del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) refleja el cambio progresivo hacia una normativa que no solo busca mejorar la eficiencia energética, sino también promover la descarbonización del sector de la edificación. Originalmente, el RITE se centraba en la mejora de los rendimientos de los sistemas térmicos de los edificios, priorizando la reducción del consumo energético y la optimización de las instalaciones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS). Esta primera fase estaba orientada a asegurar que las instalaciones térmicas fueran eficientes, es decir, que utilizaran la menor cantidad de energía posible para generar los servicios requeridos, como calor o frío, lo cual reducía el impacto ambiental de los edificios.

Sin embargo, con el paso del tiempo y la creciente urgencia de la transición energética y la lucha contra el cambio climático, el RITE ha ido evolucionando para abordar la necesidad de descarbonizar el sector de la edificación. El enfoque ha pasado de simplemente mejorar la eficiencia energética de los sistemas térmicos a incorporar objetivos mucho más ambiciosos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero. Este cambio refleja el compromiso de España con los objetivos climáticos europeos y globales, como los establecidos en el Acuerdo de París y el Pacto Verde Europeo, que exigen una descarbonización profunda de todos los sectores, incluido el de la edificación.

A partir de esta nueva visión, el RITE ha integrado medidas específicas que fomentan el uso de energías renovables en las instalaciones térmicas. Se ha hecho énfasis en la incorporación de tecnologías como las bombas de calor, los sistemas solares térmicos y la geotermia, que permiten reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de combustibles fósiles. Además, el reglamento ha impuesto mayores exigencias para los

edificios de nueva construcción, obligando a que estos cumplan con los criterios de "Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo" (EECN), lo que implica un diseño que minimiza el consumo energético a través de un alto nivel de aislamiento y el uso de energías renovables.

De esta manera, el RITE ha evolucionado para convertirse en una herramienta clave para la descarbonización del sector edificatorio. Ya no se limita a la eficiencia energética, sino que también busca transformar la forma en que los edificios producen, consumen y gestionan la energía, reduciendo al máximo las emisiones de carbono y favoreciendo un futuro sostenible y libre de emisiones.

#### **C.1.4 La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE)**

La evolución del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE) ha experimentado importantes cambios para adaptarse a las exigencias de la transición energética y la lucha contra el cambio climático, especialmente en el ámbito de la rehabilitación energética de edificios. Su desarrollo ha reflejado un enfoque creciente hacia la sostenibilidad, la eficiencia energética y la descarbonización, con una atención particular a la mejora del parque edificatorio existente, que es uno de los mayores emisores de CO<sub>2</sub>.

- 1. Primera etapa: Enfoque en la eficiencia energética básica

El CTE, en su versión inicial (2006), marcó el inicio de una normativa más estricta sobre eficiencia energética en los edificios nuevos y en rehabilitación. El DB HE establecía los primeros requisitos mínimos en cuanto a aislamiento térmico, sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS), centrados principalmente en reducir el consumo energético de los edificios. En esta etapa, la normativa estaba principalmente orientada a garantizar que los edificios fueran más eficientes energéticamente y que se limitara el uso de energía convencional, sin abordar de manera específica la necesidad de descarbonizar las fuentes energéticas utilizadas.

- 2. Segunda etapa: Incorporación de energías renovables y reducción de emisiones

En la versión del CTE modificada en 2013, el DB HE experimentó un cambio importante al introducir una visión más ambiciosa sobre el ahorro energético. En particular, comenzó a exigir la integración de sistemas de energías renovables como parte de las soluciones para calefacción, refrigeración y ACS en los edificios. Esto incluyó la incorporación de paneles solares térmicos para la producción de ACS y sistemas de calefacción de bajo consumo, como las bombas de calor. Además, se empezó a tener en cuenta no solo la eficiencia energética, sino también el impacto de los edificios en el entorno, priorizando soluciones que no dependieran de combustibles fósiles y redujeran las emisiones de CO<sub>2</sub>.

- 3. Tercera etapa: Descarbonización y edificios de consumo casi nulo

La reforma más significativa del DB HE llegó con la modificación en 2020, cuando se introdujo el concepto de "Edificio de Consumo de Energía Casi Nulo" (EECN) en la normativa, alineándose con las directivas europeas de descarbonización. En el contexto de la rehabilitación energética, el DB HE comenzó a centrarse en el concepto de "rehabilitación energética profunda", que no solo mejoraba la

eficiencia energética de los edificios existentes, sino que también fomentaba la reducción significativa de las emisiones de carbono.

Esto implicó que, para los edificios en rehabilitación, los proyectos debían garantizar un alto nivel de aislamiento, sistemas de energía renovable y, en muchos casos, la integración de soluciones de electrificación, como las bombas de calor, para minimizar el uso de energías fósiles.

La modificación también incluyó un enfoque en la rehabilitación energética de edificios existentes que no solo optimizara la eficiencia, sino que también se ajustara a los criterios de sostenibilidad y reducción de emisiones. Los requisitos más estrictos respecto al uso de energías renovables, la mejora del aislamiento y la mejora de los sistemas de calefacción y refrigeración favorecieron una transición hacia edificios mucho más sostenibles.

En concreto, en esta última etapa se encuentra un claro enfoque para el impulso de las intervenciones de descarbonización en el ámbito de la rehabilitación. Como se puede observar en las siguientes imágenes, en la etapa del 2013, el Documento Básico resultaba ser bastante laxo en el ámbito de las intervenciones en edificios existentes, no obligando en ellas al cumplimiento del DB HE 0 (limitación del consumo energético).

**1** **Ámbito de aplicación** **CTE HE0- 2013**

1 Esta Sección es de aplicación en:

a) edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes;

Nótese que esta sección HE0 no contempla en su ámbito de aplicación las intervenciones en edificios existentes (salvo las ampliaciones o el acondicionamiento de edificaciones abiertas), por lo que las exigencias en ella establecidas no resultan de aplicación en este tipo de intervenciones.

Sin embargo, la actualización del 2020 exige cumplir la limitación del consumo energético en reformas donde se intervenga conjuntamente en la envolvente y las instalaciones térmicas, forzando claramente a intervenciones ambiciosas en el campo de la rehabilitación energética.

**1** **Ámbito de aplicación** **CTE HE0- 2020**

1 Esta sección es de aplicación a:

a) edificios de nueva construcción;

b) intervenciones en edificios existentes, en los siguientes casos:

- ampliaciones en las que se incremente más de un 10% la superficie o el volumen construido de la unidad o *unidades de uso* sobre las que se intervenga, cuando la superficie útil total ampliada supere los 50 m<sup>2</sup>;
- cambios de uso, cuando la superficie útil total supere los 50 m<sup>2</sup>;
- reformas en las que se renueven de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.

Las exigencias derivadas de ampliaciones y cambios de uso son de aplicación, respectivamente, a la parte ampliada y a la unidad o unidades de uso que cambian su uso, mientras que en el caso de las reformas referidas en este apartado, son de aplicación al conjunto del edificio.

23 Puede entenderse por cambio de uso tanto el referido al uso característico del edificio como el referido a una o varias unidades de uso y, por reforma, toda aquella intervención en edificios existentes que no consista en una ampliación o en un cambio de uso.

El Documento Básico HE 6 del Código Técnico de la Edificación (CTE), relativo a los "Puntos de Recarga de Vehículos Eléctricos", fue incluido para responder a la creciente demanda de infraestructura de recarga en el contexto de la transición hacia una movilidad más sostenible. Su aplicación se planteó obligatoria a partir de diciembre de 2022.

Esta actualización establece los requisitos mínimos para la instalación de puntos de recarga en los edificios, tanto en nuevas construcciones como en las rehabilitaciones, como parte de un esfuerzo por integrar la infraestructura necesaria para el uso masivo de vehículos eléctricos. En particular, el DB HE 6 exige que los edificios de nueva construcción, especialmente aquellos con un gran número de plazas de aparcamiento, incluyan preinstalaciones para puntos de recarga, facilitando su futura instalación. Además, se han establecido criterios para la accesibilidad y seguridad en la instalación de estos puntos de recarga, buscando promover una transición eficiente hacia un parque de vehículos eléctricos más grande, alineado con los objetivos de descarbonización y sostenibilidad del sector del transporte.

1 <b>Ámbito de aplicación</b>	<b>CTE HE 6- 2022</b>
1 Las condiciones establecidas en este apartado son de aplicación a:	
Edificios que cuenten con una zona de uso aparcamiento, ya sea interior o exterior adscrita al edificio, en los siguientes supuestos:	
a) Edificios de nueva construcción;	
b) <b>Edificios existentes</b> , en los siguientes casos:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• intervenciones en la instalación eléctrica del edificio que afecten a más del 50 por 100 de la potencia instalada en el edificio antes de la intervención, para aquellos casos en los que el aparcamiento se sitúe en el interior de la edificación, siempre que exista un derecho para actuar en el aparcamiento por parte del promotor que realiza dicha intervención;</li><li>• intervenciones en la instalación eléctrica del aparcamiento que afecten a más del 50 por 100 de la potencia instalada en el mismo antes de la intervención;</li><li>• ampliaciones, en aquellos casos en los que se incluyan intervenciones en el aparcamiento y se incremente más de un 10% la superficie o el volumen construido de la unidad o unidades de uso sobre las que se intervenga, siendo, además, la superficie útil total ampliada superior a 50 m<sup>2</sup>;</li><li>• cambios de uso característico del edificio;</li><li>• reformas que incluyan intervenciones en el aparcamiento y en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio.</li></ul>	

### Desafíos y perspectiva futura

A pesar de los avances en la aplicación del DB HE en la rehabilitación energética, existen desafíos. Uno de los mayores retos es garantizar que los edificios existentes, muchos de los cuales no fueron construidos con criterios de eficiencia energética, puedan adaptarse a las nuevas exigencias sin que los costes de rehabilitación sean desproporcionados. En este sentido, el DB HE ha evolucionado para proporcionar soluciones más flexibles y escalables, pero es probable que en el futuro se sigan introduciendo mejoras que favorezcan una transición más rápida y eficiente hacia edificios completamente descarbonizados.



### **C.1.5 Los Fondos Next y los generadores térmicos de combustible fósil**

Las ayudas para la rehabilitación energética financiadas por los fondos Next Generation EU, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, están orientadas a acelerar la transición hacia una economía baja en carbono y sostenible, alineada con los objetivos climáticos de la Unión Europea.

En este contexto, se estableció de forma explícita que no serían subvencionables los generadores térmicos que utilicen combustibles fósiles, como las calderas de gas, butano o incluso las de condensación. Esta exclusión responde a la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) derivadas del uso de combustibles fósiles en el sector residencial, que representa uno de los principales focos de consumo energético y emisiones en Europa.

A ello se suma el compromiso europeo de prohibir progresivamente el uso de combustibles fósiles en calefacción y fomentar el despliegue de gases renovables (como el biogás o el biometano) a partir de 2040. Esta hoja de ruta forma parte de la estrategia de descarbonización del sector energético de la UE y tiene por objeto reducir tanto la dependencia energética como el impacto climático de la edificación existente.

De hecho, a partir del 1 de enero de 2025, la Unión Europea ha dejado de ofrecer incentivos para la instalación de nuevos sistemas de calefacción alimentados con combustibles fósiles, incluida la tecnología de condensación, aunque estos sistemas continúan siendo legales. Esta decisión responde a la necesidad de orientar los fondos públicos hacia tecnologías alineadas con la neutralidad climática, acelerando así el abandono de las soluciones basadas en combustibles fósiles.

Las tecnologías prioritarias en este nuevo paradigma son las bombas de calor —por su alta eficiencia energética y su capacidad para aprovechar fuentes renovables— y, en determinadas aplicaciones futuras, el hidrógeno verde, especialmente en contextos donde la electrificación directa no sea viable o económicamente eficiente.

El objetivo de esta exclusión no es solo eliminar las tecnologías emisoras, sino también canalizar los fondos hacia soluciones energéticas limpias, como las bombas de calor, los sistemas solares térmicos o la geotermia, que permiten avanzar en la descarbonización del parque edificatorio y mejorar simultáneamente la eficiencia energética de los edificios existentes. Estas medidas son fundamentales para cumplir con los compromisos del Pacto Verde Europeo y para lograr una transformación profunda y sostenible del sector residencial.



## D Recopilación de casos de éxito

A continuación, se recopilan los casos de éxito más representativos. Los dos primeros hacen referencia a las comunidades energéticas que se están desarrollando con mayor frecuencia en la C.A.E en distintas escalas y el tercero se refiere a módulos de energía:

### D.1 A escala de barrio/distrito

Reflejado en uno de los proyectos de Opengela impulsado por el Gobierno Vasco, se trata de que el barrio de Otxarkoaga se convierta en un eco-barrio con la puesta en marcha de una mancomunidad de autoconsumo energético. El objetivo consiste en crear un autoconsumo compartido para realizar un reparto del excedente de energía generada por las placas solares de varios edificios rehabilitados.

Trata de distribuir el 50% de la producción de energía al centro comercial y a los locales ubicados en sus instalaciones y el 50% restante a viviendas del entorno en un radio inferior a 500 metros. Está compuesto por una instalación fotovoltaica en la cubierta del edificio comercial existente rehabilitado. El excedente que se comparte entre las viviendas del barrio equivale a 75 KW, 226 paneles y 450 m<sup>2</sup>.



Fuente: <https://opengela.eus/otxarkoaga>

El reparto previsto contempla el suministro eléctrico procedente del excedente generado por los paneles solares a 9 portales y 11 viviendas. El objetivo también incluye dotar a estas viviendas de energía limpia de origen renovable

## ***D.2 A escala de municipio.***

---

Este proyecto también presentado en Opengela proyecto impulsado por el Gobierno Vasco que busca mejorar la calidad de vida de las ciudades a través de la regeneración urbana, como se ha indicado en el anterior.

En este caso consiste en un modelo de Comunidad Energética Local bajo la denominación CEL (“Comunidad Energética Local”) y TEK (“Tokiko Energia Komunitateak”) que combinan una serie de atributos contruidos sobre la base de la sostenibilidad, la eficiencia y la transparencia las singularizan. Como características principales destacan las siguientes:

- KMO: Se trata de que las instalaciones que lo componen y producen energía en entornos urbanos y empresariales sean locales y su ubicación este en un radio inferior a 2 Km de distancia del consumidor final.
- Cero emisiones: toda la energía que consumen tiene Garantía de Origen sostenible.
- Contribución de desarrollo local. El municipio desarrolla la implantación de un sistema innovador y actualizado que contribuye a la mejora del beneficio común como municipio.
- Amplia participación: se refiere a la participación abierta de la ciudadanía, de los pequeños comercios, de las pymes y de las entidades locales.

Además, se promueve la entrada de empresas y agentes locales para los distintos procesos del desarrollo del proyecto.

## ***D.3 Red de calor con biomasa en el barrio de Coronación (Vitoria -Gasteiz)***

---

El proyecto consiste en una red de calor para calefacción y agua caliente sanitaria con biomasa como combustible principal. El ayuntamiento de Vitoria- Gasteiz aspira a ser una ciudad más verde, neutra en carbono y que potencie tanto los recursos como la economía local. El proyecto se financió dentro del programa Horizon 2020 de la Comisión Europea a través del proyecto SmartEnCity.

Los principales objetivos e impactos esperados del proyecto son los siguientes:

- El impacto social, medioambiental y económico a escala de ciudad.
- Conseguir involucrar a los ciudadanos en los procesos de renovación del distrito.
- Un alto potencial de replicabilidad en otros barrios.
- Trata demostrar que las tecnologías disponibles favorecen el camino para el concepto de “Smart Zero Carbon City”.
- Desarrollar una metodología para guiar el proceso de evolución del área urbana hacia las ciudades inteligentes a través de la estrategia “Smart Zero Carbon City”.

Desde el inicio, el proyecto abarca un área de actuación que incluye 1.313 viviendas. Durante un extenso período, se llevan a cabo labores de promoción, para lo cual se establece una oficina en las proximidades del barrio de Coronación, con el objetivo de resolver posibles dudas y destacar las ventajas del proyecto.

Hasta la fecha, se han adherido 308 viviendas, además de varios edificios del ámbito terciario, como la iglesia del barrio, un gimnasio, y se mantiene abierta la posibilidad de incorporar nuevas viviendas.

La instalación de una nueva sala de calderas de biomasa para una red de calor de distrito representa un desafío, ya que implica la creación de una infraestructura significativa en una zona de la ciudad con alta densidad de edificaciones y carencia de espacios libres. Después de evaluar diversas alternativas, se decidió aprovechar parte de la infraestructura existente en el centro cívico del barrio, lo que constituye la solución con el menor impacto para la nueva instalación.



Fuente: <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-proyecto-red-calor-biomasa-barrio-coronacion-vitoria-gasteiz>

#### **D.4 Ecobarrio Txomin Enea de Donostia-San Sebastián**

Consiste en un centro de producción de energía District Heating con un sistema de calefacción urbana que proporcionará calefacción y agua caliente a 1.500 viviendas. La generación de energía térmica se llevará a cabo utilizando biomasa, la cual deberá proporcionar al menos el 75% de la energía total producida. Esto se traducirá en un ahorro para los usuarios, ya que sus facturas serán entre un 10% y un 15% más económicas en comparación con el uso de energías convencionales. Además, el medio ambiente también saldrá beneficiado, con una reducción de más del 80% en las emisiones de CO<sub>2</sub>. Se ha trabajado en un barrio que dispone de una central que tendrá una potencia de 7.400kW, con dos calderas de biomasa de 1.400 kW/h cada una. Estas calderas serán capaces de producir, como mínimo, el 85% de la energía térmica requerida.



La energía circulará a través de 3 kilómetros de tuberías preaisladas, instaladas bajo tierra, que conectarán el punto de producción con cada uno de los edificios integrados al sistema. Según los técnicos, un aspecto clave de estas tuberías, además del acero empleado en su fabricación, es su aislamiento, que presenta coeficientes de transmisión extremadamente bajos para minimizar al máximo la pérdida de energía.

Para hacer frente a picos de demanda puntual, una vez que todas las viviendas estén en funcionamiento, y para cubrir posibles paradas técnicas por mantenimiento de las calderas, se han instalado dos calderas de gas con una capacidad de 2,300 kW/h cada una. En total, se habilitarán 14 subcentrales cuando todos los edificios estén operativos, ya que cada portal o edificio contará con su propia subcentral.

La biomasa utilizada será astilla forestal, proveniente de masas forestales cercanas, específicamente de un radio de 250 kilómetros alrededor de la central.

#### ***D.5 HUBs de recarga de vehículo eléctrico***

---

Los hubs de recarga eléctrica en espacios públicos representan una infraestructura clave para avanzar en la descarbonización del transporte y en el despliegue efectivo del vehículo eléctrico. En el marco del Plan de Contingencia Energética de Euskadi, el Gobierno Vasco ha impulsado la creación de estos nodos inteligentes de recarga en ubicaciones estratégicas, como estaciones intermodales, centros urbanos y espacios de gran afluencia.

Estos hubs agrupan varios puntos de recarga semirrápida (11-22 kW) y rápida ( $\geq 50$  kW), alimentados por energía con garantía de origen renovable. Incorporan sistemas de gestión energética avanzada que permiten:

- Optimizar la carga en función de la demanda y la disponibilidad de potencia.
- Monitorizar en tiempo real el estado de uso, consumo y rendimiento.
- Integrar generación distribuida (por ejemplo, fotovoltaica) o sistemas de almacenamiento en baterías, en algunos casos.
- Facilitar servicios adicionales como reserva anticipada, interoperabilidad entre operadores y pago digital.

Estos sistemas están diseñados para ser modulares y escalables, permitiendo su ampliación según aumente la demanda eléctrica.



Fuente: <https://www.ihobe.eus/actualidad/reserva-biosfera-urdaibai-estrena-un-punto-recarga-para-vehiculos-electricos-en-aparcamiento-ekoetxea-urdaibai>

Algunos ejemplos destacados en Euskadi incluyen:

- Ekoetxea Urdaibai (Busturia, Bizkaia): Punto de recarga público alimentado con energía 100% renovable en un entorno de alto valor ecológico. Cumple además una función pedagógica de sensibilización ambiental.
- Red Eroski-IBIL: Instalación de hubs en supermercados y centros comerciales en Bilbao, Donostia y Vitoria-Gasteiz, con recarga rápida y semirrápida, accesibles durante el horario comercial y con integración en apps de movilidad.
- Estación Intermodal de Vitoria-Gasteiz: Hub de recarga rápida para vehículos eléctricos privados y flotas compartidas, estratégicamente conectado con autobuses, trenes y parkings disuasorios, fomentando la movilidad intermodal de cero emisiones.

Este modelo de infraestructura pública contribuye a democratizar el acceso a la movilidad eléctrica, reducir emisiones de gases contaminantes y optimizar el uso del espacio urbano mediante soluciones compartidas y eficientes.

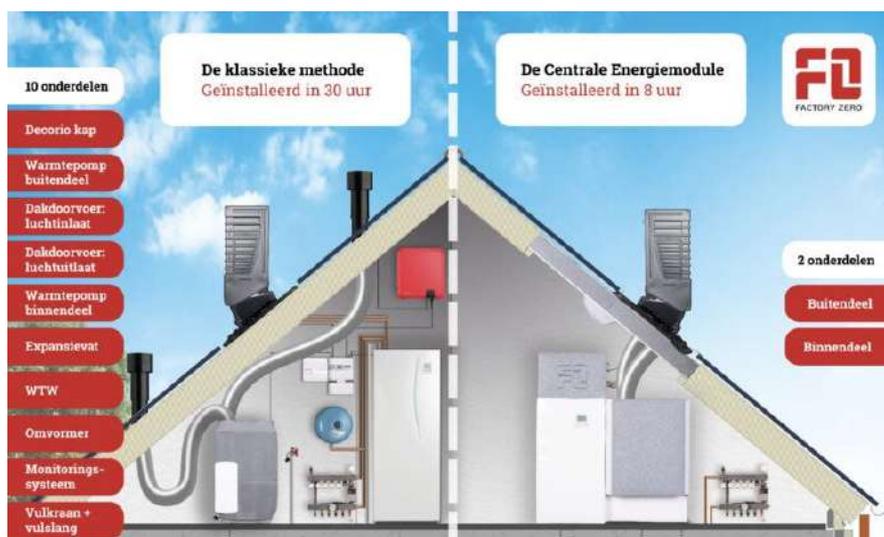
## D.6 Integración de Infraestructura de Movilidad Eléctrica en Instalaciones Corporativas

Como parte de una actuación desarrollada por SIMON en el marco de su compromiso con la movilidad sostenible, se instala una infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en el aparcamiento subterráneo de la sede corporativa del Banco Santander. El sistema se compone de 270 equipos de pared del modelo Neon Wall, cada uno con dos tomas tipo 2 y una potencia total de hasta 14,8 kW (7,4 kW por toma si ambas están en uso simultáneamente). Estos equipos permiten una gestión dinámica de la potencia, lo que implica que, si solo se utiliza una toma, puede alcanzar la potencia máxima disponible. Además, se contempla una ampliación futura con 50 unidades adicionales del modelo SM20. Para garantizar una gestión eficiente de la energía, se integran cinco autómatas de control que balancean la carga entre los distintos puntos de recarga, ya sea de forma fija (limitando la potencia cuando se supera el umbral de la línea) o dinámica (ajustando la potencia disponible según el consumo total del edificio). Estos autómatas están coordinados por un autómata maestro, conectado al sistema de gestión del edificio (BMS). El sistema incluye también una plataforma digital que permite a los usuarios activar los puntos de recarga mediante aplicación móvil, ordenador, código QR o tarjeta RFID, y recibir una tarificación automática basada en el consumo real. Esta solución integral proporciona una infraestructura segura, eficiente y escalable, adaptada a las necesidades actuales y futuras de movilidad eléctrica de la entidad.



## D.7 Módulos de energía

Es un proyecto de Factory Zero NL, empresa neerlandesa especializada en el desarrollo de módulos energéticos compactos y prefabricados para viviendas, facilitando la transición hacia edificaciones de alta eficiencia energética y consumo casi nulo. Aunque actualmente la empresa no sigue operativa uno de sus productos destacados es el iCEM (Integrated Climate and Energy Module), un módulo inteligente que proporciona calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y, opcionalmente, energía solar fotovoltaica. Este módulo, se integra en la cubierta de la vivienda, reduciendo el ruido y optimizando el espacio.



Fuente: Factory Zero.

La rehabilitación en serie, también conocida como construcción off-site, es una metodología que emplea elementos prefabricados para la renovación de edificios existentes. Esta técnica permite una ejecución más rápida y económica, minimizando las molestias para los ocupantes y mejorando la eficiencia energética de las edificaciones. Contribuye a este enfoque proporcionando módulos energéticos que se integran fácilmente en las estructuras existentes, facilitando la actualización de las instalaciones sin necesidad de intervenciones invasivas.

La adopción de este tipo de soluciones es esencial para avanzar hacia edificaciones más sostenibles y eficientes, alineándose con los objetivos de reducción de emisiones y consumo energético a nivel global.



Fuente: Factory Zero.

## D.8 Calefacción híbrida eficiente

El proyecto GoHyb, desarrollado por Orkli y desplegado mediante instalaciones piloto en Euskadi, propone una solución innovadora para la transición energética en viviendas con caldera de gas. Consiste en hibridar el sistema existente mediante la incorporación de una bomba de calor, sin necesidad de sustituir la caldera ni modificar los emisores. La bomba de calor cubre la mayor parte de la demanda térmica, mientras que la caldera actúa en momentos puntuales. Diseñado especialmente para rehabilitación, el sistema se integra con una plataforma IoT, termostatos inteligentes y una app desarrollada con Batura Mobile.

### -HIBRIDACIÓN inteligente de caldera (existente) con bomba de calor:



Esquema de funcionamiento – Fuente: Orkli

Las instalaciones piloto, realizadas en 12 viviendas de municipios como Beasain, Tolosa, Aretxabaleta, Lazkao, Zerain e Intxaurrondo, en colaboración con Sareteknika y Alokabide, muestran una reducción del consumo energético superior al 55% y de emisiones de CO<sub>2</sub> de más del 60%, con una participación de la bomba de calor por encima del 80%.



Instalación piloto ASMUBE (vivienda propiedad Ayto. Beasain) – Fuente: Orkli



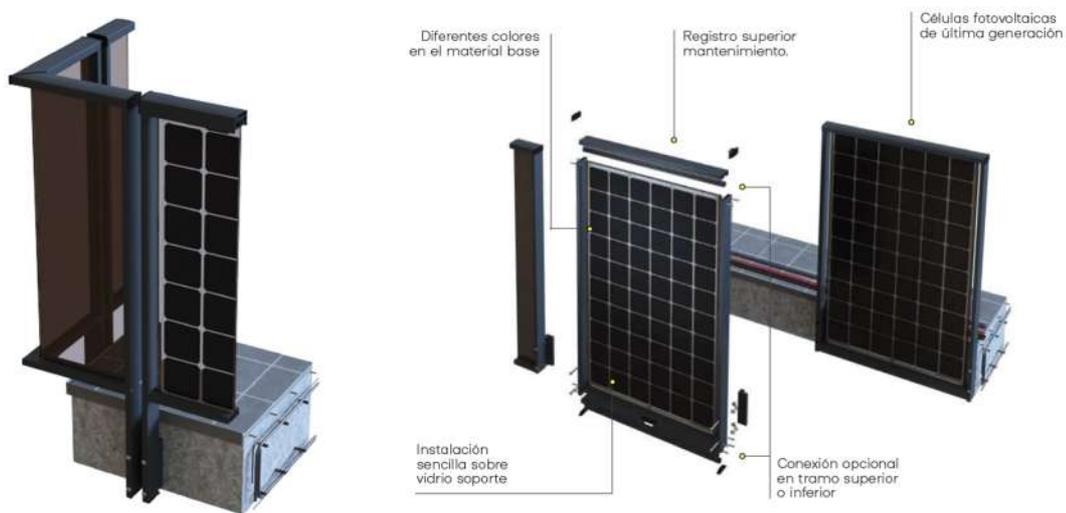
Instalación piloto en Tolosa (vivienda propiedad Alokabide) – Fuente: Orkli

Esta solución representa una alternativa realista y eficiente frente a la electrificación total, ya que reduce la inversión hasta en un 50%, minimiza el impacto sobre la red eléctrica y permite avanzar de forma gradual hacia la descarbonización del parque residencial existente.

#### ***D.9 Barandilla modular fotovoltaica***

---

EIBHO, en colaboración con IZPITEK, desarrolla una solución innovadora en sistemas de barandillas con la evolución del sistema MODULAR 2.0, ahora integrado con tecnología fotovoltaica de última generación. Este sistema se presenta como una solución ideal tanto para proyectos de nueva construcción como para rehabilitaciones, al combinar una estética contemporánea con altos estándares de seguridad, eficiencia energética y facilidad de instalación. Cada módulo se entrega completamente preparado desde fábrica, con el vidrio y la tecnología fotovoltaica ya integrados, lo que permite una instalación rápida, precisa y sin necesidad de ajustes adicionales en obra. El sistema MODULAR 2.0 ofrece a los instaladores una gran flexibilidad en la planificación y ejecución del proyecto, gracias a su diseño industrializado, su capacidad de regulación tridimensional en las bases y lineal en el pasamanos, y su compatibilidad con múltiples modelos. La tecnología InFlex, aplicada directamente sobre el vidrio, permite una conexión tipo “plug and produce”, optimizando los tiempos de instalación y reduciendo la complejidad técnica. Además, la distribución de las células fotovoltaicas se adapta al diseño del módulo, permitiendo su colocación en zonas que no interfieren con la visibilidad desde el interior de la vivienda. El sistema admite conexión superior o inferior, registro de mantenimiento accesible y acabados personalizables, lo que lo convierte en una solución avanzada que eleva el valor estético, funcional y sostenible de cualquier proyecto arquitectónico.



Prototipo Barandilla Modular Fotovoltaica 2.0 – Fuente: Eibho

### D.10 Generación Eólica Urbana

ROSEO plantea una propuesta innovadora para la generación distribuida de energía en entornos urbanos mediante la combinación de su tecnología incipiente ROSBI y la herramienta de simulación ANEMOI. ROSBI es una turbina minieólica diseñada específicamente para fachadas de edificios, capaz de aprovechar las corrientes verticales que se generan por debajo de la capa libre, lo que permite una integración arquitectónica armónica, con bajo impacto visual y acústico. Aunque aún se encuentra en fase de validación tecnológica, ya opera un piloto a escala real en condiciones controladas. En paralelo, ROSEO ya comercializa ANEMOI, un software avanzado de análisis y simulación del recurso eólico, que permite identificar ubicaciones óptimas para la instalación de minieólica tanto en entornos urbanos como rurales. Esta combinación permite abordar proyectos con mayor precisión desde la fase de diseño, optimizando la inversión y maximizando el rendimiento energético. En un contexto de creciente interés por soluciones energéticas distribuidas, la sinergia entre ROSBI y ANEMOI representa una oportunidad estratégica para avanzar en la descarbonización del entorno construido.



Piloto de minieólica urbana Rosbi con software Anemoi – Fuente: Roseo



*Partners in  
innovation.  
Leaders in  
construction.*

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

*Paseo de Uribitarte 3, 3<sup>rd</sup> floor – 48001 Bilbao (Spain)*  
*+34 944 810 304*  
*[www.buildinn.eu](http://www.buildinn.eu)*



---

# MEP-ZERO

---

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y  
TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO

*E2: Visualizador de las tecnologías detectadas en distintos escenarios de implementación y descarbonización*

---

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

## Índice de Contenidos

A	Herramienta de simulación de escenarios para la descarbonización.....	3
A.1	Introducción .....	3
A.2	Diagnóstico energético del parque residencial: usos térmicos actuales .....	4
A.2.1	Calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) .....	4
A.3	Matriz de sistemas de instalaciones existentes .....	5
A.4	Matriz de sistemas de instalaciones propuestas .....	7
A.5	Herramienta de simulación .....	8
A.6	Claves para la integración de bombas de calor .....	8



## A Herramienta de simulación de escenarios para la descarbonización

### A.1 Introducción

La herramienta de simulación desarrollada en el marco del proyecto MEP-ZERO tiene como objetivo facilitar el análisis y la planificación de intervenciones de descarbonización en el parque residencial de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), con un enfoque específico en las edificaciones construidas antes de 1980.

Esta herramienta toma como referencia técnica el Informe de prospectiva sobre climatización y ACS en edificación residencial elaborado por ATECYR para la Estrategia a Largo Plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE 2020). A partir de este informe, se han extraído y adaptado datos clave sobre la distribución tipológica de viviendas, los sistemas térmicos predominantes y sus niveles de eficiencia energética.

Según ATECYR, el 55% del parque de viviendas en España fue construido antes de 1980, es decir, antes de la entrada en vigor de la primera norma estatal sobre eficiencia energética, la NBE CT-79. En el caso de la CAPV, este porcentaje asciende al 63%, lo que representa aproximadamente 700.000 viviendas, de acuerdo con datos del EUSTAT. Estas edificaciones se caracterizan por:

- Ausencia o escaso aislamiento térmico en la envolvente.
- Ventanas con bajo rendimiento térmico y estanqueidad deficiente.
- Instalaciones térmicas obsoletas, basadas en combustibles fósiles (gasóleo, gas natural, carbón).
- Ineficiencia energética estructural, con consumos elevados y emisiones asociadas elevadas.

Por estas razones, las viviendas anteriores a 1980 constituyen un ámbito prioritario de actuación para alcanzar los objetivos establecidos por la Estrategia de Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050 (ELP 2050), que plantea una reducción del 90% de emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a 1990.

La herramienta permite simular escenarios de descarbonización mediante la sustitución de sistemas térmicos convencionales por alternativas eficientes y renovables, considerando:

- Las zonas climáticas C (Bizkaia y Gipuzkoa) y D (Álava), según el CTE.
- Las condiciones específicas del parque residencial anterior a 1980, tanto en términos constructivos como tecnológicos.
- La combinación de medidas activas (sistemas térmicos y generación renovable) con medidas pasivas (rehabilitación de envolvente) para alcanzar los objetivos de neutralidad climática.

Aunque la mejora de instalaciones térmicas y la incorporación de energías renovables son palancas fundamentales, se subraya que por sí solas no garantizan la descarbonización total. Por ello, la herramienta está concebida como parte de una estrategia integral de rehabilitación energética, que combine:

- Intervenciones sobre la envolvente térmica.
- Sustitución de sistemas técnicos convencionales.
- Implantación de generación renovable in situ.



## A.2 Diagnóstico energético del parque residencial: usos térmicos actuales

### A.2.1 Calefacción y agua caliente sanitaria (ACS)

Según una simulación del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), elaborada a partir de datos del MITERD, el IDAE y el proyecto SPAHOUSEC, el 100% de los 18,77 millones de hogares principales en España dispone de alguna instalación para suministro de agua caliente sanitaria (ACS). En cambio, un 10,4% de las viviendas carece de sistemas de calefacción, mientras que el 89,6% cuenta con algún tipo de solución térmica, ya sea individual, colectiva o mediante chimeneas y estufas.

En términos de consumo energético total, las viviendas unifamiliares (5,5 millones) son las que presentan mayor demanda, con cerca de 47.700 GWh anuales. La biomasa es la fuente dominante en este segmento (57,4% del consumo), seguida del gasóleo (18%) y el gas natural (15%).

Por su parte, las viviendas plurifamiliares con sistemas individuales (9,5 millones) consumen en torno a 26.500 GWh, aproximadamente la mitad que las unifamiliares. En este caso, el energético predominante es el gas natural, que representa el 58% del consumo, seguido por el gasóleo (19%) y la electricidad (9%).

Finalmente, las viviendas con calefacción colectiva (1,76 millones) registran el menor consumo energético, unos 4.000 GWh anuales. Aquí, el gas natural también es la fuente principal (69% del total), seguido del gasóleo (22%).

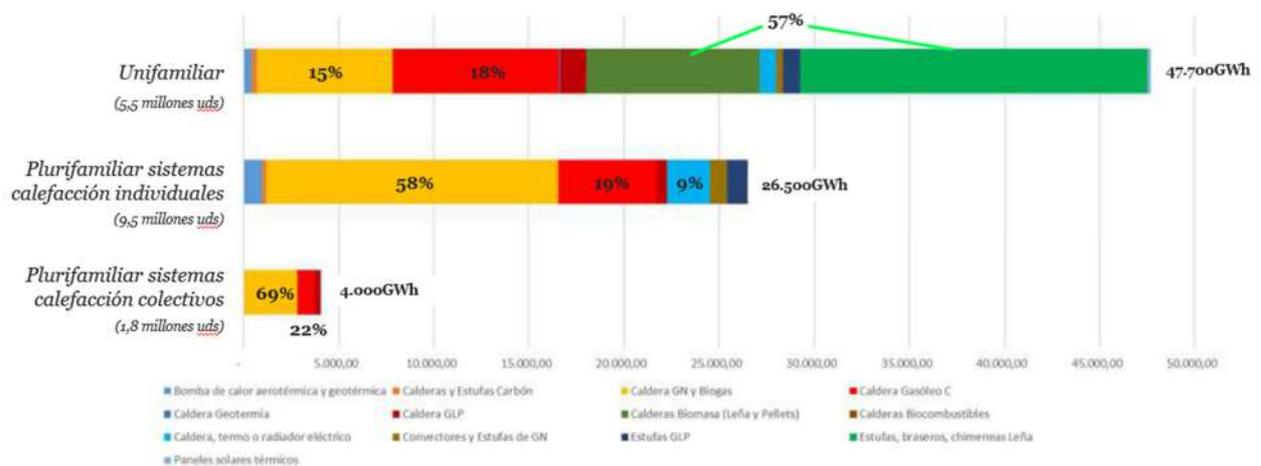


Figura: Distribución del consumo de energía en 2020 para Calefacción por equipos y combustibles, según tipología de vivienda y tipo de sistemas – individual y colectivo (GWh) - Fuente: Modelo de MITMA a partir de MITERD (modelo TIMES-SINERGIA) e IDAE

En lo que respecta al suministro de agua caliente sanitaria (ACS), aunque el consumo medio es similar entre viviendas unifamiliares y plurifamiliares, la distribución por fuentes energéticas muestra diferencias notables.

- En viviendas plurifamiliares, el gas natural es la fuente dominante: representa el 66,6% del consumo en sistemas colectivos y el 71,8% en sistemas individuales. Le siguen la electricidad, el GLP, y en menor proporción la energía solar y el gasóleo.
- En viviendas unifamiliares, el reparto es más equilibrado: la energía solar térmica aporta un 28,3%, el GLP un 25%, la electricidad un 17,6% y el gas natural un 15,8% del consumo total.

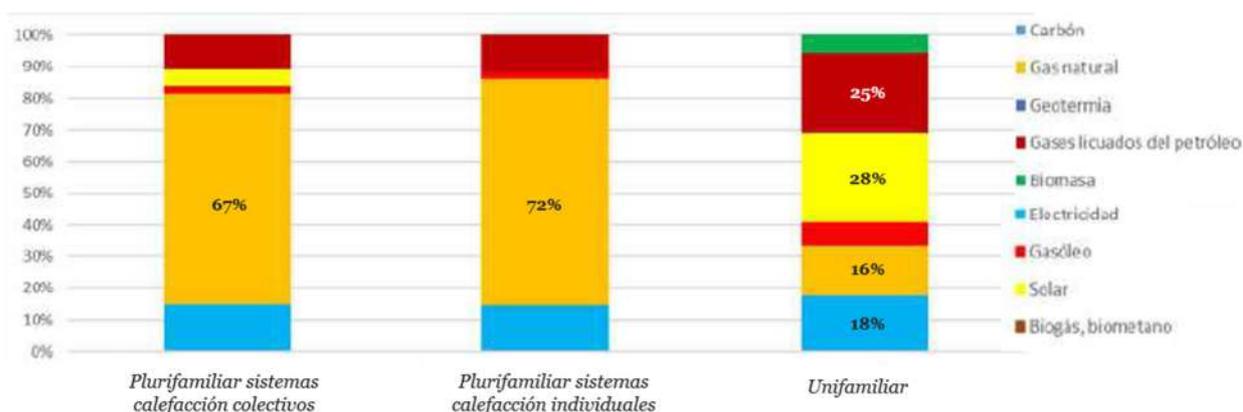


Figura: Distribución porcentual del consumo de energía para ACS por combustibles, según tipología de vivienda y tipo de sistemas individual, colectivo (% sobre total) - Fuente: Modelo de MITMA a partir de MITERD (modelo TIMES-SINERGIA) e IDAE

Este diagnóstico del parque residencial y su perfil energético permite contextualizar las prioridades de intervención en descarbonización. La fuerte presencia de sistemas fósiles y la limitada implantación de tecnologías renovables evidencian la necesidad de actuar de forma estructurada. A partir de esta base, los apartados F.3 y F.4 recogen, respectivamente, una clasificación de los sistemas actuales y una propuesta de soluciones más sostenibles y eficientes para su sustitución.

### A.3 Matriz de sistemas de instalaciones existentes

La siguiente imagen recoge una clasificación sistemática de los sistemas térmicos existentes en el parque residencial construido antes de 1980 en la Comunidad Autónoma del País Vasco, centrándose en la climatización y la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Esta matriz se ha elaborado a partir del análisis del informe de ATECYR para la ERESEE 2020, así como de datos territoriales adaptados a las zonas climáticas C y D.

Se incluyen tanto los sistemas individuales como colectivos, distinguiendo entre:

- Zona climática (C o D)
- Tipo de vivienda.
- Tipo de calefacción.
- Tipo de ACS.
- Presencia o ausencia de energías renovables en el sistema actual.

Esta radiografía permite visualizar el punto de partida realista y representativo del parque edificado vasco, identificando los focos principales de ineficiencia y dependencia de combustibles fósiles. Se trata de un diagnóstico esencial para construir escenarios de transición tecnológica coherentes y fundamentados:

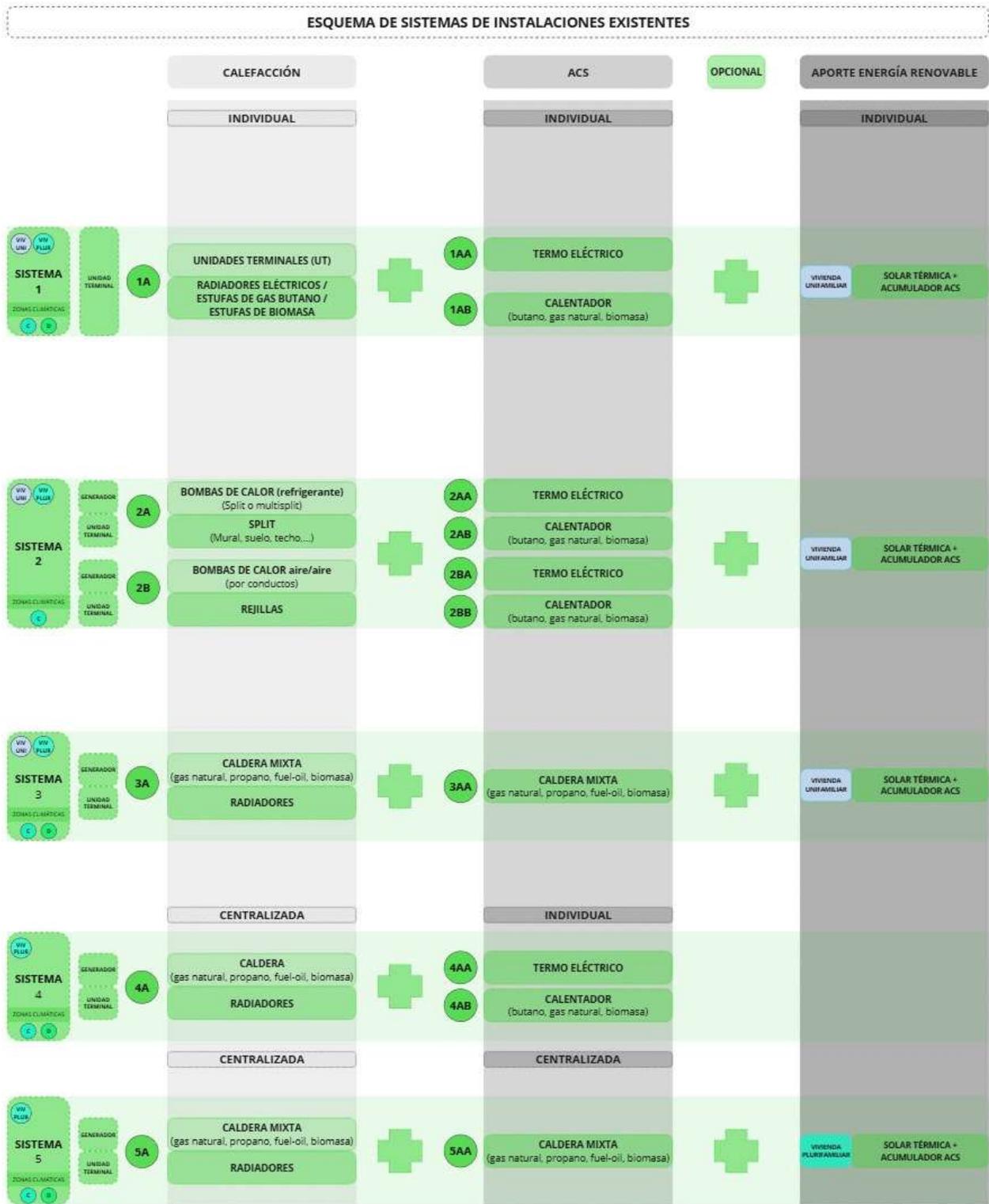


Figura: Esquema de sistemas de instalaciones existentes

### A.4 Matriz de sistemas de instalaciones propuestas

La siguiente imagen presenta una matriz de tecnologías térmicas descarbonizadas que se proponen como alternativas viables y adaptadas a las condiciones del parque edificado anterior a 1980 en la CAPV.

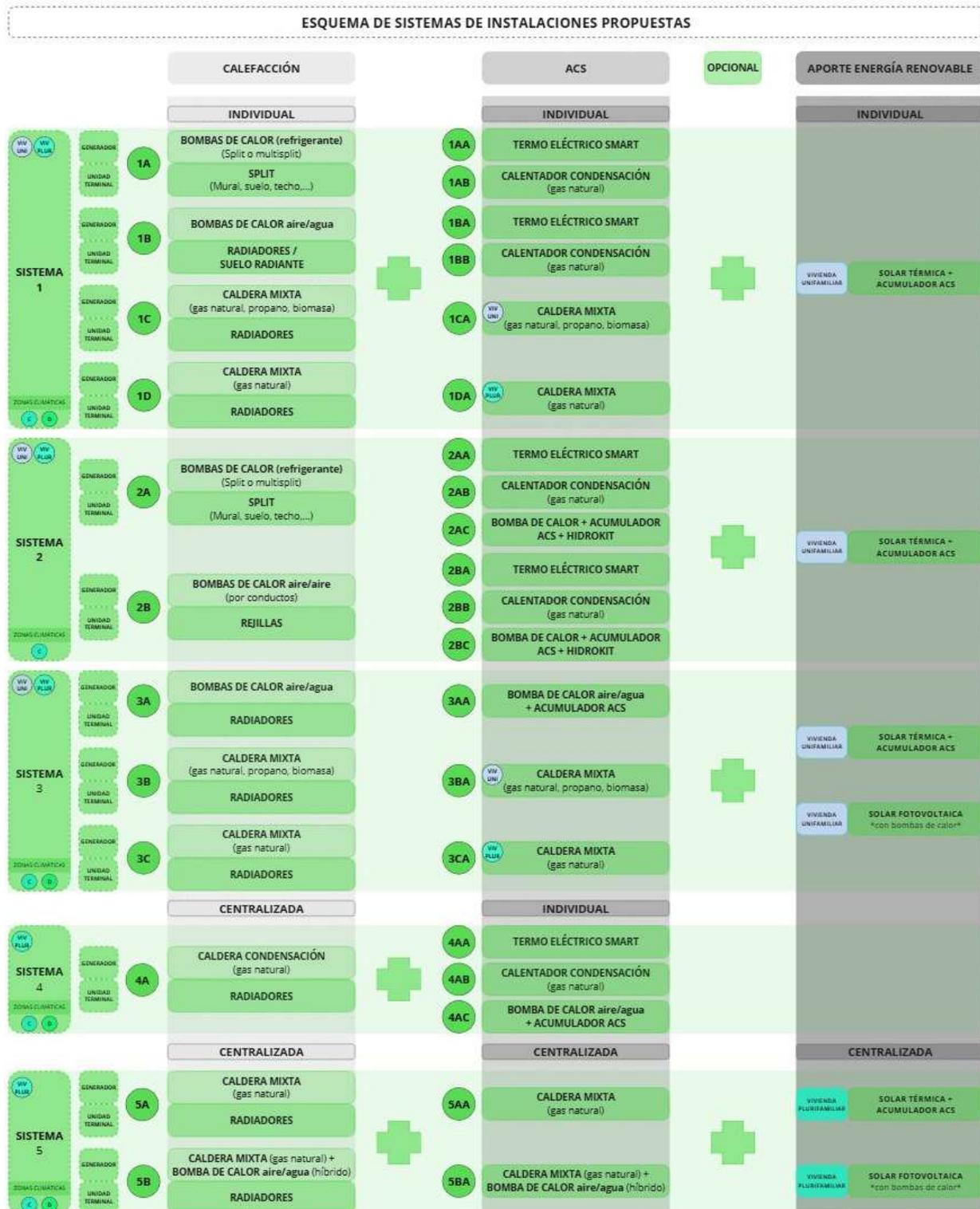


Figura: Esquema de sistemas de instalaciones propuestas

## A.5 Herramienta de simulación

A partir de las dos matrices anteriores, se ha desarrollado una herramienta interactiva de simulación en formato Power BI que permite explorar diferentes escenarios de descarbonización de instalaciones térmicas en edificios residenciales construidos antes de 1980.

La herramienta permite:

- Seleccionar zona climática (C o D), tipo de edificio, tipo de calefacción y tipo de ACS.
- Comparar el impacto de los distintos sistemas propuestos sobre la base del sistema existente.
- Estimar de forma orientativa el grado de descarbonización/electrificación y el grado de compatibilidad con los sistemas de generación de energía renovable.

Esta funcionalidad convierte la herramienta en un instrumento de apoyo a la toma de decisiones para agentes públicos y privados involucrados en procesos de rehabilitación energética, facilitando la planificación estratégica y la priorización de actuaciones en función de su potencial de descarbonización.

Enlace:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiaZTE3OGM1YjctZjRkOC00M2ZlLWVvOWltM2ZmU4OTg5ZjBjIiwidCI6ImUxYzcyNWY5LWZlZTEtNGE2ZS1hMTRkLUU2MTViMDYzZmY2MSIsImMiOjI9>



### PROYECTO MEP-ZERO

**ESTUDIO SOBRE LAS BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA LA INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE DESCARBONIZACIÓN EN EL SECTOR DE LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL**

El presente proyecto tiene como **objetivo potenciar el desarrollo e implantación de instalaciones para la descarbonización en los edificios residenciales existentes**. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio que propicie un proceso de aprendizaje y reflexión en torno a las casuísticas y las barreras que dificultan una mayor adopción de tecnologías descarbonizadas en los ámbitos de climatización y agua caliente sanitaria de alta eficiencia, generación de energía limpia y recarga de vehículos en el parque residencial edificado.

El estudio aspira, además, a convertirse en un **referente para la identificación de oportunidades de avance tecnológico y desarrollo de mercado**, abriendo nuevas líneas de negocio para empresas y fabricantes especializados en la rehabilitación, con un enfoque específico en las características y tipologías de las viviendas existentes en Euskadi.

Este trabajo se enmarca en la **Línea I** del Programa de Innovación de la Edificación **Eraikal** de Gobierno Vasco, concretamente en el apartado d) Estudios sobre instalaciones de los edificios de uso residencial. Su objetivo último es analizar las barreras y oportunidades para la incorporación de tecnologías de descarbonización — instalaciones térmicas descarbonizadas, generación de energía y electromovilidad— en el contexto de la **rehabilitación energética de edificios y viviendas existentes**.

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

**eraikal**  
PROGRAMA INNOVACIÓN EDIFICACIÓN  
EUSKADIA GOBIERNO VASCO

Colaboran:



Panasonic



simon



Figura: Portada de la herramienta



Figura: Sistemas de instalaciones existentes



Figura: Sistemas de instalaciones propuestas



*Partners in  
innovation.  
Leaders in  
construction.*

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

*Paseo de Uribitarte 3, 3<sup>rd</sup> floor – 48001 Bilbao (Spain)*  
*+34 944 810 304*  
*[www.buildinn.eu](http://www.buildinn.eu)*



---

# MEP-ZERO

---

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN  
TERRITORIAL, VIVIENDA Y  
TRANSPORTES DEL GOBIERNO VASCO

*E3: Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación analizadas en la fase*

---

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

## Índice de Contenidos

A	Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación.....	3
A.1	Oportunidades a escala distrito.....	3
A.2	Oportunidades a escala edificio.....	3
A.3	Oportunidades a escala vivienda.....	3
A.4	Matriz de oportunidades .....	4



## **A Matriz de oportunidades detectadas en las tres escalas de actuación**

Esta matriz analiza la viabilidad de implantar tecnologías de descarbonización en función de la escala de intervención: distrito, edificio y vivienda. Cada una presenta retos y oportunidades específicos según el nivel de agregación de demanda, el marco normativo aplicable, la facilidad de ejecución y el impacto potencial. Esta aproximación multiescalar permite identificar intervenciones realistas, con especial atención a su replicabilidad en el parque edificado del País Vasco.

### **A.1 Oportunidades a escala distrito**

---

La escala barrio o distrito constituye una de las más estratégicas para avanzar en la descarbonización del parque residencial, ya que permite generar economías de escala, optimizar infraestructuras comunes y favorecer la implicación colectiva. Esta escala facilita además soluciones sistémicas que integran vectores térmicos, eléctricos y de movilidad, con impactos positivos en eficiencia energética, cohesión social y resiliencia local.

### **A.2 Oportunidades a escala edificio**

---

La escala edificio representa una oportunidad clave para avanzar en la descarbonización del parque residencial del País Vasco, especialmente en el ámbito de la rehabilitación energética de edificios plurifamiliares. Esta escala permite intervenciones específicas sobre instalaciones térmicas, generación renovable y movilidad eléctrica, aprovechando los espacios y elementos comunes del inmueble (cubiertas, salas técnicas, garajes, etc.), y articulando procesos de decisión a través de comunidades de propietarios.

Además, es una escala ideal para aplicar modelos replicables y modulares, y para activar ayudas públicas o esquemas de financiación colectiva, sin requerir actuaciones urbanísticas complejas.

### **A.3 Oportunidades a escala vivienda**

---

La escala vivienda individual (ya sea unifamiliar o una unidad dentro de un bloque plurifamiliar) representa el nivel más inmediato de intervención en términos de eficiencia energética, confort y descarbonización. Aunque tiene menos potencial de agregación, permite una rápida toma de decisiones, adaptación a las necesidades concretas del hogar y reducción directa de emisiones y consumo energético.

Las tecnologías a esta escala son más compactas, autogestionadas y, en muchos casos, parcialmente subvencionables. La clave está en facilitar su implantación a través de marcos normativos claros, acompañamiento técnico y mecanismos financieros accesibles.



### A.4 Matriz de oportunidades

		MATRIZ DE OPORTUNIDADES EN LAS 3 ESCALAS DE ACTUACIÓN			
		NORMATIVAS / ADMINISTRATIVAS	TECNOLOGICAS	OPERACIONALES	FINANCIERAS
DISTRITO	INSTALACIONES TÉRMICAS	PEQU ADEPTADO A REDES TÉRMICAS RENOVABLES	GEOTERMIA O BIOMASA PARA REDES COLECTIVAS CENTRALIZADAS	CONSTITUCIÓN DE OPERADORES ENERGÉTICOS LOCALES PARA GESTIÓN DESCENTRALIZADA	MODELOS EPC (ENERGY PERFORMANCE CONTRACTING)
	GENERACIÓN RENOVABLE EN SITU	REGULACIÓN DEL USO COMPARTIDO DE CUENTAS PÚBLICAS VERDIALES ÚNICAS PARA COMUNIDADES ENERGÉTICAS	MICROREDES CON PV Y BATERÍAS APROPIADAS EN BARRIOS DE ALMACENAMIENTO	IMPULSO A COMUNIDADES ENERGÉTICAS RENOVABLES ORIGINAS DE RENOVACIÓN COMO APROYO	COMPRA MASA PARA DE EQUIPAMIENTO ENERGÉTICO
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	ZONIFICACIÓN ENERGÉTICA PARA NUBES DE RECARGA RESERVA DE APARCAMIENTO CON DOTACION VI	HUBS DE RECARGA INTELIGENTE CON INTEGRACIÓN BIDIRECCIONAL (V2G / V2H / V2L / TO GRID)	MODELOS DE GOBERNANZA MUNICIPAL, VECTORIAL	MODELOS COOPERATIVOS Y SUBSIDIOS PARA INSTALACIONES COLECTIVAS
				INTegración de INFRAESTRUCTURAS ENERGÉTICAS CON SISTEMAS DE MONITOREO COMPARTIDA	ACUERDOS SPA (POWER PURCHASE AGREEMENT) COMUNITARIOS
EDIFICIO	INSTALACIONES TÉRMICAS	ALINEAMIENTO DEL SITE Y CTE	SISTEMAS DE AEROTERMIA Y SOLAR TÉRMICA CENTRALIZADAS	SERVICIOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA CON MANTENIMIENTO INTEGRAL PREDICTIVO Y PREVENTIVO	SUBVENCIÓN COMBINADAS CON RENOVACIÓN E INSTALACIONES TÉRMICAS CENTRALIZADAS
	GENERACIÓN RENOVABLE EN SITU	CLARIFICACIÓN DEL MARCO LEGAL PARA AUTOCONSUMO COLECTIVO	PI COLECTIVA CON INVERSIÓN Y BATERÍAS DE ALMACENAMIENTO DISTRIBUIDA	GESTIÓN DE AUTOCONSUMO COMPARTIDO POR LA INTEGRACIÓN DE GENERACIÓN RENOVABLE CON REPARACIÓN ENERGÉTICA INTEGRAL	BONIFICACIONES FISCALES MUNICIPALES (REDUCCION IBI, EXENCIÓN ICI)
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	ADAPTACIÓN DEL MARCO HORIZONTAL PARA RECARGA RECONOCIMIENTO DEL DERECHO A INSTALAR	INFRAESTRUCTURA TÉCNICA PREINSTALADA EN ZONAS COMUNES	PLATAFORMAS DIGITALES DE RESERVA, SEGUIMIENTO Y GESTIÓN	FRANQUICACIÓN COLECTIVA ESCALONADA ADAPTADA A CADA VECINO
				INSTALACIÓN CON MANTENIMIENTO DELEGADO	AYUDAS MOVES III
VIVIENDA	INSTALACIONES TÉRMICAS	GUÍAS SIMPLIFICADAS PARA SUSTITUCIÓN DE SISTEMAS FÓSSILES	BOMBAS DE CALOR AEROTERMIA/CAE AIR AGUA INDIVIDUALES	PROTOSCOLOS DE INSTALACIÓN SANA Y ESTANDARIZADA	SUBVENCIÓNES INDIVIDUALES PARA ELECTRIFICACIÓN
	GENERACIÓN RENOVABLE EN SITU	INCLUSIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN AYUDAS	SISTEMAS DE CONTROL INTELIGENTE CON CONTROL REMOTO	SERVICIOS DE ACOMPAÑAMIENTO TÉCNICO PERSONALIZADOS	MAJORITARIANCIÓN REDEBL O MICROCOOPERTAS VERDES
	RECARGA DE VEHÍCULO ELÉCTRICO	REGULACIÓN PARA DERECHO INDIVIDUAL EN GARAJES PRIVADOS	KITS DE AUTOCONSUMO BY PLUG AND PLAY CON BATERÍAS	INSTALACIONES LLAVE EN MANO POR PARTE DE EMPRESAS INSTALADORAS	AYUDAS DIRECTAS PARA AUTOCONSUMO
		INCLUSIÓN DE LA RECARGA EN AYUDAS	SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS COMPACTOS	INTegración con otras ACCIONES DE EFICIENCIA	DESARROLLO DE ESTUDIOS DE CASO Y HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE RETORNO DE INVERSIÓN



*Partners in  
innovation.  
Leaders in  
construction.*

**BUILD:INN**  
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

*Paseo de Uribitarte 3, 3<sup>rd</sup> floor – 48001 Bilbao (Spain)*  
*+34 944 810 304*  
[www.buildinn.eu](http://www.buildinn.eu)