DESCARBONIZAR LAS CALEFACCIONES CENTRALES EN ESPAÑA

Guía para profesionales

CSCAE

Editan
Consejo Superior de los colegios de Arquitectos de España (CSCAE)
Madrid, junio 2025

Coordinación del estudio
Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE)
Elvira López Vallés

Autores
Fundación TECNALIA Research & Innovation
Equipo de trabajo: Pablo de Agustín Camacho, Ana Mera Vázquez

Diseño y maquetación
Sara Namour
Manuel Rodríguez Pérez

Revisión
Elvira López Vallés
Manuel Rodríguez Pérez
Violeta Rodríguez González

Ilustración de portada
Batzolades

©2025, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España-CSCAE Todos los derechos reservados.

SUMARIO

1/ INTRODUCCIÓN

1.1/ OBJETIVO DE LA GUÍA 5
1.2/ ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO 6
1.3/ FUENTES Y DOCUMENTACIÓN 6

2/ EL PUNTO DE PARTIDA: UN ANÁLISIS TRANSVERSAL DE LOS CONDICIONANTES

2.1/ CONDICIONANTES TÉCNICOS DEL EDIFICIO Y SU ENTORNO 10
2.2/ IMPACTO DE LA SOLUCIÓN EN LA DESCARBONIZACIÓN 12
2.3/ ALCANCE DE LA INTERVENCIÓN 12
2.4/ VALORACIÓN DE COSTES 14
2.5/ DURACIÓN DE LAS OBRAS 15
2.6/ GESTIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA 15
2.7/ HORIZONTE DE INNOVACIÓN DE LA SOLUCIÓN 16
2.8/ GESTIÓN DE RESIDUOS 16

3/ UNA VISIÓN GENERAL DE LA NORMATIVA

3.1/ REGULACIÓN DE LOS ACUERDOS EN LAS COMUNIDADES DE PROPIETARIOS 20
3.2/ EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) 22
3.3/ EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE) 25
3.4/ ASPECTOS URBANÍSTICOS 26

4/ ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

4.1/ REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA 29
4.2/ CONEXIÓN A REDES DE CALOR EXISTENTES 30
4.3/ CAMBIO DE EQUIPOS 32
4.4/ COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS 35
4.5/ APOYO DE RENOVABLES: SOLAR TÉRMICO O FOTOVOLTÁICO 38
4.6/ ADAPTACIÓN A OTRO COMBUSTIBLE 39

5/ CASOS PRÁCTICOS DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA

5.1/ CALDERA CENTRALIZADA DE CALEFACCIÓN Y ACS DE GAS NATURAL EN LA ZONA CLIMÁTICA E1 43
5.2/ CALDERA COMUNITARIA PARA LA CALEFACCIÓN DE GASÓLEO ZONA CLIMÁTICA C1 59

1/
INTRODUCCIÓN

1.1 / OBJETIVO DE LA GUÍA

Esta guía forma parte del estudio "Descarbonizar las calefacciones centrales en España", que parte del interés por conocer el reto y las posibilidades que existen para descarbonizar las calefacciones centrales en nuestro país. Los resultados del estudio se recogen en dos publicaciones:

- "*Descarbonizar las calefacciones centrales en España. Contexto y soluciones para su impulso*", informe en el que se define el escenario actual de las calefacciones centrales en España, junto con el dimensionamiento territorial del reto, y las recomendaciones para políticas públicas y planes estratégicos, reflexionadas tras todo el trabajo de estudio.

- El presente texto, "Descarbonizar las calefacciones centrales en España. Guía para profesionales", en el que se caracterizan las soluciones tecnológicas prácticas para sustitución y mejora de los sistemas de calefacción en proyectos de rehabilitación.

Según datos del MITMA, en España hay 1.759.961 hogares en viviendas plurifamiliares con calefacción central, que se corresponde con el 10,5% de los hogares con servicio de calefacción. El consumo medio de estas viviendas es de 2.301,1 KWh anuales, sumando un consumo total de 4.049,8 GWh.

Este consumo se reparte en un 69,1% en calderas centrales de Gas Natural, otro 21,8% en calderas de Gasóleo y otro 7,9% en calderas de GLP, con porcentajes inferiores al 1% para bombas de calor, paneles solares térmicos y calderas de carbón. Por lo tanto, la mayor parte de estos edificios han de ser descarbonizados en los próximos años.

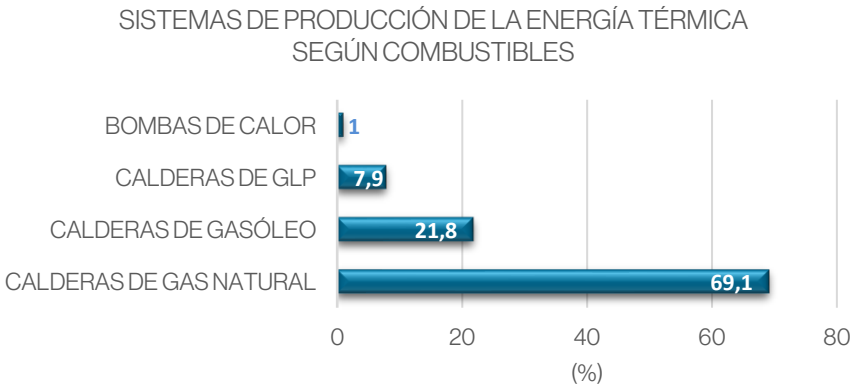


Figura 1. Reparto en porcentajes de los sistemas de producción de calefacciones centrales según el combustible empleado. Elaboración propia a partir de datos del MITMA.

El problema de los sistemas de calefacción centralizados en España difiere de otros casos europeos por varios motivos, entre los cuales cabe destacar la existencia mayoritaria de edificios de viviendas en multipropiedad, lo que complica profundamente la toma de decisiones; Por otra parte, la inexistencia de una gestión profesional y optimizada de los sistemas hace que apenas se hayan modernizado. Todo esto deriva en que los procesos de descarbonización de este número tan elevado de instalaciones se hagan más dificultosos.

Además, los arquitectos/as que abordan rehabilitaciones en profundidad se topan con que no existen alternativas claras y sistematizadas para resolver de manera exitosa la transformación. En muchas

ocasiones, las soluciones técnicas más difundidas no tienen en cuenta la complejidad de las intervenciones y las múltiples casuísticas que se presentan, tales como el tipo y ubicación de la generación térmica, la estructura y trazado de la red de distribución, el tipo de unidades terminales, etc. Toda esta casuística particular de cada intervención complica, y habitualmente encarece, la intervención. En definitiva, se conjugan barreras culturales, jurídicas, técnicas y económicas que requieren de un análisis previo y una propuesta final de carácter integral que resuelva todas estas cuestiones.

El objetivo de esta guía es reforzar el criterio de los/as arquitectos/as para abordar este tipo de proyectos. Para ello, se proponen estrategias de intervención y se analizan los condicionantes técnicos, económicos, normativos y sociales de las distintas soluciones científico-técnicas. Como ilustración de todo lo anterior, al final del documento se analizan dos ejemplos representativos de los casos más comunes.

1.2 / ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Esta guía forma parte del estudio "Descarbonizar las calefacciones centrales en España", que parte del interés por conocer el reto y las posibilidades que existen para descarbonizar las calefacciones centrales en nuestro país. Los resultados del estudio se recogen en dos publicaciones:

El contenido se organiza en cinco bloques principales:

1. **Introducción**, donde se contextualiza el reto de la descarbonización y se define el objeto de la guía.

2. **Análisis transversal de condicionantes**, que describe los factores técnicos, normativos y operativos que afectan a cada intervención.

3. **Marco normativo**, incluyendo la regulación que afecta a los acuerdos en comunidades de propietarios y las exigencias del CTE y específicamente el RITE.

4. **Estrategias de intervención**, donde se analizan distintas soluciones técnicas estructuradas por tipología de intervención.

5. **Casos prácticos**, donde se ilustran las estrategias mediante ejemplos reales en distintos escenarios climáticos y tecnológicos.

1.3 / FUENTES Y DOCUMENTACIÓN

Las principales fuentes de información empleadas para la elaboración de esta guía han sido:

→ El informe base **"Descarbonizar las calefacciones centrales en España. Contexto y soluciones para su impulso"** (Fundación TECNALIA + CSCAE, 2024).

→ Datos del **Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA)** sobre consumo energético y tipología de viviendas con calefacción central.

→ El **Censo de Población y Viviendas 2021** y la **Encuesta de Características Esenciales de la Población y las Viviendas (ECEPOV 2021)** elaborados por el **Instituto Nacional de Estadística (INE)**.

→ Las principales **directivas europeas** sobre eficiencia energética y energías renovables:

- EPBD (Directiva 2010/31/UE y revisiones hasta 2024/1275),
- EED (Directiva 2023/1791),
- RED (Directiva 2023/2413), en el marco del Pacto Verde Europeo, Objetivo 55 y RePowerEU.

→ **Documentos estratégicos del Gobierno de España**, como:

- Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética,
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC),
- Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra (ELP 2050),
- Estrategia para la Rehabilitación Energética del Sector de la Edificación (ERESEE).

→ Legislación específica como la **Ley de Propiedad Horizontal (LPH)** y sus modificaciones más recientes relativas a rehabilitación energética y acuerdos comunitarios.

→ Referencias técnicas reglamentarias como el **Código Técnico de la Edificación (CTE)** y el **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)**, en especial en lo referido al DB-HE y los requisitos de eficiencia energética y energías renovables.:

2/
EL PUNTO DE PARTIDA:
UN ANÁLISIS TRANSVERSAL DE CONDICIONANTES

Gran parte del valor diferencial de la participación del arquitecto/a en la intervención sobre edificios existentes está en su enfoque global y transversal. “Global” porque no se centra exclusivamente en el elemento sobre el que hay que intervenir (en este caso, las calefacciones centralizadas), sino que es capaz de analizarlo y comprenderlo dentro del contexto de la edificación completa, su comportamiento pasivo y la participación de sistemas activos, ofreciendo soluciones completas y coherentes con el contexto. Y “transversal” porque se combinan los aspectos técnicos con otras cuestiones de índole medioambiental, económica o social, trabajando para ofrecer la respuesta mejor y más adaptada a la realidad de los clientes.

En la línea de la transversalidad, este apartado describe una propuesta de condicionantes que **analizar a la hora de definir la mejor solución para descarbonizar una calefacción central:**

→ Contexto climático del edificio. Zona climática normativa y exigencias de cumplimiento derivadas de dicha localización y alcance de la intervención.

→ Estructura de propiedad del edificio con definición precisa de las zonas privativas y zonas comunes. Cuartos técnicos existentes y disponibilidad de otros espacios para estos fines.

→ Análisis previo del edificio en su conjunto valorando su comportamiento pasivo, en especial el estado y condiciones de su envolvente térmica.

→ Calidad acústica y ambiental de los espacios interiores del edificio.

→ Cálculo de las cargas térmicas precisas que se han de neutralizar en función de los resultados de los puntos anteriores.

→ Descripción completa y caracterización de las instalaciones de calefacción existentes, sus componentes y redes de distribución, así como de las unidades terminales de las que disponen los espacios acondicionados del edificio.

→ Condicionantes y limitaciones técnicas que presenta el edificio y su entorno. Inventario de estas y definición de alternativas y posibles soluciones. En este apartado, es importante relacionar, entre otras cuestiones, las siguientes:

- disponibilidad de espacio actual y necesidades futuras con la nueva instalación,
- red de calor de distrito,
- capacidad de la red eléctrica y posibles modificaciones/ampliaciones que puedan exigir las compañías, primeras consultas en este sentido.
- existencia de red de gas natural/GLP canalizado, necesidades actuales en el edificio de este combustible. Supresión o modificación y transformación.
- Impacto sonoro de las soluciones que se quieren proponer,
- Capacidad estructural de la cubierta y repercusión del incremento de cargas.

→ Análisis de alternativas y valoración de estas relacionando ventajas e inconvenientes respecto a cuestiones tales como:

- Alcance de la intervención.
- Valoración de los costes asociados a la intervención.
- Duración de las obras.
- Innovación.
- Residuo generado.
- Gestión de la operación y suministro del nuevo sistema.

- Impacto de la descarbonización.
- Acuerdos comunitarios.

2.1/ CONDICIONANTES TÉCNICOS DEL EDIFICIO Y SU ENTORNO

Es fundamental conocer los condicionantes técnicos del edificio y su entorno, ya que afectan a la toma de decisiones y la elección de la solución definitiva a adoptar. Se propone analizar los siguientes aspectos:

→ **Existencia de red de calor de distrito**. La solución de conexión a red de calor está supeditada a la existencia de dicha red. En caso de haberla, nos informaremos de sus características: combustible, agua a alta o baja temperatura, capacidad del sistema, sistema de gestión...

→ **Disponibilidad de espacios**. Este punto puede ser crítico a la hora de optar por determinadas tecnologías. Atender a ubicaciones como:
- Salas de calderas, para equipos de generación, transferencia y almacenamiento térmico;
- Tejados, cubiertas, azoteas...necesarios para implementar sistemas como la captación solar o elementos de disipación/captación de energía como condensadores/evaporadores de bombas de calor;
- Terrenos subterráneos para la ubicación del almacenamiento de biomasa o almacenamiento térmico;
- Espacios colindantes/adyacentes, necesarios, por ejemplo, para las instalaciones de intercambio geotérmico con el terreno mediante sondeos verticales u horizontales.

En las fichas de análisis del apartado 4, se detallan las necesidades de espacio requeridas para cada intervención.

→ **Insonorización de espacios**. Cuando se valore la existencia de espacios, también habrá que analizar su insonorización, ya que la ubicación de ciertos elementos de las nuevas instalaciones, como pueden ser las bombas de calor o la descarga de biomasa, puede provocar molestias o incumplir normativas de ruido.

→ **Repercusión sobre las condiciones de seguridad en caso de incendio del edificio** y en particular de los cuartos técnicos necesarios. En general los cuartos técnicos relacionados con la producción de energía y la distribución eléctrica dentro del edificio pueden estar sometidos a la calificación de cuartos de riesgo especial y requerir de tratamiento específico en su envolvente y acceso, además de otros requisitos respecto a la dotación de sistemas activos.

→ **Capacidad de carga de forjados y cubiertas**. En el caso de optar por intervenciones que afecten a la cubierta, terrazas o azoteas, debe tenerse en cuenta la nueva carga a soportar por la estructura y valorar la posibilidad de instalar, si fuera necesario, un mayor número de unidades más pequeñas y de menor peso de forma que se pueda distribuir la carga. Otra opción, comúnmente utilizada es la disposición de bastidores y perfiles distribuidores de la carga sobre una superficie más amplia.

→ **Capacidad de la red eléctrica**. En algunos casos, debe valorarse la posibilidad de incrementar la potencia. Si se fuera a requerir, habrá que comprobar si puede ser resuelto con facilidad y rapidez o, por el contrario, ser una limitación, por ejemplo, en el caso de que la red de distribución no

disponga de esa capacidad en la zona concreta y conlleve a la instalación de un nuevo centro de trasformación. En este sentido, el valor límite son los 100 kW de potencia requerida, por encima de este valor se plantea la necesidad de la instalación de dicho centro de transformación. Esta exigencia se suele recoger en las normas particulares de las empresas distribuidoras. Además, en ese caso, el solicitante deberá asumir la construcción y cesión gratuita del CT.

→ **Existencia de red de gas natural y/o GLP canalizado**. A pesar de no considerarse una solución de descarbonización por sí misma, su existencia puede ser de interés para soluciones híbridas e integradas en sistemas centralizados.

Considerando toda esta información recopilada, valoraremos **qué soluciones son viables y coherentes teniendo en cuenta el contexto y condicionantes del edificio y su entorno**. En el siguiente apartado se comparten dos matrices para facilitar el análisis de estos y otros condicionantes.

Se han generado una matriz que permite identificar de forma ágil la viabilidad técnica de cada solución tecnológica.

MATRIZ 1 CONDICIONANTES TÉCNICOS

La leyenda que se ha utilizado en la composición de la matriz es la siguiente:

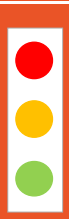
Símbolo	Descripción
✖	La intervención **no es viable** bajo esos condicionantes técnicos.
	La solución **es viable**.
	Se indica el potencial relativo de descarbonización de las intervenciones viables bajo esos condicionantes técnicos con el siguiente código de colores:
	- **verde** el de mayor potencial
	- **rojo** el de menor potencial
	- **amarillo** el de potencial intermedio
	El código de colores debe por tanto ser leído por filas y no en columnas.
n/a	El condicionante técnico **no es relevante** para la intervención.

Figura 2. Leyenda para la interpretación de la matriz 1.

Esta primera matriz de selección y grado de adecuación de las intervenciones en función de los condicionantes técnicos del edificio, así como del potencial de descarbonización de todas aquellas que son viables, queda de la siguiente forma:

Condicionantes técnicos ↓		Intervenciones →	Adaptación a otro combustible			Cambio de equipos					Combinación de tecnologías		Mejoras adicionales
			Gas natural/GLP	Biometano	Biodiesel	Caldera gas condensación	Caldera biomasa	Bomba de calor aire agua (aerotermia)	Bomba de calor agua agua (geotermia / hidrotermia)	Intercambiador de calor	Hibridación caldera gas / bomba de calor	Caldera biomasa con apoyo de caldera de gas natural	Respaldo solar: térmico o fotovoltaico
Disponibilidad de espacio	Si,Tejado/Azotea		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	n/a	n/a	🟡	n/a	🟢
	Si,sala calderas, subterraneo, trastero		n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	🟢	🟢	n/a	🟡	🟡	n/a
	Si, colindante/adyacente		n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	🟢	🟢	n/a	🟡	🟡	n/a
	No dispone de espacio		n/a	n/a	n/a	🟡	✖	✖	✖	n/a	✖	✖	n/a
Disponibilidad gas natural/GLP	Si, gas natural canalizado		🔴	🟢	n/a	🟡	n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	🟢	n/a
	Si, distribución GLP en vehículo cisterna		🔴	✖	n/a	🔴	n/a	n/a	n/a	n/a	🟡	🟡	n/a
	NO		✖	✖	🟡	✖	n/a	n/a	n/a	n/a	✖	✖	n/a
Existe red de distrito	Si, de alta temperatura		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	n/a	n/a	n/a
	Si, de baja temperatura		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	🟢	n/a	n/a	n/a	n/a
	NO		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

Figura 3. Matriz 1 de selección de las diferentes intervenciones en función de condicionantes técnicos intrínsecos al edificio.

2.2/ IMPACTO DE LA SOLUCIÓN EN LA DESCARBONIZACIÓN

Uno de los principales criterios que se han de considerar, a la hora de seleccionar entre las distintas soluciones de intervención, es su impacto en la descarbonización respecto al sistema preexistente y que, constituye el objetivo central de esta guía. Esta prioridad, responde al hecho de que los sistemas de calefacción representan uno de los factores más determinantes en las emisiones del sector residencial en España.

Para hacer frente a este desafío, la Unión Europea ha establecido una serie de medidas regulatorias orientadas a acelerar la transición hacia sistemas térmicos más sostenibles. En particular, a partir del 1 de enero de 2025 se eliminarán todos los incentivos financieros destinados a la instalación de nuevas calderas independientes alimentadas por combustibles fósiles, como el gas natural, el gasóleo o el carbón. Además, la normativa europea prevé que para el año 2040 se prohíba por completo el uso de este tipo de calderas en los hogares europeos, en línea con los objetivos de neutralidad climática establecidos a medio y largo plazo.

El impacto en la descarbonización de cada solución se refleja en las fichas de análisis del apartado 4, distinguiendo entre bajo, medio o alto impacto en la descarbonización. En los casos prácticos, es posible ver los impactos cuantificados para dos ejemplos concretos.

2.3/ ALCANCE DE LA INTERVENCIÓN

Es importante definir el grado de intervención requerido para implementar cada solución, tanto en lo que afecta a las zonas comunes del edificio, como a las viviendas en su espacio privativo. Existen varios espacios que se pueden ver afectados y que resultan en una intervención de diferentes escalas:

→ **Sala de calderas/ sala técnica.**

→ **Otros espacios:** se indica la necesidad de uso de otros espacios como cubiertas, terrazas o zonas adyacentes/colindantes para que la intervención sea viable.

→ **Espacios de conexión:** necesarios para la distribución principal y el enlace de esta con las redes de usuario.

→ **Elementos terminales:** se indican los casos en los que los elementos terminales se ven afectados por la intervención descrita en la ficha y que afectarían al interior de cada vivienda.

MATRIZ 2 NIVEL DE INTERVENCIÓN

En el caso de esta matriz, se diferencia entre dos ámbitos principales, vivienda y edificio.

→ En el edificio se diferencian las posibles zonas de intervención: sala de calderas, cubierta/terraza/azotea y otros espacios como espacios adyacentes o colindantes.

→ En la intervención en vivienda, se refiere a modificaciones en la instalación de distribución y sus elementos terminales.

→ También se analiza si puede existir afección significativa a compañías de suministro.

La leyenda que se ha utilizado en la composición de la matriz es la siguiente:

Símbolo	Condición	Descripción
N	Necesario	La actuación implica la necesidad de intervenir al nivel indicado **siempre**.
D	Depende	La actuación implica la necesidad de intervenir al nivel indicado **a veces**, en función de la situación inicial antes de la intervención.
A1/A2	Alternativa	La actuación implica la necesidad de intervenir al nivel indicado en las alternativas presentadas como "A1" o "A2". No son necesarias ambas, pero si **una de ellas**.

Figura 4. Leyenda para la interpretación de la matriz 2.

La matriz 2, para el nivel de intervención, quedaría de la siguiente forma:

Nivel de Intervención ⬇	Intervenciones ➡	Adaptación a otro combustible			Cambio equipos					Combinación de tecnologías		Mejoras adicionales
		Gas natural/ GLP	Biometano	Biodiesel	Caldera gas condensación	Caldera biomasa	Bomba de calor aire agua (aerotermia)	Bomba de calor agua agua (geotermia / hidrotermia)	Intercambiador de calor	Hibridación caldera gas / bomba de calor	Caldera biomasa con apoyo de caldera gas natural	Respaldo solar: térmico o fotovoltaico
EDIFICIO	Sala de Calderas	N	D	D	N	N	N	N	N	N	N	D
	Azotea	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	A1	n/a	n/a	A1	n/a	N
	Otros espacio: espacios adyacentes/colindantes	D	n/a	n/a	n/a	N	A2	N	N	A2	N	n/a
VIVIENDA	Elementos terminales: suelo radiante/fancoils	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	D	D	n/a	D	n/a	n/a

Figura 5. Matriz 2 de selección de las diferentes actuaciones en función del nivel de intervención en edificio y en vivienda.

2.4/ VALORACIÓN DE COSTES

Una vez se hayan identificado las soluciones que son técnicamente viables, entramos a valorar los costes asociados a cada intervención, el aspecto que más suele importar al cliente. Se ha de valorar, por un lado, la inversión inicial; y, por otro, los costes de operación del sistema una vez entre en funcionamiento.

→ **Inversión inicial, coste de implantación:** Incluye el coste de ejecución de los trabajos y legalización del sistema. En definitiva, lo que el promotor tendrá que abonar para contar con el nuevo sistema en disposición de servicio.

En las fichas de análisis de soluciones del apartado 4, se ha incluido una valoración de esta inversión inicial, pero, dado que el coste de las actuaciones es muy variable y dependiente de factores difíciles de generalizar, se ha optado por realizar una valoración del coste relativo de unas intervenciones respecto de otras. De esta forma no se debe tomar el valor absoluto del coste de la intervención, si no valorar comparativamente una intervención respecto de las demás.

Para la cuantificación del coste de las intervenciones a nivel de sala de calderas/técnica se ha tomado como base el supuesto de una caldera de gasóleo que provee calefacción y agua caliente sanitaria a 4 bloques de edificios de 20 viviendas cada uno.

Tras este ejercicio, se han establecido unos rangos de coste de la intervención que sirvan de orientación pero que no son generalizables. Cada caso debe ser estudiado teniendo en cuenta no solo sus características, sino también la ubicación geográfica para valorar, tanto la potencia instalada requerida, como la variabilidad de los precios de unas regiones a otras. Estos rangos son los siguientes:

Símbolo	Descripción	Precios para el caso supuesto
€	Bajo	<15k€
€ €	Medio	15-100k€
€ € €	Alto	100-250k€
€ € € €	Muy alto	>250k€

Figura 6. Coste de intervención en el caso supuesto.

→ **Costes de operación:** No podemos olvidarnos de este aspecto cuando informemos al cliente, ya que cada tecnología lleva asociados unos costes de funcionamiento. Estos dependerán, en cada caso o intervención, de distintos factores:

- El uso de energía final por parte del sistema para satisfacer la demanda térmica (directamente relacionado con la eficiencia de este).
- El coste unitario de dicha energía final (dependiente del coste del vector energético empleado: electricidad, gas natural, biomasa, etc. cuyo precio puede oscilar en los mercados).
- Las necesidades de mantenimiento de cada tecnología.

2.5/ DURACIÓN DE LAS OBRAS

Otro de los aspectos que más suelen preocupar a los usuarios finales es la duración de las obras, es decir el tiempo sin servicio o con el servicio intermitente de calefacción y con posibles molestias.

Al igual que en caso del coste de las intervenciones, la duración de las obras es altamente dependiente de la magnitud de la obra que se va a realizar, por lo que se ha optado por abordar su cuantificación de la misma forma que el coste, de manera que la lectura de este dato debe realizarse de forma comparativa entre casos. No debe tomarse como valor absoluto en ningún caso.

Símbolo	Descripción	Duración de la obra para el caso supuesto
	Bajo	Inferior a 1 semana
	Medio	Entre 1 semana y 1 mes
	Alto	Entre 1 y 3 meses
	Muy alto	Superior a 3 meses

Figura 7. Estimación de duración de la intervención en el caso supuesto.

2.6/ GESTIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO SISTEMA

Otro aspecto que los usuarios deben conocer para tomar una decisión adecuada e informada es la previsión respecto a la gestión del sistema. Es posible que no sean conscientes de los cambios que van a tener que afrontar con respecto a la anterior instalación, como por ejemplo los relativos a la regulación individual, la frecuencia y alcance de las operaciones de mantenimiento, etc. Por eso, es de vital importancia facilitar toda la información a lo largo del proceso. Esta labor didáctica evita sorpresas de última hora y establece un vínculo de confianza entre los usuarios y el arquitecto/a al frente del proyecto.

En lo relativo a la nueva instalación centralizada, su gestión y mantenimiento programado estará siempre en manos de personal especializado por lo que la afección sobre el usuario se limita básicamente a los costes derivados de estas operaciones. En cambio, la regulación del nuevo sistema suele suponer una modificación considerable para el usuario final respecto a las instalaciones más antiguas que, o bien no disponen de sistemas de regulación o este no va más allá de un simple termostato ambiente.

La complejidad de algunas interfaces, en los sistemas más tecnológicos, suele constituir una barrera y limitación importante especialmente para personas de mayor edad. Este es un aspecto que se ha de cuidar en la fase de proyecto tratando de aprovechar todas las posibilidades del sistema sin descuidar las condiciones de control y acceso para sus usuarios.

En definitiva, cuando se realiza una intervención y se opta por una instalación diferente a la de partida, es importante tener en cuenta las diferencias, tanto en la gestión de la operación, como en la gestión del suministro de la nueva instalación.

2.7/ HORIZONTE DE INNOVACIÓN DE LA SOLUCIÓN

También tiene un gran interés conocer aquellas tecnologías sobre las que se prevé un desarrollo próximo, o que se encuentran en momentos de avances. Saber esto también nos hace prestar atención a la evolución de la técnica, y mantenernos en actualización continua.

En las fichas de análisis de soluciones del apartado 4, también se incluye un pequeño cuadro con esta información. En él, se mencionan los aspectos que deben tenerse en cuenta a la hora de valorar opciones que actualmente tienen un menor grado de madurez tecnológica o de presencia en el mercado pero que se prevé que lo puedan tener en el medio-largo plazo.

En este sentido, es de gran importancia a la hora de establecer las modificaciones necesarias en el edificio y su estructura de sistemas, el prever necesidades futuras de cara a nuevas actuaciones estratégicas en sus sistemas de acondicionamiento, facilitando de esta forma las siguientes adaptaciones y/o rehabilitaciones.

2.8/ GESTIÓN DE RESIDUOS

Valorar la generación de residuos y su gestión es un aspecto fundamental para contar con una visión global de la sostenibilidad de la intervención. Eliminar las emisiones de CO_2 es tan sólo uno de los múltiples aspectos que la componen, la gestión de los residuos, el ciclo de vida de los materiales utilizados, el bajo impacto ambiental, la eficiencia energética de solución, el aprovechamiento de soluciones pasivas y el diseño bioclimático o la renaturalización, son algunos de ellos.

Según la Guía para la gestión de residuos de construcción y demolición en el ámbito de la rehabilitación energética de vivienda[1] los residuos de construcción y demolición más habituales asociados a la rehabilitación energética de viviendas, en concreto en la parte que se refiere a la reforma de instalaciones térmicas y los residuos provenientes de la fase de construcción e instalaciones de nuevos elementos en los que a la instalación de nuevos equipos para instalaciones térmicas se refiere se muestran en la figura a continuación:

[1] *Guía para la gestión de residuos de construcción y demolición en el ámbito de la rehabilitación energética viviendas*

Rehabilitación viviendas - reforma de instalaciones térmicas

- Residuos provenientes de la fase de desmontaje/demolición:
- Retirada de generadores térmicos, calderas, calentadores, evaporadores y condensadores, paneles solares,
- Retirada de depósitos de combustibles
- Retirada de tuberías metálicas y emisores
- Retiradas de aparatos eléctricos y electrónicos obsoletos (RAEE)
- Retirada de sistemas de anclaje
- Desmontaje de conductos y sus aislamientos
- Pequeños restos de albañilería

Rehabilitación viviendas - instalación de nuevos elementos

- Restos de embalajes: cartón, plástico, madera
- Restos de tuberías metálicas, perfilería, tornillería y válvulas
- Restos de plásticos, coquillas, aislamiento y pequeñas piezas de la instalación
- Restos de adhesivos, espumas y siliconas
- Restos de albañilería
- Restos de envases

Figura 8. Listado de residuos que se generan en este tipo de intervenciones.

Este tipo de residuos se han de gestionar con gestores autorizados de residuos de construcción.

En el ámbito de la construcción y demolición en España, los residuos que deben gestionarse obligatoriamente a través de gestores autorizados son aquellos que no pueden ser reutilizados o valorizados directamente en obra y requieren tratamiento específico por razones ambientales, sanitarias o normativas. Estos incluyen tanto residuos no peligrosos como peligrosos.

En general, en la parte referida a la instalación de nuevos equipos se generan residuos procedentes de los embalajes, siendo la cantidad dependiente del número de equipos a instalar. Sus códigos son los siguientes:

Código LER	Descripción
15 01 01	Envases de papel y cartón. Residuos de embalajes de los nuevos equipos (bombas de calor, calderas, etc.), normalmente reciclables.
17 02 01	Madera. Elementos de soporte, palés, o componentes de obra asociados al montaje, embalaje o instalación.

Figura 9. Códigos LER (Lista Europea de Residuos) generados con los embalajes de los nuevos equipos.

En la parte que afecta a la retirada de los equipos antiguos que se han de sustituir, principalmente los siguientes:

Código LER	Descripción
17 04 07	Metales mezclados.
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.

Figura 10. Códigos LER asociados a residuos generados por la retirada de instalaciones térmicas existentes.

Todo este tipo de residuos se ha de gestionar mediante gestores autorizados de residuos de construcción, teniendo en cuenta que, de acuerdo con la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, para conseguir el mejor resultado medioambiental, se establece la siguiente jerarquía en la gestión de residuos, por orden de prioridad:

→ Prevención
→ Preparación para la reutilización
→ Reciclado
→ Valorización (incluida la energética)
→ Eliminación

3/
UNA VISIÓN GENERAL DE LA NORMATIVA

3.1/ REGULACIÓN DE LOS ACUERDOS EN LAS COMUNIDADES DE PROPIETARIOS

La principal norma legal que regula la adopción de acuerdos en una comunidad de propietarios es la **Ley 49/1960 sobre Propiedad Horizontal**, en adelante **LPH**. Esta norma, de 1960, ha sufrido numerosísimas modificaciones, a fin de ser adaptada a las circunstancias o necesidades de cada momento. Esta larga lista de modificaciones crea en muchos casos confusión e ineficiencia en su interpretación y aplicación.

En particular, la LPH ha sido modificada para la adopción de acuerdos en materia de eficiencia energética e implantación energías renovables precisamente en el ámbito de las ayudas europeas de los fondos Next Generation. Por su complejidad, es importante que, aunque conozcamos la regulación, se cuente siempre con la administración de fincas para llevar a cabo adecuadamente este tipo de acuerdos.

Existen dos vías para acordar obras o actuaciones de mejora de la eficiencia energética con intervención en los sistemas de calefacciones en un edificio comunitario:

3.1.1/ ARTÍCULO 17.2 LPH:

Con la publicación del Real Decreto-ley 19/2021 sobre medidas urgentes para impulsar la actividad de rehabilitación edificatoria en el contexto del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se introducen algunas modificaciones en el régimen de las comunidades de propietarios establecida en la Ley 49/1960, de 21 de julio, sobre propiedad horizontal. Concretamente, se modifica el artículo 17.2 de la Ley 49/1960 y en el Real Decreto-ley 19/2021 establece:

Votación

Un **régimen de mayoría simple** (que, a su vez, representen la mayoría simple de las cuotas de participación) para obras de mejora de la eficiencia energética del edificio o para la implantación de fuentes de energía renovable de uso común, así como para la solicitud de ayudas y financiación para su desarrollo. Esto es, de la mitad más uno.

Gastos

El **coste** de tales obras o actuaciones o el pago de las cuantías necesarias para cubrir los préstamos o financiación que haya sido concedida para tal fin tendrá la consideración de **gastos generales.**

Condición

Aplicable si el **importe de la actuación repercutido anualmente,** una vez descontadas las subvenciones o ayudas públicas y aplicada en su caso la financiación, no supere la cuantía de **doce mensualidades ordinarias de gastos comunes**.

Figura 11. Acuerdos necesarios para la realización de obras que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética del edificio o la implantación de fuentes de energía renovable de uso común y para facilitar el acceso a la financiación.

Recogemos un ejemplo de la aplicación de los límites del Art. 17.2, en un edificio en el que se diesen las siguientes circunstancias:

1	**12 mensualidades ordinarias de gastos comunes:**	**25.000,00 €**
2	Importe de la rehabilitación	500.000,00 €
3	Importe de las ayudas	400.000,00 €
4	Resto a financiar	100.000,00 €
5	Importe anual financiado a 10 años	13.800,00 €

Figura 12. Tabla de datos económicos del ejemplo de intervención.

Como 5 no supera a 1, en este supuesto **SÍ** nos podríamos acoger al quorum de este artículo, y, en consecuencia, se podrían aprobar las obras por el régimen de mayoría simple.

El problema de este procedimiento es que cuando se adopte el acuerdo, es probable que no exista todavía ninguna subvención o ayuda concedida y también que la subvención estimada inicialmente pueda verse rebajada en su cuantía. También es posible que la financiación no se consiga o sea inferior a lo solicitado. Todo ello condiciona el cálculo del valor y condiciones de la inversión necesaria para poder establecer su relación respecto a las 12 mensualidades ordinarias de gastos comunes y definir en consecuencia si la vía del acuerdo por mayoría simple es aplicable o no al caso de las obras en cuestión.

Si 5 superase 1, **NO** nos podríamos acoger al quorum de este artículo, y **NO** se podrían aprobar las obras por mayoría simple.

3.1.2/ARTÍCULO 17.3 LPH

La fórmula general, previa a la modificación, establece un acuerdo de 3/5 partes de las cuotas de participación. En este apartado de la Ley, se nos remite al acuerdo sobre cualquier medida de mejora de la eficiencia energética de contenido genérico, además de otras mejoras referidas a la eficiencia respecto al uso y gestión del agua dentro del edificio.

Votación

Quorum reforzado: 3/5 votos y cuotas del TOTAL de copropietarios.

Sin condiciones

Obliga a todos los copropietarios sin límites de cuotas ni mensualidades

Figura 13. Condiciones para el acuerdo según el artº 17.3 de la LPH.

Podemos ver que lo dispuesto en el **artº 17.2 LPH** si bien tiene la ventaja de requerir un quorum rebajado, por el contrario, tiene límites y es posible que genere conflictos jurídicos. La incertidumbre que generan las subvenciones y financiación, cuyo resultado final depende de terceros, puede trastocar las exigencias iniciales del acuerdo. Si la subvención no es la inicialmente indicada y la financiación no llega al 100% o los plazos son más cortos, puede ocasionar que el acuerdo de mayoría simple inicial se convierta en acuerdo de 3/5 con los problemas de gestión del proyecto que supone.

Por otro lado, vemos que el **artº 17.3 de la LPH** exige un quorum reforzado, pero no tiene límites y tiene gran seguridad jurídica.

Es imprescindible tener en cuenta que los procesos de rehabilitación edificatoria requieren de un gran esfuerzo de los propietarios del edificio, que son procesos de elevado coste económico, que implican la asunción de importantes obligaciones financieras, que requieren un alto nivel de implicación del promotor (Comunidad de propietarios) en el adecuado desarrollo de las obras y que, finalmente, este tipo de actuaciones suponen molestias inevitables para los usuarios durante la ejecución de la obra. Por ello, es especialmente importante que, más allá de conseguir un quorum suficiente para la aprobación de dicha rehabilitación, exista un **consenso muy alto** entre los propietarios sobre la decisión de acometer dichas obras, siendo desaconsejable iniciar un proceso de rehabilitación en un edificio en el que exista un importante número de propietarios que se opongan de manera firme a este proceso.

3.2/ EXIGENCIAS DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

En este subapartado, se repasa la evolución del CTE en relación con cuestiones que afectan a la calefacción, distinguiendo las distintas modificaciones desde su primera versión en 2006.

La siguiente tabla resume los principales cambios y nuevos conceptos introducidos en el CTE DB-HE en sus distintas modificaciones:

	CTE 2006	CTE 2013	CTE 2017	CTE 2019	Modificación 2022
HE0		Consumo de energía primaria no renovable	Energía Primaria no renovable	Limitación del consumo también en edificios existentes	
			Energía primaria Total		
HE1	Demanda edificio Referencia	Demanda de calefacción y refrigeración	Control demanda energética	Mejora diseño pasivo y envolvente térmica	
		Calidad de la envolvente	Calidad de la envolvente	Control solar	
HE2	RITE	RITE	RITE	RITE	
HE4	Solar Térmica ACS	Solar Térmica para ACS: Contribución mínima en función de demanda y zona	Energía renovable para ACS: 60-70%, en función de la demanda, cubierto por renovables	Energía renovable ACS y climatización piscina cubierta	
HE5	Solar fotovoltaica	Solar fotovoltaica	Generación energía eléctrica	Generación energía eléctrica con fuentes renovables propias	Aporte mínimo de renovables eléctricas en uso residencial privado
		Potencia mínima que instalar	Potencia mínima que instalar		
HE6					Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos (% plazas aparcamiento)

Figura 14. Cambios introducidos en las sucesivas modificaciones del CTE. Fuente: Elaboración propia

Profundizando más en los cambios vigentes que atañen a este estudio, cabe destacar los siguientes:

	DESCRIPCION
HE0	• Limitación del consumo no renovable y total en edificios existentes: para el uso residencial privado los valores límite de consumo para las intervenciones de cambio de uso y reforma en edificación existente son superiores (menos restrictivos) a los de obra nueva.
HE4	• La energía solar térmica deja de ser la única fuente de energía renovable considerada en la preparación de ACS y se generaliza otras fuentes renovables, incorporando otras opciones, como la aerotermia (vector medioambiente), geotermia, biomasa o la solar fotovoltaica vinculada a sistemas de preparación mediante vector eléctrico. Se unifican las exigencias a todo el país y desaparece el factor climático • Energía renovable, cogeneración o energía residual (incluso fuera del edificio) e incluye red urbana. • Bomba de calor, considerada en su vector medio ambiente como fuente de energía renovable. Utiliza el SCOP (rendimiento medio estacional) de la bomba de calor para cuantificar la cantidad de energía que se considera renovable. El mínimo SCOP o SPF para considerarse renovable es 2,5.
HE5	• Generación mínima de energía eléctrica. • Obligación de incorporar instalaciones renovables para los edificios residenciales • Reducción de 3.000 a 1.000m^2 la superficie mínima a partir de la cual es obligatorio incorporar sistemas de generación eléctrica renovable para edificios de nueva construcción, o ampliaciones y **reformas de edificios existentes**.
Nueva HE 6	• Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

Figura 15. Principales cambios del actual DB-HE del CTE. Fuente: Elaboración propia

Puesto que se plantean **reformas de las instalaciones de calefacción en edificios residenciales privados** (y ACS, cuando también sea centralizada), a continuación, se resaltan las exigencias básicas de aplicación del DB-HE del CTE y las situaciones en las que aplica cada uno de sus apartados:

	Caldera 1 servicio (calefacción)	**Caldera 2 servicios** (calefacción + ACS)
HE0	Aplica si hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica y la reforma de las instalaciones de generación térmica, simultáneamente.	
HE1	Solo aplica si hay rehabilitación de la envolvente térmica	
HE4	NO, al no modificar el sistema de generación de ACS	SÍ, puesto que la reforma afecta al sistema de generación de ACS

Figura 16. Exigencias básicas, según CTE, de aplicación en intervenciones en calderas centralizadas de edificios residenciales

Descripción del desarrollo de las **exigencias que afectan a la calefacción en cada apartado del DB-HE:**

DB-HE 0: Limitación del consumo energético

ÁMBITO DE APLICACIÓN

- En edificios existentes donde las reformas implican 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.

EXIGENCIA

- El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de invierno de su localidad de ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención.

CUANTIFICACIÓN

- El Consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) y Consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) para reformas en uso residencial privado está limitado.

Figura 17. Determinaciones del DB HE0 que afectan a las intervenciones en calderas centralizadas de edificios residenciales

DB-HE 4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria

ÁMBITO DE APLICACIÓN*

En edificios existentes donde la demanda sea mayor de 100L/día en los que se reforme la instalación de generación térmica.

**Podria ser de aplicación el criterio de flexibilidad*

*En el cambio de quemador no será de aplicación este requisito.

EXIGENCIA

- Satisfacer necesidades de ACS principalmente mediante energía procedente de fuentes renovables, procesos de cogeneración renovables, tanto generada en el edificio como a través de la conexión a una red de distrito.
- Sistema de medida de la energía suministrada conforme RITE

CUANTIFICACIÓN

Al menos un 70% de la demanda anual de ACS ha de proceder de fuentes renovables o asimilables

Si la demanda es inferior a 5000L/día se reduce la exigencia al 60% de la demanda.

Figura 18. Determinaciones del DB HE4 que afectan a las intervenciones en calderas centralizadas de edificios residenciales

En relación con la **exigencia HE4 de contribución renovable a la demanda de ACS**, debe recordarse que en los primeros años de vigor del CTE se exigía dicha contribución mediante colectores solares térmicos como fuente renovable. En las sucesivas actualizaciones se ha abierto el abanico a otras tecnologías aplicadas a la producción térmica mediante fuentes renovables o parcialmente renovables. De manera general, también se ha aumentado el porcentaje de contribución renovable y se ha simplificado el cálculo de esta contribución reduciéndolo a dos únicos supuestos, **70 % caso general** y **60% para demandas inferiores a 5.000 l/día**.

En este sentido, en los últimos años, se ha popularizado el **uso de bombas de calor** en proyectos para cumplir con dicha exigencia. Sin embargo, para poder considerar su contribución renovable a efectos

de esta exigencia, las bombas de calor destinadas a la producción de ACS deberán disponer de un valor de rendimiento medio estacional ($SCOP_{ACS}$) igual o superior a 2,5, cuando sean accionadas eléctricamente, e igual o superior a 1,15, cuando sean accionadas mediante energía térmica. El valor de $SCOP_{ACS}$ se determinará para la temperatura de preparación del ACS, que no será inferior a 45ºC. Además, no toda la energía generada por ellas puede considerarse como energía renovable, si no que la fracción renovable se calculará de acuerdo con la fórmula establecida en la directiva de energías renovables. De este modo:

- Para cubrir el **60% de la demanda de ACS** (para los casos <5.000l/día), sólo con bomba de calor, el equipo empleado deberá ofrecer un **$SCOP_{ACS}$ ≥2,50.**

- Para cubrir el **70% de la demanda de ACS** (para los casos >5.000l/día), sólo con bomba de calor, el equipo empleado deberá ofrecer un **$SCOPA_{ACS}$ ≥3,33.**

El rendimiento medio estacional dependerá del rendimiento nominal (COP) del equipo y de la temperatura exterior del emplazamiento del proyecto, de modo que un mismo modelo de bomba de calor produciendo ACS pudiera cumplir la exigencia HE4 en un clima cálido o templado y no en las zonas climáticas más frías (donde la bomba de calor requeriría de un respaldo renovable adicional, como la fotovoltaica, para cumplir con la exigencia).

DB HE5	Generación mínima de energía eléctrica procedente de fuentes renovables
DB HE6	Dotaciones mínimas para la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos

Figura 19. Otras secciones del DB HE que no afectan directamente a las intervenciones en calderas centralizadas de edificios residenciales

Existen otras dos exigencias básicas que podrían ser de aplicación si la reforma abordara otros ámbitos del edificio como los garajes y una modificación del 50% de la potencia eléctrica instalada (HE6, dotaciones mínimas de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos) o reforma integral (HE5, exigencia respecto a la generación eléctrica renovable). Estas no son el objeto de este estudio, sin embargo, merece la pena mencionarlo por si debido a la reforma de la sala de calderas se viesen afectados los garajes y/o las instalaciones eléctricas.

3.3/ EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE)

Por su parte, el RITE establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de equipos y sistemas de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

El RITE establece **diversas exigencias en eficiencia energética** como, por ejemplo:

→ Rendimientos energéticos en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.

→ Condiciones de aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.

→ Condiciones de regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los

locales climatizados.

→ Utilización de energías renovables disponibles, en especial energía solar y biomasa.

→ Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y aprovechamiento de energías residuales.

→ Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas.

→ Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.

→ Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.

La última actualización del RITE, de 2021, pretende contribuir al objetivo de mejora de la eficiencia energética del PNIEC, estableciendo cambios en dos aspectos principales: Instalaciones más eficientes y contadores inteligentes (energéticos y de consumo). Esto conlleva un impulso hacia las energías renovables.

Figura 20. Principales cambios en la actualización del RITE de 2021. Fuente: Elaboración propia

3.4/ ASPECTOS URBANÍSTICOS

Las actuaciones, ya sean a nivel de edificio o a escala de grupo de edificios o de escala urbana, estarán sujetas a diferentes regulaciones urbanísticas. Dependiendo de este alcance las afecciones son diferentes:

3.4.1/ INTERVENCIONES CON ESCALA DE EDIFICIO:

En este caso, las regulaciones municipales suelen afectar, entre otros, a los siguientes aspectos:

→ Aspectos estéticos y compositivos en fachadas, sobre todo si el edificio goza de algún tipo de protección. En este sentido, es posible que se limite o prohíba la presencia en fachada de elementos vinculados a las instalaciones de climatización.

→ Estas limitaciones o exclusiones son especialmente estrictas con los equipos que, o bien expulsan aire procedente del interior o disipan el calor extraído de los locales mediante unidades exteriores condensadas por aire.

→ En el mejor de los casos se suelen establecer distancias mínimas a los huecos de fachada y como regla general este tipo de equipos se han de disponer en cubierta.

→ Nos encontraremos también con limitaciones a la hora de abordar la rehabilitación energética de las fachadas. Nuevamente será el grado de protección del edificio el que marcará el límite respecto a las actuaciones que se pretenden abordar. Cada vez son más controvertidas las actuaciones que incorporan sistemas de aislamiento por el exterior con un acabado exterior continuo. Si se generalizan en exceso puede suponer un riesgo de pérdida de carácter de calles y plazas que componen un conjunto de valor en si mismo y que puede verse desvirtuado por un exceso de uniformidad. En este sentido, cuando nos encontremos con fachadas de un cierto valor por si mismas o por formar parte de un conjunto, sería recomendable reservar las actuaciones tipo SATE para las fachadas de patios e interiores y, si es posible, plantear en las fachadas con un carácter especial, otro tipo de soluciones, como son los insuflados de cámaras, si existen, o incluso la opción de aislamientos por el interior.

3.4.2/ INTERVENCIONES EN INSTALACIONES CENTRALIZADAS QUE AFECTAN A UN GRUPO DE EDIFICIOS, PERO LA DISTRIBUCIÓN SE PUEDE REALIZAR POR ZONAS PRIVATIVAS:

En este caso, es válido todo lo referido en el párrafo anterior y, además, la producción centralizada se conectará con las unidades terminales mediante redes de distribución que no afectan al espacio público, por lo que las limitaciones serán más técnicas que urbanísticas.

3.4.3/ INTERVENCIONES EN INSTALACIONES CENTRALIZADAS QUE AFECTAN A UN GRUPO DE EDIFICIOS Y LA DISTRIBUCIÓN SE REALIZA POR ESPACIO PÚBLICO:

En este caso, además de las limitaciones y regulaciones que se han descrito anteriormente, nos afectarán las determinaciones que a este respecto hayan recogido las figuras tanto de planeamiento general como de desarrollo que estén vigentes en el municipio de la actuación.

4/
ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

En este apartado, se analizan distintas estrategias de intervención dirigidas hacia la descarbonización de estos sistemas de calefacciones centrales. Para cada una de estas estrategias, se desarrollan, en formato de fichas, una o varias soluciones. Cada ficha recoge un análisis de los aspectos expuestos en los apartados 2 y 3, para hacer más sencilla una valoración de la idoneidad de solución en cada caso concreto.

Las estrategias que se han analizado para descarbonizar las calefacciones centrales son las siguientes:

1. Rehabilitación para la mejora de la eficiencia y comportamiento pasivo de la envolvente térmica.

2. Conexión a redes de calor existentes: ya sean de alta o baja temperatura.

3. Sustitución de equipos existentes, a sistemas de aerotermia, hidrotermia o geotermia.

4. Hibridación: combinación de tecnologías, como pueden ser la aerotermia con gas o la biomasa con gas.

5. Apoyo con renovables mediante instalación de solar térmica y fotovoltaica.

6. Adaptación a otro combustible, como el paso de gasóleo a gas natural o GLP, considerando, en todo caso, que se trata de una medida que se queda corta desde el punto de vista de los objetivos planteados para la descarbonización de este tipo de instalaciones centralizadas.

A continuación, se analiza cada una de estas estrategias y soluciones en detalle.

4.1/ REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Aunque la envolvente térmica no es una componente del sistema de calefacción centralizado, sus características afectan directamente a la demanda del edificio, al diseño de los sistemas y dimensionamiento de sus equipos y, por tanto, al consumo energético del edificio y a las emisiones asociadas. En muchas ocasiones, esta intervención complementaria puede ser clave para hacer factible la permanencia de algunos de los componentes del sistema de calefacción original.

La rehabilitación de la envolvente térmica es una solución de una **complejidad media**, ya que no siempre hace necesario intervenir en el interior las viviendas. Tiene un **impacto medio-alto en la descarbonización**, porque se disminuye la demanda y, por tanto, el consumo de energía para mantener las viviendas confortables.

Dado su carácter permanente y pasivo respecto al comportamiento del edificio, se considera una solución necesaria antes de cualquier otra intervención para descarbonizar las calefacciones. No se trata sólo del impacto directo en la descarbonización, si no de las consecuencias sobre la instalación de calefacción-refrigeración. Como se verá en los ejemplos analizados, la rehabilitación energética previa de la envolvente, además de ser la mejor estrategia para disminuir la demanda de calefacción y refrigeración, en algunos casos, es la única forma de optar por una sustitución de equipo viable técnica y económicamente.

Por otra parte, cualquier reducción en la demanda de calefacción y, en consecuencia, en la carga

térmica de los espacios que componen el edificio reducirá el tamaño y potencia de los nuevos equipos que se han de instalar.

Por eso, cualquier intervención sobre el sistema de calefacción central, debería contemplar y priorizar esta mejora de la envolvente o, al menos, valorar que pueda realizarse en un futuro cercano, para evitar, por ejemplo, un sobre dimensionamiento de los equipos, un mayor alcance de la intervención en las redes y unidades terminales interiores, etc. Describimos a continuación los aspectos clave que hacen tan interesante y recomendable la rehabilitación energética de la envolvente.

1. EN PRIMER LUGAR, REDUCIR LA DEMANDA

- La rehabilitación térmica de la envolvente previa a la renovación del sistema de calefacción, reduce la demanda energética lo que se traduce directamente en un ahorro de consumos y emisiones asociadas.

2. EVITAR SOBRE DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

- Reduce la carga térmica del edificio, por lo que disminuirá la potencia necesaria en los equipos de la nueva instalación, lo que conlleva ahorros en la inversión y espacios más reducidos para alojar la nueva instalación. En edificios donde no sea posible acometer la rehabilitación de la envolvente antes de la renovación del sistema de calefacción, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que vaya a ocurrir en el futuro y por tanto, realizar la selección de los equipos en potencia y número (fraccionamiento de potencia) de manera que permita trabajar al sistema adecuadamente en el momento inicial y en un futuro con menos demanda.

3. REUTILIZAR ELEMENTOS TERMINALES

- El tipo de modificaciones que se están proponiendo implican, de manera general, un cambio en la temperatura de impulsión de los circuitos de calefacción, pasando de los sistemas más antiguos que emplean saltos térmicos en el entorno de los 80-60°C a impulsiones y retornos del orden de 50-40°C o incluso temperaturas inferiores. Esta nueva situación implica que las unidades terminales existentes, que ahora reciben el agua a una temperatura inferior, serán insuficientes para neutralizar las cargas térmicas originales. Las soluciones son principalmente tres: sustitución de los emisores, ampliación de sus elementos o, la tercera vía, que consiste en reducir la carga térmica de los espacios hasta que coincida con la potencia entregada por los emisores (con el nuevo salto térmico). Esta tercera vía es la que podemos conseguir mediante una intervención intergral que al mejorar la envolvente térmica (cerramientos opacos y huecos) y/o incluso controlando la ventilación mediante recuperadores de calor podemos reducir las necesidades de aporte de calor a los espacios de las viviendas.

Figura 21. Beneficios de la mejora de la envolvente de cara a sustitución de los sistemas de producción.

4.2/ CONEXIÓN A REDES DE CALOR EXISTENTES

Esta estrategia es de **implementación sencilla**, pero totalmente **condicionada a que exista una red de distrito** suficientemente cerca. La descarbonización dependerá de las características de la red a la que se conecte, existiendo multiplicidad de posibilidades dentro de estas redes:

→ En cuanto al fluido caloportador, existen redes de alta o baja temperatura, según la temperatura de impulsión del agua.

→ En cuanto a la generación, según el combustible empleado, que hará que varíe el cálculo de las emisiones de CO2.

→ También según la posibilidad de aportación de energías renovables, como la geotermia, biomasa, bombas de alta eficiencia, incluso sistemas de precalentamiento del agua mediante sistemas de energía solar térmica, etc.

<table>
<tr><th colspan="3">SOLUCIÓN 1: CONEXIÓN A RED DE CALOR DE ALTA TEMPERATURA MEDIANTE INTERCAMBIADOR DE CALOR AGUA-AGUA</th></tr>
<tr><th colspan="3">DESCRIPCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Esta intervención requiere la instalación de una subcentral de edificio conectada a la red urbana de calor y que agrupa los intercambiadores necesarios, depósitos de inercia, acumuladores de ACS y realiza la gestión de todos estos elementos. Esta subcentral sustituye a la caldera o grupo de calderas existentes en el edificio.</td></tr>
<tr><th colspan="2">CONDICIONANTES TÉCNICOS</th><th>SITUACIÓN INICIAL</th></tr>
<tr><td colspan="2">Disponibilidad de espacio
Requiere poco espacio en sala de calderas, puesto que el espacio ocupado por los equipos de generación existentes se libera y se instala la subcentral con uno o varios intercambiadores de calor. En general se trata de equipos muy compactos.</td><td>Instalación de partida
Solución viable tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios.
Zona climática
Es una solución viable en cualquier zona climática.</td></tr>
<tr><th colspan="2">NIVEL DE INTERVENCIÓN</th><th>CUMPLIMIENTO CTE</th></tr>
<tr><td>Sala calderas
Las obras requeridas en la sala de calderas, que pasará a llamarse sala técnica, consisten en la sustitución del sistema de combustión</td><td>Otros espacios
Adicionalmente debe realizarse la conexión desde la red distrito (en espacio público) a la sala de calderas. Se requieren</td><td rowspan="2">DB H0: solo aplica si, además de la reforma de las instalaciones, hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica simultáneamente.
DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación
DB HE4:Caldera de 1 servicio: no es de aplicación.
Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 %de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor de 5000L/día.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Elementos terminales
Si se mantienen las temperaturas en los circuitos de calefacción, los elementos terminales en la vivienda no se verían afectados.</td></tr>
<tr><th colspan="2">IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN</th><th>COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="2">Impacto muy alto en la descarbonización en primer lugar porque aprovechamos el factor de escala que supone conectarse a una instalación de mayor tamaño.
En segundo lugar este beneficio se puyede ampliar si se produce un cambio de combustible que suponga menores emisiones, especialmente si la red de distrito es una
Si la intervención se acompaña de rehabilitación de la envolvente el impacto es aún mayor al suponer una reducción de la demanda.
Ejemplo de impacto en el caso práctico 1</td><td>Inversión INICIAL €
Bajo
-Desmontar instalación existente
-Instalación de la subcentral de edificio.
-Acometida de red distrito a la sala técnica.
-Coste proyecto de ejecución
COSTES Operación
El coste de operación dependerá del contrato de suministro, inicialmente podrá parecer más elevado que en el caso de un suministro de gas dado que incluye otros aspectos como el mantenimiento.</td></tr>
<tr><th colspan="2">GESTIÓN DEL NUEVO SISTEMA</th><th>DURACIÓN DE LAS OBRAS</th></tr>
<tr><td colspan="2">Operación y mantenimiento
La operación y el mantenimiento se minimizan, puesto</td><td>Medio</td></tr>
<tr><td colspan="2">Suministro
El suministro de calor es similar en su gestión a la de otra fuente de energía canalizada.</td><th>INNOVACIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Supone la incorporación a un sistema de mayor escala que permite transformaciones estratégicas futuras.</td></tr>
</table>

4.3/ CAMBIO DE EQUIPOS

Este tipo de intervenciones implican la sustitución completa de los equipos existentes por otros, lo que representa una **complejidad media**, pero que **puede suponer un grado alto de descarbonización**. Este dependerá del equipo existente y del nuevo que se introduzca, que puede ser, como veremos en detalle, una bomba de calor, tanto agua-agua como aire-agua, un intercambiador de calor o una caldera de biomasa.

La sustitución para introducir calderas de condensación también se analiza, pese a no ser un sistema recomendable desde el punto de vista medioambiental, como iremos viendo.

<table>
<tr><th colspan="3">SOLUCIÓN 2: CAMBIO A BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA</th></tr>
<tr><th colspan="3">DESCRIPCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Utilización de una o varias bombas de calor aire-agua, también conocida como aerotermia, que puede proporcionar calor o frío (si la instalación de generación y los elementos terminales han sido diseñados para ello).
En este caso, la bomba de calor suministre el 100% de la demanda, sin respaldo de otro sistema. Para alcanzar los rendimientos óptimos es necesario impulsar a temperaturas bajas, lo que modifica, como ya hemos visto, la concepción inicial la instalación de calefacción del edificio.</td></tr>
<tr><th>CONDICIONANTES TÉCNICOS</th><th colspan="2">SITUACIÓN INICIAL</th></tr>
<tr><td>Disponibilidad de espacio
Es necesario espacio para ubicar el evaporador de la bomba de calor, normalmente una terraza/azotea adecuada (valorar la carga a soportar por la estructura). También sirve un espacio colindante o adyacente conectado con el exterior. Las unidades exteriores se han de mantener alejdas del paso de personas y de los huecos del edificio propio y colindantes.</td><td rowspan="2">Instalación de partida
Solución viable tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios.</td><td rowspan="2">Zona climática
Es una solución viable principalmente en zonas climáticas con inviernos medios y veranos calurosos, donde la instalación pueda usarse para refrigerar (dependiendo de las unidades terminales actuales se puede irequerir sistemas complementarios).</td></tr>
<tr><td>Grado de electrificación
La electrificación de la demanda requiere un aumento en la potencia contratada en el edificio en su conjunto, por lo que sería recomendable la consulta previa a la distribuidora, que puede requerir la actualización en el centro de transformación correspondiente o la instalación de uno propio para el edificio rehabilitado.
Importante vincularlo a mejoras de la envolvente que permita reducir el consumo de energía final eléctrica.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>NIVEL DE INTERVENCIÓN</th><th>CUMPLIMIENTO CTE</th></tr>
<tr><td>Sala calderas
Las obras requeridas en la sala de calderas consisten en la sustitución del sistema de combustión por los equipos acumuladores, depósitos de inercia y unidades interiores del sistema.
Elementos terminales
Los elementos terminales como radiadores de alta temperatura pueden mantenerse en zonas climáticas medias o en los que, tras una rehabilitación de la envolvente, se haya reducido la carga térmica. Otra opción consiste en la ampliación de las U.T. existentes en su número de elementos.
En otros casos, los elementos terminales en la vivienda deberían ser cambiados por soluciones de baja temperatura (suelo radiante o ventilo convectores -fancoils-), lo cual permitiría además operar a la bomba de calor con un mayor rendimiento medio estacional (SCOP); y, con un diseño apropiado, podría proporcionar también refrigeración.
Otros espacios
Las unidades exteriores deben ubicarse en azoteas , terrazas comunitarias o peferentemente cubiertas. También podrían colocarse en otros exteriores orientando su evaporador hacia un espacio no transitado ni próximo a espacios ocupados.
En caso de ubicarse en tejado/azotea debe valorarse la carga que va a soportar la cubierta y plantear instalar un número mayor de bombas de menor potencia para reducir la unidad de superficie. Además, deberán canalizarse los circuitos de agua caliente que conectan las máquinas exteriores con los depósitos y cumuladores de la nueva sala técnica. Si fuera necesario todos estos equipos se podrían disponer en cubierta suficientemente protegidos y aislados. La conexión se haría en este caso directamente con las viviendas.</td><td>DB H0: solo aplica si además de la reforma de las instalaciones hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica simultáneamente.

DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación

DB HE4:
- Caldera de 1 servicio: no es de aplicación.
- Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 % de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor de 5000L/día. Si fuera inferior la contribución renovable debería ser del 60%</td></tr>
<tr><th>IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN</th><th colspan="2">COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN</th></tr>
<tr><td>Impacto muy alto en la descarbonización puesto que se reducen las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles. Además, al no producirse combustión de ningún tipo, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire.
En el caso de partir de un sistema que utiliza gasóleo, GLP o carbón, el impacto en la descarbonización sería algo mayor que en el caso de una caldera de gas natural.

Ejemplo de impacto en el caso práctico 2.</td><td>Inversión INICIAL€€€€
Alto –(Muy alto)*
- Coste nuevos equipos: bomba/s de calor.
- Almacenamiento térmico.
- Desmontaje instalación actual.
- Trazado de nuevos circuitos de conexión y transporte de la energía.
- Coste proyecto de ejecución.
*(Reforma de los elementos terminales en la vivienda)</td><td>COSTES Operación
El uso de energía final se reduce significativamente al sustituir el equipo de generación por una tecnología de alto rendimiento.</td></tr>
<tr><th>GESTIÓN SISTEMA</th><th colspan="2">DURACIÓN DE LAS OBRAS</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Oper. y mantenimiento
La operación del sistema se simplificaría. Se requiere mantenimiento experto para las bombas de calor.
Sumnistro
El suministro sería a través de la red eléctrica, de sencilla gestión.</td><td colspan="2">Medio: si la intervención se limita a la sala de calderas (muy improbable)
Alto: si la instalación de la bomba de calor es fuera de la sala de calderas (por ejemplo, en la cubierta) o si se interviene en las viviendas.</td></tr>
<tr><th colspan="2">INNOVACIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="2">En la actualidad se está trabajando en la tecnología de las bombas de calor con nuevos refrigerantes como el R290 (propano) que pueden impulsar a mayores temperaturas con lo cual se podría potencialmente mantener los elementos terminales de las</td></tr>
</table>

SOLUCIÓN 3: CAMBIO A BOMBA DE CALOR AGUA-AGUA

DESCRIPCIÓN

En esta intervención se reemplazan los grupos de calderas por una bomba de calor agua - agua, que puede aprovechar tanto focos fríos de mayor temperatura que el aire (masa de agua, o una fuente de calor residual), como el subsuelo mediante sondeos geotérmicos o la conexión con una red de calor urbana atemperada (también llamadas redes de 5º generación o de baja temperatura).

CONDICIONANTES TÉCNICOS

Disponibilidad de espacio

Será necesario un espacio para ubicar el evaporador de la bomba de calor pudiendo ser un espacio colindante donde realizar sondeos geotérmicos (verticales u horizontales) para la geotermia o en el caso de la hidrotermia es necesario disponer de una masa de agua subterránea o superficial cercana.

Grado de electrificación

La electrificación de la demanda requiere un aumento en la potencia contratada en el edificio en su conjunto, lo cual podría ser necesaria la consulta a la distribuidora y/o actualización en el centro de transformación correspondiente.

SITUACIÓN INICIAL

Instalación de partida

Solución viable tanto para sistemas de calderas centralizadas de solo calefaccion como calderas de dos servicios.

Zona climática

Es una solución viable principalmente en zonas climáticas con inviernos medios y veranos calurosos, donde la instalación pueda usarse para refrigerar.

NIVEL DE INTERVENCIÓN

Sala calderas

Las obras requeridas en la sala de calderas, ahora sala técnica consiste en la sustitución del sistema de combustión por una bomba de calor agua-agua.

Espacios colindantes / adyacentes

Debe ubicarse el evaporador de la bomba (espacios colindantes/adyacentes), descritos arriba.

Elementos terminales

Los elementos terminales como radiadores de alta temperatura pueden mantenerse en zonas climáticas medias o en los que tras una rehabilitación de la envolvente se haya reducido la carga térmica.

En otros casos, los elementos terminales en la vivienda deberían ser cambiados por soluciones de baja temperatura (suelo radiante o ventilo convectores -fancoils-), lo cual permitiría además operar a la bomba de calor con un mayor rendimiento medio estacional (SCOP) y, con un diseño apropiado, podría proporcionar también refrigeración.

CUMPLIMIENTO CTE

DBH0: solo aplica si además de la reforma de las instalaciones hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica

DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación

DB HE4:

Caldera de 1 servicio: no es de aplicación.

Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 % de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor

IMP. DESCARBONIZACIÓN

Impacto muy alto en la descarbonización puesto que se eliminan las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles.

En el caso de partir de un sistema que utiliza inicialmente gasóleo GLP o carbón, el impacto en la descarbonización sería algo superior que en el caso de una caldera de gas natural.

Ejemplo de impacto en el caso práctico 1

COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN

Inversión INICIAL €€€€

Muy alto*

- Coste nuevos equipos: bomba/s de calor
- Intercambio de calor en el evaporador (sondeos geotérmicos, por ejemplo)
- Almacenamiento térmico
- Desmontaje instalación actual
- Coste proyecto de ejecución

*(Reforma de los elementos terminales en la vivienda)

COSTES Operación

El uso de energía final se reduce significativamente al sustituir el equipo de generación por una tecnología de alto rendimiento.

GESTIÓN DEL NUEVO SISTEMA	DURACIÓN DE LAS OBRAS
Oper. y mantenimiento La operación del sistema se simplificaría. Se requiere mantenimiento experto para las bombas de calor. **Sumnistro** El suministro sería a través de la red eléctrica, de sencilla gestión.	Alto: entre 1 y 3 meses **INNOVACIÓN** Si sustiyue sistemas de combustión contribuye ala reducción de emisiones directas y permite la integración de otras fuentes renovables

4.4/ COMBINACIÓN DE TECNOLOGÍAS

Este tipo de soluciones implica, bien mantener los equipos actuales e hibridarlos con equipos más eficientes y que utilicen tecnologías renovables, como la bomba de calor, o bien sustituir el existente por un nuevo generador principal, como podría ser una caldera de biomasa, añadiendo un equipo de respaldo, por ejemplo, una caldera de gas.

SOLUCIÓN 4.1: HIBRIDACIÓN CALDERA DE GAS CON BOMBA DE CALOR	
DESCRIPCIÓN	
Esta solución consiste en la instalación de una nueva bomba de calor en combinación con la caldera de gas existente o con una nueva caldera de gas de condensación de menor potencia. La bomba de calor podría dimensionarse únicamente para la demanda del ACS mientras la caldera se encarga de la demanda de calefacción o por la contra, dimensionarse para la carga térmica mayoritariamente, dejando la caldera de gas para respaldo.	
CONDICIONANTES TÉCNICOS	SITUACIÓN INICIAL
Disponibilidad de espacio Es necesario espacio para ubicar el evaporador de la bomba de calor, normalmente una terraza/azotea o cubierta adecuada (a valorar la carga extra a soportar por la estructura). También sirve un espacio colindante o adyacente conectado con el exterior. **Grado de electrificación** La electrificación de la demanda requiere un aumento en la potencia contratada en el edificio en su conjunto, por lo cual es necesaria la consulta a la distribuidora y, en su caso, la actualización del centro de transformación correspondiente.	**Instalación de partida** Solución viable tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios. **Zona climática** Es viable en cualquier zona climática pero especialmente indicado para inviernos exigentes en los que se alcancen temperaturas bajo cero, será en estos momentos donde la caldera de gas para no penalizar en la baja eficiencia de la bomba de calor con bajas temperaturas exteriores.

NIVEL DE INTERVENCIÓN	CUMPLIMIENTO CTE
Sala calderas Las obras requeridas en la sala de calderas consisten en la sustitución del sistema de combustión por la bomba de calor (si es posible esa ubicación) y la sustitución de la caldera de gas por una de menor tamaño si se optase por esa opción. Se necesita espacio también para un depósito de acumulación de agua caliente, cuyo tamaño dependerá del diseño de la instalación. **Elementos terminales** Los elementos terminales como radiadores de alta temperatura pueden mantenerse en zonas climáticas medias o en los que tras una rehabilitación de la envolvente se haya reducido la carga térmica. En otros casos, los elementos terminales en la vivienda deberían ser cambiados por soluciones de baja temperatura (suelo radiante o ventilo convectores -fancoils-), lo cual permitiría además operar a la bomba de calor con un mayor rendimiento medio estacional (SCOP) y, con un diseño apropiado, podría proporcionar también refrigeración. **Otros espacios** Alternativamente debe ubicarse la bomba en la terraza/azotea u orientarse su evaporador hacia un espacio exterior adecuados para ello. En caso de ubicarse en tejado/azotea debe valorarse la carga que va a soportar la cubierta y plantear instalar un número mayor de bombas de menor potencia para reducir la unidad de superficie. Además, deberá canalizarse el agua caliente de vuelta a la sala de calderas por un patio, patinillo técnico o por la fachada.	**DB-H0:** solo aplica si además de la reforma de las instalaciones hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica simultáneamente. **DB-HE1:** solo aplica si hay rehabilitación **DB-HE4:** - Caldera de 1 servicio: no es de aplicación. - Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 % de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor de 5000L/día. **Nota:** En ciertas zonas climáticas puede ser de difícil cumplimiento tanto la exigencia DB HE0 como la DB HE4 debido al SCOP de la bomba en esas condiciones climáticas.

I. DESCARBONIZACIÓN	COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN
Impacto medio a alto en la descarbonización puesto que se reducen parcialmente las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles. En el caso de partir de un sistema que utiliza gasóleo, el impacto en la descarbonización sería algo superior que en el caso de una caldera de gas natural. **Ejemplo de impacto en el caso práctico 1**	**Inversión INICIAL** €€€ € Inversión INICIAL Alto–(Muy alto)* - Coste del nuevo equipo: bomba de calor (y nueva caldera de gas de condensación). - Almacenamiento térmico. - Desmontaje instalación actual - Coste proyecto de ejecución *(Reforma de los elementos terminales en la vivienda) **COSTES Operación** El uso de energía final se reduce significativamente al cubrir parte de la demanda con una tecnología de alto rendimiento.

GESTIÓN SISTEMA	DURACIÓN DE LAS OBRAS
Oper. y mantenimiento La operación del sistema se simplificaría, Se requiere mantenimiento experto para las bombas de calor. **Sumnistro** El suministro sería a través de la red eléctrica y de la red canalizada de gas, de sencilla gestión.	Medio: entre 1 semana y 1 mes si no se interviene en los elementos terminales. Muy alto: más de 3 meses si se interviene en la vivienda. **INNOVACIÓN** La hibridación de una caldera de gas con una bomba de calor supone una innovación tecnológica relevante al combinar lo mejor de dos sistemas: la alta eficiencia de la bomba de calor en condiciones favorables y la fiabilidad de la caldera cuando la demanda térmica es alta o el rendimiento de la bomba de calor se reduce.

SOLUCIÓN 4.2: CALDERA BIOMASA CON APOYO DE CALDERA DE GAS NATURAL

DESCRIPCIÓN

Esta solución consiste en la instalación de una nueva caldera de biomasa que asuma la carga principal e instalar (o mantener la existente si fuera el caso) una caldera de gas para puntas o respaldo.

CONDICIONANTES TÉCNICOS

Disponibilidad de espacio

Es necesario espacio para almacenar la biomasa y espacio para el llenado de dicho almacén, tanto del camión al silo, como del silo a la caldera.

La caldera de biomasa suele ser menos compacta que otras calderas de combustión para una misma potencia.

Espacios colindantes

La disponibilidad de un suministro local de biomasa es recomendable para minimizar las emisiones asociadas al transporte de la biomasa.

SITUACIÓN INICIAL

Instalación de partida

Solución viable tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios.

Zona climática

Es una solución viable en cualquier zona climática.

NIVEL DE INTERVENCIÓN

Sala calderas

La intervención consiste en instalar una nueva caldera de biomasa y una nueva caldera de gas de menor tamaño, o mantener la existente.

Si se parte de caldera de gasóleo se podria valorar la utilización del espacio del tanque de gasóleo para almacenar la biomasa.

Si se parte de caldera de gas natural se debe encontrar una ubicación para el almacenamiento de la biomasa.

Otros espacios

En todos los casos se debe habilitar una forma de reponer la biomasa en el almacén desde el vehículo de suministro.

Igualmente, debe contemplarse la instalación de que la y

Elementos terminales

Los elementos terminales en la vivienda no se verían afectados.

CUMPLIMIENTO CTE

DBH0: solo aplica si además de la reforma de las instalaciones hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica simultáneamente.

DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación

DB HE4:

- Caldera de 1 servicio: no es de aplicación.
- Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 % de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor de 5000L/día.

IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN

Impacto muy alto en la descarbonización puesto que se reducen la mayor parte de las emisiones debidas al uso de combustibles fósiles y además se incrementa la eficiencia al instalar un nuevo equipo.

En el caso de partir de un sistema que utiliza gasóleo o carbón, el impacto en la descarbonización sería algo superior que en el caso de una caldera de gas natural.

La rehabilitación de la envolvente supondría un salto muy significativo en la descarbonización de la instalación.

Ejemplo de impacto en el caso práctico 2

COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN

Inversión INICIAL€ €€

Alto

Coste del nuevo equipo (caldera de biomasa y caldera de gas de apoyo)

Almacenamiento biomasa.

Almacenamiento térmico

Desmontaje instalación actual

Coste proyecto de ejecución

COSTES Operación

El uso de energía final se reduce al cubrir parte de la demanda con una tecnología de mejor rendimiento.

GESTIÓN DEL NUEVO SISTEMA

Operación y mantenimiento

La operación de una caldera de biomasa y su mantenimiento requiere una gestión especializada.

Suministro

Será necesario gestionar suministros periódicos de biomasa.

DURACIÓN DE LAS OBRAS

Alto: entre 1 y 3 meses

INNOVACIÓN

La caldera de gas natural actúa como sistema de apoyo automático, asegurando el servicio en momentos de pico de demanda, avería o mantenimiento de la caldera de

4.5/ APOYO DE RENOVABLES: SOLAR TÉRMICO O FOTOVOLTÁICO

Las instalaciones solares, tanto térmicas como fotovoltaicas, pueden combinarse con las intervenciones descritas antes, y al ser ambas tecnologías renovables, mejoran la contribución renovable y la reducción de consumo de energía primaria.

<table>
<tr><th colspan="3">SOLUCIÓN 5: RESPALDO SOLAR: TÉRMICO O FOTOVOLTAICO</th></tr>
<tr><th colspan="3">DESCRIPCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Esta intervención supone una mejora al combinar tecnologías que captura energía procedente del sol y que se pueden integrar junto con las demás soluciones de diversas maneras. Permiten reducir la potencia y tamaño de la instalación de generación de ACS en el caso de la solar térmica. El autoconsumo de electricidad generada reduce el consumo de energía primaria no renovable.</td></tr>
<tr><th>CONDICIONANTES TÉCNICOS</th><th colspan="2">SITUACION INICIAL</th></tr>
<tr><td>Disponibilidad de espacio
Tanto si el sistema es para la generación de agua caliente sanitaria como para la producción de energía eléctrica, se requiere un espacio adecuado en el tejado o azotea para la instalación de los paneles solares.

En el caso de la producción de ACS, es necesario un nuevo sistema de distribución mediante patinillo técnico, patio o fachada para conducir el agua caliente hasta la sala técnica.</td><td colspan="2">Instalación de partida
Son ambas intervenciones viables tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios, aunque será más adecuada cuando el ACS sea centralizado y/o se cuente con una bomba de calor para generación de forma que se auto consume la producción eléctrica.

Zona climática
Es una solución viable en cualquier zona climática, aunque la generación será mayor en zonas de alta</td></tr>
<tr><th colspan="2">NIVEL DE INTERVENCIÓN</th><th>CUMPLIMIENTO CTE</th></tr>
<tr><td colspan="2">Sala calderas
Las obras requeridas en la sala de calderas pueden ser necesarias si la producción es de ACS.
En el caso de que la producción sea electricidad, puede no ser necesaria intervención en la sala de calderas.

Tejado/azotea
En este tipo de intervención siempre será necesario contar con el espacio adecuado en cuanto a orientación y deberá comprobarse que la estructura dispone de la capacidad para soportar la carga adicional de los paneles.
En el caso de fotovoltaica, el inversor deberá ubicarse relativamente cerca de los</td><td>La generación de ACS con apoyo de energía solar contribuye al cumplimento del DB HE4.
El autoconsumo de energía eléctrica en una bomba de calor que proporciona ACS también contribuye al cumplimiento del DB HE4.</td></tr>
<tr><th>IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN</th><th colspan="2">COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN</th></tr>
<tr><td>Impacto alto en la descarbonización puesto que se aumenta el consumo de energía que procede de fuentes renovables, en este caso el sol.
La cuantificación del impacto deberá ser evaluada en cada caso particular tal y como se muestra en los casos prácticos que acompañan a esta guía.

Ejemplo de impacto en el caso práctico 1</td><td colspan="2">Inversión INICIAL €
Bajo
- Coste paneles y equipos auxiliares.
- Coste proyecto de ejecución.

COSTES Operación
El coste de operación en ambos casos (producción ACS o eléctrica) se verá reducido puesto que es parcialmente cubierto por una fuente renovable.</td></tr>
<tr><th>GESTION SISTEMA</th><th colspan="2">DURACIÓN DE LAS OBRAS</th></tr>
<tr><td>Oper. y mantenimiento
El mantenimiento de las instalaciones solares térmicas según el RITE es función de la potencia instalada, cuando excede los 14kW, es semestral, mientras que, si es menor de 14kW, es anual.</td><td colspan="2">Medio: entre 1 semana y 1

INNOVACIÓN
La integración de energía solar térmica o fotovoltaica con calderas o bombas de calor permiten modular el uso de los sitemas convencionales según la radiación disponible en cada momento.</td></tr>
</table>

4.6/ ADAPTACIÓN A OTRO COMBUSTIBLE

Por último, se recoge la adaptación de la máquina a otro combustible. Esta estrategia se considera una intervención de **reducida complejidad** que conlleva un **grado de descarbonización muy bajo**, ligeramente variable en función tanto del combustible actual como el combustible que se introduzca.

Se contemplan también escenarios menos probables como el uso de biometano o hidrógeno verde si en el futuro esto fuese una posibilidad, que llevaría a la descarbonización completa de la instalación.

<table>
<tr><th colspan="3">SOLUCIÓN 6.1: ANÁLISIS DE ADAPTACIÓN A OTRO COMBUSTIBLE</th></tr>
<tr><th colspan="3">DESCRIPCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Partiendo de una instalación que utiliza gasóleo, se propone un cambio de combustible a gas natural o GLP, sustituyendo únicamente el quemador si la edad de la caldera permite mantenerla. Se trata de una intervención a considerar cuando la caldera no se encuentre al final de su vida útil.
En caso de que la caldera se encuentre al final de su vida útil, se recomienda la sustitución completa de la caldera, intervención que se analiza en la siguiente ficha.</td></tr>
<tr><th colspan="2">CONDICIONANTES TÉCNICOS</th><th>SITUACIÓN INICIAL</th></tr>
<tr><td>Disponibilidad de espacio
Puede llevarse a cabo sin necesidad adicional de espacio en concreto si existe red de gas natural canalizada, en cuyo caso se libera el espacio ocupado por el tanque de gasóleo.
En el caso de zonas donde no existe red de gas natural canalizado y se opte por un quemador de GLP debe disponerse de espacio para el tanque de GLP, podría ser el tanque de gasóleo.</td><td>Red Gas/GLP canalizado
Es necesario que exista red canalizada de gas natural. Alternativamente si opta por GLP para que esta intervención sea viable debe disponerse de una micro red de GLP.</td><td rowspan="2">Instalación de partida
Instalación de partida
Es una solución viable técnicamente tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios.

Zona climática
Es una solución viable en cualquier zona climática.</td></tr>
<tr><th colspan="2">NIVEL DE INTERVENCIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="2">Sala calderas
En sala de calderas, incluiría realizar acometida de gas/GLP (o instalación del depósito de GLP), cambio de quemador en sí y desmontar el depósito de gasóleo existente.
Si la caldera de gasóleo se encuentra en los años finales</td><td rowspan="2">El cambio del quemador de una instalación de generación térmica, para su adaptación a otro combustible, no se considera una reforma íntegra de la misma, por lo tanto, no aplica el DB HE.

DB H0: no aplica puesto que el cambio de quemador no se considera una reforma de las instalaciones
DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación
DB HE4: no se aplica en este caso puesto que el cambio de quemador no se considera una reforma de las instalaciones</td></tr>
<tr><td>Otros espacios
En el caso de zonas donde no existe red de gas natural canalizado y se opte por un quemador de GLP debe disponerse de espacio para el tanque de GLP, podría ser el tanque de gasóleo.</td><td>Elementos terminales
Los elementos terminales en la vivienda no se ven afectados por esta intervención.</td></tr>
</table>

IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN	COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN	
El **impacto es el más bajo de todas las intervenciones** que se presentan, puesto que únicamente se reducen las emisiones debidas al combustible (gasóleo a gas natural o a GLP) pero no debido a una mejor eficiencia del equipo o las instalaciones. **Ejemplo de impacto en el caso práctico 2**	**Inversión INICIAL** € Muy bajo - Nuevo quemador - Desmontaje tanque gasóleo - Acometida o nuevo tanque GLP.	**COSTES Operación** El uso de energía final no se reduce al mantener el equipo de generación, la caldera convencional.
GESTIÓN DEL NUEVO SISTEMA	**DURACIÓN DE LAS OBRAS**	
Operación y mantenimiento La operación del nuevo sistema no se verá significativamente afectada. El mantenimiento de una caldera de gas es un mantenimiento no especializado y que pueden proporcionar diferentes empresas del sector.	Bajo	
Suministro En el caso de adaptación a gas natural o GLP canalizado, la gestión del suministro se simplifica. Si se opta por GLP y no existe micro - red será se mantiene la gestión del llenado del tanque. Se reemplazarían los pedidos de gasóleo por suministros periódicos de GLP por camión cisterna.	**POSIBLE INNOVACIÓN** BIODIESEL En el caso de disponer de biodiesel, este biocombustible se podría usar en lugar de gasóleo sin modificar la instalación.	

SOLUCIÓN 6.2: CALDERA DE GAS DE CONDENSACIÓN		
DESCRIPCIÓN		
Se propone la eliminación completa de la caldera existente y la instalación de una caldera de gas natural de condensación que consigue mayor eficiencia en la combustión. Se podría también considerar su uso utilizando GLP si la red de gas natural canalizado no llega al municipio. Se trata de una solución a considerar en calderas antiguas que estén en el final de su vida útil o que deban ser sustituidas de improvisto (como en averías que ya el mantenedor desaconseje reparar).		
CONDICIONANTES TÉCNICOS		**SITUACIÓN INICIAL**
Disponibilidad de espacio No es necesario espacio adicional en la sala técnica para esta intervención. Si se opta por GLP y no existe micro – red de GLP es necesario espacio para un tanque GLP.	**Red de Gas/GLP** Es necesario que ocurra alguna de estas premisas para poder usar el combustible canalizado: -Exista red canalizada de gas natural. -Exista micro red de GLP. Alternativamente se puede instalar un tanque de GLP.	**Instalación de partida** Instalación de partida Solución viable tanto para calderas centralizadas de solo calefacción como calderas de dos servicios. Zona climática Es una solución viable en cualquier zona climática.

<table>
<tr><th>NIVEL DE INTERVENCIÓN</th><th colspan="2">CUMPLIMIENTO CTE</th></tr>
<tr><td>Sala calderas
Si se parte de caldera de gas natural la intervención consistiría en la sustitución de un equipo actual por otro equipo nuevo.
Si se parte de caldera de gasóleo las obras en la sala de calderas consistirían en realizar acometida de gas y el espacio ocupado por el tanque de gasóleo se liberaría.

Elementos terminales
Los elementos terminales en la vivienda no se verían afectados.</td><td colspan="2">DB H0: solo aplica si además de la reforma de las instalaciones hay una rehabilitación que afecte a más del 25% de la envolvente térmica simultáneamente.
DB HE1: solo aplica si hay rehabilitación
DB HE4:Caldera de 1 servicio: no es de aplicación.
Caldera de 2 servicios: DB HE4 requiere que el 70 % de la demanda anual del ACS se cubra con fuentes renovables cuando la demanda de ACS es mayor de 5000L/día.</td></tr>
<tr><th>IMPACTO EN LA DESCARBONIZACIÓN</th><th colspan="2">COSTES ASOCIADOS A LA INTERVENCIÓN</th></tr>
<tr><td>Impacto bajo en la descarbonización puesto que únicamente se reducen las emisiones debidas a una mejor eficiencia del equipo en el caso de ya estar empleando gas natural.
En el caso de partir de un sistema que utiliza gasóleo, el impacto en la descarbonización sería algo superior.

Ejemplo de impacto en los casos prácticos 1 y 2</td><td>Inversión INICIAL €
Baja.
-Acometida de gas/GLP o depósito GLP
-Coste nuevo equipo: caldera gas de condensación
-Desmontaje instalación actual.
-Coste proyecto de ejecución.</td><td>COSTES Operación
El uso de energía final se reduce ligeramente al sustituir el equipo de generación por uno nuevo más eficiente.</td></tr>
<tr><th>GESTIÓN DEL NUEVO SISTEMA</th><th colspan="2">DURACIÓN DE LAS OBRAS</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Operación y mantenimiento
La operación del nuevo sistema no se verá significativamente afectada. El mantenimiento de una caldera de gas es un mantenimiento no especializado y que pueden proporcionar diferentes empresas del sector.</td><td colspan="2">Bajo</td></tr>
<tr><td>Suministro
El suministro de gas natural o GLP canalizado es muy conveniente y de sencilla gestión si se compara con la gestión del llenado del tanque de gasóleo o GLP mediante camión cisterna.</td><td colspan="2">INNOVACIÓN
BIOMETANO/HIDRÓGENO VERDE
En el futuro se espera que exista la posibilidad de utilizar biometano canalizado. Aplicarían las mismas restricciones y el impacto en la descarbonización sería muy superior.
BIODIESEL
En el caso de disponer de biodiesel, este biocombustible se podría usar en lugar de gasóleo sin modificar la</td></tr>
</table>

5/
CASOS PRÁCTICOS DE LA APLICACIÓN DE LA GUÍA

En la presente sección, y a modo de ejemplo de la interpretación y aplicación de las matrices y fichas previamente descritas, se van a analizar dos casos prácticos, con diferente sistema térmico centralizado de partida, condicionantes técnicos y zona climática, analizando las ventajas y limitaciones en diversos aspectos de cada intervención propuesta. En concreto se discutirán opciones para la descarbonización en estos ejemplos:

→ Bloque de viviendas con caldera centralizada de calefacción y ACS de gas natural en la zona climática E.

→ Bloque de viviendas con caldera centralizada de calefacción de gasóleo en la zona climática C.

Los impactos de las intervenciones planteadas para cada caso son descritos cuantitativa y cualitativamente. Tras descartar las opciones técnicamente inviables en cada caso, las propuestas analizadas en detalle deben tomarse como una enumeración heterogénea y representativa pero no taxativa de las diferentes intervenciones o casuísticas posibles. Las conclusiones técnicas de ambos casos analizados podrán ser, manteniendo la coherencia con las matrices y fichas previamente descritas, extrapolables a otras ubicaciones y proyectos; mientras que los indicadores cuantitativos, ambientales y energéticos, y la previsión de calificación energética dependerán de los detalles de la situación de partida (especialmente el combustible y antigüedad del sistema existente, así como la demanda térmica a satisfacer en función de la zona climática, normativa constructiva vigente en el año de construcción y grado de aislamiento de la envolvente) y deberán calcularse con las herramientas reconocidas para tal fin.

5.1/ CALDERA CENTRALIZADA DE CALEFACCIÓN Y ACS DE GAS NATURAL EN LA ZONA CLIMÁTICA E1

5.1.1/ DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

En este caso, se estudia una comunidad formada por 78 viviendas en bloque (en tres portales adyacentes), situada en la ciudad de **Burgos (zona climática E1)** del año 1970, y por tanto época constructiva previa anterior a NBE-CT-79 y cuya envolvente presenta su estado original, es decir, no ha experimentado ninguna mejora significativa ni ha sido rehabilitada desde su construcción para mejorar su comportamiento térmico. Tanto las demandas térmicas de calefacción como de ACS se satisfacen desde una sala técnica comunitaria en planta semisótano del edificio, donde se ubican dos calderas mixtas convencionales (una de 220kW y otra mayor de 400kW que entra en funcionamiento según la carga térmica), así como un tanque de 2.000l para el ACS. El combustible empleado es gas natural, y las calderas están cerca del fin de su vida útil (antiguas con pobre aislamiento).

Respecto a la demanda térmica de calefacción y ACS, se considera una vivienda media de 85m^2 y cuatro ocupantes. La cubierta del edificio es practicable, con una zona horizontal y otra con ligera inclinación, agregando entre los tres portales una superficie útil en cubierta de unos 1.000m^2. La situación de partida respecto a la calificación energética y otros indicadores se recoge en la siguiente figura.

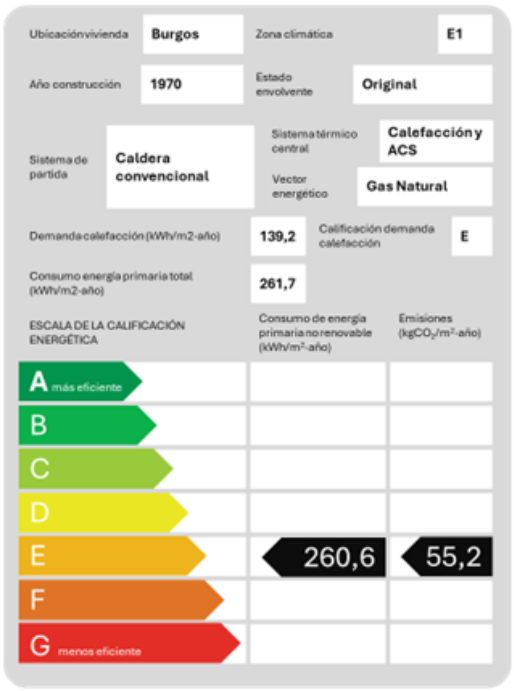


Figura 22. Resumen técnico de la situación de partida considerada

5.1.2/ ANÁLISIS DE INTERVENCIONES CONSIDERADAS

En función del nivel de descarbonización perseguido, se pueden plantear diversas opciones de menor o mayor complejidad y coste, sujetas también a los criterios de factibilidad y conveniencia recogidos en las matrices y fichas. En este ejemplo, para ilustrar los potenciales impactos de diferentes tecnologías, se considera el siguiente contexto urbano planteado:

- → El edificio dispone de espacio en la de una sala técnica amplia en semisótano, con chimenea y acceso al aire exterior para aprovechamiento del calor ambiental, posibilitando instalar nuevos equipos. El espacio es insuficiente para ubicar un silo de biomasa y no sería sencilla la carga de este combustible.
- → La cubierta es amplia y practicable.
- → La envolvente puede mantenerse en su estado original o rehabilitarla con aislamiento térmico exterior.
- → Se dispone de conexión a red de gas natural canalizado en la ciudad.
- → La conexión a la red eléctrica existente permite aumentar la potencia eléctrica contratada del edificio.
- → Posibilidad de conexión a red térmica urbana (se analizará la hipótesis de alta temperatura y de baja temperatura).

Bajo este contexto, se analiza una relación amplia pero no exhaustiva de intervenciones factibles, que

incluyen:

→ Sustitución por calderas de condensación de gas natural o con combinación de rehabilitación de envolvente o con respaldo renovable (sea solar térmica o bomba de calor).

→ Hibridación de bombas de calor aerotérmicas y caldera de condensación (dada la rigurosidad invernal de esta zona se prioriza la rehabilitación energética y se descarta un escenario exclusivo con aerotermia para poder mantener los elementos terminales dentro de las viviendas).

→ Conexión a redes térmicas urbanas, bien de alta temperatura (con base de biomasa) o de baja temperatura (con despliegue en el edificio de bombas de calor agua-agua, caso muy similar al aprovechamiento geotérmico in situ).

Las intervenciones estudiadas, y sus implicaciones respecto a exigencias del CTE, son enumeradas en la Figura 23. Tras discutir caso por caso, se resume holísticamente las ventajas y limitaciones en una tabla comparativa:

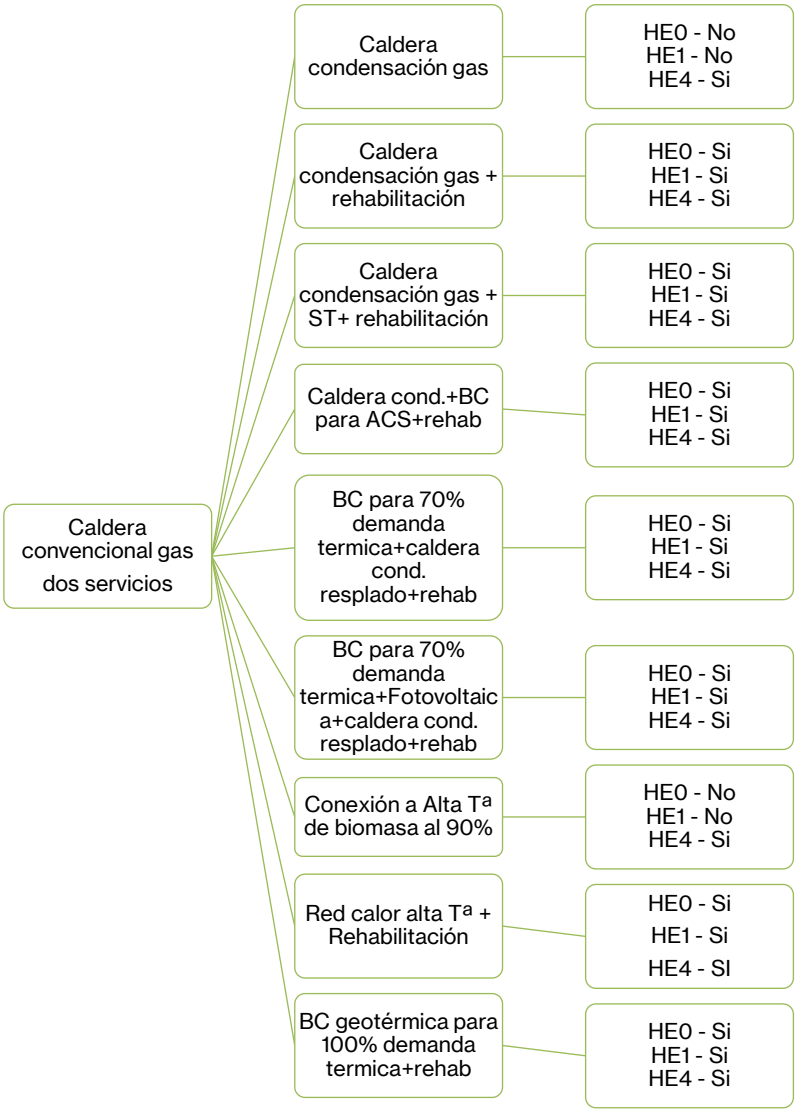


Figura 23. Intervenciones posibles estudiadas para este caso en Burgos.

Intervención: Caldera de condensación de gas natural

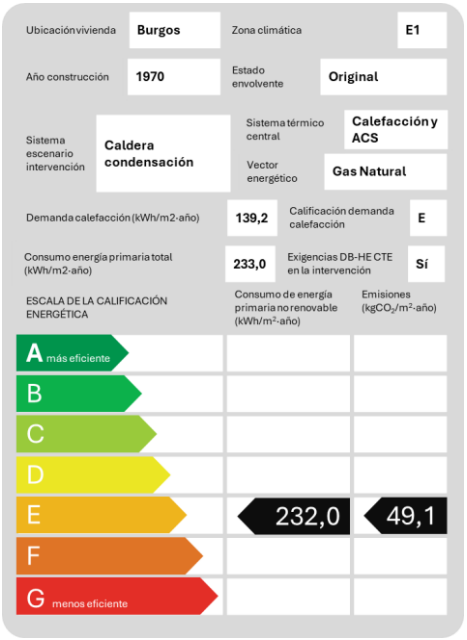
Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una nueva caldera mixta de condensación en la sala técnica comunitaria, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

• La demanda de calefacción se mantendría igual, puesto que no plantea actuar en la envolvente.

•Este nuevo sistema térmico sería de condensación, con una ocupación similar o algo inferior de la sala técnica respecto al sistema existente.

• El consumo de energía final (gas natural) en calefacción y ACS se reduciría en un 11% gracias al incremento del rendimiento de la nueva caldera que cubre la demanda de calefacción.

•Tanto el consumo de energía primaria no renovable como las emisiones se reducirían en un 11%, manteniéndose la calificación E en ambos en ambos indicadores.



Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia DB HE4 requiere una contribución renovable del 70% a dicha demanda, que no se cumpliría en este planteamiento (al no considerar ningún respaldo renovable), por lo que debería sopesarse esta cuestión en proyecto, o al tratarse de una intervención en una edificación existente si podría serle de aplicación el criterio de flexibilidad cuando no fuese posible alcanzar dicho nivel de prestación.

El nivel de intervención se centraría en la sala de calderas, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La chimenea existente se podría reaprovechar, según su estado, o aprovechar su hueco para instalar una nueva salida de gases de combustión.

La actuación en la sala técnica podría acometerse en el plazo inferior a un mes y una inversión acotada (siendo las calderas de condensación de gas de las opciones más económicas).

En operación, se mantendría la conexión existente a la red de gas natural, mientras que se prevén unos costes de operación algo más reducidos al tratarse de un sistema más nuevo y eficiente.

Esta es una solución de muy baja contribución a la descarbonización, sin mejora en la calificación energética, pero de ágil implementación.
Se trata de una solución a considerar en calderas antiguas que estén en el final de su vida útil o que deban ser sustituidas de improvisto (como en averías que ya el mantenedor desaconseje reparar). Sin embargo, esta solución tiene un horizonte incierto a partir de 2030, condicionado por las políticas públicas respecto al gas natural, aunque podría emplear más adelante un combustible menos intensivo en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en la red gasística.

Intervención: Caldera de condensación de gas natural y rehabilitación envolvente

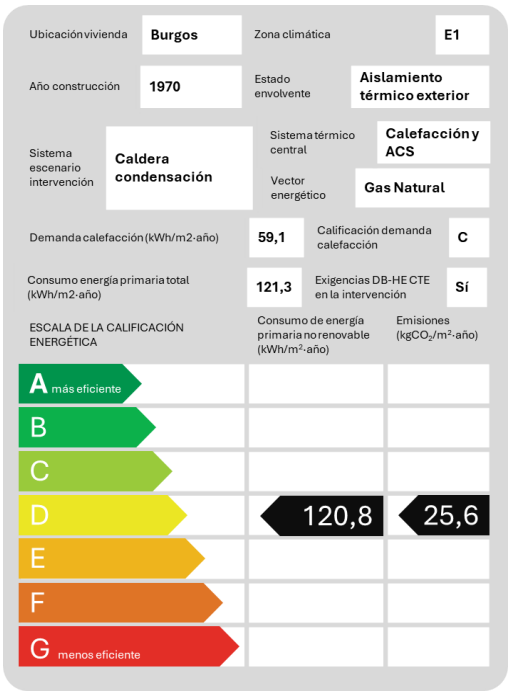
Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una nueva caldera mixta de condensación en la sala técnica comunitaria, y se rehabilitan los cerramientos con aislamiento exterior, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

• La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•La nueva caldera de condensación sería de menor potencia y tamaño, y por tanto más económica, ya que al rehabilitar la envolvente se reduciría tanto la demanda térmica de todo el periodo de calefacción como la carga térmica máxima.

•El consumo de energía final (gas natural) se reduciría en un 54%, gracias a la reducción de la demanda térmica y al incremento del rendimiento de la nueva caldera que cubre la demanda térmica (calefacción y ACS).

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 54%, mejorando la calificación a D en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE1** respecto a las transmitancias térmicas.
Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda, que no se cumpliría en este planteamiento (al no considerar ningún respaldo renovable).
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se excederían ambos límites para esta zona climática.
El no cumplimiento del HE4 y el HE0 debería sopesarse en proyecto, o al tratarse de una intervención en una edificación existente si pudiera serle de aplicación el criterio de flexibilidad cuando no fuese posible alcanzar dicho nivel de prestación.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas.

El ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción sería significativo al combinarse el efecto de la reducción de la demanda por rehabilitación con una caldera más nueva y eficiente. La rehabilitación de la envolvente por aislamiento térmico exterior presentaría los tiempos habituales en el sector, mientras que la sustitución del sistema térmico de calefacción sí sería ágil (menor a un mes).

Esta es una solución de **cierta contribución a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en un nivel (tanto en consumo EPNR como en emisiones).
El uso exclusivamente de gas natural tiene un horizonte incierto a partir de 2030, condicionado por las políticas públicas respecto a los combustibles fósiles, aunque podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en la red gasística.

Intervención: Caldera de condensación de gas natural, con respaldo solar térmica, y rehabilitación envolvente

Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una nueva caldera mixta de condensación en la sala técnica comunitaria, una instalación solar térmica en cubierta que contribuya a la producción de ACS, y se rehabilitan los cerramientos con aislamiento exterior, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

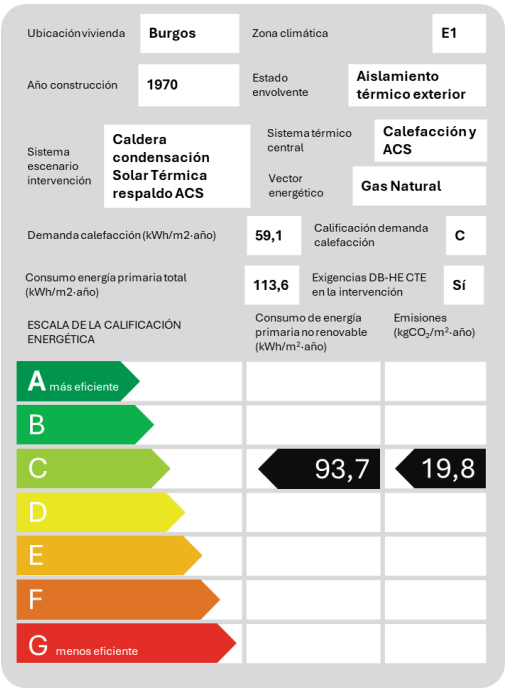
• La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

• La nueva caldera de condensación sería de menor potencia y tamaño, y por tanto más económica, ya que al rehabilitar la envolvente se reduciría tanto la demanda térmica de todo el periodo de calefacción como la carga térmica máxima.

•La instalación solar térmica de 430m2 de colectores, se haría en las cubiertas del bloque, requiriendo conducir la producción térmica hasta la sala de calderas con un nuevo sistema de distribución (por patio, patinillo técnico o fachada).

•El consumo de energía final (gas natural) se reduciría en un 64%, gracias a la reducción de la demanda de calefacción, al incremento del rendimiento de la nueva caldera que cubre la demanda térmica (calefacción y ACS) y la contribución renovable in situ.

• El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 64%, mejorando la calificación a C en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE1** respecto a las transmitancias térmicas. Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda, que sí se cumpliría en este planteamiento. Debe observarse que la instalación solar térmica planteada es de gran tamaño (para poder cumplir con dicha exigencia) y su factibilidad dependería de la superficie disponible en cubierta y la posibilidad de conectarla con la sala técnica en el semisótano. Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se cumpliría se excedería el primer límite, cumpliéndose el segundo, para esta zona climática.
El no cumplimiento del HE4 y el HE0 debería sopesarse en proyecto, o al tratarse de una intervención en una edificación existente si pudiera serle de aplicación el criterio de flexibilidad cuando no fuese posible alcanzar dicho nivel de prestación.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la generación, así como la cubierta donde se instalarían los colectores solares (y la requerida distribución entre cubierta y semisótano). Se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas.

El ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería significativo al combinarse el efecto de la reducción de la demanda por rehabilitación con una caldera más nueva y eficiente (y con respaldo solar). La rehabilitación de la envolvente por aislamiento térmico exterior presentaría los tiempos habituales en el sector, mientras que la sustitución del sistema de generación térmica y los colectores solares sí sería ágil (menor a un mes).

Esta es una solución de de **contribución media a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en dos niveles (tanto en consumo EPNR como en emisiones).
Siendo el principal vector energético empleado el gas natural, la descarbonización es parcial, aunque la caldera podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en la red gasística.

Intervención: Caldera de condensación de gas natural, con respaldo de bomba de calor aerotérmica para ACS, y rehabilitación envolvente

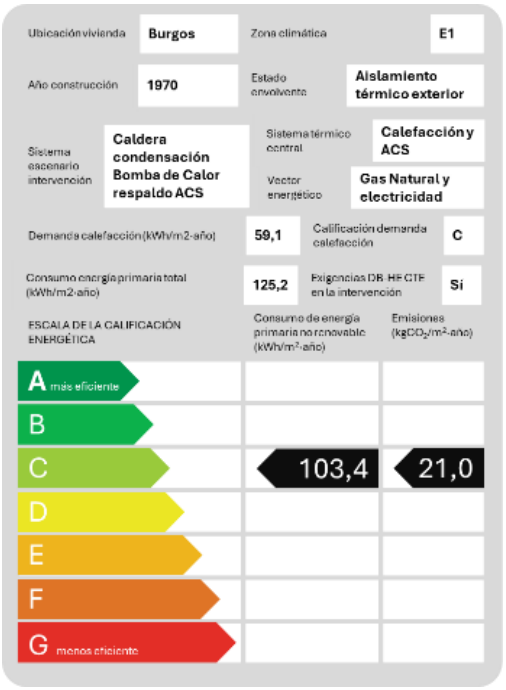
Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una nueva caldera mixta de condensación en la sala técnica comunitaria, una bomba de calor aerotérmica (aire-agua) produciría el equivalente a la demanda de ACS anual, y se rehabilitan los cerramientos con aislamiento exterior, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•La nueva caldera de condensación sería de menor potencia y tamaño, y por tanto más económica, ya que al rehabilitar la envolvente se reduciría tanto la demanda térmica de todo el periodo de calefacción como la carga térmica máxima, así mismo parte de la demanda térmica la cubriría la bomba de calor.

•El consumo de gas natural se reduciría en un 62%, gracias a la reducción de la demanda de calefacción, y al incremento del rendimiento de la nueva caldera que cubre la demanda térmica. Adicionalmente habría un consumo de electricidad para accionar la bomba de calor.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 60% y un 62% respectivamente, mejorando la calificación a C en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE1** respecto a las transmitancias térmicas.
Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Aun planteando cubrir el 100% mediante la bomba de calor, como es este caso, y con un SCOP considerado de 2,55 en esta zona climática, la contribución renovable a la demanda de ACS sería del 61% por lo que no cumpliría la exigencia (en ubicaciones con climas templados o cálidos sí se lograrían SCOP mayores y cumplir con la exigencia).
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se excederían ambos límites para esta zona climática.
El no cumplimiento del HE4 y el HE0 debería sopesarse en proyecto, o al tratarse de una intervención en una edificación existente si pudiera serle de aplicación el criterio de flexibilidad cuando no fuese posible alcanzar dicho nivel de prestación.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la caldera, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. Sería necesario orientar el evaporador de la bomba de calor hacia el aire exterior (por ejemplo, si la sala técnica tiene acceso al exterior a través de huecos en el cerramiento de la misma o conducirlo, o ubicando al menos el evaporador en un espacio exterior adyacente, en caso de disponer de él). En caso alternativo, se podría ubicar la bomba de calor en la cubierta (pudiendo repartir la potencia entre varias bombas de calor menores en cascada para aligerar el peso sobre unidad de superficie de cubierta) y habría que canalizar el agua caliente (por fachada o patinillo técnico). a la sala técnica donde se ubicará además un depósito o acumulador.

El ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería significativo al combinarse el efecto de la reducción de la demanda de calefacción por rehabilitación con un sistema formado por una caldera de condensación y una bomba de calor. La rehabilitación de la envolvente por aislamiento térmico exterior presentaría los tiempos habituales en el sector, mientras que la sustitución del sistema de generación térmica sí sería ágil (menor a un mes).

Esta es una solución de de **contribución media a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en dos niveles (tanto en consumo EPNR como en emisiones).
Es una solución que aporta una electrificación parcial de la demanda, mientras que mantiene también el uso de gas natural, aunque la caldera podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en la red gasística. Por último, al reducirse sensiblemente la combustión fósil, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire exterior; mientras que el calor expulsado por el evaporador, en función de su ubicación, podría afectar al comfort exterior in situ.

Intervención: Hibridación bomba de calor aerotérmica - caldera de condensación, y rehabilitación envolvente

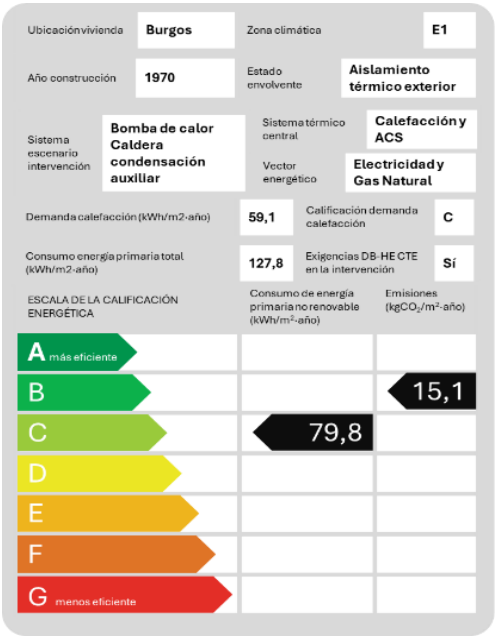
Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por un sistema híbrido (bomba de calor aerotérmica, aire-agua, y caldera de condensación) en la sala técnica comunitaria, donde la bomba de calor cubriera el 70% de la demanda térmica anual, y se rehabilitan los cerramientos con aislamiento exterior, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•El nuevo sistema térmico sería de menor potencia, y por tanto más económico, ya que al rehabilitar la envolvente se reduciría tanto la demanda térmica de todo el periodo de calefacción como la carga térmica máxima. La bomba de calor cubriría el 70% de la demanda térmica, mientras que la caldera de condensación sería un sistema auxiliar para los días más fríos. Esto permitiría mantener los elementos terminales en la vivienda, al garantizar unas temperaturas de impulsión adecuadas en función de la temperatura exterior.

•El consumo de gas natural se reduciría en un 86%, gracias a la reducción de la demanda de calefacción, y a que la caldera de condensación operaría sólo en las condiciones de carga térmica máxima. Adicionalmente habría un consumo de electricidad para accionar la bomba de calor.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 69% y un 73% respectivamente, mejorando la calificación a C y B en los indicadores correspondientes.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE1** respecto a las transmitancias térmicas.
Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Aun planteando cubrir el 100% mediante la bomba de calor, como es este caso, y con un SCOP para ACS considerado de 2,55 en esta zona climática, la contribución renovable a la demanda de ACS sería del 61% por lo que no cumpliría la exigencia (en ubicaciones con climas templados o cálidos sí se lograrían SCOP mayores y cumplir con la exigencia).
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se cumpliría el primer límite, excediendo el segundo de ellos, para esta zona climática.
El no cumplimiento del HE4 y el HE0 debería sopesarse en proyecto, o al tratarse de una intervención en una edificación existente si pudiera serle de aplicación el criterio de flexibilidad cuando no fuese posible alcanzar dicho nivel de prestación.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la caldera, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. Sería necesario orientar el evaporador de la bomba de calor hacia el aire exterior (por ejemplo, si la sala técnica tiene acceso al exterior a través de huecos en el cerramiento de esta o conducirlo, o ubicando al menos el evaporador en un espacio exterior adyacente, en caso de disponer de él). En caso alternativo, se podría ubicar la bomba de calor en la cubierta (pudiendo repartir la potencia entre varias bombas de calor menores en cascada para aligerar el peso sobre unidad de superficie de cubierta) y habría que canalizar el agua caliente (por fachada o patinillo técnico). a la sala técnica donde se ubicará además un depósito o acumulador.

El **ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería muy significativo** al combinarse el efecto de la reducción de la demanda de calefacción por rehabilitación con un sistema formado por una bomba de calor y una caldera de condensación. La rehabilitación de la envolvente por aislamiento térmico exterior presentaría los tiempos habituales en el sector, mientras que la sustitución del sistema de generación térmica sí sería ágil (menor a un mes).

Esta es una solución de **contribución alta a la descarbonizació**n, mejorando la calificación energética en dos niveles en consumo EPNR y tres niveles en emisiones.
Es una solución que avanza a la electrificación de la demanda, y que podría combinarse con otros recursos eléctricos distribuidos (fotovoltaica, carga de vehículos eléctricos, gestión inteligente, etc.). Por otra parte, la factibilidad de esta solución requiere del contraste con la distribuidora eléctrica de la zona por si requiriera de actualizaciones en el centro de transformación de la zona. Por último, al reducirse ampliamente la combustión fósil, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire exterior; mientras que el calor expulsado por el evaporador, en función de su ubicación, podría afectar al comfort exterior in situ.

Intervención: Hibridación bomba de calor aerotérmica - caldera de condensación, autoconsumo fotovoltaico, y rehabilitación envolvente

Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por un sistema híbrido (bomba de calor aerotérmica, aire-agua, y caldera de condensación) en la sala técnica comunitaria, donde la bomba de calor cubriera el 70% de la demanda térmica anual, se apoyará con un sistema de autoconsumo fotovoltaico en cubierta, y se rehabilitan los cerramientos con aislamiento exterior, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

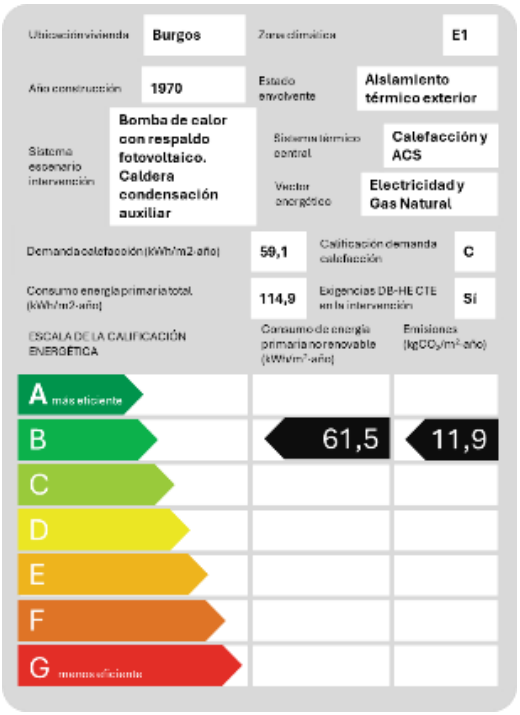
•La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•El nuevo sistema térmico sería de menor potencia, y por tanto más económico, ya que al rehabilitar la envolvente se reduciría tanto la demanda térmica de todo el periodo de calefacción como la carga térmica máxima. La bomba de calor cubriría el 70% de la demanda térmica, mientras que la caldera de condensación sería un sistema auxiliar para los días más fríos. Esto permitiría mantener los elementos terminales en la vivienda, al garantizar unas temperaturas de impulsión adecuadas en función de la temperatura exterior.

•El consumo de gas natural se reduciría en un 86%, gracias a la reducción de la demanda de calefacción, y a que la caldera de condensación operaría sólo en las condiciones de carga térmica máxima. Adicionalmente habría un consumo de electricidad para accionar la bomba de calor.

•Una instalación fotovoltaica de 52kW (aprox. 260m2 en cubierta) para autoconsumo, reduciría la factura eléctrica (el 43% del consumo de la bomba de calor sería cubierto por la generación in situ) además de reducir el consumo de energía primaria no renovable.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 76% y un 78% respectivamente, mejorando la calificación a B en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE1** respecto a las transmitancias térmicas.
Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Computando tanto la contribución renovable del calor extraído del ambiente exterior por la bomba de calor como de la generación fotovoltaica que la respalda, se cumpliría la exigencia holgadamente.
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se cumplirían ambos requisitos, para esta zona climática, por lo que **se transformaría en un edificio de consumo casi nulo**, según la definición del CTE 2019.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la caldera, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. Sería necesario orientar el evaporador de la bomba de calor hacia el aire exterior (por ejemplo, si la sala técnica tiene acceso al exterior a través de huecos en el cerramiento de esta o conducirlo, o ubicando al menos el evaporador en un espacio exterior adyacente, en caso de disponer de él). En caso alternativo, se podría ubicar la bomba de calor en la cubierta (pudiendo repartir la potencia entre varias bombas de calor menores en cascada para aligerar el peso sobre unidad de superficie de cubierta) y habría que canalizar el agua caliente (por fachada o patinillo técnico). a la sala técnica donde se ubicará además un depósito o acumulador. La instalación fotovoltaica de autoconsumo también se realizaría en parte de la cubierta, conectándose a la red eléctrica del edificio.

El **ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería muy significativo** al combinarse el efecto de la reducción de la demanda de calefacción por rehabilitación con un sistema formado por una bomba de calor y una caldera de condensación, y el autoconsumo fotovoltaico. La rehabilitación de la envolvente por aislamiento térmico exterior presentaría los tiempos habituales en el sector, mientras que la sustitución del sistema de generación térmica y la instalación de autoconsumo fotovoltaico sí sería ágil (menor a un mes).

Esta es una solución de **contribución muy alta a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en tres niveles tanto en consumo de EPNR como de emisiones. Se alcanzarían las prestaciones de un edificio de consumo casi nulo, a la vez que se avanza en la electrificación de la demanda. Además la instalación fotovoltaica podría aumentarse y configurarse de autoconsumo colectivo, cubriendo parcialmente otras necesidades eléctricas de los hogares o de carga de vehículos en el garaje, si lo hubiera. Por otra parte, la factibilidad de esta solución requiere del contraste con la distribuidora eléctrica de la zona por si requiriera de actualizaciones en el centro de transformación de la zona. Por último, al reducirse ampliamente la combustión fósil, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire exterior; mientras que el calor expulsado por el evaporador, en función de su ubicación, podría afectar al comfort exterior in situ.

Intervención: Conexión a red térmica urbana de alta temperatura basada en biomasa

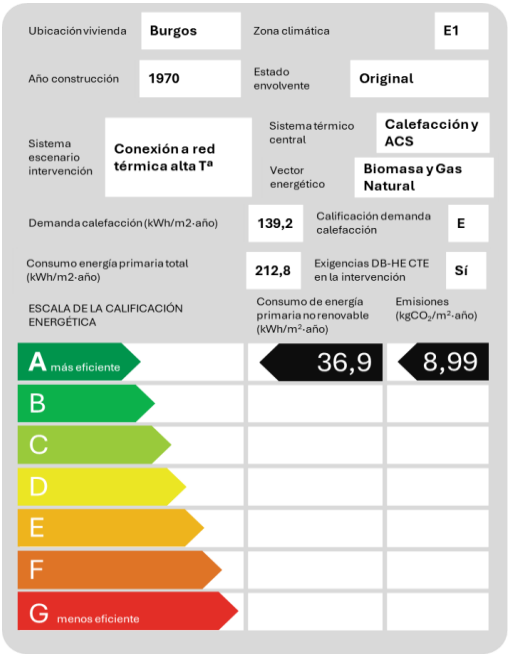
En caso de disponer de una red de calor urbana o de distrito en las proximidades, si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una conexión a dicha red (mediante la instalación de intercambiadores de calor en la sala técnica comunitaria), los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se mantendría igual, puesto que no plantea actuar en la envolvente.

•La red de calor urbana se basaría en calderas de condensación de biomasa que cubriera el 90% de la demanda térmica (ACS y calefacción), y un sistema auxiliar de gas natural para los momentos de carga máxima en los días más fríos (proporción habitual en redes de biomasa existentes en España). Al distribuir a altas temperaturas, sólo sería necesario instalar una serie de intercambiadores térmicos en la sala técnica actual, sin afección a la distribución intraedificio ni en los elementos terminales de las viviendas.

•El consumo de energía final se reduciría en un 13% (sustituyendo el gas natural que se empleaba en el edificio por el calor aportado por la red urbana y proveniente principalmente de biomasa) gracias a la eficiencia de la red de calor y la central asociada de gran potencia.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 86% y un 84% respectivamente, mejorando la calificación a A en ambos indicadores.



Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Al ser satisfecha la totalidad de dicha demanda por la red de calor urbana de biomasa, se cumpliría la exigencia holgadamente.
Al no abordarse la rehabilitación de la envolvente **no aplicaría las exigencias del DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. Cabe apuntar que en este caso, aun siendo calificación energética A, no se cumpliría el límite de consumo de energía primaria total para esta zona climática (al ser el consumo de energía final de biomasa muy elevado), por lo que **no se podría considerar un edificio de consumo casi nulo**, según la definición del CTE 2019.

El nivel de intervención se circunscribiría a la sala técnica, donde se sustituiría la caldera existente por intercambiadores de calor, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas.

El **ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería significativo** ya que se externalizaría el sistema térmico, ahorrando el servicio de mantenimiento y suministro actual, participando de un centro de generación de alta potencia y más eficiente, mientras que los costes del nuevo vector dependerían del precio por unidad térmica ofertado por la red (en ocasiones regulado desde la administración pública local). La conexión a la red de calor sería muy económica y ágil (trabajos de una o dos semanas).

Esta es una solución de **muy alta contribución a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en cuatro niveles tanto en consumo de EPNR como de emisiones (alcanzando la máxima calificación, A).
El uso de biomasa proveniente de la misma región, aportaría un carácter de circularidad al proyecto, a la vez que puede ofrecer un suministro asegurado y a precio estable a lo largo de una estación si se incluyen los proveedores locales dentro de la cadena de valor de la biomasa. Como toda caldera, localmente el proceso de combustión tendría implicaciones en la calidad del aire exterior y debería alinearse con las ordenanzas municipales al respecto, si las hubiera.

Intervención: Conexión a red térmica urbana de alta temperatura basada en biomasa, y rehabilitación de la envolvente

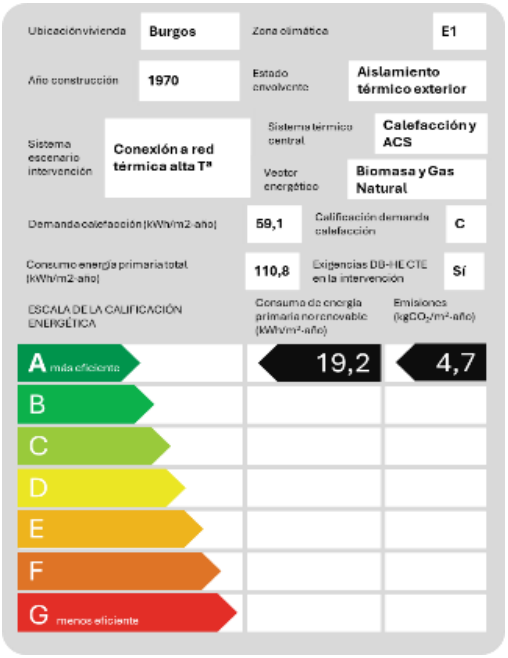
En caso de disponer de una red de calor urbana o de distrito en las proximidades, si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una conexión a dicha red (mediante la instalación de intercambiadores de calor en la sala técnica comunitaria), a la vez que se aplica aislamiento térmico exterior a los cerramientos del edificio, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•La red de calor urbana se basaría en calderas de condensación de biomasa que cubriera el 90% de la demanda térmica (ACS y calefacción), y un sistema auxiliar de gas natural para los momentos de carga máxima en los días más fríos (proporción habitual en redes de biomasa existentes en España). Al distribuir a altas temperaturas, sólo sería necesario instalar una serie de intercambiadores térmicos en la sala técnica actual, sin afección a la distribución intraedificio ni en los elementos terminales de las viviendas.

•El consumo de energía final se reduciría en un 55% (sustituyendo el gas natural que se empleaba en el edificio por el calor aportado por la red urbana y proveniente principalmente de biomasa) gracias a rehabilitación, la eficiencia de la red de calor y la central asociada de gran potencia.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 93% y un 92% respectivamente, mejorando la calificación a A en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE**1 respecto a las transmitancias térmicas. Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Al ser satisfecha la totalidad de dicha demanda por la red de calor urbana de biomasa, se cumpliría la exigencia holgadamente. Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se cumplirían ambos requisitos, para esta zona climática, por lo que **se transformaría en un edificio de consumo casi nulo**, según la definición del CTE 2019.
El nivel de intervención incluiría la envolvente y la sala técnica, donde se sustituiría la caldera existente por intercambiadores de calor, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas.
El **ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería muy significativo** ya que se externalizaría el sistema térmico, ahorrando el servicio de mantenimiento y suministro actual, participando de un centro de generación de alta potencia y más eficiente, se reduciría la demanda de calefacción, mientras que los costes del nuevo vector dependerían del precio por unidad térmica ofertado por la red (en ocasiones regulado desde la administración pública local). La conexión a la red de calor sería muy económica y ágil (trabajos de una o dos semanas), mientras que la rehabilitación de la envolvente tendría los costes y plazos habituales en el sector.
Esta es una solución de **muy alta contribución a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en cuatro niveles tanto en consumo de EPNR como de emisiones (alcanzando la máxima calificación, A). Además alcanzaría las prestaciones de un edificio de consumo casi nulo. El uso de biomasa proveniente de la misma región, aportaría un carácter de circularidad al proyecto, a la vez que puede ofrecer un suministro asegurado y a precio estable a lo largo de una estación si se incluyen los proveedores locales dentro de la cadena de valor de la biomasa. Como toda caldera, localmente el proceso de combustión tendría implicaciones en la calidad del aire exterior y debería alinearse con las ordenanzas municipales al respecto, si las hubiera.

Intervención: Bomba de calor para intercambio geotérmico o conexión a una red térmica urbana de baja temperatura, y rehabilitación de la envolvente

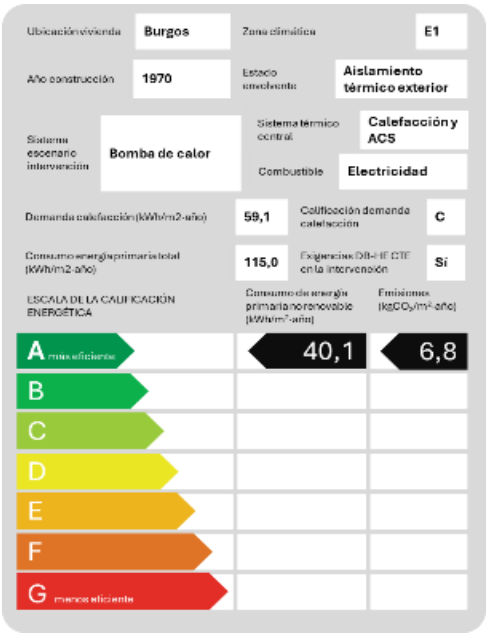
Por último, se analiza el uso de bombas de calor agua-agua que se aprovecharan de focos fríos de mayor temperatura y más estables, como es el subsuelo en el caso de los intercambiadores geotérmicos o la conexión a una red urbana atemperada (también llamadas de baja temperatura o quinta generación). Si se plantea reemplazar el grupo de calderas convencional existente por una bomba de calor agua-agua en la sala técnica comunitaria, los impactos en los diversos dominios apuntados en las matrices de selección serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 58% en este caso, lo cual implicaría una mejora de E a C en este indicador.

•La bomba de calor sería significativamente más eficiente que la solución por aerotermia, pudiendo cubrir la totalidad de la demanda térmica manteniendo rendimientos medios estacionales altos, incluso en esta zona climática. Esto, combinado con un menor salto de temperatura entre evaporador y condensador, permitiría mantener los elementos terminales en la vivienda, al garantizar unas temperaturas de impulsión adecuadas en función de la temperatura exterior.

•El consumo de energía final se reduciría en un 91% (sustituyendo gas natural por electricidad en el suministro) gracias a los altos SCOP esperados y el efecto del aislamiento térmico.

•El consumo de energía primaria no renovable y en emisiones se reducirían en un 85% y un 88% respectivamente, mejorando la calificación a A en ambos indicadores.



En la rehabilitación de la envolvente se deben considerar las **exigencias del DB-HE**1 respecto a las transmitancias térmicas.
Al reformarse el sistema de generación térmica, y tener una demanda de ACS mayor a 5.000l/día, la exigencia **DB HE4 requiere una contribución renovable del 70%** a dicha demanda. Cubriendo en este caso la totalidad de dicha demanda con la bomba de calor, y con un SCOP para ACS considerado de 4,05 en esta zona climática, la exigencia se cumpliría holgadamente.
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico, **se aplicaría también el DB-HE0** respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se cumplirían ambos requisitos, para esta zona climática, por lo que **se transformaría en un edificio de consumo casi nulo**, según la definición del CTE 2019.

El nivel de intervención incluiría tanto la envolvente como la sala técnica, donde se sustituiría la caldera, mientras que se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La cuestión más compleja sería el intercambio de calor en el evaporador (foco frío del que extraer calor renovable ambiental) si se trata del subsuelo ya que requeriría de un espacio adyacente disponible para ello y unos costes de intervención mayores. Es por ello que, si se dispusiera de una red térmica urbana de baja temperatura, se podría emplear la misma tecnología sin necesidad de excavar, simplemente intercambiando el circuito de agua del evaporador con dicha red atemperada. En este caso, presumiblemente podría ubicarse la bomba de calor en la sala técnica actual, donde se ubicará además un depósito o acumulador.

El **ahorro económico en los costes comunitarios de calefacción y ACS sería muy significativo** al emplearse una bomba de calor de altísima eficiencia.La sustitución del sistema de generación térmica sería ágil (menor a un mes), mientras que el coste de la inversión (a pesar de que la bomba de calor tendría un coste similar a una alternativa aerotérmica) vendría fuertemente condicionado por si se requiriera un sondeo geotérmico o se dispusiera de una red térmica a la que conectarse.

Esta es una solución de **muy alta contribución a la descarbonización**, mejorando la calificación energética en cuatro niveles tanto en consumo de EPNR como de emisiones (alcanzando la máxima calificación, A). Además alcanzaría las prestaciones de un edificio de consumo casi nulo. Es una solución que avanza a la electrificación de la demanda, y que podría combinarse con otros recursos eléctricos distribuidos (fotovoltaica, carga de vehículos eléctricos, gestión inteligente, etc.). Por otra parte, la factibilidad de esta solución requiere del contraste con la distribuidora eléctrica de la zona por si requiriera de actualizaciones en el centro de transformación de la zona. Por último, al cancelarse el uso de gas natural, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire exterior; mientras que el calor expulsado por el evaporador no tendría afecciones al cederse al terreno o a la red atemperada. Esta es una solución de implementación compleja y costosa en caso de requerirse el sondeo geotérmico, mientras que las redes térmicas de baja temperatura o quinta generación son casos muy concretos de momento en España.

5.1.3/ COMPARATIVA DE INTERVENCIONES Y REPLICABILIDAD EN OTRAS UBICACIONES

Como se ha descrito en el análisis, la consideración de edificio de consumo casi nulo, cumpliendo con todas las exigencias del DB HE del CTE 2019, se alcanzaría en tres supuestos:

- → Hibridación bomba de calor aire-agua y caldera de condensación de gas natural, con respaldo fotovoltaico, junto con la rehabilitación de la envolvente.
- → Conexión a red urbana de biomasa, junto con la rehabilitación de la envolvente.
- → Bomba de calor agua-agua para intercambio geotérmico o conexión a red urbana de baja temperatura.

Todos los escenarios de intervención analizados y sus mejoras respecto a la situación de partida son sintetizados en la tabla de la siguiente página. Este caso en la ciudad de Burgos se ubica en la zona climática de mayor rigurosidad invernal (E1) e indicadores similares podrían esperarse, siempre que los condicionantes técnicos lo permitan, en proyectos de rehabilitación en ubicaciones de la misma ZC (como las provincias de Burgos, Ávila, León y Soria, así como en municipios de montaña en la cordillera cantábrica, en los Pirineos, o los sistemas Ibérico y Central). También en capitales de provincia con gran número de calefacciones centrales en la zona climática D (Madrid, Zaragoza, Valladolid, Salamanca, Pamplona o Vitoria-Gasteiz) podrían aplicarse estos sistemas con menor potencia o con una fracción renovable mayor o más eficientes en algunos casos (como un mejor rendimiento medio estacional de las bombas de calor).

Por último, cabe destacar que en algunas ciudades de estas zonas ya operan o se están desarrollando redes térmicas de alta temperatura, principalmente basadas en biomasa (como en barrios consolidados de Valladolid o Pamplona, Soria, Aranda de Duero) o en proyectos de regeneración de barrios que acometían la rehabilitación de envolventes a la vez que se desplegaba una red de calor (como en el barrio de Coronación en Vitoria-Gasteiz). Por último, en relación a la demanda de refrigeración en algunas zonas climáticas con rigurosidad estival o porque se quiera incluir el servicio por cuestiones de confort del usuario, se podría priorizar la tecnología de bombas de calor, dado su carácter reversible, para producir tanto calor como frío (esto es algo a considerar sobre todo en proyectos de rehabilitación integral o cambio de uso del edificio, ya que requeriría de instalación de nuevos elementos terminales en las viviendas – al menos para la refrigeración – o quizás las viviendas habitadas ya han instalado de modo individual diferentes equipos de a

BURGOS 78 viviendas en bloque Zona climática E1	Impacto en la DESCARBONIZACIÓN	% y letra Reducción de la DEMANDA	% Reducción Consumo ENERGÍA FINAL	% Reducción Consumo Energía Primaria Total EPT	% y letra Reducción Consumo Energía Primaria No Renovable EPNR	% y letra Reducción de EMISIONES CO_2	Rehabilitación de la ENVOLVENTE	Intervención COSTE	Intervención TIEMPO ESTIMADO
Caldera condensación gas natural.		0% E E	11%	11%	11% E E	11% E E	NO	€	Bajo
Caldera de condensación gas natural y envolvente		58% E C	62%	62%	54% E D	54% E D	SI	€ €	Bajo
Caldera de condensación gas natural, solar térmica y envolvente		58% E C	62%	57%	64% E C	64% E C	SI	€ € €	Medio
Caldera de condensación de gas natural, bomba de calor para ACS y envolvente		58% E C	62%	52%	60% E C	62% E C	SI	€ € €	Alto
Bomba de calor aerotermia 70% y envolvente		58% E C	89%	51%	69% E C	73% E B	SI	€ € €	Muy alto
Bomba de calor aerotermia 70%, fotovoltaica autoconsumo y envolvente		58% E C	89%	56%	76% E B	78% E B	SI	€ € € €	Muy alto
Red de calor de distrito (90% biomasa)		0% E E	13%	19%	86% E A	84% E A	SI	€	Bajo
Red de calor de distrito (90% biomasa) y envolvente		58% E C	13%	58%	93% E A	92% E A	SI	€ €	Muy alto
Bomba de calor geotermia 100% y envolvente		58% E C	91%	56%	85% E A	88% E A	NO	€ € € €	Muy alto

5.2/ CALDERA COMUNITARIA PARA LA CALEFACCIÓN DE GASÓLEO ZONA CLIMÁTICA C1

5.2.1/ DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

En este segundo caso, se analizan alternativas de descarbonización de un bloque de 22 viviendas, año de construcción 1965, en un municipio medio de **Asturias en la zona climática C1** (zona climática de municipios más cercanos a la costa, como Gijón o Avilés, y de todos los municipios costeros desde A Coruña hasta Bizkaia).

La envolvente presenta su estado original, es decir, no ha experimentado ninguna mejora significativa ni ha sido rehabilitada desde su construcción para mejorar su comportamiento térmico. La cubierta del edificio es inclinada a dos aguas (norte-sur), presentando una superficie libre útil de unos 240m2. La sala técnica se encuentra en una planta sótano, donde se ubica caldera para calefacción de 130kW y en espacio adyacente el depósito de gasóleo de 15.000l., con acceso desde el exterior para la recarga de combustible. El bloque está rodeado de una zona propia (explanada trasera y espacios con parterre o ajardinados en el acceso principal). Por tanto, los sistemas térmicos existentes serían una caldera central convencional de gasóleo para calefacción (antigua con pobre aislamiento) y termo eléctrico para el ACS en cada vivienda. Los cerramientos presentan su estado original, respecto al grado de aislamiento. Respecto a la demanda térmica de calefacción y ACS, se considera una vivienda media de 85m^2 y cuatro ocupantes. La situación de partida respecto a la calificación energética y otros indicadores se recoge en la siguiente figura:

Figura 24 Resumen técnico de la situación de partida considerada

5.2.2/ ANÁLISIS DE INTERVENCIONES CONSIDERADAS

En función del nivel de descarbonización perseguido, se pueden plantear diversas opciones de menor o mayor complejidad y coste, sujetas también a los criterios de factibilidad y conveniencia recogidos en las matrices y fichas. En este ejemplo, para ilustrar los potenciales impactos de diferentes tecnologías, se considera el siguiente contexto planteado:

- → El edificio dispone de espacio en la de una sala técnica amplia en sótano, con chimenea y acceso al aire exterior para aprovechamiento del calor ambiental, posibilitando instalar nuevos equipos. El espacio ocupado por el tanque de combustible actual podría reaprovecharse. Además, se dispone de espacio adyacente en superficie (se descarta posibilidad de sondeos geotérmicos).

- → No se dispone de red de gas natural canalizado en el municipio y/o en el barrio donde se ubica el proyecto.

- → No existe red térmica urbana en el municipio a la que poder conectarse.

- → La conexión a la red eléctrica existente permite aumentar la potencia eléctrica contratada del edificio.

- → La envolvente no presenta ningún grado de protección, por lo que puede mantenerse en su estado original o rehabilitarla con aislamiento térmico exterior.

- → Existen proveedores de GLP y biomasa en la zona.

Bajo este contexto, se analiza una relación amplia pero no exhaustiva de intervenciones factibles, que incluyen:

- → Sustitución del gasóleo por GLP (mediante cambio de quemador o adquiriendo una caldera de condensación) o con combinación de rehabilitación de envolvente.

- → Sustitución por un sistema de biomasa (caldera de condensación, silo, sistema de carga, etc.)

- → Sustitución por bombas de calor aerotérmicas (dada la rigurosidad invernal media de esta zona, si se prioriza la rehabilitación energética, se puede plantear un escenario de calefacción exclusivamente por aerotermia y a su vez poder mantener los elementos terminales dentro de las viviendas).

- → No se considera la intervención en los equipos individuales de ACS (siendo complejo llegar a esa decisión en viviendas habitadas y teniendo implicaciones en el sistema de distribución).

Las intervenciones estudiadas, y sus implicaciones respecto a exigencias del CTE, son enumeradas en la Figura 25. Tras discutir caso por caso, se resume holísticamente las ventajas y limitaciones en una tabla comparativa.

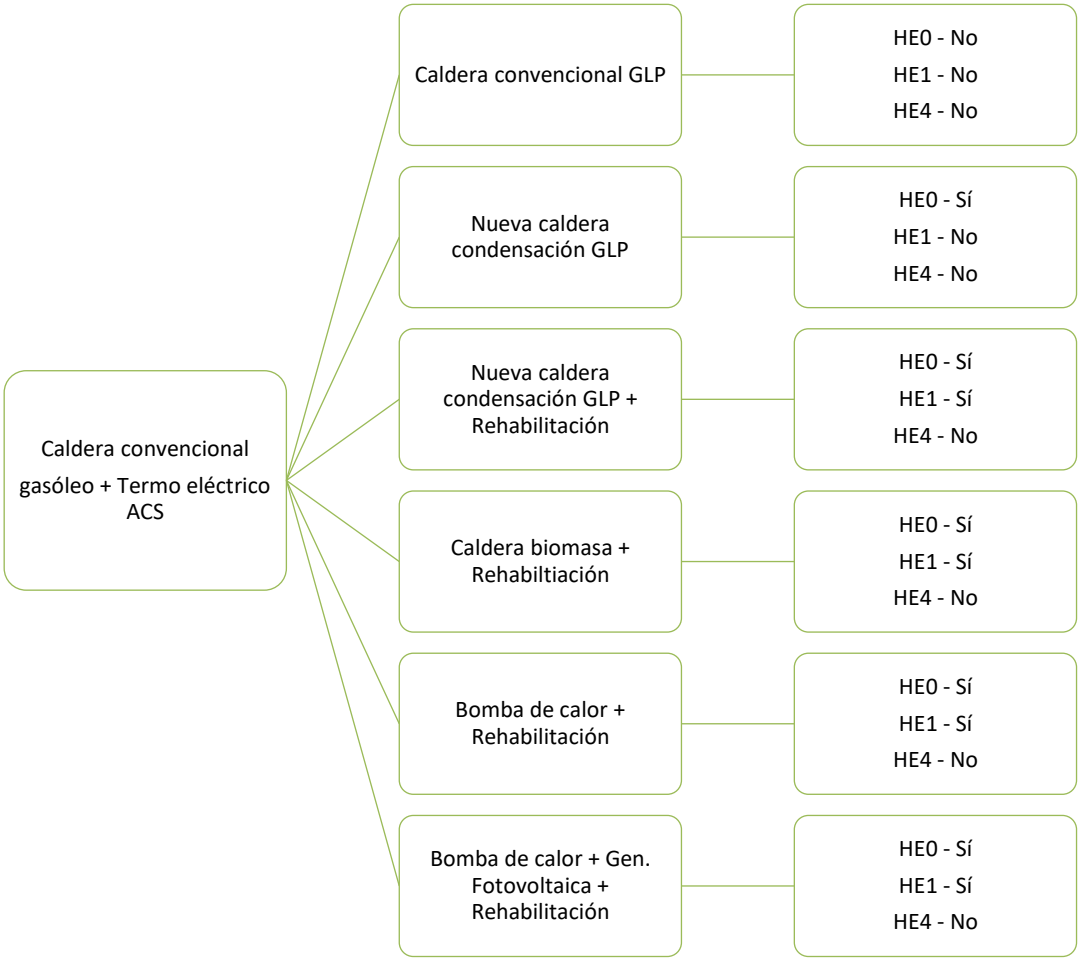


Figura 25. Intervenciones posibles estudiadas para este caso en Asturias.

Intervención: Caldera convencional y cambio de quemador a GLP sin rehabilitación de envolvente

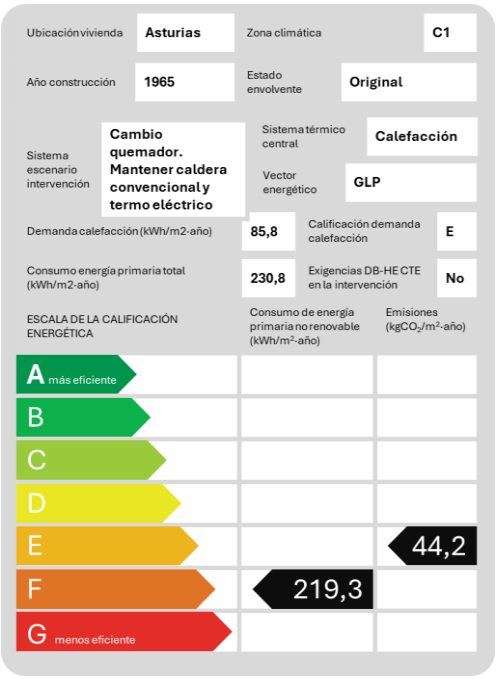
La intervención más sencilla o estándar en este caso sería la sustitución del quemador de la caldera de gasoil por un nuevo quemador de GLP, a la vez que se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda), y los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se mantendría, al no abordarse rehabilitación de la envolvente, manteniendo calificación E en dicho dominio.

•La caldera de calefacción sería la misma empleando GLP como combustible (el cual debe disponer de un depósito de almacenamiento bien en la ubicación del antiguo depósito de gasóleo (si fuese adecuado para GLP), bien en los jardines del bloque o bien conectarse a una micro-red de GLP como la que en ocasiones se despliega para varios bloques en municipios sin red gasística).

•El consumo de energía final en calefacción no se reduciría puesto que se emplea la misma caldera. Además, el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría.

•El consumo de energía primaria no renovable se incrementaría ligeramente en un 1% y las emisiones se reducirían en un 15%, mejorando la calificación de F a E únicamente en el indicador de emisiones.



El nivel de intervención se centraría en la sala de calderas, donde se sustituiría el quemador y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La chimenea existente se podría reaprovechar, según su estado, o aprovechar su hueco para instalar una nueva salida de gases de combustión.

Al abordarse parcialmente el sistema térmico de calefacción, y no el de ACS ni la envolvente, no aplicarían las exigencias del CTE DB HE.

Centrándose en la sala de calderas, la reforma podría acometerse en el plazo inferior a un mes y una inversión acotada

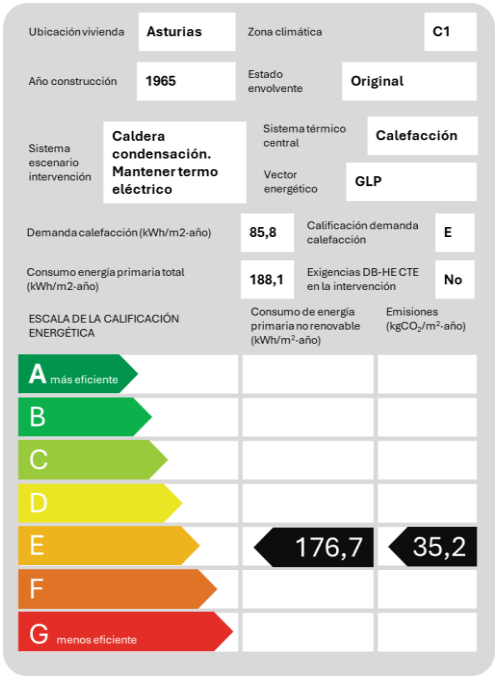
Es una intervención sencilla de implementar.

En operación, logísticamente se reemplazarían los pedidos de gasóleo por suministros periódicos de GLP por camión cisterna, mientras que se prevén unos costes de operación más reducidos al tratarse de un sistema más nuevo y eficiente.

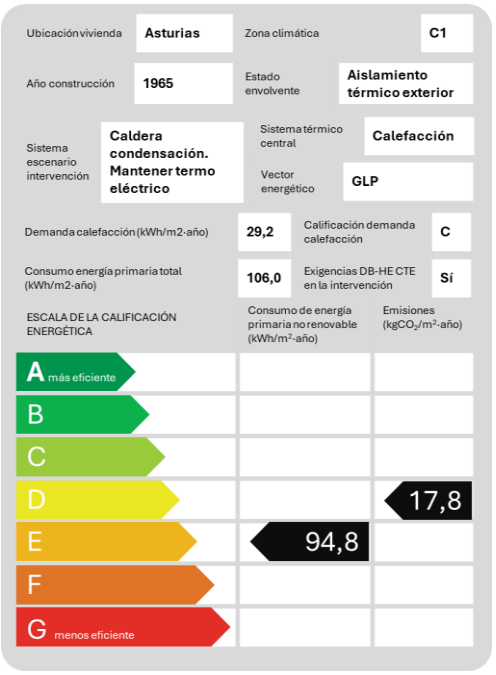
Se trata de una solución a considerar en calderas antiguas que no estén en el final de su vida útil. Sin embargo, esta solución tiene un horizonte incierto a partir de 2030, condicionado por las políticas públicas respecto a los derivados del petróleo, aunque para las poblaciones dispersas o de áreas menos pobladas podrían aplicarse moratorias, así como podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en el suministro por cisterna.

Esta es una solución de **baja contribución a la descarbonización**, aunque sí supone una mejora considerable respecto a la caldera de gasóleo (uno de los combustibles más intensivos en carbono de los empleados en calefacción) por lo que mejora la calificación existente (aún siendo la resultante, E, un nivel bajo de eficiencia energética).

Intervención: Nueva caldera de condensación de GLP sin rehabilitación envolvente
La siguiente en sencillez después de la intervención previamente analizada es la sustitución de la caldera de gasóleo por una nueva caldera de condensación de GLP, mientras que se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda), los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:
•La demanda de calefacción se mantendría, al no abordarse rehabilitación de la envolvente, manteniendo calificación E en dicho dominio. •Esta nueva caldera sería de condensación empleando GLP como combustible (el cual debe disponer de un depósito de almacenamiento bien en la ubicación del antiguo depósito de gasóleo(si fuese adecuado para GLP), bien en los jardines del bloque o bien conectarse a una micro-red de GLP como la que en ocasiones se despliega para varios bloques en municipios sin red gasística). •El consumo de energía final en calefacción se reduciría en un 21% gracias a la mayor eficiencia de la nueva caldera. Mientras que el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría. •El consumo de energía primaria no renovable se reduciría en un 18% y las emisiones se reducirían en un 32%, mejorando la calificación de F a E en ambos indicadores.
Al abordarse parcialmente el sistema térmico de calefacción, y no el de ACS ni la envolvente, no aplicarían las exigencias del CTE DB HE.
El nivel de intervención se centraría en la sala de calderas, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La chimenea existente se podría reaprovechar, según su estado, o aprovechar su hueco para instalar una nueva salida de gases de combustión.
La actuación en la sala de calderas podría acometerse en el plazo inferior a un mes y una inversión acotada (siendo las calderas de condensación de gas de las opciones más económicas).
Además, es una intervención sencilla de implementar.
En operación, logísticamente se reemplazarían los pedidos de gasóleo por suministros periódicos de GLP por camión cisterna, mientras que se prevén unos costes de operación más reducidos al tratarse de un sistema más nuevo y eficiente.
Se trata de una solución a considerar en calderas antiguas que estén en el final de su vida útil o que deban ser sustituidas de improvisto (como en averías que ya el mantenedor desaconseje reparar).
Esta solución tiene un horizonte incierto a partir de 2030, condicionado por las políticas públicas respecto a los derivados del petróleo, aunque para las poblaciones dispersas o de áreas menos pobladas podrían aplicarse moratorias, así como podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en el suministro por cisterna.
Esta es una solución de **cierta contribución a la descarbonización**, ya que supone una mejora considerable respecto a la situación de partida (siendo el gasóleo uno de los combustibles más intensivos en carbono de los empleados en calefacción) por lo que mejora la calificación existente en ambos indicadores globales.



Intervención: Nueva caldera de condensación de GLP y rehabilitación envolvente
Similar a la intervención previamente analizada, sustitución de la caldera de gasóleo por una nueva caldera de condensación de GLP, si esta se combina con la rehabilitación con aislamiento exterior de la envolvente del edificio, a la vez que se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda), los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:
•La demanda de calefacción se reduciría en un 66% tras la rehabilitación, mejorando la calificación de este ámbito a D. •Gracias a la rehabilitación, se disminuirá la carga térmica y por tanto la nueva caldera será de menor tamaño y potencia, así como más económica. Esta nueva caldera sería de condensación empleando GLP como combustible (el cual debe disponer de un depósito de almacenamiento bien en la ubicación del antiguo depósito de gasóleo(si fuese adecuado para GLP), bien en los jardines del bloque o bien conectarse a una micro-red de GLP como la que en ocasiones se despliega para varios bloques en municipios sin red gasística). •El consumo de energía final en calefacción se reduciría en un 63% gracias al efecto combinado del aislamiento exterior y la mayor eficiencia de la nueva caldera. Mientras que el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría. •El consumo de energía primaria no renovable se reduciría en un 56% y las emisiones se reducirían en un 66%, mejorando la calificación de F a E y D respectivamente.
El aislamiento térmico exterior debería cumplir con las exigencias del DB-HE1 respecto a las transmitancias térmicas de los cerramientos. Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico (la parte destinada a la calefacción), se aplicaría también el DB-HE0 respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se excederían ambos límites para esta zona climática, por lo que debería sopesarse en proyecto o si se pudiera argumentar el criterio de flexibilidad recogido en el HE0 ya que no se plantea la sustitución del sistema térmico de ACS (individual) el cual penaliza la calificación resultante.
El nivel de intervención se centraría en la envolvente y en la sala de calderas, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La chimenea existente se podría reaprovechar, según su estado, o aprovechar su hueco para instalar una nueva salida de gases de combustión.
La intervención en sala de calderas es una intervención sencilla de implementar
La actuación en la sala de calderas podría acometerse en el plazo inferior a un mes y una inversión acotada (siendo las calderas de condensación de gas de las opciones más económicas). La rehabilitación de la envolvente implicaría unos plazos e inversiones de mayor envergadura, acorde a los habituales del mercado.
En operación, logísticamente se reemplazarían los pedidos de gasóleo por suministros periódicos de GLP por camión cisterna, mientras que se prevén unos costes de operación más reducidos al tratarse de un sistema más nuevo y eficiente.
Esta solución tiene un horizonte incierto a partir de 2030, condicionado por las políticas públicas respecto a los derivados del petróleo, aunque para las poblaciones dispersas o de áreas menos pobladas podrían aplicarse moratorias, así como podría emplear más adelante un combustible menos intenso en carbono (sin requerir ninguna intervención adicional), como pudiera ser la introducción de una fracción de metano o incluso hidrógeno verde en el suministro por cisterna.
Esta es una solución de **cierta contribución a la descarbonización**, ya que supone una mejora considerable respecto a la situación de partida (siendo el gasóleo uno de los combustibles más intensivos en carbono de los empleados en calefacción) por lo que mejora la calificación existente en ambos indicadores globales.



Intervención: Caldera de biomasa y rehabilitación envolvente

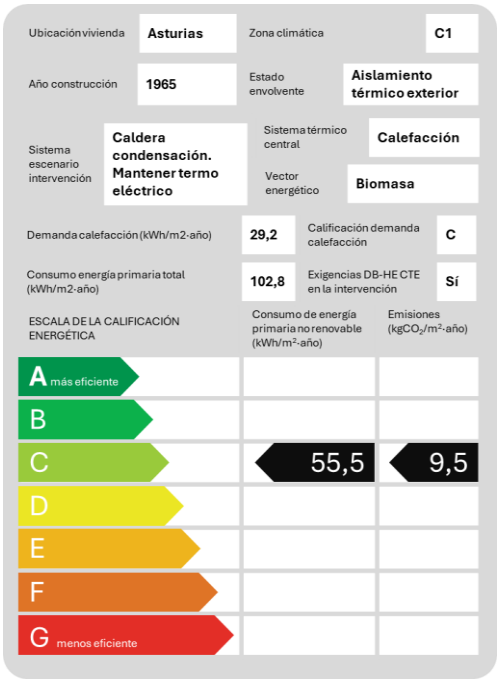
Si se considera la instalación de una caldera de biomasa para la calefacción y la rehabilitación de la envolvente, a la vez que se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda), los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 66% tras la rehabilitación, mejorando la calificación de este ámbito a D.

•Gracias a la rehabilitación, se disminuirá la carga térmica y por tanto la nueva caldera será de menor tamaño y potencia, así como más económica. Esta nueva caldera sería de condensación empleando biomasa como combustible (el cual debería aprovechar el espacio liberado en el antiguo depósito de gasóleo para ubicar el silo de pellets, requiriendo un acceso al mismo desde los jardines del bloque para cargar desde el vehículo de reparto).

•El consumo de energía final en calefacción se reduciría en un 63% gracias al efecto combinado del aislamiento exterior y la mayor eficiencia de la nueva caldera. Mientras que el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría.

•El consumo de energía primaria no renovable se reduciría en un 74% y las emisiones se reducirían en un 82%, mejorando la calificación de F a C en ambos indicadores.



El aislamiento térmico exterior debería cumplir con las exigencias del DB-HE1 respecto a las transmitancias térmicas de los cerramientos.
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico (la parte destinada a la calefacción), se aplicaría también el DB-HE0. En este caso, se cumpliría el límite de consumo de EPNR para esta zona climática, mientras que se excedería el límite de consumo de energía primaria total, por lo que debería sopesarse en proyecto o si se pudiera argumentar el criterio de flexibilidad recogido en el HE0 ya que no se plantea la sustitución del sistema térmico de ACS (individual) el cual penaliza la calificación resultante.

La actuación en la sala de calderas podría acometerse en el **plazo inferior a un mes y una inversión media**. La rehabilitación de la envolvente implicaría unos plazos e inversiones de mayor envergadura, acorde a los habituales del mercado.

En operación, logísticamente se reemplazarían los pedidos de gasóleo por suministros periódicos de biomasa, mientras que se prevén unos costes de operación más reducidos al tratarse de un sistema más nuevo y eficiente.

El **nivel de intervención** se centraría en la envolvente y en la sala de calderas, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. La chimenea existente se podría reaprovechar, según su estado, o aprovechar su hueco para instalar una nueva salida de gases de combustión.

El uso de biomasa proveniente de la misma región, aportaría un carácter de circularidad al proyecto, a la vez que puede ofrecer un suministro asegurado y a precio estable a lo largo de una estación si se llega a acuerdo con proveedores locales.

Esta es una solución de con una c**ontribución significativa a la descarbonización**, ya que supone una mejora considerable respecto a la situación de partida (siendo el gasóleo uno de los combustibles más intensivos en carbono de los empleados en calefacción) por lo que mejora la calificación existente en ambos indicadores globales. Además, es una intervención sencilla de implementar.

Intervención: Bomba de calor aerotérmica y rehabilitación envolvente

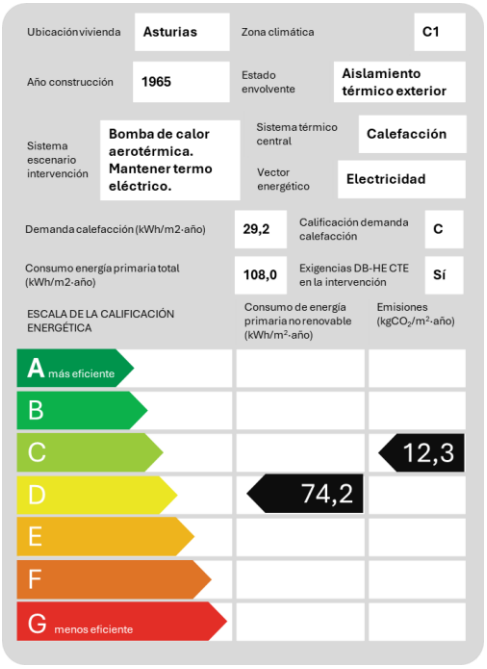
Si se opta por la electrificación de la demanda, se podría plantear una bomba de calor aerotérmica (aire-agua), a la vez que se rehabilita la envolvente y se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda), los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:

•La demanda de calefacción se reduciría en un 66% tras la rehabilitación, mejorando la calificación de este ámbito a D.

•Gracias a la rehabilitación, se disminuirá la carga térmica y por tanto se requeriría una bomba de calor de menor potencia y menor coste. Así mismo, al reducir la carga, podrían aprovecharse los elementos terminales existentes.

•El consumo de energía final en calefacción se reduciría en un 77% gracias al efecto combinado del aislamiento exterior y la mayor eficiencia de la nueva caldera. Mientras que el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría.

•El consumo de energía primaria no renovable se reduciría en un 78% y las emisiones se reducirían en un 84%, mejorando la calificación de F a D y C respectivamente.



El aislamiento térmico exterior debería cumplir con las exigencias del DB-HE1 respecto a las transmitancias térmicas de los cerramientos.
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico (la parte destinada a la calefacción), se aplicaría también el DB-HE0 respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, se excederían ambos límites para esta zona climática, por lo que debería sopesarse en proyecto o si se pudiera argumentar el criterio de flexibilidad recogido en el HE0 ya que no se plantea la sustitución del sistema térmico de ACS (individual) el cual penaliza la calificación resultante.

El nivel de intervención se centraría en la envolvente y en la sala de calderas, donde se sustituiría la generación y se mantendrían los sistemas de distribución y los elementos terminales en las viviendas. Sería necesario orientar el evaporador de la bomba de calor hacia el aire exterior (por ejemplo, ubicándolo en jardín o parterre, o dentro de la sala de calderas si tiene acceso al aire exterior a través de huecos en el cerramiento de la misma). En caso alternativo, se podría ubicar la bomba de calor en la cubierta (si la inclinación de la misma no es excesiva o pudiendo repartir la potencia entre varias bombas de calor menores en cascada) y aprovechar el espacio de la chimenea previa para canalizar el agua caliente a la sala de calderas (que ahora actuaría sólo como sala de bombeo y distribución).

La actuación en la sala de calderas podría acometerse en el **plazo inferior a un mes y una inversión media**. La rehabilitación de la envolvente implicaría unos plazos e inversiones de mayor envergadura, acorde a los habituales del mercado.

Al reducirse la carga térmica por la rehabilitación, esta se podría satisfacer con temperaturas de impulsión sobre 55-60º. En caso de edificios sin rehabilitación o en ZC con inviernos más rigurosos, convendría hibridación con una caldera de combustión para los días más fríos y/o el uso de bombas de calor con nuevos refrigerantes como el R290 (propano) que pueden impulsar a mayores temperaturas.

La operación del sistema se simplificaría notablemente, ya que se reemplazarían los pedidos de gasóleo por conexión a la red eléctrica, además se prevén unos costes de operación muy reducidos al tratarse de un sistema de alta eficiencia.

Sin embargo, la electrificación de la demanda requeriría un aumento en la potencia contratada en el edificio en su conjunto, lo cual podría requerir de consulta a la distribuidora y/o actualización en el centro de transformación correspondiente.

Esta es una solución de con una **contribución significativa a la descarbonización**, ya que supone una mejora considerable respecto a la situación de partida (siendo el gasóleo unos de los combustibles más intensivos en carbono de los empleados en calefacción) por lo que mejora la calificación existente en ambos indicadores globales. Por último, al no producirse combustión de ningún tipo, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire.

Intervención: Bomba de calor aerotérmica con respaldo fotovoltaico y rehabilitación envolvente

Si se opta por la electrificación de la demanda con generación renovable local, se podría plantear una bomba de calor aerotérmica (aire-agua), a la vez que se rehabilita la envolvente y se mantiene el sistema de generación térmica de ACS (termo eléctrico en cada vivienda). De este modo, desplegando un sistema fotovoltaico que cubra parte del consumo de electricidad mediante autoconsumo, los impactos en los indicadores resultantes serían los siguientes:

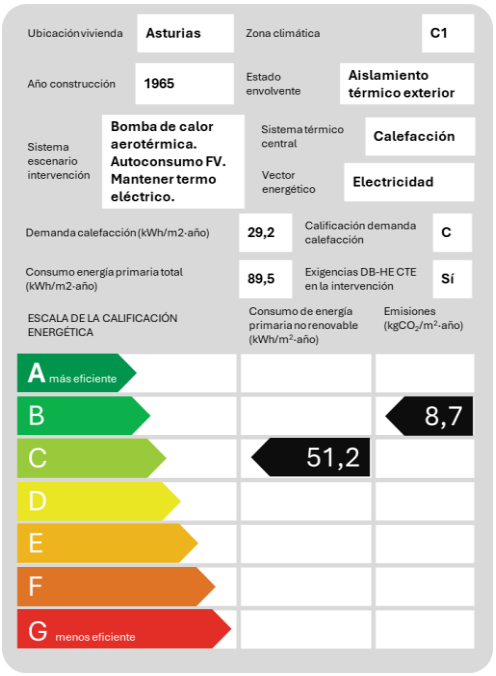
•La demanda de calefacción se reduciría en un 66% tras la rehabilitación, mejorando la calificación de este ámbito a D.

•Gracias a la rehabilitación, se disminuirá la carga térmica y por tanto se requeriría una bomba de calor de menor potencia y menor coste. Así mismo, al reducir la carga, podrían aprovecharse los elementos terminales existentes.

•El consumo de energía final en calefacción se reduciría en un 92% gracias al efecto combinado del aislamiento exterior y la mayor eficiencia de la nueva caldera. Mientras que el consumo energético, eléctrico en este caso, destinado al ACS se mantendría.

•Una instalación fotovoltaica de 20kW (aprox. 100m2 en cubierta) para autoconsumo, reduciría la factura energética además de reducir el consumo de energía primaria no renovable.

•El consumo de energía primaria no renovable se reduciría en un 78% y las emisiones se reducirían en un 84%, mejorando la calificación de F y G, a C en ambos indicadores.



El aislamiento térmico exterior debería cumplir con las exigencias del DB-HE1 respecto a las transmitancias térmicas de los cerramientos.
Al abordarse conjuntamente la rehabilitación de la envolvente y la sustitución del sistema térmico (la parte destinada a la calefacción), se aplicaría también el DB-HE0 respecto al límite de consumo de energía primaria no renovable y el límite de consumo de energía primaria total. En este caso, sí se cumpliría el límite de consumo EPNR, mientras que se excedería el límite de consumo de energía primaria total. Por lo que debería sopesarse en proyecto o si se pudiera argumentar el criterio de flexibilidad recogido en el HE0 ya que no se plantea la sustitución del sistema térmico de ACS (individual). También se podría plantear una rehabilitación más profunda de la envolvente que redujera aún más la demanda de calefacción para cumplir con el límite.

El nivel de intervención incluiría la envolvente, la sala de calderas (donde se sustituiría la generación centralizada) y la cubierta (donde se instalaría el sistema de autoconsumo fotovoltaico). Sería necesario orientar el evaporador de la bomba de calor hacia el aire exterior (por ejemplo, ubicándolo en jardín o parterre, o dentro de la sala de calderas si tiene acceso al aire exterior a través de huecos en el cerramiento de la misma). En caso alternativo, se podría ubicar la bomba de calor en la cubierta (si la inclinación de la misma no es excesiva o pudiendo repartir la potencia entre varias bombas de calor menores en cascada, y si quedara disponibilidad de espacio adicional para el sistema solar) y aprovechar el espacio de la chimenea previa para canalizar el agua caliente a la sala de calderas (que ahora actuaría sólo como sala de bombeo y distribución).
La actuación en la sala de calderas podría acometerse en el **plazo inferior a un mes y una inversión media**. La instalación fotovoltaica en cubierta llevaría una semana (aunque los plazos de legalización de la instalación respecto a la distribuidora y autoridades podría extenderse más tiempo). La rehabilitación de la envolvente implicaría unos plazos e inversiones de mayor envergadura, acorde a los habituales del mercado.
Al reducirse la carga térmica por la rehabilitación, esta se podría satisfacer con temperaturas de impulsión sobre 55-60º. En caso de edificios sin rehabilitación o en ZC con inviernos más rigurosos, convendría hibridación con una caldera de gas para los días más fríos y/o el uso de bombas de calor con nuevos refrigerantes como el R290 (propano) que pueden impulsar a mayores temperaturas.
La operación del sistema se simplificaría notablemente, ya que se reemplazarían los pedidos de carbón por conexión a la red eléctrica, además se prevén unos costes de operación muy reducidos al tratarse de un sistema de alta eficiencia.
Sin embargo, la electrificación de la demanda requeriría un aumento en la potencia contratada en el edificio en su conjunto, lo cual podría requerir de consulta a la distribuidora y/o actualización en el centro de transformación correspondiente.
La instalación fotovoltaica generaría el equivalente al 26% del consumo anual de electricidad para fines térmicos (calefacción y ACS). Dado que la bomba de calor sólo operaría en temporada de calefacción, sería conveniente registrar la instalación como autoconsumo colectivo incluyendo tanto el contador comunitario de la bomba de calor como los contadores de las viviendas, de modo que en la temporada estival podría aumentarse los coeficientes de reparto a las viviendas para cubrir parte del consumo de los termos eléctricos y minimizar lo asignado a la bomba de calor.
Esta es una solución de **alto grado de descarbonización**, similar a la biomasa analizada previamente, ya que supone una mejora destacada respecto a la situación de partida y mejora la calificación existente en ambos indicadores globales. La instalación fotovoltaica colectiva podría combinarse con otras estrategias de electrificación como la instalación de puntos de recarga de vehículo eléctrico para uso comunitario. Por último, al no producirse combustión de ningún tipo, contribuiría localmente a una mejora en la calidad del aire.

5.2.3/ COMPARATIVA DE INTERVENCIONES Y REPLICABILIDAD EN OTRAS UBICACIONES

Como se ha descrito en el análisis, la consideración de edificio de consumo casi nulo, cumpliendo con todas las exigencias del DB HE del CTE 2019, no se alcanzaría en ninguno de los supuestos. Esto se debe a que no se está actuando sobre la demanda térmica de ACS en ninguna de las intervenciones analizadas, por lo que el nivel de eficiencia del termo eléctrico y sus emisiones asociadas suponen un lastre en el resultado final. Entre los analizados, los dos casos que alcanzan un mayor grado de descarbonización son:

→ Caldera de condensación de biomasa para calefacción, junto con la rehabilitación de la envolvente.

→ Bomba de calor aerotérmica para calefacción, con respaldo fotovoltaico y rehabilitación de la envolvente.

De hecho, si el sistema térmico de ACS es individual y eléctrico, apostar por una bomba de calor para la calefacción (también de alimentación eléctrica) y un sistema de autoconsumo fotovoltaico colectivo supone una estrategia muy interesante para abaratar ambas facturas eléctricas (la individual y la del sistema de calefacción centralizado) a la vez que se mejora el indicador de consumo EPNR en ambos servicios.

Todos los escenarios de intervención analizados y sus mejoras respecto a la situación de partida son sintetizados en la tabla de la siguiente página. Este caso puede ser ilustrativo para aquellos municipios o barrios sin canalización gasística, donde los sistemas actuales están condicionados por los pedidos y las recargas periódicas. Además el municipio mediano asturiano considerado se ubica en una zona de rigurosidad invernal media (C) y, siempre que los condicionantes técnicos lo permitan, las conclusiones obtenidas pueden extrapolarse a proyectos de rehabilitación en ubicaciones de la misma zona climática como las localidades costeras desde Bizkaia hasta Pontevedra, así como amplias zonas de las provincias de Barcelona y Girona (las capitales de provincia y los municipios cercanos al litoral) o el interior de la provincia de Valencia.

También presentan una rigurosidad invernal similar otras zonas del país, aunque en ellas no son habituales los sistemas térmicos centralizados, según las estadísticas previamente ilustradas, tales como las principales poblaciones de Extremadura, zonas de Andalucía (principalmente en las provincias de Jaén y Granada, además de poblaciones en otras serranías) así como ciertos municipios de interior y en altitud de Murcia, Alicante o Castellón. En las ubicaciones en las que el verano requiera de refrigeración, o se quisiera disponer de dicho servicio por cuestiones de confort, la bomba de calor, dado su carácter reversible en muchos modelos comerciales, podría ser de interés (requiriendo en este caso intervenir en los elementos terminales dentro de los hogares).

BURGOS 78 viviendas en bloque Zona climática E1	Impacto en la DESCARBONIZACIÓN	% y letra Reducción de la DEMANDA	% Reducción Consumo ENERGÍA FINAL	% Reducción Consumo Energía Primaria Total EPT	% y letra Reducción Consumo Energía Primaria No Renovable EPNR	% y letra Reducción de EMISIONES CO_2	Rehabilitación de la ENVOLVENTE	Intervención COSTE	Intervención TIEMPO ESTIMADO
Caldera convencional. Adaptacion a GLP		%	0%	-1%	-1%	15%	NO	€	
		E E			F F	F E			Bajo
Caldera de condensación de GLP		%	26%	17%	18%	32%	NO	€	
		E E			F E	F E			Bajo
Caldera de condensación de GLP y envolvente		66%	75%	53%	56%	66%	SI	€ €	
		E C			F E	F E			Medio
Caldera de condensación de biomasa y envolvente		66%	75%	55%	74%	82%	SI	€ € € €	
		E C			F C	F C			Alto
Bomba de calor aerotermia y envolvente		66%	92%	53%	66%	76%	SI	€ € €	
		E C			F D	F C			Alto
Bomba de calor aerotermia y Fotovoltaica autoconsumo y envolvente		66%	92%	61%	78%	84%	SI	€ € € €	
		E C			F C	F B			Muy alto

©2025, Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos
de España-CSCAE. Todos los derechos reservados

CSCAE