



MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

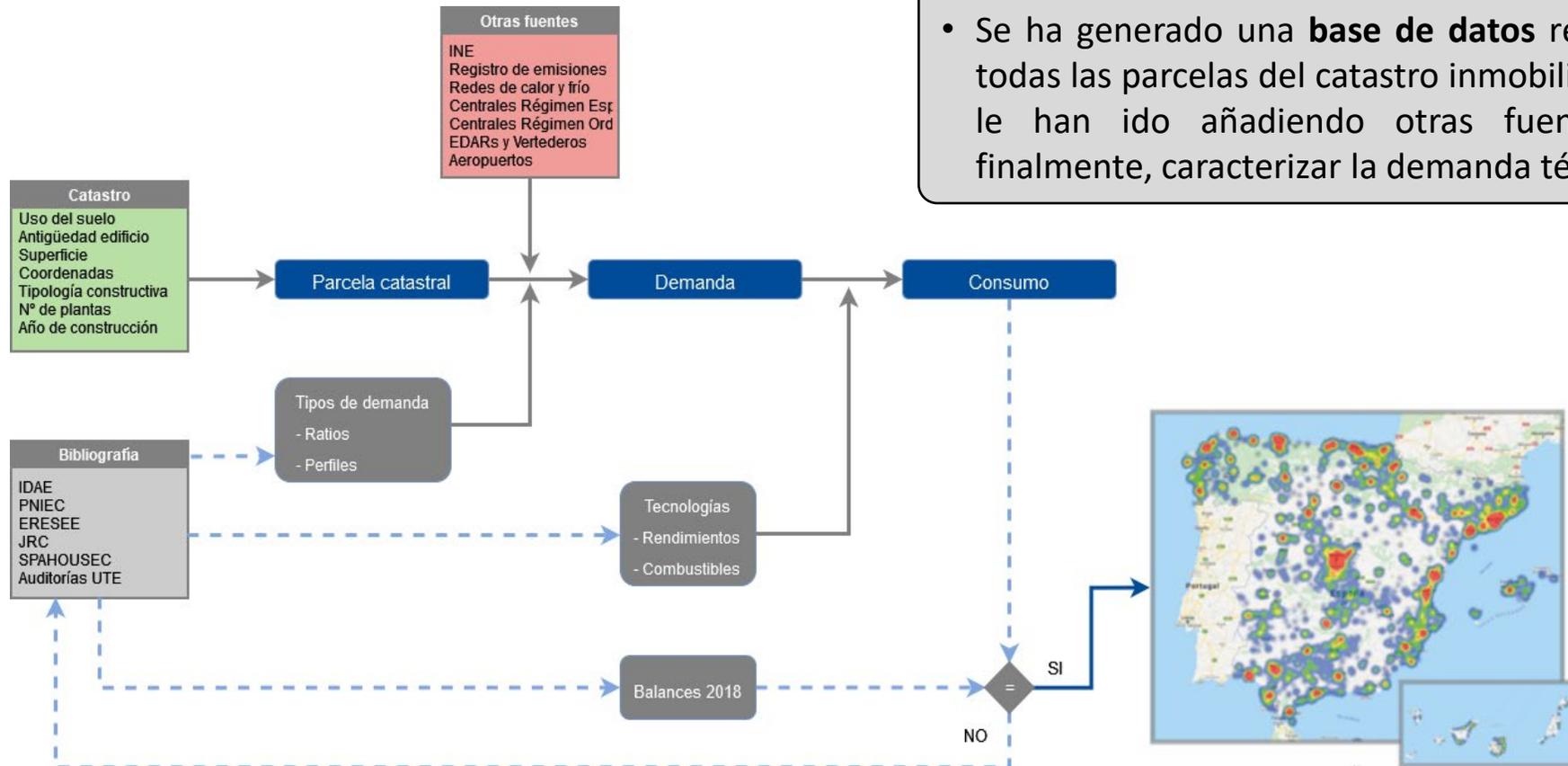


IDAIE
Instituto para la Diversificación
y Ahorro de la Energía

SEGUNDA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN EFICIENTES

Lope del Amo
Jefe Dpto. de Transformación de la Energía

1. Generación de Base de Datos

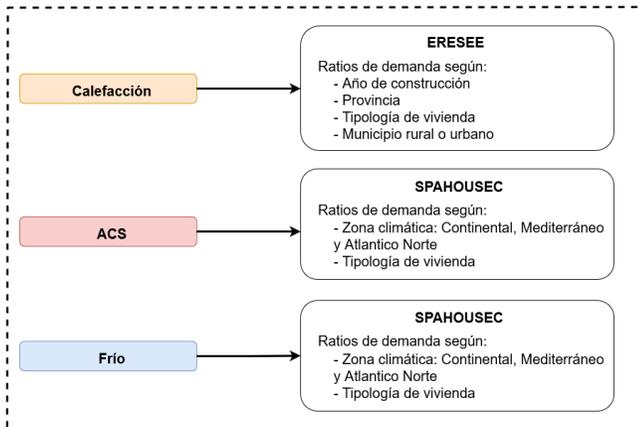


- Para poder proponer soluciones eficientes a nivel de calefacción y refrigeración en España, se ha analizado la **situación actual** (año 2018) de los sectores **residencial, servicios e industrial**.
- Se ha generado una **base de datos** recogiendo la información de todas las parcelas del catastro inmobiliario. A esta base de datos se le han ido añadiendo otras fuentes de información para, finalmente, caracterizar la demanda térmica.

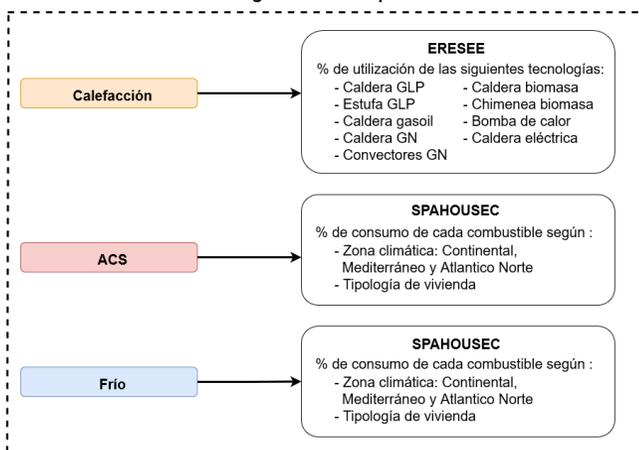
2. Caracterización de la demanda: sector residencial

Fuentes

Determinación de los ratios de demanda de calor y frío



Determinación de las tecnologías utilizadas para cubrir las demandas

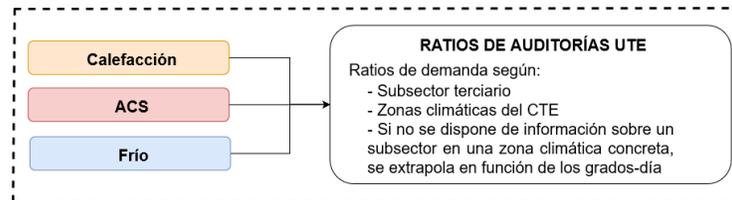


USO TÉRMICO	FUENTE	TECNOLOGÍA	DEMANDA (GWh)		
Calefacción ACS	Combustibles fósiles	Caldera de carbón	10,15	87.586	91.404
		Caldera de productos petrolíferos	27.900,93		
		Caldera de gas	29.288,90		
	Electricidad	Bomba Calor	2.212,68		
		Caldera y radiador eléctrico	9.077,38		
	Cogeneración	Cogeneración	1,17		
	Energías renovables	Bomba de calor (sólo renovable)	1.601,66		
		Caldera de Biomasa	15.109,07		
Panel solar térmico		2.383,85			
Refrigeración	Electricidad	Bomba de calor	3.818,63	3.819	
	Cogeneración	Cogeneración	0,04		

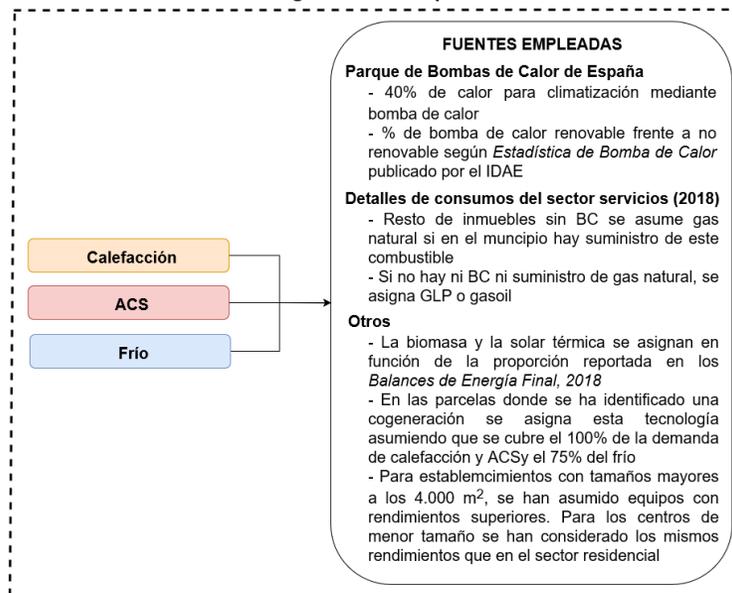
2. Caracterización de la demanda: sector servicios

Fuentes

Determinación de los ratios de demanda para calor y frío



Determinación de las tecnologías utilizadas para cubrir las demandas



USO TÉRMICO	FUENTE	TECNOLOGÍA	DEMANDA (GWh)	
Calefacción ACS	Combustibles fósiles	Caldera de productos petrolíferos	7.673,89	53.026
		Caldera de gas	25.845,63	
	Electricidad	Bomba de calor	10.173,60	
		Caldera y radiador eléctrico	2.827,90	
	Cogeneración	Cogeneración	211,44	
	Energías renovables	Bomba de calor (sólo renovable)	4.483,58	
Caldera de Biomasa		1.163,27		
Panel solar térmico		646,26		
Refrigeración	Electricidad	Bomba de calor	22.167,05	22.224
	Cogeneración	Cogeneración	57,43	
			75.250	

2. Caracterización de la demanda: sector industrial

La caracterización del sector industrial se separa en dos partes

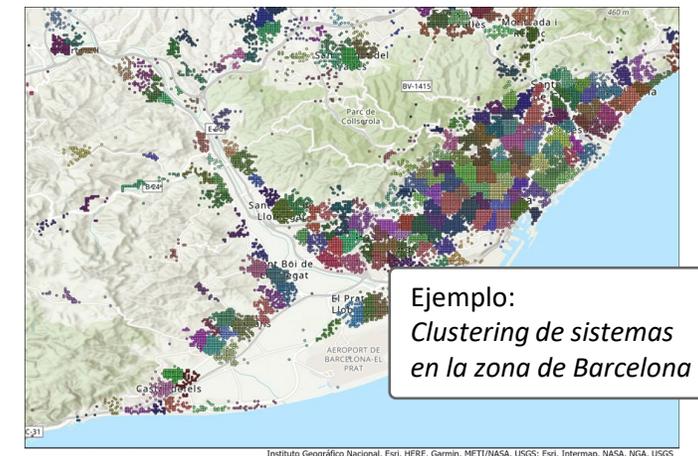
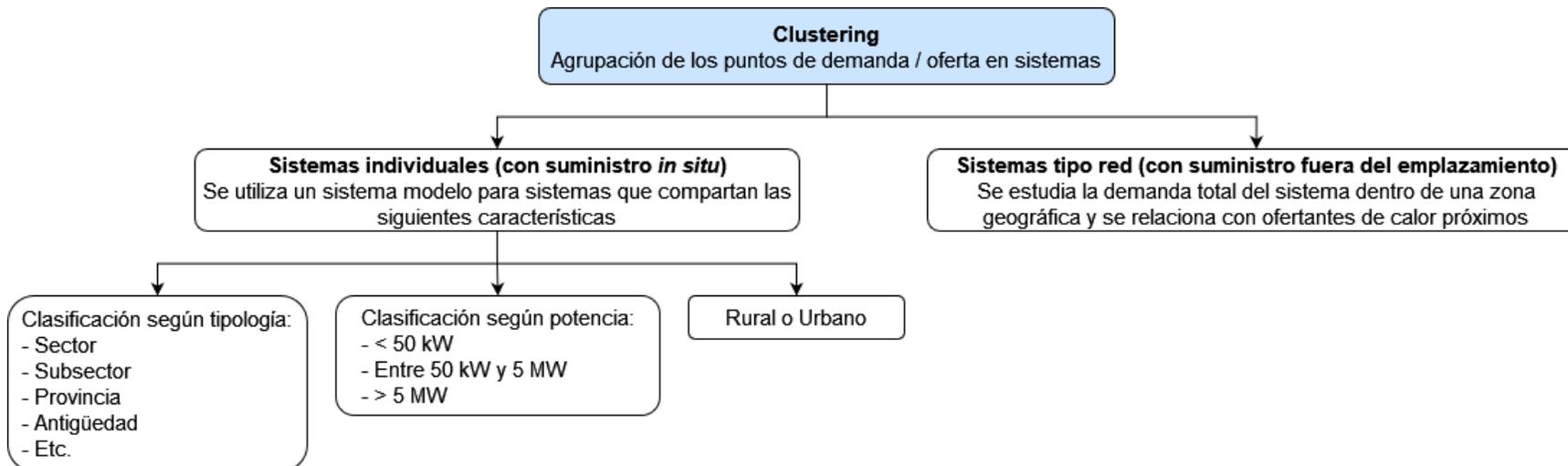
1) **Caracterización de la industria puntual:** A partir de las emisiones de CO₂ obtenidas del Registro de sustancias contaminantes PRTR

2) **Caracterización de la industria difusa:** Ajuste de ratios de demanda iniciales según los Balances de energía Final 2018

USO TÉRMICO	FUENTE	TECNOLOGÍA	DEMANDA CUBIERTA (GWh)		
Agua caliente Vapor Gases de baja temperatura Gases de alta temperatura	Combustibles fósiles	Caldera de carbón	25.185,66	154.346	172.930
		Caldera de productos petrolíferos	13.112,01		
		Caldera de gas	82.227,32		
		Cogeneración	25.924,43		
	Energías renovables	Caldera de Biomasa	7.813,63		
		Panel solar térmico	82,46		
Refrigeración	Electricidad	Máquinas de compresión	15.281,50	18.584	
	Cogeneración	Cogeneración	3.302,25		

3. Potencial técnico. Definición de sistemas térmicos

- Agregación de la demanda energética obtenida mediante la formación de **sistemas térmicos**. Se considera el calor de media y baja temperatura y el frío.
- Se considera la formación de dos tipos de sistemas:
 - **Sistemas 'in situ'**: generación energética próxima al consumo. Se agrupan por sector y subsector económico, y mismas condiciones ambientales.
 - **Sistemas 'tipo red'**: agrupación por proximidad geográfica en zonas de alta densidad de demanda.



3. Potencial técnico. Tecnologías evaluadas

- Análisis de **sustitución** de equipos actuales por tecnologías más eficientes o que utilizan fuentes renovables
- Se consideran los **factores limitantes** de las tecnologías: disponibilidad de energía renovable, presencia de calor residual, necesidad de demanda térmica mínima, etc.

TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS *IN SITU*

- Bomba de calor aerotérmica
- Bomba de calor geotérmica
- Caldera de biomasa
- Solar térmica sin concentración
- Solar térmica con concentración
- Cogeneración
- Caldera de gas natural

TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS *TIPO RED*

- Biomasa
- Biogás
- Cogeneración
- Calor residual industrial
- Calor residual incineradora
- Calor residual central térmica
- Geotermia de uso directo
- Bomba de calor geotérmica
- Solar térmica sin concentración
- Solar térmica con concentración

3. Potencial técnico. Resultado

POTENCIAL TÉCNICO		
Tecnología	Potencia (GW)	Generación (GWh)
Bomba de calor aerotérmica <i>in-situ</i>	114,777	166.781
Bomba de calor geotérmica <i>in-situ</i>	56,047	71.783
Caldera de gas natural <i>in-situ</i>	126,201	210.655
Cogeneración de alta eficiencia <i>in-situ</i>	12,438	76.270
Solar térmica sin concentración <i>in-situ</i>	29,245	28.137
Solar térmica con concentración <i>in-situ</i>	19,204	18.985
Caldera de Biomasa <i>in-situ</i>	63,286	119.128
Red de calor residual industrial	0,105	591
Red de calor residual de incineradoras	0,634	3.541
Red de calor residual de central térmica	0,426	2.438
Red de calor de geotermia de uso directo	0,972	5.839
Red de calor de cogeneración	1,187	8.421
Red de calor de biomasa	7,385	31.826
Red de calor de biogás	0,139	623
Red de calor de solar térmica sin concentración	5,233	4.330
Red de calor de solar térmica con concentración	5,155	4.827
Red de calor de bomba de calor	9,729	43.703

4. Potencial económico. Criterios

Una vez dimensionada las alternativas tecnológicas en el potencial técnico, se realiza el **análisis coste-beneficio** teniendo en cuenta los ahorros e inversiones de las soluciones para determinar cual es la rentabilidad de cada solución. Este análisis se ha realizado teniendo en cuenta dos puntos de vista: si la inversión la realiza un particular o desde el punto de vista de la sociedad.

Coste–beneficio Inversor

Se calcula el VAN de la solución considerando **un TIR del 5% a 30 años** para el particular que realiza la inversión. Se calculan los siguientes parámetros para obtener los resultados.

- Inversión asociada
- Coste del combustible / electricidad
- Costes de operación y mantenimiento
- Costes de reemplazo de los equipos existentes
- Costes de reinversión al final de la vida útil de cada tecnología
- Costes de emisiones de CO₂
- Ingresos por venta de electricidad

Coste-beneficio Sociedad

Además de los puntos mencionados en el coste – beneficio desde el punto de vista del inversor, para el análisis desde el punto de vista de la sociedad se consideran las externalidades

- Flujo de caja del inversor (descontando los impuestos)
- Impacto macroeconómico (creación de empleo, PIB, etc.)
- Impacto ambiental
- Impacto en la dependencia energética como país

4. Potencial económico. Resultados

Análisis Coste - Beneficio	Potencial Económico Inversor Positivo		Potencial Económico Sociedad Positivo	
	Potencia (GW)	Generación (GWh)	Potencia (GW)	Generación (GWh)
Bomba de calor aerotérmica <i>in-situ</i>	12,079	32.097	91,573	139.306
Bomba de calor geotérmica <i>in-situ</i>	4,126	12.626	33,717	51.563
Caldera de gas natural <i>in-situ</i>	21,635	82.323	17,182	66.123
Cogeneración de alta eficiencia <i>in-situ</i>	1,747	12.143	2,434	15.041
Solar térmica sin concentración <i>in-situ</i>	23,781	23.788	28,431	27.601
Solar térmica con concentración <i>in-situ</i>	2,785	3.103	19,201	18.984
Caldera de Biomasa <i>in-situ</i>	45,139	88.258	57,697	99.409
Red de calor residual industrial	0,045	288	0,100	562
Red de calor residual de incineradoras	0,283	1.907	0,546	3.161
Red de calor residual de central térmica	0,168	1.233	0,333	2.056
Red de calor de geotermia de uso directo	0,954	5.738	0,972	5.839
Red de calor de cogeneración	0,000	0	0,437	3.424
Red de calor de biomasa	2,633	14.941	7,184	31.186
Red calor de biogás	0,055	278	0,117	538
Red de calor de solar térmica sin concentración	1,577	1.463	5,062	4.174
Red de calor de solar térmica con concentración	1,997	1.893	4,964	4.645
Red de calor de bomba de calor	0,952	4.923	6,392	30.361

En los resultados se observa tecnologías con un potencial inversor reducido que se incrementa notablemente en el análisis de la sociedad. Por ejemplo, las **bombas de calor**, la **solar térmica de concentración** y en general casi todas las tecnologías para **redes de calor**. Estas tecnologías serían susceptibles de recibir ayudas públicas para su implementación masiva.

Por otro lado, se observa tecnologías con un potencial inversor muy elevado similar al potencial sociedad. Por ejemplo, las **calderas de biomasa**, la **solar térmica sin concentración** y las redes de calor basadas en **geotérmica directa**. Estas tecnologías resultarían competitivas a nivel del inversor en la actualidad (teniendo en cuenta que el VAN se ha calculado a 30 años y un 5% de interés) y solo necesitarían ayudas públicas en algún sector determinado.

5. Potencial coste-eficiente. Criterios

Finalmente, se considera la ratio VAN/MWh para cada tecnología y cada sistema térmico, determinando cual es la tecnología o combinación de tecnologías óptima para cubrir la demanda de cada sistema desde el punto de vista de la sociedad.

Para sistemas *in situ* se determinan las tecnologías con mayor ratio VAN/MWh que permitan cubrir la demanda del sistema

Para sistemas *tipo red*:

1. Se determina la tecnología más competitiva para el sistema *tipo red* analizado.
2. Se compara el VAN/MWh de la tecnología *tipo red* seleccionada con el VAN/MWh de las tecnologías más competitivas de los sistemas *in situ* dentro de la red considerada y se selecciona la mejor solución entre las dos.

5. Potencial coste-eficiente. Resultados

ANÁLISIS COSTE - EFICIENTE	Tipo	Generación Tecnología (GWh)	Generación respaldo con Gas Natural (GWh)	Generación total (GWh)	VAN (mEUR)	VAN/MWh (EUR)	Residencial (GWh)	Terciario (GWh)	Industrial (GWh)
Bomba Calor Aerotérmica	In situ	85.784	0	85.784	721	8	37.630	48.154	0
Biomasa	In situ	47.255	0	47.255	685	15	29.466	7.009	10.780
Gas Natural	In situ	20.344	0	20.344	65	3	0	0	20.344
Solar sin Concentración	In situ	18.375	0	18.375	430	23	12.125	4.048	2.200
DH Biomasa	Red	13.781	2.387	16.168	293	18	6.414	3.767	3.600
Bomba Calor Geotérmica	In situ	5.378	0	5.378	124	23	493	4.885	0
Solar con Concentración	In situ	5.191	0	5.191	92	18	0	147	5.044
DH Geotérmica Directa	Red	4.985	850	5.835	179	31	853	2.656	1.477
Cogeneración	In situ	3.008	367	3.375	6	2	0	0	3.008
DH Residual Incineradora	Red	1.734	308	2.041	44	21	281	305	1.149
DH Residual Industria	Red	448	152	600	14	24	129	127	192
DH Solar concentración	Red	354	317	671	9	13	15	308	31
DH Residual Térmica	Red	307	46	353	7	20	46	103	159
DH Bomba Calor Geotermia	Red	233	41	274	2	6	36	185	12
DH Biogás	Red	173	32	206	4	22	85	87	2
DH Solar sin Concentración	Red	24	21	46	0	5	0	1	23
Total		207.374	4.521	211.896	2.675	13	87.572	71.781	48.020

6. Conclusiones (1)

Metodología:

- Base de Datos MySQL: Unifica en una sola base de datos varias fuentes de información.
- Algoritmos de cálculo: Incorpora nuevas funcionalidades como los algoritmos de agrupación en clústers, el trazado aproximado de redes de calor y la optimización de la solución coste-eficiente. Aumento de la velocidad de cálculo significativa.
- Herramienta de cálculo Coste-Beneficio: Incorpora el análisis específico de tecnologías in-situ, los costes de reemplazo de las tecnologías del escenario base, costes de reinversión de las soluciones analizadas para el horizonte temporal del estudio y coste de los derechos de emisión de CO₂

Caracterización de la demanda:

- La demanda para fines térmicos asciende a 339.584 GWh. De ellos 255.062 GWh corresponden a demandas de media y baja temperatura de calor y de frío con un alto potencial de ser descarbonizadas. El análisis técnico –económico de tecnologías eficientes y renovables se centra sobre esta demanda, el resto corresponden a demandas de alta temperatura en el sector industrial difíciles de descarbonizar fuera del análisis técnico-económico.

6. Conclusiones (y 2)

Potencial Económico:

- Tecnologías beneficiadas en el análisis económico de la sociedad frente al del inversor: todas a excepción de la caldera de gas natural.
- Tecnologías con alto potencial económico desde el punto de vista inversor: geotérmica de uso directo, solar sin concentración y calderas de biomasa principalmente.

Solución Coste-Eficiente:

- Bomba de calor aerotérmica y biomasa principales tecnología para cubrir demandas en sectores difusos en entorno urbano y rural respectivamente.
- 21 TWh cubiertos mediante redes de calor, principalmente mediante biomasa, energía geotérmica y calor residual en instalaciones incineradoras y renovables.
- Reducción del 55% emisiones de CO₂, ahorro del 20,8% de consumo de energía primaria, incremento del 366% en el uso de energías renovables.

Escenario	Emisiones de CO ₂		Consumo de energía primaria		Empleo de renovables	
	Miles tCO ₂ /año	tCO ₂ /MWh	GWh/año	E _p /E _U	GWh/año	Cobertura
Base	47.696	0,187	298.664	1,17	30.766	12%
Coste-eficiente	21.192	0,083	236.666	0,93	143.511	56%
Variación	-26.504	-0,104	-61.998	-0,24	112.745	44%
	-55,57%		-20,76%		366,46%	