GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO

EVALUACIÓN COMPLETA DEL POTENCIAL DE USO DE LA COGENERACIÓN DE ALTA EFICIENCIA Y DE LOS SISTEMAS URBANOS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN EFICIENTES

RESUMEN EJECUTIVO

ABRIL DE 2016

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO **4**

1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA COGENERACIÓN Y LOS SISTEMAS URBANOS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN EN ESPAÑA **6**

1.1. Situación actual de la cogeneración *6*

1.2. Situación de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración *7*

2. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE CALOR Y FRÍO **9**

3. MAPA DE CALOR **11**

4. HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE POTENCIAL TÉCNICO **14**

5. ANÁLISIS COSTE BENEFICIO A NIVEL PAÍS **19**

5.1. Definición del Escenario Base *20*

5.2. Definición de Escenarios Alternativos *20*

5.3. Análisis coste beneficio de cada escenario *21*

5.4. Parámetros económicos *21*

5.4.1. Determinación de la inversión *22*

5.4.2. Determinación de los costes *22*

5.4.3. Determinación de los beneficios *22*

5.5. Potencial económico *22*

5.6. Potencial Coste eficiente *23*

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIAL TÉCNICO Y ECONÓMICO **24**

6.1. Potencial técnico y económico de calor residual de industria *26*

6.2. Potencial técnico y económico de calor residual de centrales térmicas *27*

6.3. Potencial técnico y económico de calor residual de plantas de valorización de residuos *28*

6.4. Potencial técnico y económico de Geotermia *29*

6.5. Potencial técnico y económico de energía solar para producción de ACS 30

6.6. Potencial técnico y económico de Biogás 31

6.7. Potencial técnico y económico de Biomasa 32

6.8. Potencial técnico y económico de Cogeneración 33

7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIAL COSTE EFICIENTE 34

RESUMEN EJECUTIVO

La escasez de combustibles fósiles, la dependencia energética, el creciente precio de los carburantes y el cambio climático son algunos de los principales retos a los que se enfrentará la Unión Europea en materia de energía durante los próximos años. En este contexto, la eficiencia energética se revela como una herramienta que favorece el crecimiento energético sostenible y una de las formas más rentables no sólo para reforzar la seguridad del abastecimiento energético, sino también para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Consciente de ello la Unión Europea ha publicado la Directiva de Eficiencia Energética 2012/27/UE (en adelante la Directiva) que crea un marco común para establecer acciones concretas que fomenten la eficiencia energética dentro de los Estados Miembros.

Una de las medidas establecidas en esta Directiva hace referencia a la promoción de la eficiencia en calefacción y refrigeración. El Artículo 14 establece la obligación de notificar a la Comisión una evaluación completa del potencial de uso de la cogeneración de alta eficiencia y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración eficientes, de acuerdo con lo indicado en el anexo VIII de dicha Directiva. Asimismo se debe llevar a cabo un análisis coste-beneficio de los proyectos evaluados que cubra todo el territorio nacional. El análisis coste – beneficio deberá permitir la determinación de las soluciones más eficientes en relación con los recursos y más rentables en relación con los costes, para responder a las necesidades de calefacción y refrigeración.

En aquellos lugares en los que los beneficios excedan los costes, los Estados Miembros han de adoptar las medidas adecuadas para desarrollar las infraestructuras de redes urbanas de calefacción y refrigeración eficientes.

La Secretaría de Estado de Energía del MINETUR (Ministerio de Industria, Energía y Turismo) en España es la entidad responsable de la trasposición de la Directiva y de llevar a cabo la evaluación del potencial de acuerdo a lo indicado en la misma. El objetivo final de la evaluación es analizar la viabilidad técnica y económica de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración eficientes en el territorio español.

Es necesario señalar que debido a la ausencia de datos estadísticos en los que basarse, ha sido necesario realizar un importante número de hipótesis para la caracterización de la demanda de energía térmica, por lo que los resultados obtenidos en la caracterización de la demanda han de ser considerados como una primera aproximación al conocimiento desagregado de la demanda de calor y frío en los diferentes sectores a nivel nacional y dado que la demanda de energía térmica constituye el punto de partida para todo el análisis posterior

del potencial técnico y económico de los sistemas de calefacción y refrigeración eficientes, los resultados finales han de ser considerados asimismo como una primera aproximación.

Por otro lado, también hay que señalar que los resultados obtenidos del estudio de potencial económico son muy sensibles a las hipótesis consideradas en su cálculo, debido tanto a la amplitud del horizonte temporal considerado, 2015-2050, como al elevado número de variables económicas y energéticas que intervienen en cada una de las alternativas consideradas. La propia evolución de la línea base añade incertidumbre a los resultados finales. En este sentido, el potencial económico no ha de ser entendido como un dato estático, sino que necesariamente tiene que evolucionar y no solamente por la propia dinámica del cambio en las variables que lo determinan, sino también por la adopción de las políticas adecuadas para su implementación.

No obstante lo anterior, es importante resaltar que la metodología adoptada, completada con ulteriores estudios focalizados en áreas concretas del territorio nacional, permitirá tener un mejor conocimiento del que hasta ahora se tiene del verdadero potencial disponible en sistemas de calefacción de refrigeración eficientes y será de gran ayuda en los procesos futuros de planificación energética, ya que facilitará la toma de decisiones en la optimización de los recursos económicos empleados.

El presente documento que define la evaluación completa del potencial de uso de la cogeneración de alta eficiencia y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración eficientes, se desarrolla con el siguiente contenido:

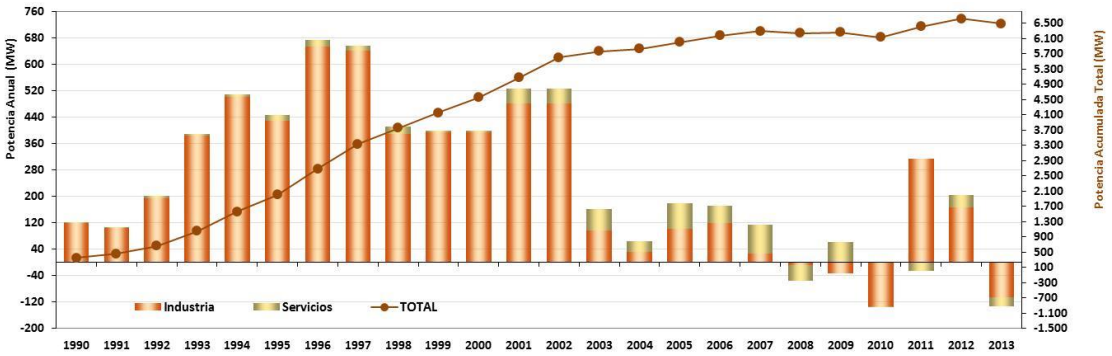
1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA COGENERACIÓN Y LOS SISTEMAS URBANOS DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN EN ESPAÑA

De acuerdo con el anexo VIII de la Directiva 2012/27 relativa a la eficiencia energética, a continuación se indica cual es la situación actual de la cogeneración y de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración.

1.1. Situación actual de la cogeneración

A finales del año 2013 el parque de plantas de cogeneración en España totaliza **6.486,7 MW** repartidos en **727 plantas**[1]. La evolución histórica y la potencia instalada en cada ejercicio anual desde el año 1990 se representan gráficamente en la Ilustración 1 adjunta, en la cual se aprecia cómo el número de plantas de cogeneración instaladas anualmente en España ha ido creciendo a partir del año 1990 con cifras considerables de nuevos proyectos desde el año 1993 hasta el 2002. Posteriormente la instalación de nuevas plantas disminuyó considerablemente, no existiendo una actividad significativa de nuevos proyectos en los años más recientes.

Ilustración 1. Potencia instalada anualmente y acumulada de plantas de cogeneración en España.



Fuente: Boletín de estadísticas energéticas de cogeneración. Año 2013. IDAE

Durante el año 2013 la generación eléctrica (en bornes de alternador) de las cogeneraciones en España ascendió a **30.790,9 GWh**, con una aportación eléctrica a la red de **25.409 GWh**[2] (esta última cifra no incluye a las cogeneraciones a partir de fuentes renovables).

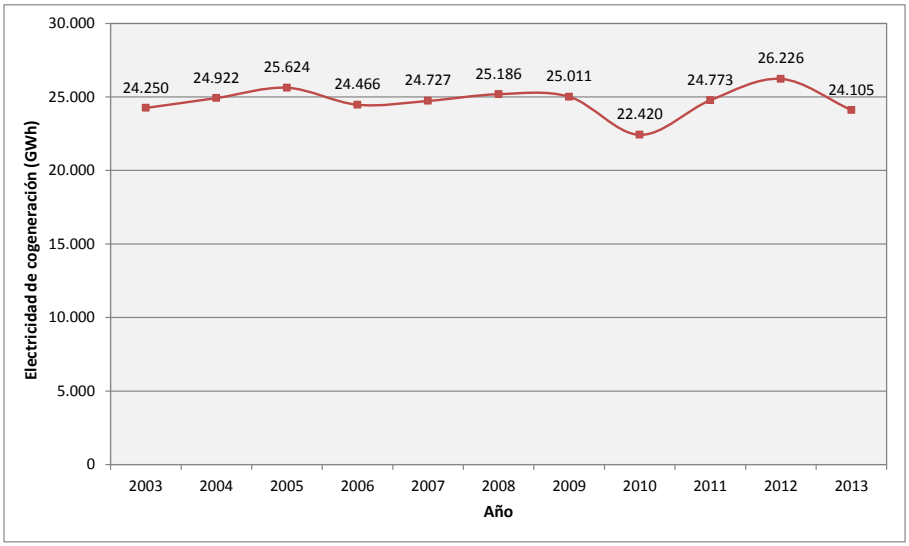
---

[1] *Datos del Boletín de estadísticas energéticas de cogeneración. Año 2013. IDAE.*

[2] *Datos procedentes de Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (CNMC) sobre las ventas de energía del Régimen Especial.*

La Ilustración 2 muestra la evolución de la electricidad de cogeneración del parque de plantas en España. Este dato ha sido calculado de acuerdo a lo establecido en el Anexo I de la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

Ilustración 2. Evolución de la electricidad de cogeneración en el período 2003 – 2013



Fuente: Elaboración a partir de Estadísticas MINETUR - IDAE. Año 2013

Se puede observar que la electricidad de cogeneración no ha experimentado cambios apreciables en el periodo 2003 – 2013, lo cual se corresponde con lo que antes se ha comentado sobre la poca relevancia de nuevas plantas instaladas de cogeneración desde el año 2003, aunque es esperable que con la relativamente reciente publicación del Real Decreto 413/2014 y con futuros planes de renovación y mejora de la eficiencia del parque de cogeneración en España estas cifras experimenten ligeros ascensos.

La electricidad de cogeneración en el año 2013 calculada de acuerdo con el Anexo I de la Directiva 2012/27/UE para la totalidad de las plantas fue de 24.105 GWh, siendo las cifras de calor útil aportado por las cogeneraciones de 48.570 GWh.

1.2. Situación de los sistemas urbanos de calefacción y refrigeración

En octubre de 2011 se realizó el primer censo de las redes urbanas de calefacción y refrigeración en España, incluyendo redes y micro-redes. Como consecuencia de la continuación de este trabajo, hasta la fecha se han identificado 270 redes, de las cuales se dispone de datos de 247. Estas redes tienen una longitud construida de más de 310 km y satisfacen la demanda de energía de una superficie de 7 millones de m2, equivalentes a la superficie de 93.000 viviendas.

De las 247 redes de las que se dispone de datos, 220 redes son de calor, y sólo tres redes producen únicamente frío, por tanto, el 89% de las redes producen sólo calor, mientras que el 1% produce únicamente frío.

La distribución por potencia instalada es la siguiente.

- 1.139 MW instalados en total.
- 419 MW en redes de calor:37%
- 713 MW en redes de calor y frío: 62%
- 7 MW en redes de frío: 1%

2. CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE CALOR Y FRÍO

Para la caracterización de la demanda térmica del territorio español, dada la inexistencia de estadísticas oficiales de cada uno de sus centros consumidores, se ha utilizado como principal fuente de información el Catastro Inmobiliario de España, complementado con la información de otras fuentes (registros de emisiones de CO_2 del PRTR y CITL, Registro del Régimen Especial de producción de energía eléctrica, Catálogo Nacional de Hospitales, etc.) lo que ha permitido complementar la información inicial y optimizar la metodología de cálculo.

Tras esta fase, se ha realizado el tratamiento y estructuración de datos, agrupando toda la información necesaria en una única base de datos clasificando los puntos de consumo en dos grandes categorías:

- **Centros de demanda puntuales:** son aquellos centros de demanda térmica con consumos especialmente relevantes, que requieren un tratamiento individualizado. A nivel industrial incluyen todas las instalaciones que tengan demandas térmicas esencialmente debidas a procesos productivos y no a sistemas de climatización. En el caso del sector terciario, se consideran centros de consumos puntuales los edificios propiedad de la Administración General del Estado (incluyendo los centros penitenciarios) debido a su carácter público y los hospitales, centros sanitarios, centros comerciales y aeropuertos por considerarse edificaciones susceptibles de abastecer su demanda térmica mediante sistemas de cogeneración de alta eficiencia. La superficie total de los centros de consumo puntuales analizados es de más de 77 millones de metros cuadrados.

- **Centros de demanda difusos:** son aquellos puntos del sector terciario e industrial, no incluidos en el apartado anterior y abarcan una superficie superior a 991 millones de metros cuadrados. También se incluye en este grupo la totalidad del sector residencial (24 millones de viviendas). Debido al gran número de consumidores que forman parte de esta categoría no es posible caracterizarlos de manera individualizada, por lo que se emplea un perfil de demanda tipo para cada sector de actividad.

En ambas categorías se encontrarán las siguientes demandas:

Categoría difusa	Categoría puntual
• Demanda - Sector residencial - Sector terciario difuso o Oficinas o Comercios o Sanidad o Deportivo o Espectáculos o Ocio y hostelería o Cultural - Sector industrial difuso	• Demanda - Sector terciario o Hospitales o Centros penitenciarios o Edificios institucionales o Aeropuertos o Centros comerciales - Sector industrial

Asimismo, para facilitar la caracterización de la demanda se han establecido tres grandes grupos consumidores en función del patrón de consumo considerado (residencial, terciario e industrial). La demanda térmica en los sectores residencial y terciario se caracteriza por tener una fuerte dependencia de la climatología, por lo que el estudio ha tenido en cuenta las zonas climáticas del Código Técnico de la Edificación y los resultados se han agrupado en tres zonas climáticas, Atlántico Norte, Continental y Mediterránea. En el caso del sector industrial existen variaciones significativas en el consumo energético del proceso productivo en función de la tipología de industria estudiada, por lo que se ha realizado un análisis sectorial en función de ratios de consumo energético.

Como resultado de la evaluación realizada se ha llegado a la siguiente caracterización de la demanda energética en el año 2013, considerado año base del estudio

Tabla 1. Demanda térmica de calefacción y refrigeración en España (GWh)

Sector	Residencial	Terciario	Industrial, agrícola y pesquero	TOTAL
Calefacción y ACS	102.566,4	93.193,9	212.258,7	**408.019**
Refrigeración	2.230,5	28.409,2	21.178,6	**51.818**

Es necesario señalar que debido a la ausencia de datos estadísticos en los que basarse, ha sido necesario realizar un importante número de hipótesis para llegar a los resultados anteriores de caracterización de la demanda, por lo que dichos resultados son muy sensibles a la variación de dichas hipótesis y por la tanto han de ser considerados como una primera aproximación al conocimiento desagregado de la demanda de calor y frio en los diferentes sectores a nivel nacional y tratados con las reservas necesarias.

No obstante lo anterior, es importante resaltar que el esfuerzo realizado en la caracterización, completado con ulteriores estudios focalizados en áreas concretas del territorio nacional, y mejor aún la realización de una campaña de mediciones energéticas con fines estadísticos

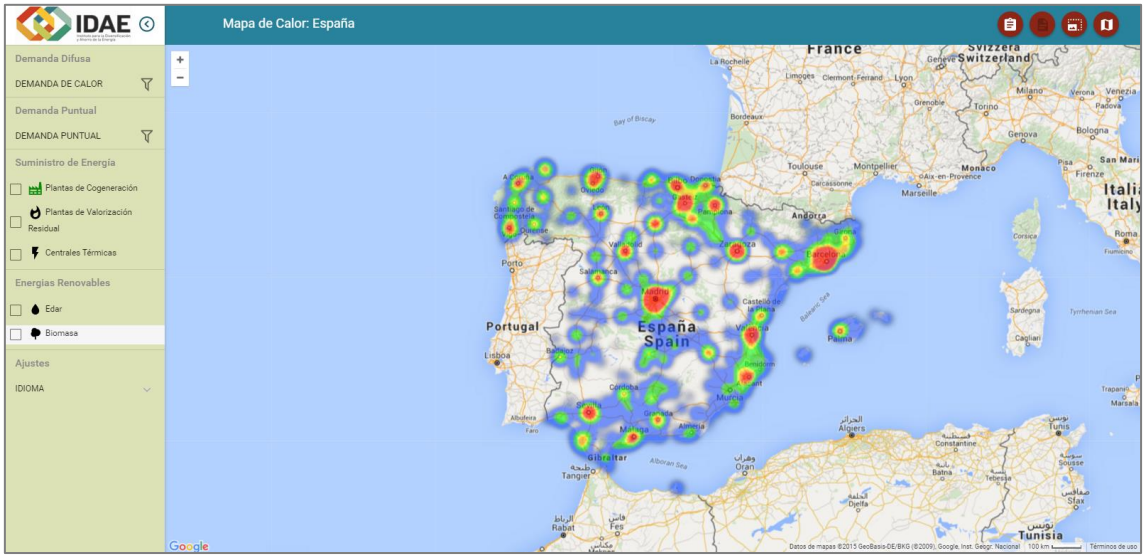
permitirá tener un mejor conocimiento del que hasta ahora se tiene del verdadero potencial disponible en sistemas de calefacción de refrigeración eficientes.

3. MAPA DE CALOR

Se ha desarrollado una aplicación constituida por dos módulos claramente diferenciados: un mapa de representación gráfica de la información, y una herramienta de consulta y de análisis de la información que contiene.

En la Ilustración 3 se muestra la interfaz propuesta para la aplicación.

Ilustración 3: Interfaz de la aplicación web del mapa de calor



La información que representa el mapa es la siguiente:

- ***Áreas de alta densidad de edificación:*** Áreas con demandas superiores a 130 kWh/m2. El criterio seguido para identificar estas zonas es mediante la elaboración de una rejilla formada por cuadrículas de 100 metros de lado en las que se analice la superficie edificada en su interior, considerando que la densidad de edificación será alta en los casos en los que el plot ratio es superior a 0,30.

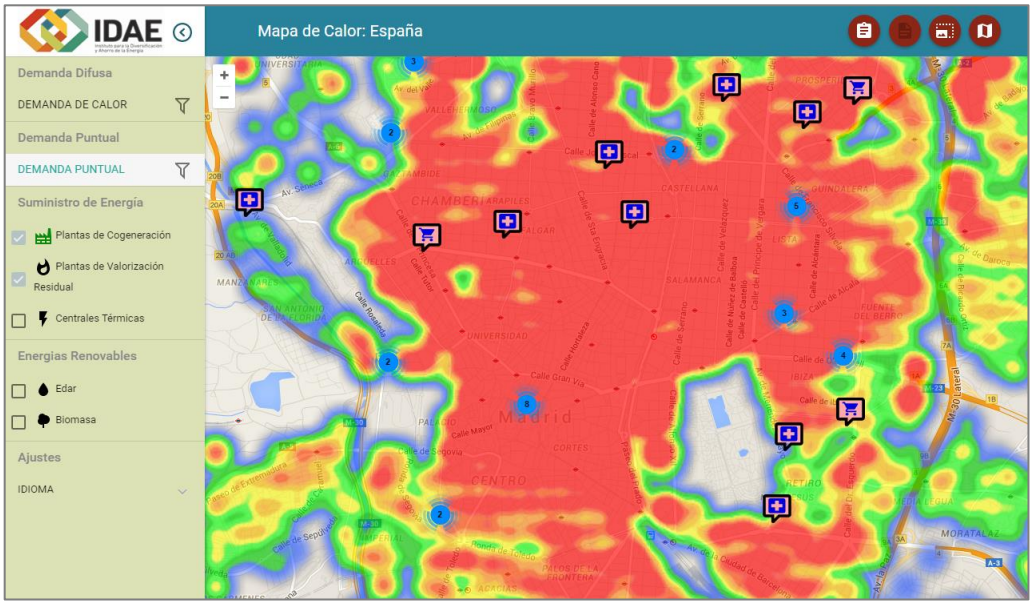
- ***Demanda térmica:*** La demanda térmica está categorizada según se indica en la siguiente tabla:

-

DEMANDA DE CALOR	
Demandas difusas	**Demandas puntuales**
Residencial	Sanidad y Beneficencia
Administración	Penitenciario
Oficinas	Aeropuertos
Comercios	Comercios
Deportivo	Agricultura y pesca
Ocio y Hostelería	Alimentación, bebida y tabaco
Sanidad y Beneficencia	Coquerías y refino de petróleo
Penitenciario	Extractiva no energética
Otros	Fabricación de maquinaria
Industrias	Madera y muebles
	Industria Metálica
	Minerales no metálicos
	Papel e impresión
	Química y farmacéutica
	Textiles

En la Ilustración 4 se puede observar la representación de la demanda térmica.

Ilustración 4: Representación de la demanda térmica, detalle demandas puntuales.



- ***Oferta térmica:*** En este apartado se incluirán los puntos con potencial de suministro térmico e información acerca de sus características. Su representación se llevará a

cabo mediante iconos que permitirán distinguir la tipología del centro (**Ilustración 5)**. Dentro de esta oferta térmica se incluirán:

- Plantas de valorización de residuos.
- Centrales térmicas.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Biomasa residual
- Energía solar
- Energía geotérmica

Ilustración 5: Representación de centros con potencial de oferta térmica.

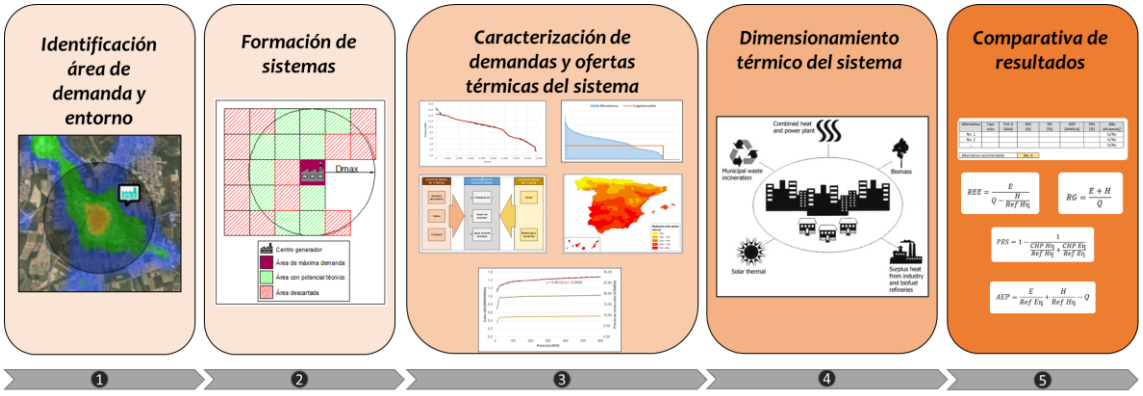
4. HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE POTENCIAL TÉCNICO

El potencial técnico de sistemas de calefacción y refrigeración eficientes se determinará mediante la evaluación de las demandas térmicas y sus características e identificando los casos en los que ésta sería susceptible de aprovechar tecnologías eficientes, como la

cogeneración, calores residuales o energías renovables.

La herramienta se encargará de identificar las demandas térmicas con posible potencial para implantar sistemas de calefacción y refrigeración urbanos eficientes para, posteriormente, analizar la viabilidad técnica de su ejecución. A continuación se describirá el proceso seguido por la herramienta y las bases técnicas en las que se basa para ello, que se sintetiza en la Ilustración 6.

Ilustración 6: Resumen del proceso de cálculo de la herramienta.



- **Identificación de sistemas**

En el ámbito del presente estudio se entiende por sistema a una agrupación de centros consumidores, que comparten características de demanda, asociadas a un conjunto de ofertas térmicas que pueden abastecer parcial o totalmente esta demanda.

Dentro de las demandas térmicas diferenciamos:

- *Demanda difusa*
- *Demanda puntual*

En cuanto a las ofertas térmicas, distinguimos los siguientes recursos:

- *Combustible residual:* Se trata del combustible obtenido como residuo de algún proceso susceptible de ser utilizado para generación térmica.
- *Calor residual:* Se trata de, o bien calor en forma de gases calientes generados en un proceso industrial, o bien calor en forma de vapor obtenido en procesos de generación eléctrica.

El proceso empleado sigue los siguientes pasos:

1. ***Localización de áreas de alta densidad de edificación:*** Se considera únicamente viable la construcción de sistemas de calefacción y/o refrigeración en las áreas cuyo plot ratio es superior a 0,30, descartando, de este modo, todas aquellas celdas en los que la superficie construida es inferior al 30% de la superficie de terreno.
2. ***Formación de áreas de demanda difusa:*** Una vez localizadas las celdas de alta densidad de edificación (*plot ratio* superior a 0,3), se descartan aquellas cuya demanda es inferior a 130 kWh/m^2 de terreno y se procede a la agrupación de aquellas celdas que cumplan los dos requisitos anteriormente expuestos.

   Una vez localizada la celda de mayor demanda de todo el territorio, la Herramienta establece a la misma como centro de la primera agrupación de celdas. La Herramienta analiza las celdas cuyo centro de coordenadas esté ubicado a una distancia no superior a 1,5 km. La Herramienta añadirá a la agrupación de celdas difusas todas aquellas que pertenezcan al mismo sector (residencial o terciario) que la celda origen de la agrupación y que cumplen los requisitos de plot ratio superior a 0,3 y de demanda superior a 130 kWh/m2.

   Tras realizar la agrupación de todas las celdas de demanda difusa, se determina cuál es la demanda térmica total de la agrupación y en el caso de ser igual o superior a 5.000 MWh será considerada como una nueva agrupación.

   Una vez formado el primer sistema la Herramienta localizará la segunda celda con mayor demanda térmica del mismo y realizará el mismo procedimiento, teniendo en cuenta que las celdas que ya estén constituyendo una agrupación ya no podrán formar parte de un nuevo sistema. Este procedimiento se repetirá con el resto de celdas y de forma descendente en cuento a su demanda térmica.
3. ***Inclusión de demandas puntuales:*** Una vez localizadas las áreas de demanda difusa, se agruparán con éstas las demandas puntuales situadas a una distancia menor a 5 km del sistema**.**

4. ***Formación de sistemas individuales:*** Una vez formados todos los sistemas que disponen de área de demanda difusa se efectuarán sistemas individuales

5. ***Análisis de la disponibilidad de oferta térmica:*** Por último, se añadirán al sistema los recursos energéticos disponibles en el entorno. El radio de análisis será de 5 km excepto para biomasa residual, en la que se considerarán 50 km.

Para la caracterización de los recursos disponibles para el abastecimiento térmico de los sistemas se ha efectuado del siguiente modo:

a. **Combustibles residuales:** El presente estudio ha considerado como combustibles residuales la biomasa generada como residuo de procesos industriales, agrícolas y forestales y el biogás procedente de EDARs. Su disponibilidad geográfica se ha determinado del siguiente modo:

a.1 Biomasa: Se trata de materia orgánica vegetal originada como residuo en procesos industriales, agrícolas y/o forestales. Para estos dos últimos casos se considerarán los recursos de biomasa estudiados por el "Plan de Energías Renovables 2011-2020", Para el caso de la biomasa de procedencia industrial, los sectores identificados como principales productores son:

- *Sector madera y muebles*
- *Sector pasta y papel*
- *Sector del aceite de oliva*
- *Otros sectores*

a.2 Biogás: Combustible residual generado por digestión anaerobia de materia orgánica, Para la estimación de la cantidad de biogás potencialmente generable por cada una de las estaciones depuradoras se ha partido de un registro disponible en el que se incluye la práctica totalidad de las EDARs existentes en el territorio nacional.

A pesar de que no se dispone de información de la totalidad de las EDARs, se ha llevado a cabo una estimación de los habitantes que abastece estudiando los municipios en los que únicamente existe una EDAR

Para los casos en los que no se dispone de esta estimación se realiza una estimación de la población suministrada teniendo en cuenta la población del municipio y el número de EDARs existentes en la región. En caso de resultar técnicamente viable se considera que la generación de calor se efectuaría en la propia EDAR, por esto se considera que, al igual que en el caso de calores

residuales, la distancia máxima entre los centros consumidores y la EDAR de 5,0 Km.

b. ***Calor residual:*** Se trata de, o bien calor en forma de gases calientes generados en un proceso industrial, o bien calor en forma de vapor obtenido en procesos de generación eléctrica. El aprovechamiento de calores residuales depende de factores diversos, entre los que cabe destacar:

- ***Cantidad de calor:***
- ***Calidad del calor:***
- ***Condiciones del fluido caloportador:***

Se ha llevado a cabo un análisis de los siguientes sectores que potencialmente podrían generar calor residual

b.1 Centrales térmicas y plantas* de valorización *energética:

b.2 Industrias:

- *Producción de cemento*
- *Producción de vidrio*
- *Producción de hierro y acero*
- *Producción de aluminio*
- *Metalurgia y fundición*

Se han considerado sus características técnicas, la relación porcentual entre el calor residual potencialmente aprovechable (H_{res}) y la demanda térmica total (H) y si existe viabilidad económica y viabilidad técnica de aprovechamiento fuera del centro, teniendo en cuenta principalmente que parte del calor residual será aprovechado en la propia industria (en general aquellos de alta calidad).

c. ***Energía geotérmica:*** Se considera el aprovechamiento directo de los yacimientos de baja temperatura para generación de ACS, y yacimientos de media temperatura para generación de vapor y agua caliente, La información de los recursos geotérmico ha sido obtenida del *"Plan de Energías Renovables 2011-2020"*.

d. ***Energía solar térmica:*** se han considerado instalaciones sobre terreno y para satisfacer exclusivamente demanda de ACS.

Una vez conocidos todos los recursos disponibles para el abastecimiento energético de un determinado sistemas se analizan diferentes alternativas de suministro de acuerdo a la siguiente clasificación:

Alternativas centralizadas

Se plantean las siguientes soluciones para cada uno de los recursos estudiados:

- **Aprovechamiento de calor residual**:
- **Recuperación de calor en centrales de generación eléctrica**
- **Aprovechamiento de combustibles residuales**:
- **Aprovechamiento de recursos geotérmicos:**
- **Instalación de una planta solar térmica**:
- **Instalación de una planta de cogeneración**:

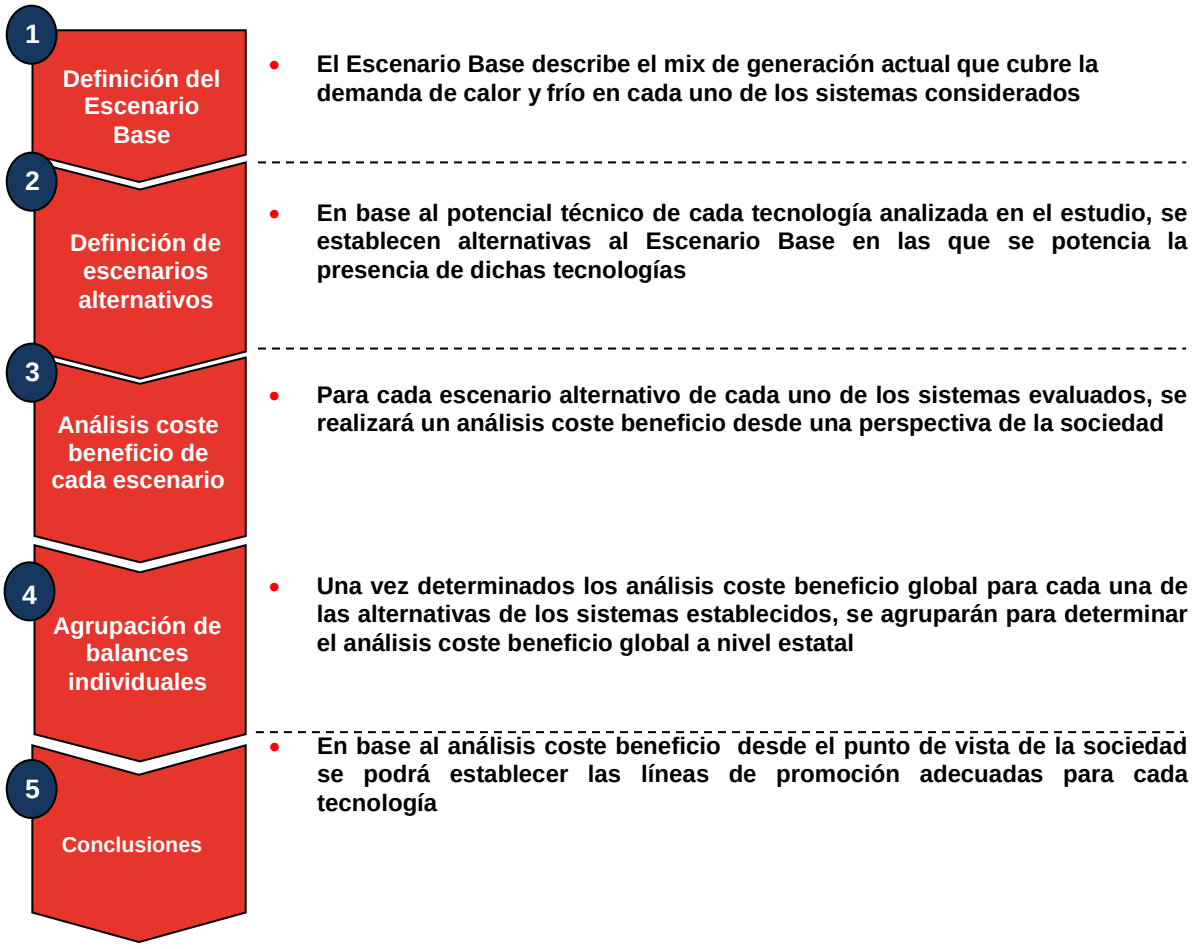
Alternativas aisladas

Las alternativas aisladas son, en esencia, prácticamente idénticas que las centralizadas con la particularidad de que únicamente abastecen a un centro consumidor.

5. ANÁLISIS COSTE BENEFICIO A NIVEL PAÍS

El análisis coste beneficio global es una herramienta analítica que permite evaluar las decisiones de inversión mediante la valoración de los cambios en los costes y beneficios (entre el Escenario Base y el Escenario Alternativo) atribuibles a los mismos.

A continuación se muestra la metodología desarrollada para la realización del análisis coste-beneficio a nivel de la sociedad.



5.1. Definición del Escenario Base

El Escenario Base es el punto de partida sobre el que se construirá el análisis coste beneficio global y debe describir el mix de generación térmica existente en cada sector.

5.2. Definición de Escenarios Alternativos

En este paso se construyen los escenarios alternativos al Escenario Base, simulando las soluciones técnicas analizadas en el marco de este estudio. Al igual que el Escenario Base, las alternativas deben ser evaluadas en el horizonte temporal actual y en el futuro hasta el año 2050.

Para cada uno de los sistemas establecidos a nivel nacional se evalúan las siguientes soluciones técnicas.

- Uso de calor residual procedente de :

  - ✓ Industrias
  - ✓ Centrales térmicas de generación
  - ✓ Plantas de valorización de residuos

  Para los tres tipos de calor residual se analiza el uso directo del calor mediante intercambiadores y la producción de frío por absorción.

- Uso de combustibles y energías renovables

  - ✓ Biogás de EDAR
  - ✓ Biomasa residual
  - ✓ Energía Solar
  - ✓ Geotermia

  Para biogás y biomasa se analiza la producción de calor mediante caldera y la producción de calor y frío con caldera y máquina de absorción.

  En el caso de la energía solar la solución técnica consiste en la producción de ACS mediante captadores solares.

  Con geotermia se analiza la producción de calor mediante intercambiadores y de frío con máquina de absorción.

- Uso de cogeneración para la producción de calor y frío con distintos tipos de ciclo y tecnologías (turbina de gas, motor alternativo, turbina de vapor).

5.3. Análisis coste beneficio de cada escenario

Para la realización del análisis económico se partirá en primer lugar del análisis financiero de cada caso particular. Es decir, se tomarán los análisis financieros de flujos de caja del proyecto, desde la perspectiva del inversor, para cada una de las soluciones tecnológicas consideradas, efectuando las correcciones fiscales necesarias ya que el análisis económico global debe estar libre de impuestos directos.

En primer lugar, para cada una de las soluciones técnicas analizadas se realiza el análisis coste – beneficio de cada proyecto desde la perspectiva de un potencial inversor.

A continuación, para la realización del análisis económico global desde la perspectiva del conjunto de la sociedad, se partirá del análisis de los flujos de caja de cada proyecto particular desde la perspectiva del inversor, eliminando los impuestos directos.

Sobre dichos análisis y para cada escenario, se realizarán las modificaciones pertinentes para incorporar la perspectiva del conjunto de la sociedad:

- Incorporación de los impactos más relevantes que el desarrollo de la solución tecnológica considerada originaría sobre el conjunto de la sociedad:
  - Impacto medioambiental
  - Impacto sobre la dependencia energética del país
  - Impacto macro económico

Una vez considerados todos los costes e ingresos relevantes, el criterio de evaluación económica utilizado ha sido el VAN (Valor Actualizado Neto) de la inversión con una tasa de descuento del 5%.

Cada solución técnica que a nivel de sistema analizado tenga un VAN positivo comparado con la línea base, será considerada como potencialmente económica y la demanda de energía en MWh que dicha solución satisfaría en cada sistema será considerado como potencial económico.

La suma del potencial económico de una determinada solución en cada uno de los sistemas analizados constituirá el potencial económico a nivel nacional de dicha solución.

5.4. Parámetros económicos

A la hora de realizar el análisis coste beneficio global, deberán tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

- **La tasa de descuento social:**. Se ha considerado una tasa del 5%.

- **El periodo de vida del proyecto (años**): La evaluación del análisis coste beneficio global se realizará entre los años 2015 y 2050.

5.4.1. Determinación de la inversión

Tanto para la situación de referencia, como para cada una de las soluciones propuestas se determina el capital necesario a invertir tanto para sus sistemas o equipos principales como para llevar a cabo las posibles conexiones térmicas de suministro de calor y/o frío o bien para el aprovechamiento de calores o combustibles residuales. La inversión de cada una de las alternativas vendrá determinada por un valor en EUR/MW.

5.4.2. Determinación de los costes

A continuación se determina cada uno de los costes que tienen que ser tenidos en cuenta.

- **Costes de capital**
- **Costes de operación y mantenimiento**
- **Compra de combustibles y electricidad**
- **Impacto ambiental**
- **Costes derivados del impacto de la dependencia energética**

5.4.3. Determinación de los beneficios

Los beneficios de la implementación de un proyecto en concreto podrán ser o bien debidos a una reducción de costes o bien gracias a un incremento en los ingresos respecto a la situación de referencia. A continuación se exponen los distintos beneficios a considerar:

- **Ingresos por venta de energía eléctrica**
- **Impacto macroeconómico**

5.5. Potencial económico

De acuerdo a la metodología del análisis coste beneficio descrita anteriormente, se ha calculado el potencial económico de cada solución técnica dentro de cada sistema. Se considera pues a nivel de sistema cada solución cuyo análisis coste beneficio tenga un VAN positivo.

Realizado el análisis para todos los sistemas se ha agrupado el potencial económico de cada solución técnica a nivel nacional. Los resultados obtenidos se muestran en detalle en el punto 6.

5.6. Potencial Coste eficiente

A partir del potencial económico se ha optimizado, desde el punto de vista global, cuales son las mejores soluciones técnicas para cada sistema. Esta optimización se ha llevado a cabo a partir del ratio VAN/MWh por cada solución, dando prioridad a las tecnologías que tengan mayores ratios en cada sistema.

Realizado el análisis para todos los sistemas se ha agrupado el potencial costo-eficiente de cada solución técnica a nivel nacional. Los resultados obtenidos se muestran en detalle en el punto 7.

6. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIAL TÉCNICO Y ECONÓMICO

El proceso de identificación de sistemas ha localizado un total de **3.565** sistemas cuya demanda térmica supone un total de **135,7 TWh** de calor, y **24,6 TWh** de frío.

Por otra parte a partir de la metodología explicada en el punto anterior se ha calculado el potencial económico de cada solución tecnológica para cada uno de los sistemas analizados. De forma agregada se muestra a continuación para cada recurso estudiado el potencial económico, el técnico y el que se obtendría desde la perspectiva de un posible inversor.

También se incluye para cada solución técnica la inversión asociada a la implementación de todos los proyectos que tienen un coste-beneficio positivo para el País, así como la inversión desde el punto de vista de un promotor. Estas inversiones han sido calculadas para cada solución técnica estudiada de manera separada, pero para los mismos sistemas objeto de estudio.

Para cada sistema se ha estudiado la posibilidad de satisfacer el mayor porcentaje posible de su demanda mediante cada una de las soluciones técnicas planteadas calculándose la inversión de cada una de estas alternativas.

La comparativa de los potenciales económicos globales a nivel país y del inversor, ponen de manifiesto el peso que las externalidades consideradas pueden tener en el potencial de cada solución técnica estudiada.

Cabe destacar, por lo explicado anteriormente, que no tiene sentido físico la suma de potenciales o inversiones puesto que son soluciones alternativas para los mismos sistemas consumidores.

Es necesario insistir, tal y como ya se ha indicado anteriormente, que los resultados obtenidos del estudio de potencial económico son muy sensibles a las hipótesis consideradas en su cálculo, debido tanto a la amplitud del horizonte temporal considerado, 2015-2050, como al elevado número de variables económicas y energéticas que intervienen en cada una de las alternativas consideradas. La propia evolución de la línea base añade incertidumbre a los resultados finales. En este sentido, el potencial económico no ha de ser entendido como un dato estático sino que necesariamente tiene que evolucionar y no solamente por la propia dinámica del cambio en las variables que lo determinan, sino también por la adopción de las políticas adecuadas para su implementación.

Los resultados del potencial económico, a pesar de su sensibilidad con respecto a las variables consideradas, han de ser considerados como una primera aproximación al conocimiento desagregado del potencial económico de calefacción y refrigeración eficientes en los diferentes sectores a nivel nacional y por tanto susceptible de mejora en base a ulteriores estudios focalizados en áreas concretas del territorio nacional

En la Ilustración 7 y la Ilustración 8 se puede apreciar la distribución de los sistemas identificados por la herramienta en el territorio nacional.

Ilustración 7: Distribución de la demanda calor de los sistemas

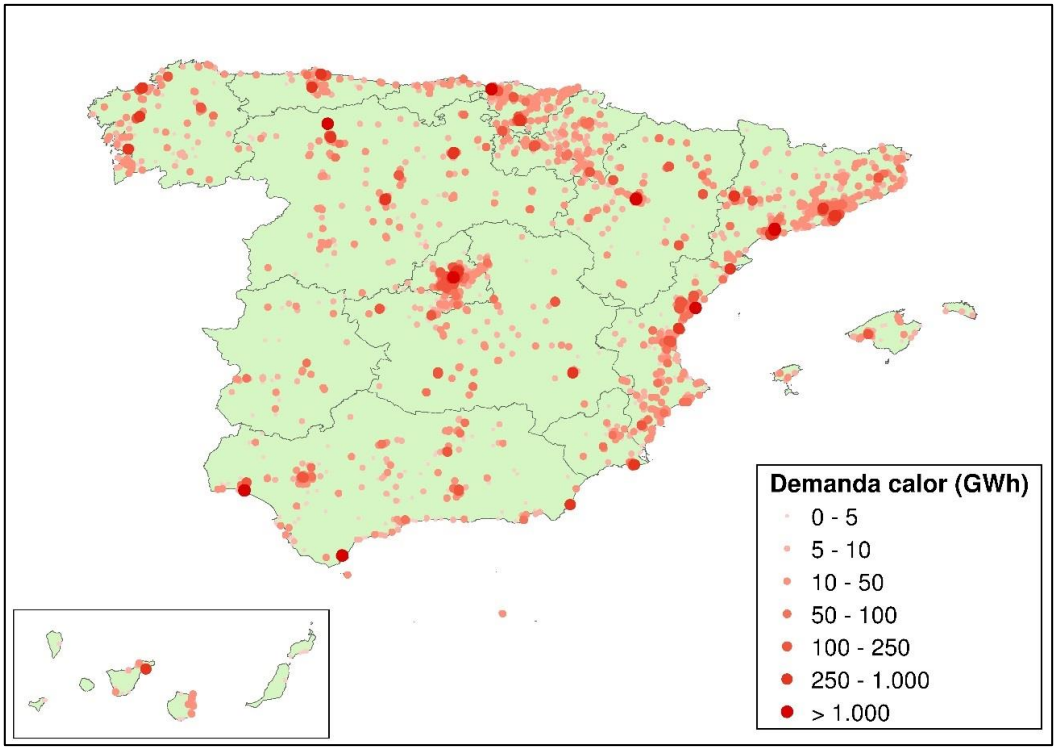
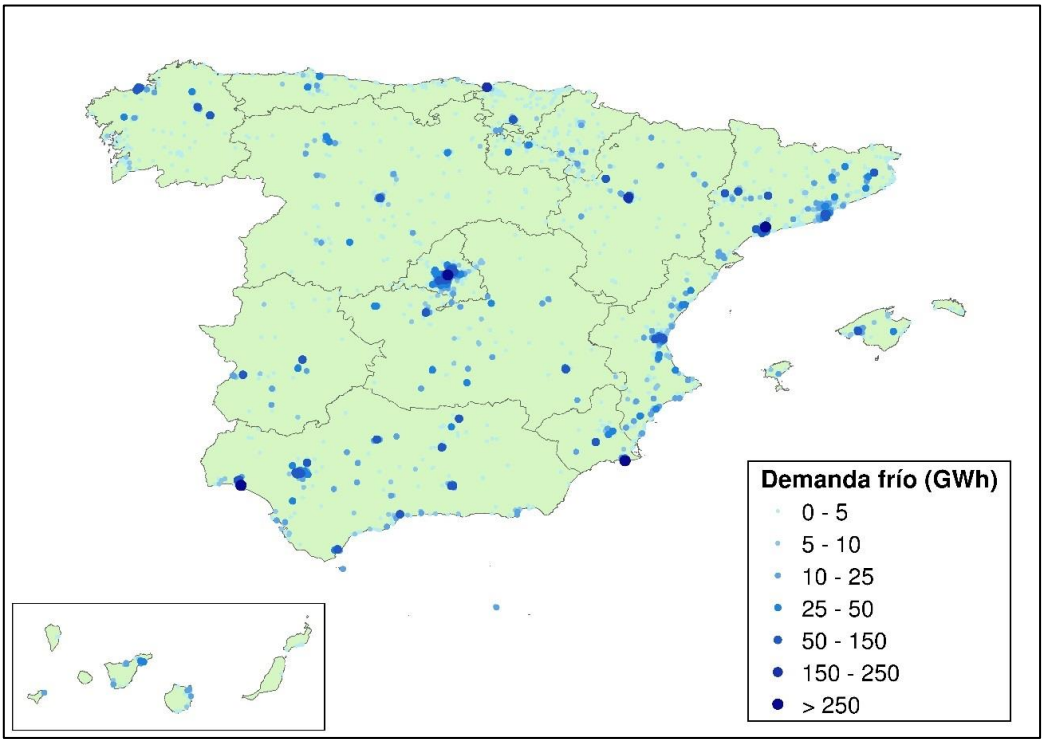


Ilustración 8: Distribución de la demanda frío de los sistemas



6.1. Potencial técnico y económico de calor residual de industria

De los **402 sistemas** identificados con potencial técnico, **357** tienen potencial económico para el país, lo que supone **4,0 TWh** de calor y **0,1 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **1,0%** del total de la demanda de calor y un **0,2%** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base.Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **178 M€.**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor asociados al aprovechamiento de calor residual de industria

Tabla 2: Potencial técnico y económico de calor residual de industria

Sector	Uso	Calor Residual de Industria Uso directo calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	18.955	16.369	16.340
	ACS	18.362	14.878	14.864
	Refrigeración	834	486	486
Sector terciario	*Calefacción*	185.635	149.570	148.883
	ACS	24.265	17.837	17.746
	Refrigeración	90.178	32.685	32.414
Sector Industrial	*Calefacción*	3.806.294	3.785.146	3.806.294
	Refrigeración	79.510	59.541	54.033
Total	*Calefacción*	**4.010.885**	**3.951.085**	**3.971.517**
	ACS	**42.627**	**32.714**	**32.609**
	Refrigeración	**170.522**	**92.712**	**86.933**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**178**	**174**

6.2. Potencial técnico y económico de calor residual de centrales térmicas

De los **157 sistemas** identificados con potencial técnico, 10**5** tienen potencial económico para el paìs, lo que supone **3,0 TWh** de calor y **0,2 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **0,7%** del total de la demanda de calor nacional y un **0,3%** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **2.406 M€.**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al aprovechamiento de calor residual de centrales térmicas.

Tabla 3: Potencial técnico y económico de calor residual de centrales térmicas

Sector	Uso	Calor Residual de Centrales Térmicas Uso directo calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	138.944	126.024	74.775
	ACS	166.004	150.397	69.305
	Refrigeración	2.055	1.521	127
Sector terciario	*Calefacción*	1.424.302	1.303.734	587.331
	ACS	175.158	139.714	64.946
	Refrigeración	201.605	74.356	20.987
Sector Industrial	*Calefacción*	1.325.563	1.258.036	1.256.735
	Refrigeración	140.053	76.635	76.195
TOTAL	***Calefacción***	**2.888.809**	**2.687.795**	**1.918.840**
	ACS	**341.163**	**290.110**	**134.251**
	Refrigeración	**343.713**	**152.512**	**97.309**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**2.406**	**835**

6.3. Potencial técnico y económico de calor residual de plantas de valorización de residuos

De los **57 sistemas** identificados con potencial técnico, **34** tienen potencial económico para el país, lo que supone **1,5 TWh** de calor y **0,2 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **0,4 %** del total de la demanda de calor y un **0,3 %** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **279 M€**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico. desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al aprovechamiento de calor residual de plantas de valorización de residuos.

Tabla 4: Potencial técnico y económico de calor residual de plantas de valorización de residuos

Sector	Uso	Calor Residual Plantas Valorización Residuos Uso directo calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	14.395	10.089	7.706
	ACS	14.412	7.685	4.218
	Refrigeración	1.142	529	179
Sector terciario	*Calefacción*	318.994	178.216	113.136
	ACS	34.848	22.914	14.494
	Refrigeración	143.259	41.732	21.818
Sector Industrial	*Calefacción*	1.287.618	1.276.475	1.276.473
	Refrigeración	119.546	107.976	107.976
TOTAL	***Calefacción***	**1.621.007**	**1.464.780**	**1.397.315**
	ACS	**49.259**	**30.599**	**18.712**
	Refrigeración	**263.948**	**150.237**	**129.973**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**279**	**183**

6.4. Potencial técnico y económico de Geotermia

De los **146 sistemas** identificados con potencial técnico, **144** tienen potencial económico para el país, lo que supone **1,1 TWh** de calor y **0,3 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **0,3%** del total de la demanda de calor y un **0,6 %** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **280 M€.**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al aprovechamiento de geotermia.

Tabla 5: Potencial técnico y económico de geotermia

Sector	Uso	Geotermia Uso directo calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	24.609	24.609	24.609
	ACS	31.631	31.631	31.631
	Refrigeración	2.172	2.172	2.172
Sector terciario	*Calefacción*	343.293	332.374	330.274
	ACS	48.749	48.113	48.028
	Refrigeración	237.720	228.491	225.754
Sector Industrial	*Calefacción*	649.592	649.592	649.592
	Refrigeración	92.061	92.061	92.061
Total	***Calefacción***	**1.017.494**	**1.006.575**	**1.004.476**
	ACS	**80.381**	**79.744**	**79.659**
	Refrigeración	**331.954**	**322.725**	**319.988**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**280**	**277**

6.5. Potencial técnico y económico de energía solar para producción de ACS

De los **1.357 sistemas** identificados con potencial técnico, **1.355** tienen potencial económico para el país, lo que supone **6,0 TWh** de calor. La implementación de esta solución supondría el **14,7%** del total de la demanda de agua caliente sanitaria ó un **1,5%** del total de la demanda de calor nacional respecto al año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **12.161 M€.**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al uso de energía solar para la producción de ACS.

Tabla 6: Potencial técnico y económico de energía solar para ACS[3]

Sector	Uso	Energía Solar		
		ACS con captadores solares		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	-	-	-
	ACS	3.118.787	3.103.487	271.221
	Refrigeración	-	-	-
Sector terciario	*Calefacción*	-	-	-
	ACS	2.911.104	2.910.638	1.032.222
	Refrigeración	-	-	-
Total	***Calefacción***			
	ACS	**6.029.892**	**6.014.125**	**1.303.443**
	Refrigeración			-

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**12.161**	**2.340**

[3] *Se ha considerado un efecto escala en las inversiones debido al mayor tamaño de las instalaciones centralizadas respecto de las individuales. No obstante hay que advertir que el potencial económico desde el punto de vista del inversor es muy sensible al tamaño de la inversión, un aumento del 10% en la misma puede dar como resultado un potencial nulo.*

6.6. Potencial técnico y económico de Biogás

De los **266 sistemas** identificados con potencial técnico, **263** tienen potencial económico para el país, lo que supone **2,6 TWh** de calor y **0,7 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **0,6%** del total de la demanda de calor y un **1,3%** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **1.417 M€**.

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al uso de biogás.

Tabla 7: Potencial técnico y económico de biogás

Sector	Uso	Biogás Calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	115.924	115.622	105.128
	ACS	80.256	79.778	70.113
	Refrigeración	5.261	5.223	4.148
Sector terciario	*Calefacción*	1.305.273	1.302.025	1.085.249
	ACS	148.861	148.728	133.584
	Refrigeración	569.416	567.751	498.285
Sector Industrial	*Calefacción*	921.047	921.047	908.410
	Refrigeración	119.963	119.963	119.129
Total	***Calefacción***	**2.342.244**	**2.338.694**	**2.098.787**
	ACS	**229.117**	**228.506**	**203.698**
	Refrigeración	**694.639**	**692.937**	**621.562**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**1.417**	**1.096**

6.7. Potencial técnico y económico de Biomasa

De los **1.845 sistemas** identificados con potencial técnico, **1.714** tienen potencial económico para el país, lo que supone **30,0 TWh** de calor y **5,1 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **7,3%** de la demanda de calor y un **9,8%** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **13.502 M€**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al uso de biomasa.

Tabla 8: Potencial técnico y económico de biomasa

Sector	Uso	Biomasa Calor Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	1.581.037	1.487.669	696.841
	ACS	988.240	860.513	393.242
	Refrigeración	57.715	43.345	18.201
Sector terciario	*Calefacción*	11.171.175	9.621.113	4.814.544
	ACS	960.325	851.517	471.907
	Refrigeración	4.065.736	3.004.266	2.053.352
Sector Industrial	*Calefacción*	17.160.984	17.160.806	16.942.176
	Refrigeración	2.075.913	2.053.407	2.019.839
Total	***Calefacción***	**29.913.197**	**28.269.588**	**22.453.561**
	ACS	**1.948.565**	**1.712.029**	**865.149**
	Refrigeración	**6.199.365**	**5.101.018**	**4.091.393**

Inversión asociada a la ejecución del potencial económico (M€)	**13.502**	**6.217**

6.8. Potencial técnico y económico de Cogeneración

De los **858 sistemas** identificados con potencial técnico, **592** tienen potencial económico para el país, lo que supone que suponen una potencia eléctrica de cogeneración de alta eficiencia de **3.677 MWe** y la generación de **11,2 TWh** de calor y **0,8 TWh** de frío. La implementación de esta solución supondría el **2,7%** del total de la demanda de calor y un **1,6%** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base. Para ello, la inversión asociada a la ejecución de todos los proyectos económicamente viables supondría un total de **4.315 M€.**

En la siguiente tabla se indican los resultados del potencial técnico y económico, desde el punto de vista del país y de un posible inversor, asociados al uso de cogeneración.

Tabla 9: Potencial técnico y económico de cogeneración

Sector	Uso	Gas Natural Calor de cogeneración Frío máquina de absorción		
		Potencial técnico (MWh)	Potencial Económico País (MWh)	Potencial Económico Inversor (MWh)
Sector residencial	*Calefacción*	2.319.687	688.397	106.550
	ACS	1.365.233	433.821	101.755
	Refrigeración	32.302	8.058	6
Sector terciario	*Calefacción*	15.681.419	6.568.728	849.619
	ACS	1.234.956	641.940	88.674
	Refrigeración	2.317.438	827.430	66.820
Sector Industrial	*Calefacción*	9.544.438	2.826.748	0
	Refrigeración	592.346	0	0
Total	***Calefacción***	**27.545.544**	**10.083.872**	**956.169**
	ACS	**2.600.189**	**1.075.762**	**190.429**
	Refrigeración	**2.942.087**	**835.488**	**66.827**

Inversión asociada a la ejecución del potencial (M€)	**4.315**	**357**

7. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE POTENCIAL COSTE EFICIENTE

A partir de la metodología explicada en el punto 5, se ha calculado el potencial coste eficiente tanto a nivel nacional como para cada sector de demanda. Este análisis considera que cada sistema estudiado satisface su demanda energética priorizando las soluciones tecnológicas que tienen los mejores ratios VAN/MWh empezando por la de mayor ratio, después por la siguiente y así sucesivamente hasta completar la demanda del sistema. Evidentemente si el potencial técnico de la mejor solución es suficiente para satisfacer la demanda del sistema, esta solución sería la única que aparecía en dicho sistema como solución coste eficiente.

El potencial coste eficiente maximiza por tanto el VAN a nivel país al considerar que la demanda energética se satisface con aquellas soluciones que tienen los mejores ratios VAN/MWh

A continuación en la Tabla 10 se muestran los resultados, obtenidos del estudio de los sistemas seleccionados, agregados a nivel nacional para cada solución técnica así como las inversiones correspondientes a los proyectos necesarios para disponer de dicho potencial. También se indica el porcentaje de la demanda nacional referida al año base que pueden satisfacer las tecnologías estudiadas.

A continuación se muestran los datos obtenidos de potencial coste eficiente de cada solución técnica analizada y para todos los sectores consumidores así como su aporte respecto de la demanda de los sistemas analizados.

Tabla 10: Potencial coste eficiente nacional

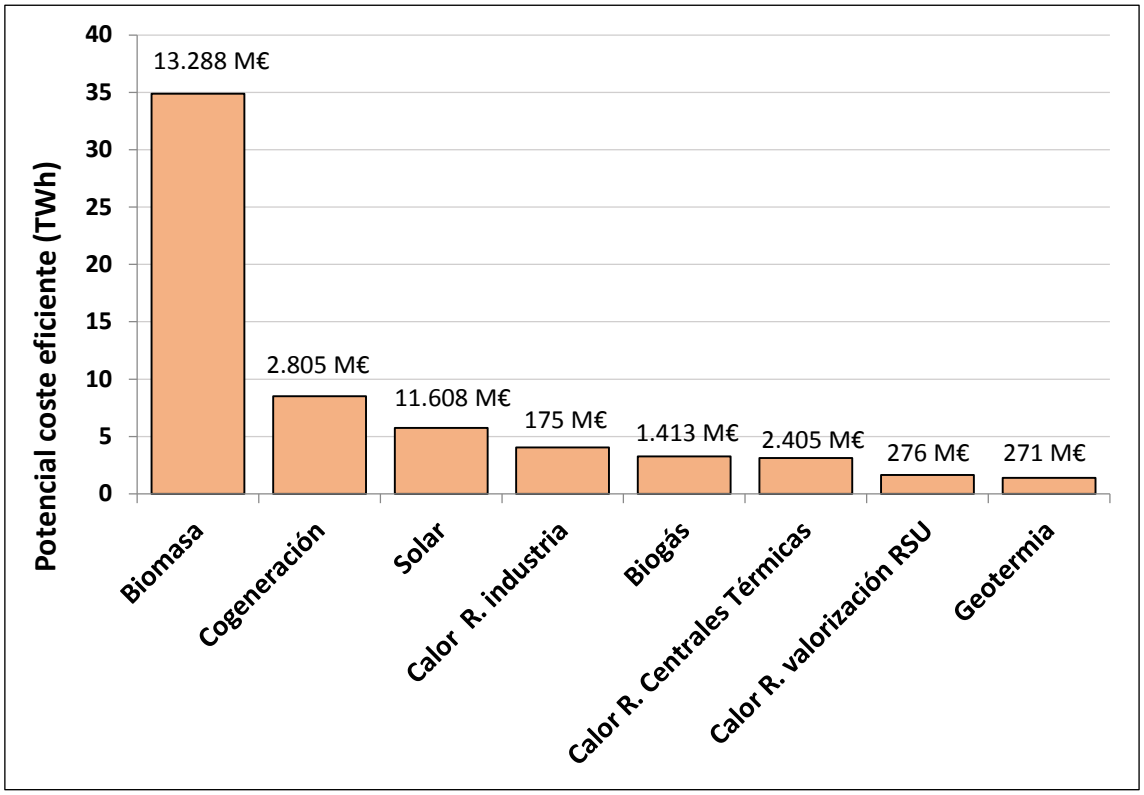
Uso	Demanda sistemas analizados (GWh)	Demanda nacional año base (GWh)
Calefacción y ACS	135.728	408.019
Refrigeración	24.609	51.818

Solución	Uso	Potencial C.Eficiente (GWh)	Aporte Sistemas Analizados	Inversión (M€)
Calor residual de industria	*Calefacción y ACS*	3.966	2,9%	175
	Refrigeración	91	0,4%	
Calor residual de Centrales Térmicas	*Calefacción y ACS*	2.977	2,2%	2.405
	Refrigeración	152	0,6%	
Calor residual Plantas de valorización RSU	*Calefacción y ACS*	1.490	1,1%	276
	Refrigeración	150	0,6%	
Geotermia	*Calefacción y ACS*	1.064	0,8%	271
	Refrigeración	320	1,3%	
Solar	*Calefacción y ACS*	5.739	4,2%	11.608
	Refrigeración	-	-	
Biogás	*Calefacción y ACS*	2.562	1,9%	1.413
	Refrigeración	693	2,8%	
Biomasa	*Calefacción y ACS*	29.780	21,9%	13.288
	Refrigeración	5.087	20,7%	
Cogeneración	*Calefacción y ACS*	8.005	5,9%	2.805
	Refrigeración	508	2,1%	

La implementación de todo el potencial coste eficiente generaría **56 TWh** de calor y **7 TWh** de frío, lo que supondría el **13,6 %** de la demanda de calor y un **13,5 %** de la demanda de frío ambos referidos al total nacional en el año base, con una inversión total asociada de **32.242 M€**

Si los datos de la Tabla 10 los ordenamos de acuerdo con la energía que potencialmente puede suministrar cada una de las soluciones analizadas, obtenemos el siguiente grafico en el que se aprecia claramente la importancia que determinados recursos energéticos pueden tener en la cobertura de la demanda energética nacional desde el punto de vista térmico.

Ilustración 9: Potencial coste eficiente e inversión de las soluciones técnicas estudiadas



Se observa en la ilustración superior que la biomasa es el recurso que con las soluciones técnicas propuestas podría satisfacer un mayor porcentaje de la demanda, pudiendo llegar a suministrar 34.868 GWh con una inversión asociada de 13.288 M€.

En segundo lugar sería la cogeneración la siguiente solución técnica que más demanda podría satisfacer, pudiendo llegar a los 8.514 GWh y suponiendo una inversión de 2.805 M€.

La energía solar presenta un potencial térmico de 5.739 GWh, lo que la coloca en el tercer lugar. La inversión asociada para el aprovechamiento de este potencial es de 11.608 M€.

El siguiente recurso que presenta mayor potencial es el aprovechamiento del calor residual de industria que puede aportar 4.057 GWh con una inversión asociada de 175 M€.

Las tecnologías asociadas al uso de biogás y de calor residual de centrales térmicas presentan unos potenciales muy similares, de 3.255 y 3.130 GWh y con unas inversiones asociadas de 1.413 y 2.405 M€ respectivamente.

El aprovechamiento de calor residual de plantas de valorización de residuos presenta un potencial de 1.641 GWh y la inversión asociada asciende a 276 M€.

Por último la Geotermia presenta un potencial de 1.385 GWh con una inversión asociada de 271 M€.

Por otro lado, también hay que señalar que los resultados obtenidos del estudio de potencial son muy sensibles a las hipótesis consideradas en su cálculo debido tanto a la amplitud del horizonte temporal considerado 2015-2050 como al elevado número de variables económicas y energéticas que intervienen en cada una de las alternativas consideradas. La propia evolución de la línea base añade incertidumbre a los resultados finales. En este sentido, el potencial no ha de ser entendido como un dato estático sino que necesariamente tiene que evolucionar y no solamente por la propia dinámica del cambio en las variables que lo determinan sino también por la adopción de las políticas adecuadas para su implementación.

No obstante lo anterior, es importante resaltar que la metodología adoptada será de gran ayuda en los procesos futuros de planificación energética ya que facilitará la toma de decisiones en la optimización de los recursos económicos empleados.