

# ARABA / ÁLAVA

Informe A2

## CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

Estrategia de intervención a largo plazo en  
el parque de edificios de Euskadi

*- Proyecto de investigación en el hábitat urbano -*

Escola d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya

*En colaboración con*

Cíclica [space · community · ecology]

*Promotor*

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco

# ARABA / ÁLAVA

Informe A2

---

## CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA

---

Estrategia de intervención a largo plazo en  
el parque de edificios de Euskadi

*- Proyecto de investigación en el hábitat urbano -*

Escola d'Arquitectura del Vallès de la Universitat Politècnica de Catalunya

*En colaboración con*

Cíclica [space · community · ecology]

*Promotor*

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco

# NOTA PRELIMINAR

## Objetivo

El sector de la edificación se encuentra frente a un reto profundamente transformador: conjugar el compromiso social de generar las condiciones de habitabilidad socialmente necesarias, con el deber de reducir el consumo de recursos y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmosfera.

En este contexto de gran relevancia para el sector, el presente proyecto tiene el objetivo de establecer un diagnóstico completo del parque residencial que permita sentar las bases para la elaboración de la “*Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi*”.

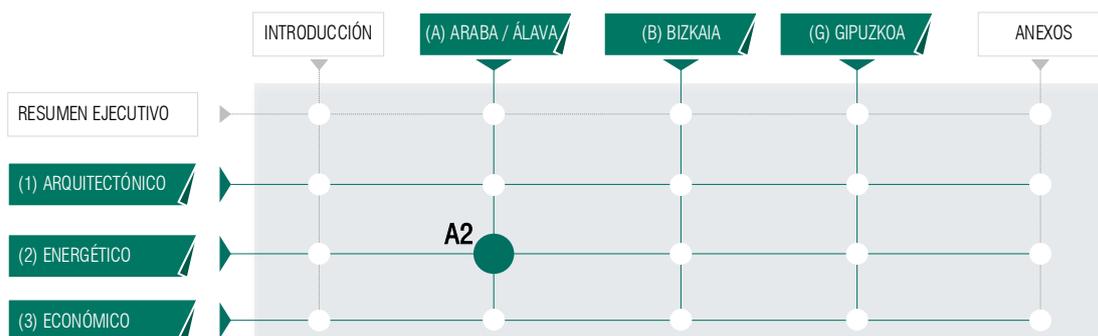
La metodología empleada permite, por primera vez a escala autonómica, el diagnóstico edificio a edificio lo que supone un avance significativo en las metodologías empleadas hasta el momento en la elaboración de estrategias a gran escala. Este proceso analítico, basado en el procesado riguroso y análisis conjunto de diferentes fuentes de información, resulta en un profundo conocimiento de cada inmueble residencial, y se materializa en una batería de indicadores sectoriales territorializados de carácter arquitectónico, energético y económico, que permiten detectar las particularidades, necesidades y potencialidades de rehabilitación del entorno construido.

En este sentido, el proyecto proporciona la primera aproximación para la elaboración de un plan de acción de rehabilitación energética del conjunto de edificios residenciales del País Vasco. De esta manera se busca alcanzar un doble objetivo: garantizar una habitabilidad socialmente aceptable reduciendo las desigualdades existentes con relación al parque residencial, y cumplir con los objetivos europeos de descarbonización del sector de la edificación para el periodo 2020-2050.

## Organización documental

El proyecto se organiza atendiendo a un doble enfoque en función del público al que se dirige:

- Enfoque metodológico, dirigido al personal técnico: esta aproximación permite conocer más detalladamente los procesos internos seguidos y los resultados obtenidos para cada una de las fases que conforman el diagnóstico. Se estructura en 3 informes correspondientes a la caracterización arquitectónica, energética y económica.
- Enfoque territorial, dirigido al equipo político: esta aproximación permite acceder directamente a la síntesis de los indicadores e índices clave de diagnóstico del parque residencial para cada uno de los ámbitos territoriales de estudio. Se estructura en 3 informes correspondientes a Araba/Álava, Bizkaia y Gipuzkoa.



# ÍNDICE

## Informe A2: Caracterización energética Araba/Álava

---

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN.....</b>	<b>9</b>
	Visión global .....	9
2.1.	Temperatura interior –en régimen libre- .....	13
2.2.	Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre- .....	14
2.3.	Salto térmico –en régimen libre- .....	15
2.4.	Demanda energética de calefacción por superficie .....	16
2.5.	Calificación energética de calefacción.....	17
<b>3.</b>	<b>COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA .....</b>	<b>21</b>
	Visión global .....	21
3.1.	Demanda energética de calefacción por vivienda .....	25
3.2.	Consumo de energía final de calefacción.....	27
3.3.	Consumo de energía primaria de calefacción .....	28
3.4.	Consumo de energía final total.....	29
3.5.	Emisiones vinculadas al consumo de calefacción .....	30
<b>4.</b>	<b>INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN .....</b>	<b>31</b>
	Visión global .....	31
4.1.	Energía gris invertida en la intervención .....	34
4.2.	Emisiones generadas por la intervención .....	35
4.3.	Eficacia energética en la reducción del consumo de calefacción.....	36
	Nota aclaratoria sobre los resultados obtenidos.....	37

# 1. INTRODUCCIÓN

## Objetivo

El presente documento de caracterización energética del parque residencial de Araba/Álava se enmarca en la segunda fase de la *Estrategia de intervención a largo plazo en el parque de edificios de Euskadi*. Tiene el objetivo de definir energéticamente el parque residencial del ámbito de estudio, mediante los indicadores con mayor incidencia en el comportamiento energético de la edificación; así mismo se estudian las posibilidades que presenta para ser rehabilitado energéticamente.

Para ello, se establecen 3 objetivos específicos que definen la estructura de esta segunda fase:

- Objetivo 1: Indicadores energéticos de comportamiento de la edificación
- Objetivo 2: Indicadores energéticos de comportamiento en la vivienda
- Objetivo 3: Indicadores energéticos de intervención de rehabilitación

## Metodología

A nivel metodológico, la caracterización energética se estructura en 3 subfases atendiendo a los objetivos específicos establecidos. El estudio se fundamenta en el simulador energético propio a escala urbana, desarrollado específicamente para realizar esta tarea en base a la ISO 52016-1: 2017, capaz de estimar hora a hora y a partir de un modelo térmico multi-zonal el comportamiento térmico y la demanda energética anual asociada a la calefacción y a la refrigeración de la parte residencial de cada planta de cada inmueble incluido en el ámbito de estudio.

La caracterización energética del parque residencial se establece para cada una de las opciones que resultan de la combinación de las 3 dimensiones del estudio: escenario edificatorio –actual y post-intervención-, umbral de habitabilidad –confort y salud-, y hipótesis de vector energético –electricidad y gas natural-.

1. Caracterizar el parque residencial según 5 indicadores energéticos de comportamiento de la edificación
2. Caracterizar el parque residencial según 5 indicadores energéticos de comportamiento en la vivienda
3. Caracterizar el parque residencial según 3 indicadores energéticos de intervención de rehabilitación

# Organización documental



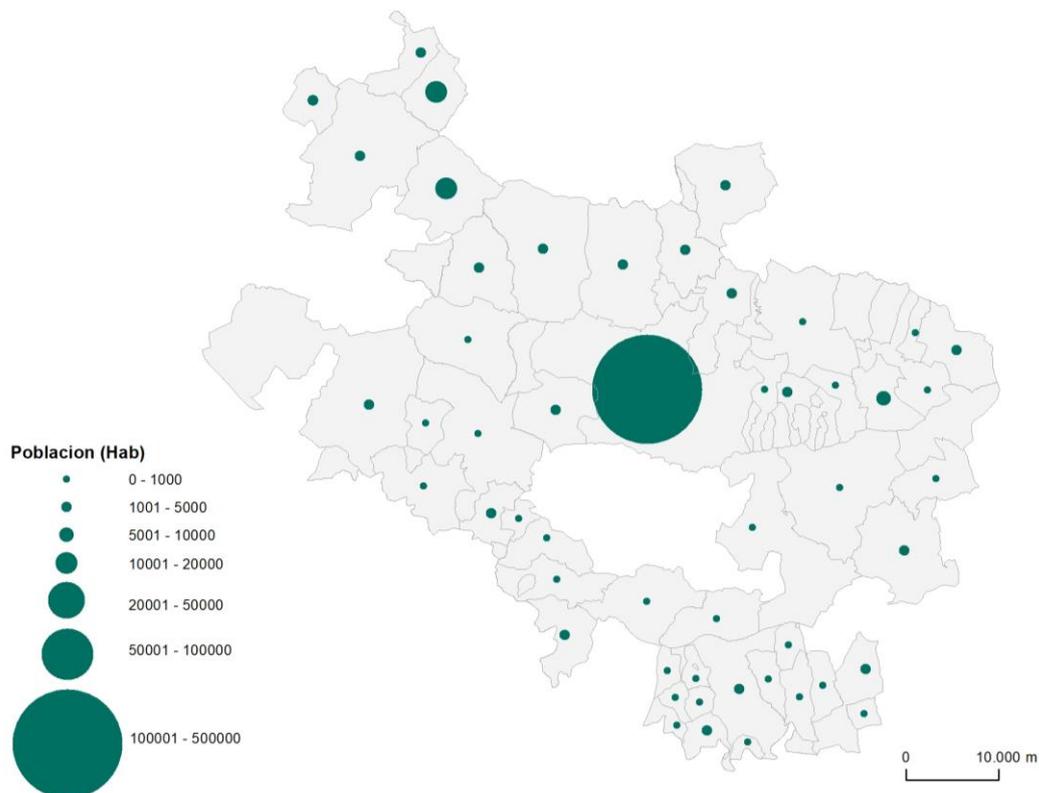
## Aproximación territorial

El primer análisis territorial de los municipios alaveses muestra una gran disparidad en cuanto a la distribución de la población, con un único municipio –Vitoria- que concentra el 75% de la población de la provincia, mientras que en el 92% de los municipios –de menos de 5.000 habitantes- tan solo vive el 15% de la población. Así mismo, llama la atención la ausencia de municipios intermedios –entre 20.000 y 100.000 habitantes-, con tan sólo 2 municipios –Llodio y Amurrio- que superan la barrera de los 10.000 habitantes. Esta aproximación territorial revela que Araba/Álava es la provincia del País Vasco más polarizada en relación a la distribución de población por municipios. Por lo tanto, se estima una caracterización de municipios polarizada en 2 grandes bloques.

Tabla TA1-1. Caracterización de los municipios de Araba/Álava según población -fuente Eustat, noviembre 2018-

Tamaño de municipios	Araba / Álava -nº municipios-	Porcentaje sobre total -%-	Araba / Álava -nº habitantes-	Porcentaje sobre total -%-
≥ 100.000 hab.	1	2,0%	<b>243.815</b>	<b>74,9%</b>
≥ 50.000 hab.	0	0,0%	0	0,0%
≥ 20.000 hab.	0	0,0%	0	0,0%
≥ 10.000 hab.	2	3,9%	28.813	8,9%
≥ 5.000 hab.	1	2,0%	5.240	1,6%
< 5.000 hab.	<b>47</b>	<b>92,2%</b>	47.650	14,6%
	51	100,0%	325.518	100,0%

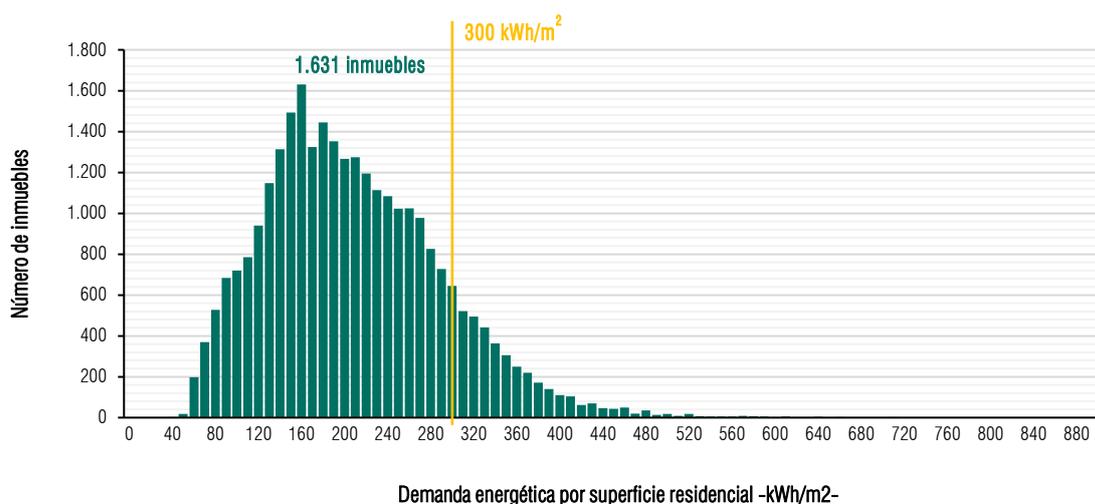
Figura FA1-1. Representación de los municipios de Araba/Álava según población



## Coherencia de la información obtenida

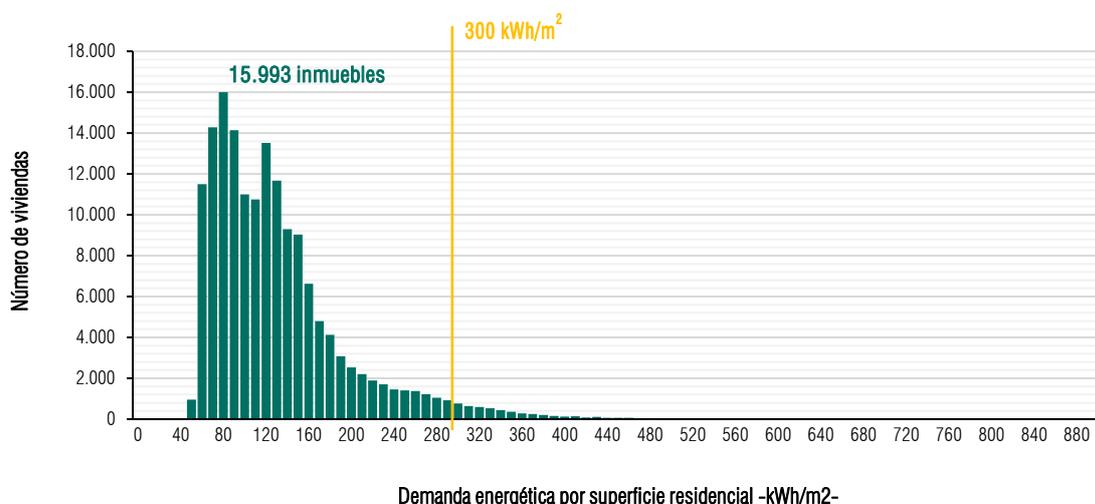
A continuación, se estudia la coherencia de los resultados obtenidos a través de la simulación de la demanda energética de calefacción, que sirve como base para el estudio de caracterización energética y económica del parque residencial de la provincia de Araba/Álava. Para ello se realiza un análisis de la distribución del número de inmuebles y de viviendas en función de la demanda energética de calefacción por superficie residencial; el análisis se realiza para el escenario edificatorio actual y el umbral de habitabilidad confort.

Figura FA1-2. Distribución del número de inmuebles según la demanda energética por superficie -kWh/m<sup>2</sup>-año-



A partir del análisis del histograma se observa que el 85% de los inmuebles de Araba/Álava tienen una demanda de calefacción inferior a 300 kWh/m<sup>2</sup>-año, con una mayor presencia de inmuebles con demanda entorno a los 160 kWh/m<sup>2</sup>-año.

Figura FA1-3. Distribución del número de viviendas según la demanda energética por superficie -kWh/m<sup>2</sup>-año-



En relación con el análisis según número de viviendas, los resultados se intensifican debido al peso de las viviendas situadas en inmuebles plurifamiliares; en este caso el 97% de las viviendas de Araba/Álava tienen una demanda de calefacción inferior a 300 kWh/m<sup>2</sup>-año.

## 2. COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN

### Visión global

El primer objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Araba/Álava consiste en evaluar el comportamiento térmico de cada edificio, mediante la definición de 5 indicadores energéticos. Estos indicadores hacen referencia a la capacidad genérica que presenta un inmueble para mantener ciertas condiciones de habitabilidad en sus espacios residenciales interiores en el periodo con mayores solicitaciones de calefacción<sup>1</sup>; y se analizan en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud-, hipótesis de vector energético -electricidad y gas natural- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, se determinan los valores de comportamiento de la edificación relativos a la respuesta del edificio en situación de régimen libre, sin aportes energéticos de calefacción, como contenedor que modula las variaciones climáticas del exterior. En concreto se calcula la temperatura media interior, el tiempo de autonomía térmica y el salto térmico; los dos últimos bajo la perspectiva de los 2 umbrales de habitabilidad.

A continuación, se procede a analizar la demanda energética de calefacción necesaria para salvar la brecha entre las condiciones interiores conseguidas de forma pasiva por la edificación y la temperatura de consigna mínima de cada umbral de habitabilidad. A partir de este conjunto de valores se determina la calificación energética, como herramienta de comparación con amplia difusión.

### Análisis integrado entre indicadores

A nivel de comportamiento en régimen libre, los resultados obtenidos ponen de relieve que actualmente la edificación ejerce su papel de generadora de espacios habitables con condiciones más favorables a las del ambiente exterior, pero sin alcanzar temperaturas de salud para sus ocupantes. En este sentido, si bien la temperatura media es de 12,8°C, este valor cambia sensiblemente en función del tipo de propiedad residencial, siendo las unifamiliares más desfavorables -pico de viviendas a menos de 12°C- que las plurifamiliares -pico de viviendas sobre los 13°C-. En término medio, esta distancia con la temperatura de consigna mínima se traduce en que el 25% de las horas entre octubre y mayo el edificio se encuentra en franjas de salud -más de 16°C-, y sólo el 13% alcanza el umbral de confort. La demanda energética de calefacción derivada de esta situación asciende hasta los 131 kWh/m<sup>2</sup>-año -calificación F- para el umbral confort y los 83 kWh/m<sup>2</sup>-año para el umbral salud.

El desarrollo de las operaciones previstas en las intervenciones de rehabilitación energética mejora notablemente los valores de los indicadores, pero sin subsanar las situaciones más críticas de pobreza energética. Así, aunque la temperatura media en régimen libre sube 2,2°C de promedio, en el umbral salud el 61% de las horas no se alcanzan los 16°C, siendo necesaria la aportación de 28 kWh/m<sup>2</sup>-año. En cuanto al umbral confort, los resultados de la intervención en la envolvente demuestran el amplio recorrido existente en este campo, puesto que se consigue una reducción del 54% de la demanda energética de calefacción hasta los 60 kWh/m<sup>2</sup>-año, así como el descenso de 2 letras en la escala de calificación energética -hasta la D-.

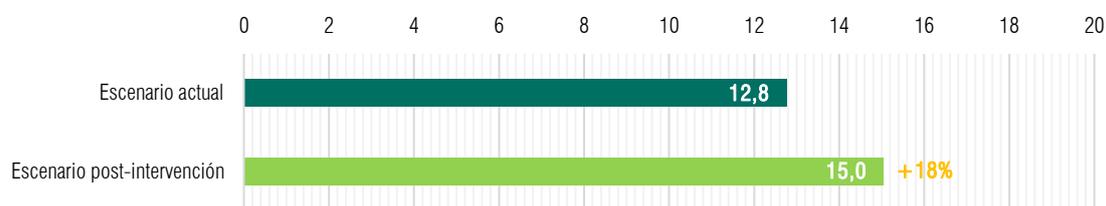
---

<sup>1</sup> De Octubre a Mayo, según el Código Técnico de la Edificación

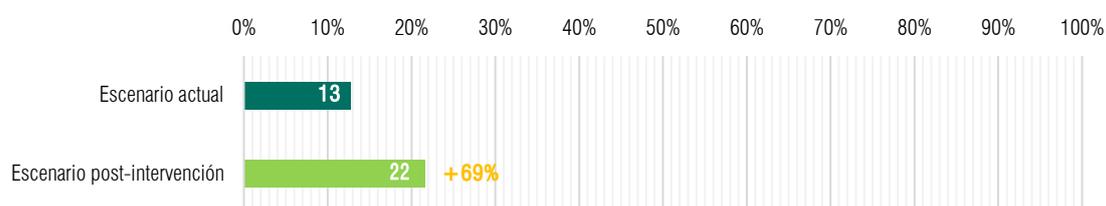
Figura  
FA2-1.

COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava -umbral confort-

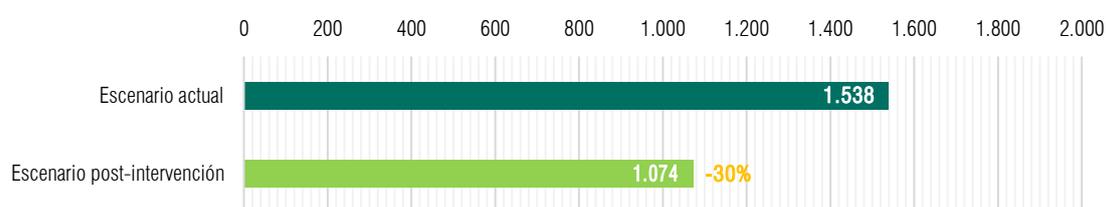
Temperatura interior, en régimen libre-°C-



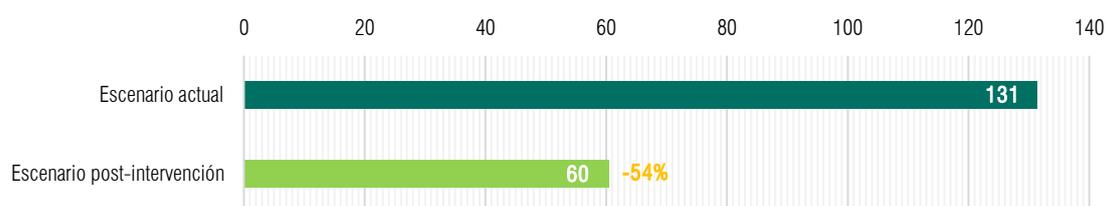
Tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-



Salto térmico, en régimen libre -°C·día-



Demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m2·año-



Calificación energética de calefacción -letras A a G-

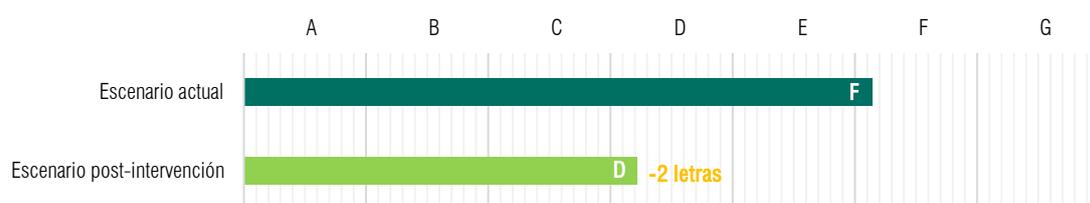


Tabla  
TA2-1.

COMPORTAMIENTO DE LA EDIFICACIÓN: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava

Temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	12,8 °C	15,0 °C

Tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	13 %	22 %
	Salud	25 %	39 %

Salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	1.538 °C·día	1.074 °C·día
	Salud	996 °C·día	603 °C·día

Demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m<sup>2</sup>·año-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	131 kWh/m <sup>2</sup> ·año	60 kWh/m <sup>2</sup> ·año
	Salud	83 kWh/m <sup>2</sup> ·año	28 kWh/m <sup>2</sup> ·año

Calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	F	D

## **Análisis individual por indicador**

Este primer grupo de indicadores energéticos se compone de 5 indicadores, analizados en función del cruce de 2 dimensiones: umbral de habitabilidad y escenario edificatorio.

### **1. Temperatura interior –en régimen libre-**

El primer indicador energético estudia la capacidad del edificio de mantener una temperatura interior que se aproxime a las condiciones de habitabilidad. Los resultados obtenidos mediante la simulación energética evidencian la diferencia existente según el tipo de propiedad residencial. En los inmuebles unifamiliares, la temperatura interior promedio es de 11,1°C mientras que en los plurifamiliares alcanza los 13,0°C. La intervención en rehabilitación energética permitiría aumentar un 17% la temperatura interior en los inmuebles plurifamiliares para alcanzar los 15,3°C.

### **2. Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre-**

El segundo indicador relativo al comportamiento de la edificación determina el tiempo de autonomía térmica durante el cual no se requiere de aportes externos de energía para garantizar las condiciones de habitabilidad. En el umbral confort, el 91% de las viviendas necesitan aporte energético durante el 80% de las horas. La intervención aumenta la autonomía térmica y disminuye la dependencia energética activa, lo que permitiría que el 92% de las viviendas se encuentre en autonomía térmica durante el 30% del tiempo. En el umbral salud, la autonomía térmica es mayor puesto que el umbral a alcanzar es menor.

### **3. Salto térmico –en régimen libre-**

El salto térmico en régimen libre está directamente relacionado con el indicador previo, siendo la diferencia entre la temperatura alcanzada en autonomía térmica y la temperatura de consigna de cada umbral. En el caso del umbral confort, la intervención permitiría reducir un 30% el salto térmico, desde los 1.538 °C·día hasta los 1.074 °C·día. En el umbral salud el salto térmico es menor, con una estimación de 996 °C·día en el escenario actual y 603 °C·día tras la intervención.

### **4. Demanda energética de calefacción por superficie**

La demanda energética de calefacción es resultante del grupo de indicadores previos. En este sentido, se estima que el 63% de las viviendas tienen una demanda entre 60 y 140 kWh/m<sup>2</sup>-año, y que un 15% superan los 180 kWh/m<sup>2</sup>-año. La intervención tiene un potencial de mejora de la demanda del 54%, lo que supondría que el 67% de las viviendas tuviesen una demanda inferior a 60 kWh/m<sup>2</sup>-año. En el umbral salud, este potencial de mejora es incluso mayor, quedando el 96% de las viviendas por debajo de estos 60 kWh/m<sup>2</sup>-año.

### **5. Calificación energética de calefacción**

El estudio del indicador de calificación energética se realiza en función del tipo de propiedad residencial y la zona climática. En los inmuebles unifamiliares, el 49% de las viviendas tienen una calificación G en el escenario actual; la rehabilitación del parque residencial de Araba/Álava permitiría alcanzar las letras D y C en el 74% de las viviendas. En relación a los inmuebles plurifamiliares, los resultados son más favorables, con el 68% de las viviendas en el escenario actual con una calificación E o posterior, siendo el rango de calificación más recurrente con el 48% de las viviendas. En el escenario post-intervención el 93% de las viviendas obtendrían la calificación C o D, lo que se traduciría en una mejora promedio de entre 1 y 2 letras.

## 2.1. Temperatura interior –en régimen libre-

### Inmueble unifamiliar

Tabla  
TA21-1. Reparto de viviendas según la temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 12 °C	16.875	1.818
Entre 12 y 13 °C	2.473	4.715
Entre 13 y 14 °C	491	7.738
Entre 14 y 15 °C	55	4.116
Entre 15 y 16 °C	6	1.038
Entre 16 y 17 °C	2	309
Entre 17 y 18 °C	0	114
Entre 18 y 19 °C	0	43
Entre 19 y 20 °C	0	10
Más de 20 °C	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>19.902</b>	<b>19.902</b>

### Inmueble plurifamiliar

Tabla  
TA21-2. Reparto de viviendas según la temperatura interior, en régimen libre -°C-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 12 °C	28.074	670
Entre 12 y 13 °C	47.600	3.884
Entre 13 y 14 °C	35.872	10.275
Entre 14 y 15 °C	24.526	36.356
Entre 15 y 16 °C	6.258	58.674
Entre 16 y 17 °C	151	27.094
Entre 17 y 18 °C	7	5.011
Entre 18 y 19 °C	0	414
Entre 19 y 20 °C	0	105
Más de 20 °C	0	5
<b>TOTAL</b>	<b>142.488</b>	<b>142.488</b>

## 2.2. Tiempo de autonomía térmica –en régimen libre-

### Umbral confort

Tabla  
TA22-1. Reparto de viviendas según el tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 9%	49.705	6.215
Entre 10 y 19%	98.405	51.996
Entre 20 y 29%	14.258	91.307
Entre 30 y 39%	21	12.190
Entre 40 y 49%	0	595
Entre 50 y 59%	0	80
Entre 60 y 69%	1	2
Entre 70 y 79%	0	5
Entre 80 y 89%	0	0
Más del 90%	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

### Umbral salud

Tabla  
TA22-2. Reparto de viviendas según el tiempo de autonomía térmica, en régimen libre -%-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Menos de 9%	1.889	196
Entre 10 y 19%	37.103	6.179
Entre 20 y 29%	83.766	23.050
Entre 30 y 39%	37.589	57.204
Entre 40 y 49%	2.017	60.456
Entre 50 y 59%	23	14.187
Entre 60 y 69%	3	980
Entre 70 y 79%	0	132
Entre 80 y 89%	0	6
Más del 90%	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 2.3. Salto térmico –en régimen libre-

### Umbral confort

Tabla  
TA23-1. Reparto de viviendas según el salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
0 °C·día	0	0
Entre 0,1 y 249 °C·día	0	6
Entre 250 y 499 °C·día	0	280
Entre 500 y 749 °C·día	20	7.464
Entre 750 y 999 °C·día	778	58.075
Entre 1.000 y 1.249 °C·día	24.750	65.606
Entre 1.250 y 1.499 °C·día	44.271	22.309
Entre 1.500 y 1.749 °C·día	59.485	7.150
Entre 1.750 y 1.999 °C·día	27.184	1.168
Más de 2.000 °C·día	5.902	332
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

### Umbral salud

Tabla  
TA23-2. Reparto de viviendas según el salto térmico, en régimen libre -°C·día-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
0 °C·día	0	0
Entre 0,1 y 249 °C·día	2	768
Entre 250 y 499 °C·día	547	47.126
Entre 500 y 749 °C·día	24.960	85.947
Entre 750 y 999 °C·día	52.201	23.231
Entre 1.000 y 1.249 °C·día	65.496	4.472
Entre 1.250 y 1.499 °C·día	17.070	731
Entre 1.500 y 1.749 °C·día	980	115
Entre 1.750 y 1.999 °C·día	1.109	0
Más de 2.000 °C·día	25	0
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 2.4. Demanda energética de calefacción por superficie

### Umbral confort

Tabla TA24-1. Reparto de viviendas según la demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m<sup>2</sup>·año-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Entre 0 y 20 kWh/m <sup>2</sup>	1	7
Entre 20 y 40 kWh/m <sup>2</sup>	20	14.613
Entre 40 y 60 kWh/m <sup>2</sup>	12.510	93.422
Entre 60 y 80 kWh/m <sup>2</sup>	30.255	33.314
Entre 80 y 100 kWh/m <sup>2</sup>	25.175	11.944
Entre 100 y 120 kWh/m <sup>2</sup>	24.918	5.601
Entre 120 y 140 kWh/m <sup>2</sup>	21.313	2.189
Entre 140 y 160 kWh/m <sup>2</sup>	15.670	876
Entre 160 y 180 kWh/m <sup>2</sup>	8.905	257
Más de 180 kWh/m <sup>2</sup>	23.623	167
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

### Umbral salud

Tabla TA24-2. Reparto de viviendas según la demanda energética de calefacción por superficie -kWh/m<sup>2</sup>·año-

<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención
Entre 0 y 20 kWh/m <sup>2</sup>	549	50.900
Entre 20 y 40 kWh/m <sup>2</sup>	31.633	88.247
Entre 40 y 60 kWh/m <sup>2</sup>	34.634	16.605
Entre 60 y 80 kWh/m <sup>2</sup>	31.717	4.966
Entre 80 y 100 kWh/m <sup>2</sup>	25.934	1.275
Entre 100 y 120 kWh/m <sup>2</sup>	14.562	282
Entre 120 y 140 kWh/m <sup>2</sup>	7.630	82
Entre 140 y 160 kWh/m <sup>2</sup>	4.677	24
Entre 160 y 180 kWh/m <sup>2</sup>	3.531	5
Más de 180 kWh/m <sup>2</sup>	7.523	4
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 2.5. Calificación energética de calefacción

### Inmueble unifamiliar, Zona climática D1

Tabla  
TA25-3. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	28,9 kWh/m <sup>2</sup>	1	28
B	46,8 kWh/m <sup>2</sup>	3	673
C	72,6 kWh/m <sup>2</sup>	52	5.387
D	111,6 kWh/m <sup>2</sup>	905	8.069
E	178,3 kWh/m <sup>2</sup>	5.566	4.037
F	208,6 kWh/m <sup>2</sup>	2.729	69
G	-	9.026	19
TOTAL		18.282	18.282

Tabla  
TA25-4. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	9,6 kWh/m <sup>2</sup>	1	1
A2	19,3 kWh/m <sup>2</sup>	0	1
A3	28,9 kWh/m <sup>2</sup>	0	26
B1	37,9 kWh/m <sup>2</sup>	0	207
B2	46,8 kWh/m <sup>2</sup>	3	466
C1	59,7 kWh/m <sup>2</sup>	9	1.740
C2	72,6 kWh/m <sup>2</sup>	43	3.647
D1	82,4 kWh/m <sup>2</sup>	76	3.164
D2	92,1 kWh/m <sup>2</sup>	189	2.817
D3	101,9 kWh/m <sup>2</sup>	295	2.088
D4	111,6 kWh/m <sup>2</sup>	345	1.437
E1	124,9 kWh/m <sup>2</sup>	634	1.136
E2	138,3 kWh/m <sup>2</sup>	1.099	767
E3	151,6 kWh/m <sup>2</sup>	1.312	405
E4	165,0 kWh/m <sup>2</sup>	1.327	211
E5	178,3 kWh/m <sup>2</sup>	1.194	81
F1	188,4 kWh/m <sup>2</sup>	932	33
F2	198,5 kWh/m <sup>2</sup>	913	22
F3	208,6 kWh/m <sup>2</sup>	884	14
G1	-	9.026	19
TOTAL		18.282	18.282

# Calificación energética de calefacción

## Inmueble unifamiliar, Zona climática E1

Tabla TA25-3. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

Escenario edificatorio		Actual	Post-intervención
A	47,5 kWh/m <sup>2</sup>	0	32
B	68,2 kWh/m <sup>2</sup>	0	141
C	97,1 kWh/m <sup>2</sup>	8	607
D	141,5 kWh/m <sup>2</sup>	52	667
E	232,5 kWh/m <sup>2</sup>	425	170
F	271,6 kWh/m <sup>2</sup>	322	3
G	-	813	0
TOTAL		1.620	1.620

Tabla TA25-4. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

Escenario edificatorio		Actual	Post-intervención
A1	15,8 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
A2	31,7 kWh/m <sup>2</sup>	0	2
A3	47,5 kWh/m <sup>2</sup>	0	30
B1	57,9 kWh/m <sup>2</sup>	0	53
B2	68,2 kWh/m <sup>2</sup>	0	88
C1	82,7 kWh/m <sup>2</sup>	2	245
C2	97,1 kWh/m <sup>2</sup>	6	362
D1	111,9 kWh/m <sup>2</sup>	9	356
D2	126,7 kWh/m <sup>2</sup>	27	217
D3	141,5 kWh/m <sup>2</sup>	16	94
E1	156,7 kWh/m <sup>2</sup>	40	69
E2	171,8 kWh/m <sup>2</sup>	48	56
E3	187,0 kWh/m <sup>2</sup>	68	22
E4	202,2 kWh/m <sup>2</sup>	73	9
E5	217,3 kWh/m <sup>2</sup>	81	8
E6	232,5 kWh/m <sup>2</sup>	115	6
F1	245,5 kWh/m <sup>2</sup>	96	2
F2	258,6 kWh/m <sup>2</sup>	108	1
F3	271,6 kWh/m <sup>2</sup>	118	0
G1	-	813	0
TOTAL		1.620	1.620

# Calificación energética de calefacción

## Inmueble plurifamiliar, Zona climática D1

Tabla TA25-7. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

Escenario edificatorio		Actual	Post-intervención
A	11,7 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
B	27,0 kWh/m <sup>2</sup>	0	279
C	48,7 kWh/m <sup>2</sup>	580	53.487
D	81,6 kWh/m <sup>2</sup>	44.765	79.324
E	144,1 kWh/m <sup>2</sup>	68.953	8.546
F	157,1 kWh/m <sup>2</sup>	8.746	181
G	-	18.871	98
TOTAL		141.915	141.915

Tabla TA25-8. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

Escenario edificatorio		Actual	Post-intervención
A1	11,7 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
B1	19,4 kWh/m <sup>2</sup>	0	5
B2	27,0 kWh/m <sup>2</sup>	0	274
C1	37,9 kWh/m <sup>2</sup>	7	9.385
C2	48,7 kWh/m <sup>2</sup>	573	44.102
D1	59,7 kWh/m <sup>2</sup>	11.482	50.788
D2	70,6 kWh/m <sup>2</sup>	15.850	21.324
D3	81,6 kWh/m <sup>2</sup>	17.433	7.212
E1	92,0 kWh/m <sup>2</sup>	14.098	3.355
E2	102,4 kWh/m <sup>2</sup>	10.362	2.389
E3	112,9 kWh/m <sup>2</sup>	12.641	1.278
E4	123,3 kWh/m <sup>2</sup>	12.830	861
E5	133,7 kWh/m <sup>2</sup>	11.089	434
E6	144,1 kWh/m <sup>2</sup>	7.933	229
F1	157,1 kWh/m <sup>2</sup>	8.746	181
G1	167,1 kWh/m <sup>2</sup>	4.763	32
G2	177,1 kWh/m <sup>2</sup>	3.176	16
G3	187,1 kWh/m <sup>2</sup>	2.540	32
G4	197,1 kWh/m <sup>2</sup>	1.511	0
G5	-	6.881	18
TOTAL		141.915	141.915

# Calificación energética de calefacción

## Inmueble plurifamiliar, Zona climática E1

Tabla TA25-7. Reparto de viviendas según la calificación energética de calefacción -letras de A a G-

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A	15,7 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
B	36,3 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
C	65,5 kWh/m <sup>2</sup>	0	50
D	109,6 kWh/m <sup>2</sup>	4	363
E	189,6 kWh/m <sup>2</sup>	89	152
F	206,5 kWh/m <sup>2</sup>	70	8
G	-	410	0
TOTAL		573	573

Tabla TA25-8. Reparto de viviendas según la nueva calificación energética de calefacción en 20 Subgrupos

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
A1	7,9 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
A2	15,7 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
B1	26,0 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
B2	36,3 kWh/m <sup>2</sup>	0	0
C1	46,0 kWh/m <sup>2</sup>	0	2
C2	55,8 kWh/m <sup>2</sup>	0	9
C3	65,5 kWh/m <sup>2</sup>	0	39
D1	76,5 kWh/m <sup>2</sup>	0	79
D2	87,6 kWh/m <sup>2</sup>	0	117
D3	98,6 kWh/m <sup>2</sup>	0	84
D4	109,6 kWh/m <sup>2</sup>	4	83
E1	122,9 kWh/m <sup>2</sup>	2	49
E2	136,3 kWh/m <sup>2</sup>	8	41
E3	149,6 kWh/m <sup>2</sup>	20	30
E4	162,9 kWh/m <sup>2</sup>	20	19
E5	176,3 kWh/m <sup>2</sup>	20	6
E6	189,6 kWh/m <sup>2</sup>	19	7
F1	198,1 kWh/m <sup>2</sup>	33	8
F2	206,5 kWh/m <sup>2</sup>	37	0
G1	-	410	0
TOTAL		573	573

## 3. COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA

### Visión global

El segundo objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Araba/Álava es estudiar el comportamiento energético de la vivienda, mediante la definición de 5 indicadores energéticos. Éstos hacen referencia al uso de la energía que se hace en la vivienda; se analizan en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud-, hipótesis de vector energético -electricidad y gas natural- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, este proceso pasa por analizar la demanda energética de calefacción en la vivienda, es decir la energía útil que deberían aportar los sistemas de climatización para mantener las condiciones de habitabilidad en el interior de las viviendas.

Una vez conocido este valor, el paso lógico en la metodología de caracterización energética consiste en analizar el uso que se hace de la energía para poder determinar el consumo en calefacción de cada uno de los inmuebles. El cálculo de este indicador depende, además del comportamiento térmico y la demanda de calefacción, de la elección de hipótesis de vector energético y sistema de climatización. En este caso, se establece tanto el consumo energético final como el consumo primario asociado que evidencia el impacto del sistema energético actual, de estructura centralizada. A continuación, se estudia el consumo de los llamados usos no climáticos -electrodomésticos, cocina, agua caliente sanitaria -ACS- e iluminación, cuyos valores dependen mayormente de las características de ocupación de la vivienda, número y tipo de usuario. Finalmente, se determina el impacto ambiental asociado al consumo energético de calefacción.

### Análisis integrado entre indicadores

El proceso metodológico descrito permite caracterizar el comportamiento energético del parque residencial, desde la unidad básica que es la vivienda hasta el valor agregado a escala de inmueble, sección censal, municipio y provincia. La simulación energética del parque residencial de Araba/Álava en el escenario actual resulta en una demanda de calefacción anual de 2.217 GWh/año para el umbral confort y de 1.399 GWh/año para el umbral salud, con un potencial de mejora tras la rehabilitación energética del 54% y 66% respectivamente. Estos potenciales de mejora evidencian el interés en la rehabilitación energética y la necesidad de impulsar políticas públicas en esta dirección.

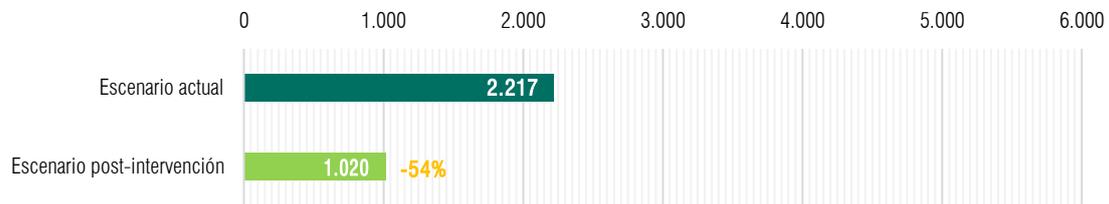
Una vez realizadas las consideraciones referentes al perfil de uso y al vector energético, se establece el consumo de energía final de calefacción. Según la simulación realizada, se destinan una media de 2.434 GWh/año para climatizar las viviendas de la provincia de Araba/Álava y alcanzar una situación de confort, lo que equivale a unas emisiones de 697.151 ton. de CO<sub>2</sub> al año. La intervención en rehabilitación energética permitiría reducir las emisiones en un 71%. Así mismo, se observa cómo el consumo en el caso del gas natural es un 30% superior al eléctrico, debido a la diferencia de rendimiento de los equipos activos considerados.

El estudio del consumo revela otra realidad: las pérdidas energéticas ocasionadas por el sistema energético centralizado. Este hecho es especialmente relevante al analizar el valor de consumo de energía primaria de calefacción, que llega a ser superior al consumo de energía total de la vivienda -en el escenario actual, según el vector electricidad-.

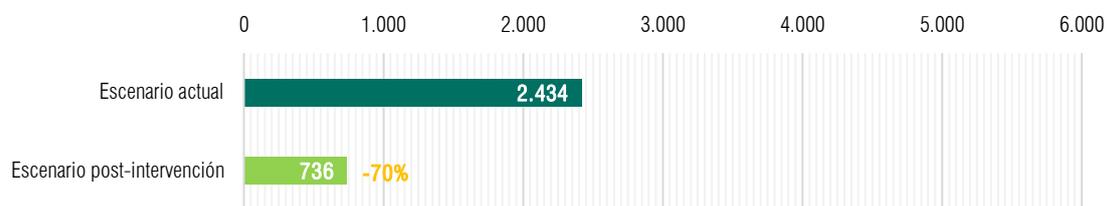
Figura  
FA3-1.

COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava  
-umbral confort, promedio vector energético-

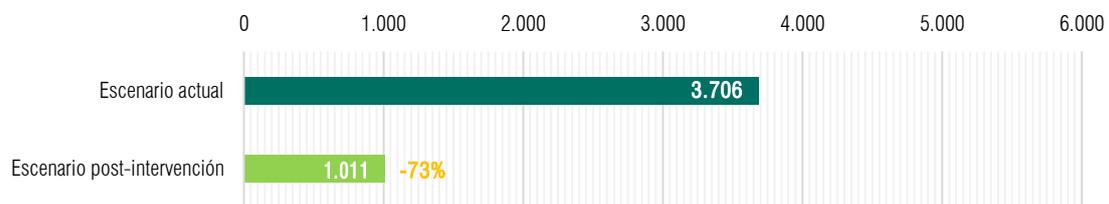
Demanda energética de calefacción -GWh/año-



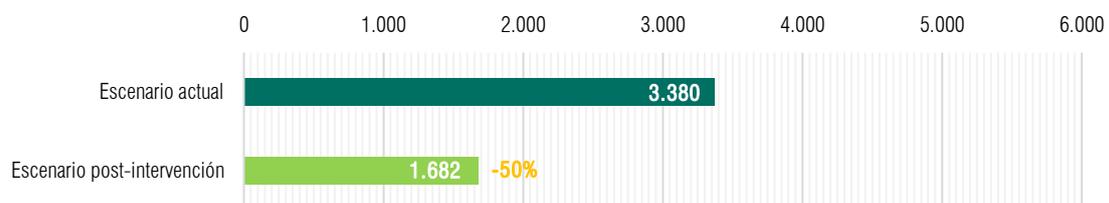
Consumo de energía final de calefacción -GWh/año-



Consumo de energía primaria de calefacción -GWh/año-



Consumo de energía final total -GWh/año-



Emisiones vinculadas al consumo de calefacción -TonCO2/año-

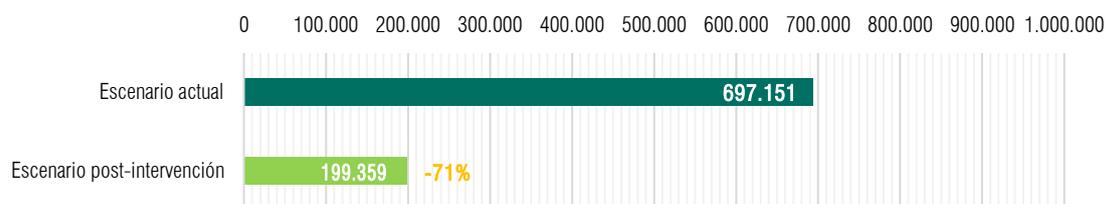


Tabla  
TA3-1.

COMPORTAMIENTO EN LA VIVIENDA: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava

**Demanda energética de calefacción -GWh/año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral	Confort	2.217 GWh/año	1.020 GWh/año
	Salud	1.399 GWh/año	478 GWh/año

**Consumo de energía final de calefacción -GWh/año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	2.120 GWh/año	354 GWh/año
	Confort -gas natural-	2.749 GWh/año	1.117 GWh/año
	Salud -electricidad-	1.349 GWh/año	167 GWh/año
	Salud -gas natural-	1.738 GWh/año	523 GWh/año

**Consumo de energía primaria de calefacción -GWh/año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	4.142 GWh/año	692 GWh/año
	Confort -gas natural-	3.271 GWh/año	1.330 GWh/año
	Salud -electricidad-	2.636 GWh/año	326 GWh/año
	Salud -gas natural-	2.068 GWh/año	622 GWh/año

**Consumo de energía final total -GWh/año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	3.066 GWh/año	1.300 GWh/año
	Confort -gas natural-	3.695 GWh/año	2.063 GWh/año
	Salud -electricidad-	1.849 GWh/año	667 GWh/año
	Salud -gas natural-	2.238 GWh/año	1.023 GWh/año

**Emisiones vinculadas al consumo de calefacción -TonCO2/año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Actual	Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	701.560 TonCO2/año	117.162 TonCO2/año
	Confort -gas natural-	692.741 TonCO2/año	281.556 TonCO2/año
	Salud -electricidad-	446.514 TonCO2/año	55.165 TonCO2/año
	Salud -gas natural-	437.870 TonCO2/año	131.820 TonCO2/año

## **Análisis individual por indicador**

Este segundo grupo de indicadores energéticos se compone de 5 indicadores, analizados en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad, hipótesis de vector energético y escenario edificatorio.

### **1. Demanda energética de calefacción por vivienda**

En el escenario actual, el parque residencial de Araba/Álava tiene una demanda anual de calefacción promedio de 13.651 kWh/vivienda. El potencial de ahorro energético de la intervención en rehabilitación se sitúa entorno al 54% según el umbral confort, llegando a los 6.282 kWh/vivienda. En el caso del umbral salud, el potencial de ahorro energético es mayor y alcanza el 66%, pasando de una demanda de calefacción promedio de 8.617 kWh/vivienda a una demanda de 2.945 kWh/vivienda.

### **2. Consumo energía final de calefacción**

El paso al indicador de consumo final de calefacción pone de relieve la importancia de la elección del vector energético a causa de la diferencia de rendimiento en los sistemas de climatización. En el umbral confort, el consumo según el vector gas natural es un 30% superior en relación al vector electricidad, con un valor anual promedio de 16.900 kWh/vivienda y 13.000 kWh/vivienda respectivamente. El potencial de ahorro en el consumo de calefacción se sitúa entorno al 83% para el vector electricidad y al 59% para el gas natural.

### **3. Consumo energía primaria de calefacción**

El indicador de consumo de energía primaria pone el acento en las pérdidas energéticas que se dan desde el punto de producción hasta el de consumo final. Estas pérdidas son mayores para el vector electricidad, con un factor de conversión de 1,954, en comparación con el gas natural, con un factor de conversión de 1,190. Este hecho se traduce en un consumo de energía primaria un 21% superior para el vector electricidad con 25.500 kWh/vivienda en el escenario actual. La intervención en rehabilitación energética, gracias al alto rendimiento de los sistemas de climatización usados, permite alcanzar un consumo anual promedio de 4.260 kWh/vivienda para el vector electricidad y 8.190 kWh/vivienda para el gas natural.

### **4. Consumo energía final total**

El consumo de energía final total considera también los usos no climáticos de la vivienda. En el escenario actual, el consumo anual para el vector gas natural es un 21% superior con 22.750 kWh/vivienda, siendo el consumo anual en el vector eléctrico de 18.880 kWh/vivienda. En relación al potencial de ahorro de la rehabilitación energética, los valores de reducción se sitúan entorno al 58% para el vector electricidad y al 44% para el gas natural. El menor potencial de ahorro energético en este indicador se debe a que la rehabilitación energética del edificio no incide sobre los usos no climáticos de la vivienda. Por lo tanto, este indicador permite contextualizar el potencial de ahorro de las actuaciones sobre el consumo total de la vivienda.

### **5. Emisiones vinculadas al consumo de calefacción**

En relación al indicador de emisiones de calefacción por vivienda, el valor promedio en el escenario actual es similar entre vectores energéticos con 4.290 kgCO<sub>2</sub> al año para el umbral confort y 2.720 kgCO<sub>2</sub> para el umbral salud. El equilibrio se rompe en el escenario post-intervención, con 720 kgCO<sub>2</sub>/vivienda para el vector electricidad y 1.730 kgCO<sub>2</sub>/vivienda para el vector gas natural.

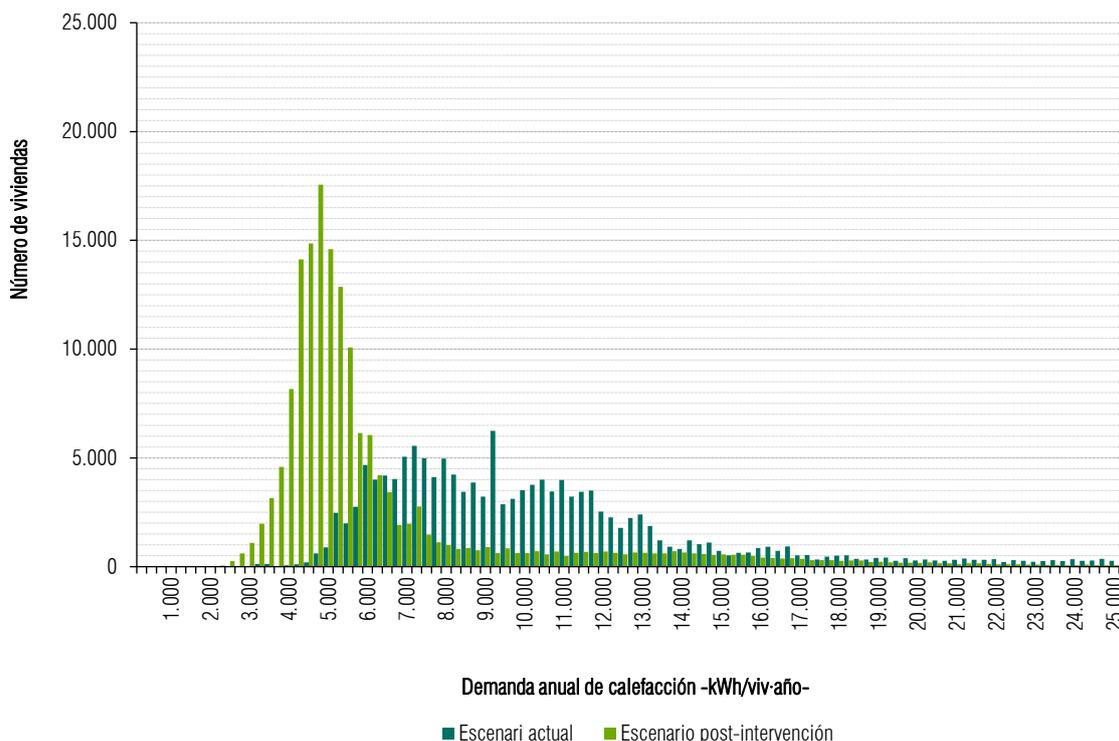
### 3.1. Demanda energética de calefacción por vivienda

#### Umbral confort

Tabla TA31-1. Reparto de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv-año-

Escenario edificatorio	Actual	Post-intervención
Menos de 1.500 kWh/viv.	2	12
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	138	4.010
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	1.107	62.448
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	16.771	53.944
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	27.925	12.687
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	25.955	4.946
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	20.736	4.069
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	18.953	3.766
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	10.423	3.799
Más de 13.500 kWh/viv.	40.380	12.709
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

Figura FA31-1. Distribución de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv-año-



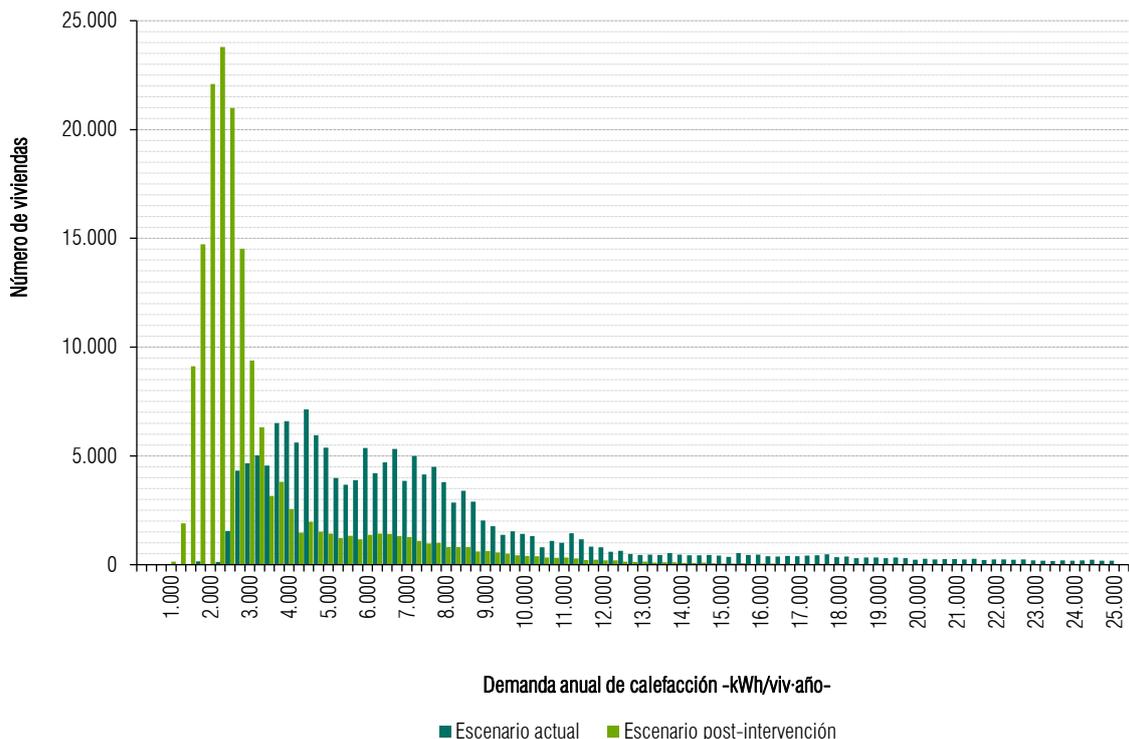
# Demanda energética de calefacción por vivienda

## Umbral salud

Tabla TA31-2. Reparto de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv·año-

Escenario edificatorio	Actual	Post-intervención
Menos de 1.500 kWh/viv.	159	25.889
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	15.722	97.097
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	36.359	14.484
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	26.481	7.959
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	27.517	7.068
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	16.730	4.246
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	7.534	2.384
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	5.824	1.456
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	3.038	711
Más de 13.500 kWh/viv.	23.026	1.096
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

Figura FA31-2. Distribución de viviendas según la demanda energética anual de calefacción -kWh/viv·año-



## 3.2. Consumo de energía final de calefacción

### Umbral confort

Tabla TA32-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención	Actual
Menos de 1.500 kWh/viv.	706	68.115	2	11
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	16.328	68.651	6	1.795
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	1.103	9.622	294	35.493
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	6.856	8.669	6.607	70.913
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	23.921	4.184	13.381	19.834
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	25.191	1.722	22.006	7.632
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	20.511	698	19.518	4.382
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	18.926	356	17.779	3.588
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	10.332	172	17.748	3.751
Más de 13.500 kWh/viv.	38.516	201	65.049	14.991
TOTAL	162.390	162.390	162.390	162.390

### Umbral salud

Tabla TA32-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención	Actual
Menos de 1.500 kWh/viv.	16.609	136.281	2	15.972
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	5.516	17.938	8.699	99.147
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	32.502	6.253	22.577	19.785
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	26.078	1.366	27.736	8.123
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	27.349	386	19.903	7.435
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	16.468	107	22.601	4.881
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	7.147	30	16.878	2.922
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	5.349	10	8.392	1.684
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	2.816	9	5.712	1.003
Más de 13.500 kWh/viv.	22.556	10	29.890	1.438
TOTAL	162.390	162.390	162.390	162.390

### 3.3. Consumo de energía primaria de calefacción

#### Umbral confort

Tabla TA33-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía primaria de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención	Actual
Menos de 1.500 kWh/viv.	1	364	2	4
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	767	74.463	0	349
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	13.604	54.410	148	8.930
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	2.745	8.229	911	59.472
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	636	4.860	9.420	46.524
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	479	4.851	10.704	13.395
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	1.419	4.755	17.929	6.397
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	7.187	3.669	17.788	3.769
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	12.328	2.362	16.359	3.248
Más de 13.500 kWh/viv.	123.224	4.427	89.129	20.302
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

#### Umbral salud

Tabla TA33-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía primaria de calefacción -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	<i>Escenario edificatorio</i>	Actual	Post-intervención	Actual
Menos de 1.500 kWh/viv.	2.015	95.888	2	5.792
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	14.676	41.021	1.665	88.171
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	1.380	9.927	16.023	34.872
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	5.120	7.925	23.335	9.457
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	15.793	3.976	21.388	6.413
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	17.925	1.919	17.506	6.004
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	12.202	866	18.801	4.183
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	14.046	379	15.468	2.716
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	13.755	229	9.656	1.699
Más de 13.500 kWh/viv.	65.478	260	38.546	3.083
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 3.4. Consumo de energía final total

### Umbral confort

Tabla TA34-1. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final total -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	1	1	1	1
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	3.602	96.488	1	11
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	13.674	41.675	72	2.758
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	1.120	9.454	363	43.450
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	8.954	8.105	7.829	65.425
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	25.247	3.769	14.707	18.422
Más de 13.500 kWh/viv.	109.792	2.898	139.417	32.323
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

### Umbral salud

Tabla TA34-2. Reparto de viviendas según el consumo anual de energía final total -kWh/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 1.500 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 1.500 y 3.000 kWh/viv.	0	0	0	0
Entre 3.000 y 4.500 kWh/viv.	16.282	134.963	2	12.655
Entre 4.500 y 6.000 kWh/viv.	4.576	18.611	7.579	99.423
Entre 6.000 y 7.500 kWh/viv.	31.676	6.729	21.562	22.176
Entre 7.500 y 9.000 kWh/viv.	26.670	1.509	28.631	8.374
Entre 9.000 y 10.500 kWh/viv.	27.570	406	19.817	7.480
Entre 10.500 y 12.000 kWh/viv.	17.275	107	22.624	5.019
Entre 12.000 y 13.500 kWh/viv.	7.266	36	17.345	3.002
Más de 13.500 kWh/viv.	31.075	29	44.830	4.261
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 3.5. Emisiones vinculadas al consumo de calefacción

### Umbral confort

Tabla TA35-1. Reparto de viviendas según las emisiones vinculadas al consumo de calefacción -kgCO<sub>2</sub>/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 400 kgCO <sub>2</sub> /viv.	83	15.547	2	12
Entre 400 y 800 kgCO <sub>2</sub> /viv.	15.349	115.738	72	2.758
Entre 800 y 1.200 kgCO <sub>2</sub> /viv.	2.126	9.682	592	48.658
Entre 1.200 y 1.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	1.133	7.694	10.072	64.521
Entre 1.600 y 2.000 kgCO <sub>2</sub> /viv.	6.899	6.589	15.689	15.764
Entre 2.000 y 2.400 kgCO <sub>2</sub> /viv.	19.535	3.520	23.034	5.728
Entre 2.400 y 2.800 kgCO <sub>2</sub> /viv.	19.369	1.696	20.451	4.159
Entre 2.800 y 3.200 kgCO <sub>2</sub> /viv.	17.868	896	17.718	3.888
Entre 3.200 y 3.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	18.080	408	18.703	3.766
Más de 3.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	61.948	620	56.057	13.136
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

### Umbral salud

Tabla TA35-2. Reparto de viviendas según las emisiones vinculadas al consumo de calefacción -kgCO<sub>2</sub>/viv·año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad		Gas natural	
	Actual	Post-intervención	Actual	Post-intervención
<i>Escenario edificatorio</i>				
Menos de 400 kgCO <sub>2</sub> /viv.	14.705	130.873	8	21.400
Entre 400 y 800 kgCO <sub>2</sub> /viv.	3.538	17.552	11.594	98.741
Entre 800 y 1.200 kgCO <sub>2</sub> /viv.	15.987	9.509	24.789	16.483
Entre 1.200 y 1.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	27.397	3.066	26.643	8.313
Entre 1.600 y 2.000 kgCO <sub>2</sub> /viv.	19.765	853	22.400	7.150
Entre 2.000 y 2.400 kgCO <sub>2</sub> /viv.	22.198	336	22.631	4.466
Entre 2.400 y 2.800 kgCO <sub>2</sub> /viv.	16.675	114	14.604	2.491
Entre 2.800 y 3.200 kgCO <sub>2</sub> /viv.	7.887	41	6.930	1.449
Entre 3.200 y 3.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	5.298	20	5.447	761
Más de 3.600 kgCO <sub>2</sub> /viv.	28.940	26	27.344	1.136
<b>TOTAL</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>	<b>162.390</b>

## 4. INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN

### Visión global

El tercer y último objetivo específico del estudio de caracterización energética del parque residencial de Araba/Álava es analizar la intervención de rehabilitación, mediante la definición de 3 indicadores energéticos. Estos indicadores hacen referencia al impacto ambiental de los materiales y los procesos de obra de la intervención, así como a la eficacia del conjunto de actuaciones propuestas; y se analizan en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad -confort y salud-, hipótesis de vector energético -electricidad y gas natural- y escenario edificatorio -actual y post-intervención-.

En primer lugar, el proceso metodológico pasa por determinar el coste, tanto energético como ambiental, de la intervención a partir de la información proporcionada por el grupo de investigación CAVIAR de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) relativa al impacto de cada una de las mejoras propuestas. Este proceso requiere de la definición de todas las superficies que conforman la envolvente exterior de cada edificio del parque residencial de Araba/Álava, afin de poder caracterizarlas constructivamente tanto en el escenario actual como en el escenario post-intervención.

A continuación, se estudia la relación entre el potencial de ahorro en el consumo de energía primaria de calefacción y la energía que se necesita consumir para llevar a cabo la intervención.

### Análisis integrado entre indicadores

El proceso metodológico descrito permite caracterizar el impacto energético de la intervención de rehabilitación sobre el parque residencial de Araba/Álava. A partir del estudio realizado, se estima que la energía gris invertida en la intervención es de 14.842 GWh para el vector electricidad y 14.235 GWh para el vector gas natural, un 4% inferior debido al menor coste energético de las soluciones propuestas en el cambio de equipos activos.

El coste energético de la intervención lleva asociado un impacto ambiental directo. En este sentido, la contaminación debida a las actuaciones propuestas es de 3.071.332 toneladas de CO<sub>2</sub> para el vector electricidad y de 2.993.749 toneladas de CO<sub>2</sub> para el vector gas natural.

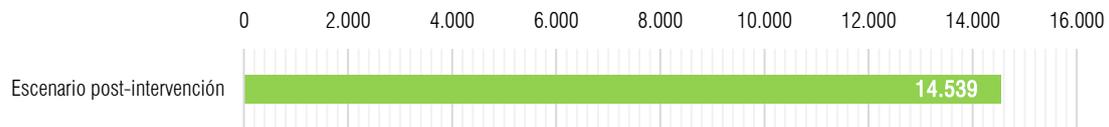
Un estudio completo del impacto de la intervención lleva a considerar que el coste ambiental se genera en el momento concreto de la intervención, aunque parece sensato repartirlo durante la vida útil del edificio. Si consideramos un periodo de vida útil del edificio tras la rehabilitación de 30 años -hasta 2050-, las emisiones generadas por la intervención serían de 101.085 toneladas de CO<sub>2</sub> al año. Por lo tanto, el coste ambiental de la intervención tan sólo supone un 14% del total de emisiones anuales de gases de efecto invernadero debidas al consumo de calefacción, siendo el potencial completo de reducción de la contaminación del 57%.

El estudio de la eficacia energética de la intervención permite determinar el potencial de ahorro energético, así como el periodo de amortización de la rehabilitación energética del parque residencial de Araba/Álava. En este sentido, se estima el ahorro energético anual en 219 kWh/MWh invertido para el umbral confort y en 151 kWh/MWh invertido para el umbral salud. Por lo tanto, los periodos de amortización son de 5 años y 7 años respectivamente.

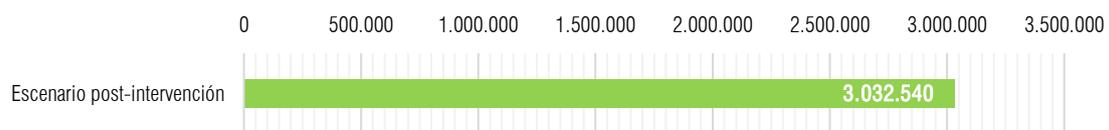
Figura  
FA4-1.

**INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava -umbral confort, promedio vector energético-**

**Energía gris invertida en la intervención -GWh-**



**Emisiones generadas por la intervención -TonCO2-**



**Eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-**

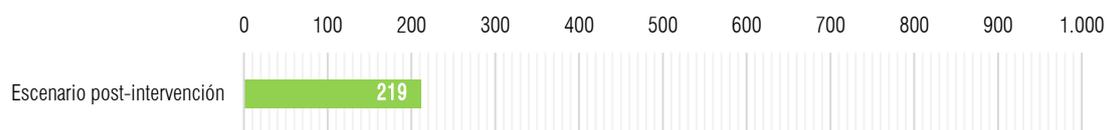


Tabla  
TA4-1.

**INTERVENCIÓN DE REHABILITACIÓN: principales resultados del parque residencial de Araba/Álava**

**Energía gris invertida en la intervención -GWh-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Post-intervención
Vector energético	Electricidad	14.842 GWh
	Gas natural	14.235 GWh

**Emisiones generadas por la intervención -TonCO2-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Post-intervención
Vector energético	Electricidad	3.071.332 TonCO2
	Gas natural	2.993.749 TonCO2

**Eficacia energética en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-**

<i>Escenario edificatorio</i>		Post-intervención
Umbral + Vector energético	Confort -electricidad-	281 kWh/MWh-año
	Confort -gas natural-	156 kWh/MWh-año
	Salud -electricidad-	185 kWh/MWh-año
	Salud -gas natural-	117 kWh/MWh-año

## **Análisis individual por indicador**

Este tercer grupo de indicadores energéticos se compone de 3 indicadores, analizados en función del cruce de 3 dimensiones: umbral de habitabilidad, hipótesis de vector energético y escenario edificatorio.

### **1. Energía gris invertida en la intervención –coste energético por superficie de vivienda-**

El indicador de energía invertida en la intervención nos proporciona el primer acercamiento al impacto de la rehabilitación energética. Los resultados muestran un equilibrio en el coste según vector energético, con un valor de 880 kWh/m<sup>2</sup> para el vector electricidad y de 844 kWh/m<sup>2</sup> para el gas natural, un 4% inferior. Esta diferencia tan ajustada entre vectores se debe al hecho de que la mayor parte de la energía invertida se destina a las actuaciones pasivas relacionadas con la envolvente del edificio y comunes a ambos vectores energéticos.

El análisis del indicador por tipo de propiedad residencial revela nueva información, siendo la inversión energética por superficie de vivienda un 250% superior en inmuebles unifamiliares que en inmuebles plurifamiliares, con 1.650 kWh/m<sup>2</sup> y 660 kWh/m<sup>2</sup> respectivamente.

### **2. Emisiones generadas por la intervención –coste ambiental por superficie de vivienda-**

El coste ambiental de la intervención confirma los resultados presentados por el indicador de energía gris invertida, siendo la relación entre ambos indicadores directa. Los resultados por superficie de vivienda tipo según el vector energético analizado son del mismo orden, con 182 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> para el vector electricidad y 178 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> para el gas natural.

El análisis del indicador por tipo de propiedad residencial intensifica la diferencia presentada en el indicador previo, siendo las emisiones generadas por superficie de vivienda un 383% superiores en inmuebles unifamiliares que en inmuebles plurifamiliares, con 437 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> y con 115 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> respectivamente.

### **3. Eficacia energética en la reducción del consumo de calefacción**

En relación al indicador de eficacia en la reducción del consumo de calefacción, el valor promedio según el umbral confort es de 281 kWh/MWh·año para el vector electricidad. En relación al gas natural, la eficacia en la reducción es de 156 kWh/MWh·año, un 44% inferior, debido al menor rendimiento de los sistemas de climatización que emplean gas natural, y por lo tanto menor potencial de ahorro en el consumo de energía primaria de calefacción. Destaca el hecho que la mayoría de las viviendas, el 99% para el vector electricidad y el 63% para el vector gas natural, tienen una eficacia superior a 100 kWh/MWh·año, esto es un periodo de "amortización energética" inferior a 10 años.

El análisis del indicador para el umbral salud estima unos valores de eficacia un 31% inferiores en relación al umbral confort, debido al menor consumo de calefacción en el escenario actual. En este sentido, los valores de eficacia para el vector electricidad y gas natural son de 185 kWh/MWh·año y 117 kWh/MWh·año respectivamente.

## 4.1. Energía gris invertida en la intervención

### Inmueble unifamiliar

Tabla TA41-1. Reparto de viviendas según la energía gris invertida en la intervención -kWh/m<sup>2</sup>-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 250 kWh/m <sup>2</sup>	0	11
Entre 250 y 500 kWh/m <sup>2</sup>	120	410
Entre 500 y 750 kWh/m <sup>2</sup>	582	1.056
Entre 750 y 1.000 kWh/m <sup>2</sup>	1.355	1.611
Entre 1.000 y 1.250 kWh/m <sup>2</sup>	1.655	1.545
Entre 1.250 y 1.500 kWh/m <sup>2</sup>	1.566	2.028
Entre 1.500 y 1.750 kWh/m <sup>2</sup>	2.179	2.160
Entre 1.750 y 2.000 kWh/m <sup>2</sup>	2.509	3.539
Entre 2.000 y 2.250 kWh/m <sup>2</sup>	4.012	2.955
Más de 2.250 kWh/m <sup>2</sup>	4.691	3.354
<b>TOTAL</b>	<b>18.669</b>	<b>18.669</b>

### Inmueble plurifamiliar

Tabla TA41-2. Reparto de viviendas según la energía gris invertida en la intervención -kWh/m<sup>2</sup>-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 250 kWh/m <sup>2</sup>	785	1.070
Entre 250 y 500 kWh/m <sup>2</sup>	21.672	22.566
Entre 500 y 750 kWh/m <sup>2</sup>	69.324	69.110
Entre 750 y 1.000 kWh/m <sup>2</sup>	18.189	17.704
Entre 1.000 y 1.250 kWh/m <sup>2</sup>	5.167	4.970
Entre 1.250 y 1.500 kWh/m <sup>2</sup>	1.697	1.753
Entre 1.500 y 1.750 kWh/m <sup>2</sup>	1.423	1.276
Entre 1.750 y 2.000 kWh/m <sup>2</sup>	1.013	1.142
Entre 2.000 y 2.250 kWh/m <sup>2</sup>	1.872	1.849
Más de 2.250 kWh/m <sup>2</sup>	2.993	2.695
<b>TOTAL</b>	<b>124.135</b>	<b>124.135</b>

## 4.2. Emisiones generadas por la intervención

### Inmueble unifamiliar

Tabla TA42-1. Reparto de viviendas según las emisiones generadas por la intervención -kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 50 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	174	523
Entre 50 y 100 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	1.416	1.856
Entre 100 y 150 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	1.651	1.257
Entre 150 y 200 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	1.142	1.079
Entre 200 y 250 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	878	818
Entre 250 y 300 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	731	623
Entre 300 y 350 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	487	480
Entre 350 y 400 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	704	850
Entre 400 y 450 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	824	907
Más de 450 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	10.662	10.276
<b>TOTAL</b>	<b>18.669</b>	<b>18.669</b>

### Inmueble plurifamiliar

Tabla TA42-1. Reparto de viviendas según las emisiones generadas por la intervención -kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 50 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	7.349	7.956
Entre 50 y 100 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	88.101	88.344
Entre 100 y 150 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	12.082	11.515
Entre 150 y 200 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	4.168	4.000
Entre 200 y 250 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	2.597	2.623
Entre 250 y 300 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	1.871	1.850
Entre 300 y 350 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	701	672
Entre 350 y 400 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	511	594
Entre 400 y 450 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	758	673
Más de 450 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	5.997	5.908
<b>TOTAL</b>	<b>124.135</b>	<b>124.135</b>

## 4.3. Eficacia energética en la reducción del consumo de calefacción

### Umbral confort

Tabla TA43-1. Reparto de viviendas según la eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 25 kWh/MWh-año	0	7
Entre 25 y 50 kWh/MWh-año	3	1.342
Entre 50 y 75 kWh/MWh-año	33	7.717
Entre 75 y 100 kWh/MWh-año	1.382	43.883
Entre 100 y 125 kWh/MWh-año	5.258	6.514
Entre 125 y 150 kWh/MWh-año	2.938	6.803
Entre 150 y 175 kWh/MWh-año	4.071	16.293
Entre 175 y 200 kWh/MWh-año	14.633	37.703
Entre 200 y 225 kWh/MWh-año	24.355	11.282
Más de 225 kWh/MWh-año	90.131	11.260
<b>TOTAL</b>	<b>142.804</b>	<b>142.804</b>

### Umbral salud

Tabla TA43-2. Reparto de viviendas según la eficacia en la reducción del consumo de calefacción -kWh/MWh-año-

<i>Vector energético</i>	Electricidad	Gas natural
Menos de 25 kWh/MWh-año	3	55
Entre 25 y 50 kWh/MWh-año	174	7.440
Entre 50 y 75 kWh/MWh-año	4.739	43.320
Entre 75 y 100 kWh/MWh-año	6.390	10.989
Entre 100 y 125 kWh/MWh-año	24.350	12.351
Entre 125 y 150 kWh/MWh-año	23.615	44.922
Entre 150 y 175 kWh/MWh-año	8.700	13.257
Entre 175 y 200 kWh/MWh-año	10.075	1.565
Entre 200 y 225 kWh/MWh-año	24.446	1.597
Más de 225 kWh/MWh-año	40.312	7.308
<b>TOTAL</b>	<b>142.804</b>	<b>142.804</b>

## Nota aclaratoria sobre los resultados obtenidos

El valor principal del estudio es obtener resultados comparables para todos los inmuebles del ámbito de estudio a través de un procedimiento homogeneizado que permite definir cada edificio desde un punto de vista arquitectónico y constructivo, y determinar las necesidades energéticas y económicas para satisfacer las condiciones de habitabilidad tanto en el estado actual como tras la rehabilitación energética.

En el desarrollo del proyecto, se ha detectado una baja robustez en relación con ciertos datos de entrada, como son los costes económicos de intervención o las horas trabajadas por cada operación que determinan el indicador de puestos de trabajo creados; así mismo, se ha manifestado la dificultad en la consideración de parámetros claves en el comportamiento energético como son las ganancias debidas a la radiación solar.

Por este motivo, se considera necesaria una revisión metodológica que incorpore nuevas fuentes de datos de entrada y permita actualizar los resultados obtenidos, de cara a acercarlos a la realidad del sector residencial de Euskadi.

Escola d'Arquitectura del Vallès. Universitat Politècnica de Catalunya

---

Albert Cuchí Burgos | Coordinador |

Anna Pagès-Ramon

Juan Pablo Arca Jaime

José Manuel Gómez Santiago

Cíclica [space · community · ecology]

---

Joaquim Arcas-Abella | Coordinador |

Ander Bilbao Figuera

Ariadna Conesa Buscallà

Albert Calabria Ferrer

Paul Charbonneau Cayuela

Adriana Castrillo Alvera

Teresa Monzó Fita

Laia Mojica Gasol

*Proyecto elaborado en coordinación con*

Grupo de investigación CAVIAR de la UPV/EHU

---

Rufino Hernández Minguillón | Investigador principal |

Olatz Grijalba Aseguinolaza | Investigadora coordinadora |

*Proyecto promovido por*

Dirección de Planificación Territorial, Urbanismo y Regeneración Urbana

Departamento de Medio ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco