

CLIMATIZACIÓN URBANA en las Ciudades Españolas



CLIMATIZACIÓN URBANA en las Ciudades Españolas

Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la elaboración, maquetación y producción del Informe sobre la Climatización Urbana en las Ciudades Españolas, han sido compensadas a través de la compra de créditos de carbono en proyectos de reducción de emisiones mediante la marca e)mission.

www.e-missionneutral.com

ÍNDICE

| | | | | | |
|--|-----------|--|------------|--|--|
| 1. PROLOGO | 6 | | | | |
| 2. AGRADECIMIENTOS | 7 | | | | |
| 3. RESUMEN | 8 | | | | |
| 3.1. Resumen del proyecto | 8 | | | | |
| 3.2. Project summary | 9 | | | | |
| 4. INTRODUCCIÓN | 10 | | | | |
| 4.1. Objetivos | 10 | | | | |
| 4.2. Descripción general de las redes de climatización urbana. Antecedentes históricos | 10 | | | | |
| 5. ASPECTOS TECNICOS DE CLIMATIZACIÓN URBANA | 16 | | | | |
| 5.1. Tipos de redes de distrito | 16 | | | | |
| 5.1.1. Según el tipo de trazado | 17 | | | | |
| 5.1.2. Según los circuitos | 17 | | | | |
| 5.1.3. Según los sectores abastecidos | 17 | | | | |
| 5.1.4. Según la demanda cubierta | 18 | | | | |
| 5.2. Fuentes de energía | 21 | | | | |
| 5.3. Componentes de las redes de distrito | 22 | | | | |
| 5.3.1. Central de generación | 28 | | | | |
| 5.3.2. Sistemas de acumulación | 31 | | | | |
| 5.3.3. Red de distribución | 33 | | | | |
| 5.3.4. Sistemas de bombeo | 33 | | | | |
| 5.3.5. Subestaciones o sistemas de usuario | 35 | | | | |
| 5.4. Regulación de las redes de distrito | 36 | | | | |
| 5.5. Gestión y control de las redes de distrito | 38 | | | | |
| 5.6. Resumen | 38 | | | | |
| 6. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN URBANA | 39 | | | | |
| 6.1. Eficiencia energética | 39 | | | | |
| 6.1.1. Análisis global de la eficiencia energética | 42 | | | | |
| 6.1.2. Factores de mejora de la eficiencia energética | 42 | | | | |
| 6.1.3. Potencial de mejora de la eficiencia energética y ambiental global | 46 | | | | |
| 6.2. Beneficios de las redes de climatización urbana | 50 | | | | |
| 6.2.1. Beneficios para la sociedad en su conjunto | 50 | | | | |
| | | 6.2.2. Beneficios para administraciones públicas | 52 | | |
| | | 6.2.3. Beneficios para usuarios | 52 | | |
| | | 6.2.4. Beneficios para promotores inmobiliarios | 55 | | |
| | | 6.2.5. Beneficios para empresas de servicios energéticos | 55 | | |
| | | 6.3. Elección de sistemas y tecnologías óptimos. | 55 | | |
| | | Análisis DAFO | 56 | | |
| | | 6.3.1. Introducción | 56 | | |
| | | 6.3.2. Tecnologías de generación de recursos energéticos | 56 | | |
| | | 6.4. Resumen y conclusiones | 60 | | |
| | | 7. IMPLANTACIÓN DE LAS REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA | 62 | | |
| | | 7.1. Condiciones óptimas para su desarrollo | 62 | | |
| | | 7.1.1. Condiciones técnicas | 64 | | |
| | | 7.1.2. Condiciones administrativas | 65 | | |
| | | 7.1.3. Condiciones económicas | 65 | | |
| | | 7.1.4. Condiciones ambientales | 65 | | |
| | | 7.2. Planificación urbana y directrices para la implantación de redes de climatización urbana | 66 | | |
| | | 7.3. Proceso para la implantación de una red de climatización urbana | 68 | | |
| | | 7.4. Barreras y soluciones para el desarrollo de una red de climatización urbana | 72 | | |
| | | 8. ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN URBANA EN DIFERENTES MUNICIPIOS TIPO | 75 | | |
| | | 8.1. Premisas iniciales | 76 | | |
| | | 8.2. Municipios tipo | 77 | | |
| | | 8.3. Instalaciones tipo según tipología de municipio | 77 | | |
| | | 8.4. Análisis coste-beneficio instalación en zona rural (micro-district heating con biomasa) | 78 | | |
| | | 8.4.1. Descripción del servicio energético: fases | 78 | | |
| | | 8.4.2. Escenarios planteados | 79 | | |
| | | 8.4.3. Análisis económico de escenarios | 82 | | |
| | | 8.4.4. Ahorro emisiones CO ₂ | 86 | | |
| | | 8.4.5. Conclusiones | 86 | | |
| | | 8.5. Análisis coste-beneficio instalación en zona urbana no industrial (con planta de tratamiento de residuos municipales cercana) | 87 | | |
| | | 8.5.1. Descripción del servicio energético analizado: fases | 88 | | |
| | | 8.5.2. Escenarios planteados | 89 | | |
| | | 8.5.3. Ahorro energético | 90 | | |
| | | 8.5.4. Ahorro de emisiones CO ₂ | 90 | | |
| | | 8.5.5. Conclusiones | 91 | | |
| | | 9. REDES DE CLIMATIZACIÓN DE DISTRITO EN LOS MUNICIPIOS ESPAÑOLES | 92 | | |
| | | 9.1. Introducción | 92 | | |
| | | 9.2. Censo básico de instalaciones | 96 | | |
| | | 9.3. Fichas descriptivas de redes de distrito | 97 | | |
| | | 9.3.1. Análisis de las instalaciones | 134 | | |
| | | 9.4. Análisis detallado de instalaciones | 134 | | |
| | | 9.5. Red de calefacción de distrito de Cuellar (Segovia) | 134 | | |
| | | 9.5.1. Antecedentes y motivación | 135 | | |
| | | 9.5.2. Descripción general | 135 | | |
| | | 9.5.3. Esquema de desarrollo y gestión | 136 | | |
| | | 9.5.4. Usuarios | 136 | | |
| | | 9.5.5. Características técnicas | 139 | | |
| | | 9.5.6. Venta de Energía | 139 | | |
| | | 9.5.7. Parámetros energéticos | 140 | | |
| | | 9.5.8. Parámetros económicos | 141 | | |
| | | 9.5.9. Conclusiones | 141 | | |
| | | 9.6. Red de climatización urbana Tubo Verde de Mataró (Barcelona) | 141 | | |
| | | 9.6.1. Antecedentes y motivación | 143 | | |
| | | 9.6.2. Descripción general | 144 | | |
| | | 9.6.3. Usuarios | 144 | | |
| | | 9.6.4. Características técnicas | 147 | | |
| | | 9.6.5. Venta de energía | 147 | | |
| | | 9.6.6. Parámetros energéticos | 148 | | |
| | | 9.6.7. Parámetros económicos | 148 | | |
| | | 10. FINANCIACIÓN Y AYUDAS | 149 | | |
| | | 10.1. Formas de financiación | 149 | | |
| | | 10.2. Propiedad y explotación 100% de una entidad local | 150 | | |
| | | 10.3. Propiedad y explotación 100% privada | 150 | | |
| | | 10.4. Modelo público-privado | 150 | | |
| | | 10.4.1. Contratos de servicios energéticos | 151 | | |
| | | 10.4.2. Concesión | 153 | | |
| | | 10.4.3. Leasing | 153 | | |
| | | 10.4.4. Propiedad diferenciada por elementos | 154 | | |
| | | 10.4.5. Sociedad mixta con capital privado minoritario seleccionado | 154 | | |
| | | 10.4.6. Sociedad mixta con capital privado minoritario procedente fondos de inversión | 154 | | |
| | | 10.4.7. Sociedad mixta con capital privado mayoritario | 155 | | |
| | | 10.5. Ayudas | 155 | | |
| | | 10.5.1. Comunidades autónomas | 155 | | |
| | | 10.5.2. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) | 155 | | |
| | | 10.5.3. Instituto de Crédito Oficial (ICO) | 156 | | |
| | | 10.5.4. Mecanismo europeo de asistencia local en el sector de la energía: ELENA (European Local Energy Assistance) | 156 | | |
| | | 10.5.5. Apoyo europeo conjunto a la inversión sostenible en zonas urbanas: JESSICA (Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas) | 157 | | |
| | | 10.6. Resumen | 157 | | |
| | | 11. NORMATIVA | 159 | | |
| | | 11.1. Panorama actual | 159 | | |
| | | 11.1.1. Plan de acción de energías renovables (PER) 2011 - 2020 | 159 | | |
| | | 11.1.2. Plan de acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011 - 2020 | 159 | | |
| | | 11.1.3. Borrador de una nueva directiva de eficiencia energética (junio 2011) | 160 | | |
| | | 11.1.4. Real decreto 1/2012 | 160 | | |
| | | 11.2. Normativa comunitaria y estatal | 161 | | |
| | | 11.2.1. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación | 162 | | |
| | | 11.2.2. Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el cual se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios | 162 | | |
| | | 11.3. Normas de referencia | 165 | | |
| | | 12. BIBLIOGRAFIA | 166 | | |

1. PRÓLOGO

Las ciudades son actores clave para afrontar, con soluciones innovadoras, el cambio del actual modelo energético hacia uno más sostenible, encaminado hacia una economía baja en carbono. La promoción de sistemas energéticamente eficientes, como son las redes de climatización urbana, es una línea de trabajo que debe seguir incorporándose en las actividades que desarrollan las distintas administraciones, en el camino hacia una reducción efectiva de Gases Efecto Invernadero (GEI).

Las redes de climatización urbana han dado un salto cualitativo y cuantitativo en los últimos años. Estas infraestructuras presentan múltiples ventajas ambientales, incluyendo una mayor eficiencia energética, la posibilidad de utilizar energías renovables, la mejora de la calidad del aire, la reducción de la contaminación atmosférica, etc., y además, pueden jugar un papel importante de integración y cohesión social.

Su presencia en España es todavía minoritaria, pero otros países de Europa tienen ya décadas de experiencia en su construcción, gestión y mantenimiento, especialmente en la distribución centralizada de calor en barrios y distritos. No obstante, nuestro país, por sus condiciones climáticas y la concentración de sus construcciones, presenta numerosas ventajas para su implantación, ya que es posible desarrollar redes de calefacción, de refrigeración o redes mixtas, en función de las necesidades de climatización existentes en cada municipio.

Las administraciones locales tienen un papel clave en el desarrollo de este tipo de redes ya que de ellos depende la planificación y ordenación de las redes de suministro energético del territorio. La promoción de este tipo de instalaciones permitirá avanzar en la definición de las bases para ese cambio de modelo, más sostenible, que conllevará oportunidades de crecimiento económico, de innovación tecnológica y de bienestar para los ciudadanos.

La FEMP y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, han colaborado, a través de la Red Española de Ciudades por el Clima, en la elaboración del presente informe, cuyo objetivo principal es servir de herramienta a los Gobiernos Locales, desde el punto de vista técnico, económico, social y medioambiental, para la posible implantación de esta tecnología en los municipios españoles y, con ello, avanzar en las alternativas de independencia energética de nuestros municipios y contribuir desde el ámbito local a la lucha contra el cambio climático.

2. AGRADECIMIENTOS

La Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) quiere agradecer la colaboración prestada por los representantes técnicos y políticos de la Red Española de Ciudades por el Clima, así como por los directivos y técnicos de las redes urbanas de climatización que han colaborado en la elaboración del Informe sobre Climatización Urbana en las Ciudades Españolas.

El **Informe sobre Climatización Urbana en las Ciudades Españolas** ha sido elaborado por la Red Española de Ciudades por el Clima, con la asistencia técnica de GEYCA Gestión y Calidad S.L.

Por parte de la **FEMP** han participado:

Director del proyecto:

Francisco Díaz Latorre

Coordinador del proyecto:

Eduardo Peña González

Técnicos y personal de apoyo:

Ana Barroso Bosqued

Marta Rodríguez-Gironés

Por parte del **Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente** ha participado personal técnico de la Oficina Española de Cambio Climático.

3. RESUMEN

3.1. RESUMEN DEL PROYECTO

El Informe sobre Climatización Urbana en las Ciudades Españolas está diseñado con el objetivo de ser un documento de referencia para los Gobiernos Locales españoles sobre las redes de distrito (en inglés District Heating and Cooling) y se realizó a partir de un análisis técnico, económico, social y ambiental de las redes urbanas de calefacción y/o refrigeración de edificios.

Para ello se han desarrollado tres bloques principales:

■ DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

Desde un punto de vista puramente técnico se han descrito los componentes de las redes de climatización urbana, sus principales configuraciones y las diferentes tecnologías disponibles.

Con el fin de reforzar su comprensión, se ha realizado un análisis de estos sistemas desde el punto de vista de la eficiencia energética y la sostenibilidad, así como de los principales beneficios que reportan a los diferentes actores implicados en su utilización.

■ IMPLANTACIÓN DE REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA

Se ha abordado el procedimiento de implantación de las redes de distrito, desde la planificación urbanística previa hasta la instalación y explotación de las mismas. Además, se han analizado las condiciones óptimas para su desarrollo, así como las barreras y posibles soluciones para facilitar la expansión de estas instalaciones.

Para ilustrar este procedimiento a través de cifras reales, se ha realizado un análisis coste beneficio de la implantación de varias instalaciones tipo, detallando costes de inversión y de operación en diferentes escenarios y comparándolos con la utilización de sistemas estándar equivalentes.

■ REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA EN LOS MUNICIPIOS ESPAÑOLES

Se ha realizado una recopilación de instalaciones existentes en los municipios españoles, resumiendo los datos técnicos principales en forma de fichas para su fácil comprensión. Así mismo, se ha hecho un tratamiento estadístico de las mismas con el fin de presentar los datos técnicos principales en forma de tablas, gráficos e índices, proporcionando así una visión de la situación de la climatización urbana en España.

Complementariamente a esta recopilación, se han estudiado dos instalaciones representativas con una mayor profundidad para ayudar a una mejor comprensión de las instalaciones de climatización urbana desde diferentes puntos de vista: justificación económica y ambiental, desarrollo y planificación, inversión, financiación y operación.

Los sistemas de climatización distribuida tienen varias ventajas en comparación con los sistemas individuales. Son energéticamente más eficientes y tienen un menor impacto potencial sobre el cambio climático debido a que, habitualmente, se trata de sistemas de cogeneración o que utilizan fuentes de energía renovables. El objetivo de esta guía es, por lo tanto, dar a conocer y resaltar dichos beneficios de una forma práctica pero rigurosa para promover que los Gobiernos Locales apuesten por ella.

Asimismo, cabe resaltar que, de manera complementaria y con el fin de ayudar a los Gobiernos Locales, se ha desarrollado un capítulo dedicado a la identificación de mecanismos de financiación y ayudas disponibles para la implantación de redes de climatización urbana, describiendo además las principales fórmulas de propiedad, titularidad y explotación de las mismas, así como un capítulo dedicado a la normativa aplicable, ya sea de ámbito regional o nacional.

3.2. PROJECT SUMMARY

District Heating and Cooling in Spanish Cities is a report designed to become a reference document on district heating and cooling, in order to provide the Spanish Local Governments with a reference guide that analyses, from a technical, economical, social and environmental point of view, these systems of heating and cooling distribution.

The content of the report is divided in three main blocks:

■ SYSTEM DESCRIPTION

In this section, a technical description of the components of a district heating and cooling systems is provided, including main configurations and different technologies available.

In order to facilitate a deeper understanding of this technical part, there is also an analysis of these systems from the point of view of energy efficiency and sustainability. There are also stated the main benefits for the different actors involved.

■ IMPLEMENTATION OF DISTRICT HEATING SYSTEMS

In this part the main steps of the process of implementation of a district heating system are described, from planning to operation. The optimal conditions to encourage district heating development are also identified, as well as the barriers and possible solutions.

To illustrate this process through real figures, a cost-benefit analysis of different types of installations has been carried out, detailing the investment and operating costs for different scenarios and comparing the results with the costs and benefits of equivalent conventional systems.

■ DISTRICT HEATING AND COOLING SYSTEMS IN THE SPANISH MUNICIPALITIES

This section includes a compilation of existing facilities in Spanish municipalities. The data of each installation is summarized in a technical sheet for easy understanding. There is also a statistical treatment of data in order to present indicators, graphs and indexes, thus facilitating an overview of the state of the art of district heating and cooling in Spain.

Complementary to this, there is a complete assessment of two representative installations to provide a better understanding of district heating and cooling systems from different perspectives: economic and environmental justification, development and planning, investment, financing and operation.

District heating and cooling has various advantages compared to individual systems. It is more energy efficient and has less climate impact due to the combined production of heat and power (in many cases), but also to the use of renewable energy sources. Therefore, the main objective of this guide is to raise awareness and highlight these benefits, in a practical but rigorous way, to encourage Local Governments to promote district heating and cooling in their municipalities.

Finally, it is important to highlight the inclusion of a section focused on financial issues, which summarizes the available funds and support mechanisms for the implementation of district heating systems in Spain. There is also a description on the main schemes of ownership and exploitation, as well as the regional and national legislation that may be related to district heating and cooling installations.

4. INTRODUCCIÓN

4.1. OBJETIVOS

El presente informe tiene el objetivo de dar a conocer a los Gobiernos Locales pertenecientes a la Red Española de Ciudades por el Clima los conceptos principales de funcionamiento de las redes de climatización urbana, sus distintas tipologías y tecnologías disponibles, así como las ventajas económicas y ambientales que supone su instalación, para promover su implantación en un mayor número de municipios españoles.

En este sentido, la estructura y contenidos del informe están pensados para ser útiles a los distintos actores implicados en este tipo de proyectos, incluyendo la Administración Local, los promotores de las instalaciones, las empresas gestoras, los fabricantes y técnicos, los suministradores y los usuarios finales (residentes, comercios, oficinas, hoteles, edificios de equipamientos, escuelas, hospitales, etc.).

Las diferentes Administraciones Públicas, especialmente los Gobiernos Locales, tienen un papel muy importante en la promoción de este tipo de instalaciones, ya que de ellos depende la planificación y ordenación de las redes de suministro energético del territorio. Además, las distintas administraciones pueden agilizar trámites administrativos y establecer líneas de ayuda y subvenciones, así como promover proyectos comunes, contribuyendo económicamente a su desarrollo.

En concreto, este informe pretende ser de ayuda a los responsables y técnicos de:

- Las Administraciones Públicas, para ayudarles a licitar o validar proyectos técnicos de redes de climatización urbana, promover este tipo de proyectos mediante programas de ayuda económica para su ejecución, fomentar la formación de técnicos o realizar campañas de ahorro y eficiencia energética en diferentes sectores.
- Las empresas de servicios, fabricantes de equipos, ingenierías u otras empresas privadas implicadas en la parte técnica de generación y suministro, para ayudarles en los requisitos y

pasos necesarios para llevar a cabo la ejecución de proyectos de climatización urbana.

- Los clientes actuales o potenciales en zonas con este tipo de servicio de suministro energético, para informar y ayudar a resolver posibles dudas sobre la tecnología y el potencial de ahorro y eficiencia energética que representa, así como los beneficios ambientales, sociales y económicos que se derivan de su uso. Además, la información presentada en este informe puede servir de base para ayudar en el proceso de toma de decisiones cuando la realización de un proyecto de climatización urbana depende en gran medida de la participación ciudadana (usuarios y entidades locales)

En los capítulos que se desarrollan en este informe se abordan los siguientes aspectos:

- Una descripción de los sistemas actuales de climatización urbana: District Heating (DH), District Cooling (DC) y District Heating and Cooling (DHC), repasando algunos casos de éxito desarrollados en España o en terceros países.
- Un análisis de las posibilidades de aplicación de dichas tecnologías y las soluciones existentes para minimizar las limitaciones y barreras a su implantación.
- Una valoración de la viabilidad (económica, energética y ambiental) de la implantación de sistemas de climatización centralizados en diferentes casos tipo.

4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La calefacción y la refrigeración son responsables de más del 50% de la demanda de energía útil final en la Unión Europea, lo que evidencia la importancia del desarrollo de sistemas eficientes de generación y distribución de calor y frío para climatización. Aun así, España es un país con una escasa tradición en sistemas de climatización urbana, quizás debido a que la demanda de calefacción no es muy elevada en la mayoría de áreas climáticas del país.

El actual contexto económico mundial, ligado al agotamiento de los recursos fósiles y a la creciente preocupación por el cambio climático, han dado un nuevo impulso a la promoción de esas tecnologías más eficientes energéticamente y con menos impacto sobre el medio ambiente, como son las redes de climatización.

Los sistemas de climatización urbana producen energía térmica en unas instalaciones centralizadas y la distribuyen hasta los usuarios mediante un conjunto de tuberías aisladas, subterráneas o aéreas, a través de un fluido que puede ser vapor, agua caliente o agua fría, ofreciendo un servicio de climatización y agua caliente sanitaria a los ocupantes de los distintos edificios de la zona provista de una red.

Las redes de climatización urbana suponen, inherentemente, un ahorro en la producción de energía térmica, dada la reducción de potencia instalada y el aumento del rendimiento de los equipos instalados. Así, aunque requiere una fuerte inversión inicial, un sistema centralizado es económicamente competitivo cuando utiliza alguna fuente de energía residual de procesos industriales o generación de electricidad o bien una fuente de energía renovable, habitualmente biomasa o energía solar.

Este aumento en la eficiencia energética, con la consiguiente disminución en el consumo de energía primaria, conlleva una reducción del impacto ambiental, gracias a un menor agotamiento de recursos naturales no renovables y a la reducción

en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la utilización de combustibles fósiles o al uso de sustancias químicas en equipos de refrigeración.

En el caso de los gases refrigerantes de los equipos de climatización, la prohibición desde finales de 1980 en la mayor parte de los países del mundo de los gases clorofluorocarbonos (CFC), y su sustitución por los hidrofluorocarbonos (HFC) no dañinos para la capa de ozono, corrigió el problema de la disminución de ésta. Sin embargo, la extensión de los equipos de climatización ha generado un enorme incremento de la emisión de HFC a la atmósfera, el cual, si bien es inocuo para la capa de ozono, tiene un elevado poder de generación de efecto invernadero. Desde este punto de vista, la generación de frío centralizado en las redes de distrito permite disminuir radicalmente estas emisiones a la atmósfera.

En conclusión, la responsabilidad humana en el calentamiento global es ya inequívoca y los Gobiernos Locales tienen un papel importante en la lucha contra el cambio climático, puesto que pueden influir con sus decisiones en el cambio del actual modelo de actividades generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, es importante tener presente que los Ayuntamientos, gracias a su proximidad a la ciudadanía, ejercen un papel ejemplarizante que puede servir de base para la promoción de sistemas energéticamente eficientes, como son las redes de climatización urbana.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las primeras redes de calefacción distribuida desde una central de generación se remontan a los tiempos de Roma, cuyos avances en ingeniería se plasmaron no solo en la construcción de grandes edificios, sino también en la realización de grandes y complejas infraestructuras como carreteras, puentes y canalizaciones, ya fueran de agua potable o residual. Así, entre los siglos IV-II AC, en las ciudades romanas el agua caliente circulaba por canales abiertos hasta llegar a los edificios, donde era aprovechada como sistema de calefacción o para las aguas termales de los baños.

Aun así, es la ciudad francesa de Chaudes- Aigues, en la región del Cantal, a la que se atribuye la primera red de calefacción urbana, construida en el año 1332, cuyas aguas termales, que emanan a más de 80°, todavía hoy se distribuyen por conductos de madera.

A finales del siglo XIX se inicia la puesta en funcionamiento de los primeros sistemas comerciales de redes urbanas de climatización, con la implantación de redes de calor en ciudades como Lockport (Estados Unidos de América, 1877) y Hamburgo (Alemania, 1893), viviendo su época dorada durante la primera mitad del siglo XX en Estados Unidos y, en menor medida, en Europa (año 1930, París, Red de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain).

Finalizada la Segunda Guerra Mundial, y fruto de los cambios socioeconómicos acontecidos a nivel mundial, la tecnología de calefacción de distrito vivió un cambio de rumbo. En Estados Unidos, la expansión de las redes de calor pasaría a un segundo plano, por detrás del petróleo, el gas natural y la electricidad, fuentes de energía abundantes y más baratas que la construcción de plantas de calefacción para el suministro centralizado. En Europa, principalmente en los países nórdicos, la tecnología de las redes de urbanas calefacción continuaría prosperando, debido a la poca abundancia de gas natural y electricidad.

No sería hasta la década de los años 70 del siglo XX, y como consecuencia de la crisis del petróleo, que las redes de climatización urbana volverían a recuperar protagonismo, proliferando instalaciones en Estados Unidos, norte de Europa (Dinamarca, Suecia, etc.), Rusia, Japón, y más tarde, en China y Corea.

Si bien la tecnología de calefacción centralizada tiene un largo recorrido, el uso de redes comerciales de frío (DC) es mucho más reciente. Esta tecnología, desarrollada en Estados Unidos de América entre las décadas de 1960 y 1970 e implantada actualmente en países como Malasia, Arabia Saudí, Japón y Suecia, fue pensada para cubrir las necesidades de refrigeración en edificios con elevadas cargas térmicas. En la actualidad, buena parte de los DC en funcionamiento se concentran en zonas geográficas con una gran densidad de edificios pertenecientes

al sector terciario, como edificios de oficinas con un importante número de equipos electrónicos en funcionamiento.

A nivel español, el mercado de las redes de climatización es aún muy incipiente hoy en día y los proyectos desarrollados antes de los años 90 son muy escasos. De hecho, las primeras redes de distrito no se construyeron en España hasta el año 1985.

Los principales motivos de la reducida implantación de redes urbanas de climatización en nuestro país son:

- La escasa información que tienen las Administraciones Públicas y la ciudadanía sobre dichas tecnologías.
- La necesidad de hacer una inversión inicial elevada, obteniendo retornos a largo plazo.
- La existencia de unas condiciones fiscales poco atractivas.
- La ausencia de una reglamentación comprometida que promueva su implantación.

Para que un sistema centralizado ofrezca ventajas económicas y ambientales, debe disponer de tecnologías de alta eficiencia energética como, por ejemplo, la cogeneración (producción simultánea de calor y electricidad) y utilizar alguna fuente de energía residual o renovable. Precisamente en el actual contexto socioeconómico, donde las políticas se están orientando hacia la promoción de la eficiencia energética y las energías renovables, los sistemas de climatización urbana van mostrándose como una solución interesante.

Actualmente, el modelo de redes de climatización en España se basa en empresas mixtas, con la participación de entidades públicas y privadas. La financiación y gestión de las instalaciones de este tipo de sistemas es un factor crucial para garantizar la viabilidad del proyecto. Como cualquier otro proyecto, un sistema de redes de distrito se realiza de manera que beneficie a todas las partes implicadas, desde la empresa que comercializa la energía hasta el usuario que finalmente la consume.

En este sentido, la sociedad mixta se encarga de conseguir las fuentes de financiación necesarias para el desarrollo del proyecto. Generalmente, la gestión de las instalaciones se encarga a una empresa de servicios energéticos (ESEs), entidades que aportan el conocimiento para el correcto diseño e implantación de las instalaciones y, sobre todo, se encargan de la gestión posterior de todos los recursos necesarios para el funcionamiento óptimo de las instalaciones (suministro de combustible más adecuado y mantenimiento de las instalaciones) y para la comercialización de los productos resultantes (energía térmica para climatización de frío y calor, agua caliente sanitaria y energía eléctrica, si el sistema incluye cogeneración).

En conclusión, la principal estrategia para incentivar la construcción de redes de climatización urbana en España es la implicación de entes públicos y privados en el desarrollo y difusión de este tipo de proyectos.

5. ASPECTOS TÉCNICOS DE CLIMATIZACIÓN URBANA

Se denomina climatización urbana a los sistemas centralizados de calor y/o frío, basados en redes de distrito, compuestas de un conjunto de tuberías aisladas, que conecta varios puntos generadores con varios puntos de usuario a los que dar servicio de calefacción y agua caliente sanitaria (redes de distrito de calor o District Heating) o refrigeración (redes de distrito de frío o District Cooling).

Los principales elementos son:

- Central de generación térmica
- Red de tuberías de distribución
- Subestaciones de conexión con los usuarios finales

5.1. TIPOS DE REDES DE DISTRITO

Podemos clasificar las redes de distrito según diversos puntos de vista:

| SEGÚN EL TIPO DE TRAZADO | SEGÚN LOS CIRCUITOS |
|--------------------------|--------------------------|
| Árbol | Sistemas de dos tubos |
| Malla | Sistemas de tres tubos |
| Anillo | Sistemas de cuatro tubos |

| SEGÚN LOS SECTORES ABASTECIDOS | SEGÚN LA DEMANDA CUBIERTA |
|--------------------------------|---------------------------|
| Residencial | Abierta |
| Terciario | Cerrada |
| Industrial | |

5.1.1. SEGÚN EL TIPO DE TRAZADO

■ TRAZADO CON ESTRUCTURA EN ÁRBOL

Cada subestación se conecta a una central generadora mediante una única rama. Estas redes presenta un trazado sencillo pero difícil de ampliar y, ante una avería, no presentan alternativas de suministro.

■ TRAZADO EN MALLA

El usuario se conecta por varias ramas a una o varias centrales generadoras. Este tipo de trazado es más complejo y, por lo tanto, más caro, pero consigue redes más fiables.

■ TRAZADO EN ANILLO

Es un trazado en árbol donde el punto final de la red se conecta con el punto de inicio, consiguiendo un trazado mixto de las dos soluciones anteriores.

5.1.2. SEGÚN LOS CIRCUITOS

■ SISTEMAS DE DOS TUBOS

Consta de una tubería de impulsión que transporta el fluido hasta el consumidor y una tubería de retorno del fluido hacia la central generadora. Con este sistema solo puede suministrarse frío o calor en cada periodo. Se utiliza en redes de solo calor o en pequeñas redes.

■ SISTEMAS DE TRES TUBOS

Para suministrar frío y calor mediante una tubería con agua fría, otra con agua caliente y otra de retorno común. Son sistemas poco utilizados por su baja eficiencia energética debido a la mezcla del fluido frío y el caliente en el retorno.



■ SISTEMAS DE CUATRO TUBOS

Consta de dos tubos para la red de calor y otros dos tubos para la red de frío. Es el sistema más caro en tuberías pero el más versátil, ya que permite atender simultáneamente la demanda de frío y calor.

5.1.3. SEGÚN LOS SECTORES ABASTECIDOS

■ RESIDENCIAL

Este tipo de redes presenta muchos puntos de consumo de poca demanda unitaria. Las redes de climatización urbana son más rentables económicamente en áreas de alta concentración en comparación con zonas dispersas.

■ TERCIARIO

Abastece a edificios de oficinas o comerciales. Normalmente las redes suministran frío y/o calor a edificios de viviendas y del sector terciario, consiguiéndose una demanda más estable a lo largo del día, pues ambos tipos de clientes tienen curvas de demandas complementarias.

■ INDUSTRIAL

Estas redes se encuentran en polígonos industriales y se utilizan para abastecer a industrias; no solo para calefacción, sino en algunos casos también para diferentes usos en procesos industriales. Pese a ser similares a las redes urbanas, pueden tener características diferentes debido a las necesidades distintas respecto a temperatura y presión de suministro. Asimismo, en este tipo de redes, además de utilizar como fluido agua caliente, es habitual el uso de vapor.

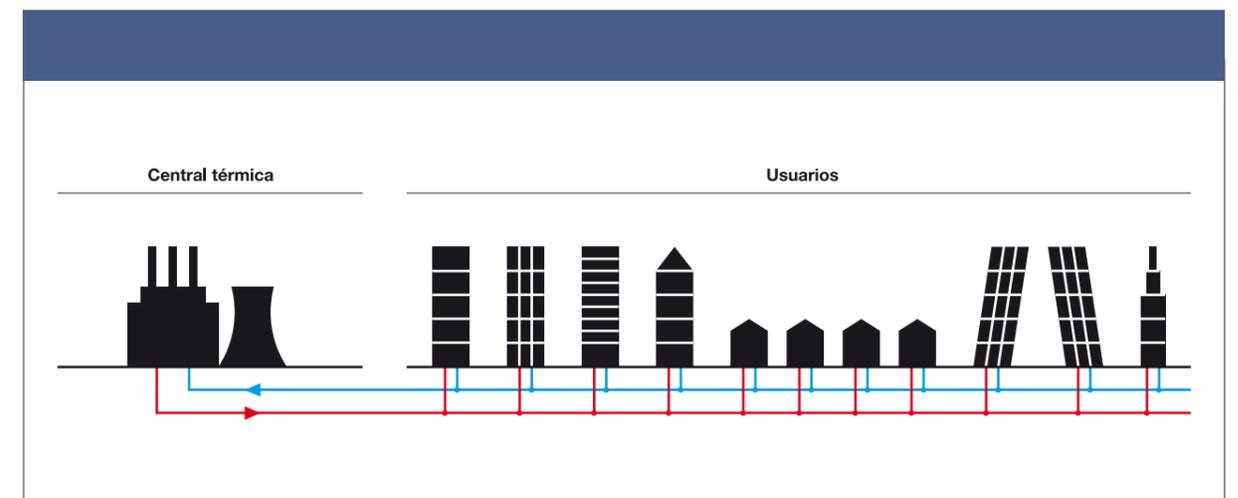
5.1.4. SEGÚN LA DEMANDA CUBIERTA

■ ABIERTAS

Cuando la demanda de energía que debe ser cubierta es variable, por ejemplo, dando cobertura a una zona urbana donde los usuarios no tienen obligación de estar conectados a la red.

■ CERRADAS

Cuando se conoce el número de consumidores a los que va a abastecer la red porque es un conjunto de edificios fijo. Es necesario conocer las demandas energéticas de cada uno de ellos.



5.2. FUENTES DE ENERGÍA

La principal justificación para la implantación de redes urbanas de calor y frío es la optimización en el uso de recursos de energía local para satisfacer las necesidades de energía térmica.

Las fuentes básicas de energía que consiguen que las redes urbanas de calor y de frío sean viables, desde todos los puntos de vista (económico, energético, ambiental e incluso social), son por sí mismas o de forma combinada:

- Plantas de cogeneración
- Incineración de residuos: residuos sólidos urbanos, residuos de lodos de depuración, etc.
- Recuperación de energía residual de procesos industriales
- Fuentes de calor geotérmicas
- Utilización de recursos forestales disponibles a nivel municipal en instalaciones de biomasa
- Utilización de la energía solar térmica
- Refrigeración natural: agua fría procedente directamente de mar, río o lago



La **cogeneración** es la producción simultánea de electricidad y calor útil mediante el funcionamiento de una máquina térmica con el aprovechamiento de los calores residuales de los sistemas de producción eléctrica. Se describe con más detalle en el capítulo siguiente “Análisis de la eficiencia energética”.

La cogeneración es la principal fuente de energía utilizada en las redes de distrito de calor en todo el mundo, siendo superior al 45% del total de calor generado en estas redes.

La **incineración de residuos**: existen diferentes tecnologías aplicables para la valorización energética de los residuos, la mayoría consisten en procesos de tratamiento térmico como la incineración, la gasificación o la pirolisis. El aprovechamiento del calor procedente de la incineración de residuos en redes de distrito representa un ahorro de energía primaria del 100%, ya que se trata de un calor residual que de otra manera se dispersaría al ambiente.

Existe un importante potencial de la valorización energética de los residuos en nuestro país, donde el aprovechamiento energético de residuos es una práctica mucho menos implantada que en el resto de Europa. Dos ejemplos de este tipo de instalaciones son el Tubo Verde en Mataró y la red urbana del Fórum y 22@ de Barcelona; esta última aprovecha el vapor procedente de la incineración de residuos municipales de la planta de tratamiento de TERSA.

Recuperación de energía residual de procesos industriales: numerosos procesos industriales generan calor durante el proceso productivo que ya no es útil y puede ser aprovechado en una red de climatización. Otro punto donde se puede recuperar calor residual es a través de los gases de escape. Cuanto mayor sea la temperatura del calor residual, mayor será el potencial de recuperación energética.

Un ejemplo del uso de esta fuente de energía se encuentra en la futura red de distrito de La Marina en Barcelona, que recupera frío a través de los evaporadores instalados en la

planta de regasificación de Enagás en el puerto de Barcelona.

Geotermia: es la energía que se encuentra almacenada en forma de calor bajo la superficie terrestre. Los yacimientos geotérmicos pueden ser explotados tanto para la generación de energía eléctrica como para usos térmicos, en función de la temperatura del fluido geotermal. Los recursos geotérmicos de alta temperatura (temperaturas entre 100° C y 150° C) pueden aprovecharse para generar electricidad mediante un ciclo similar al utilizado en las centrales termoeléctricas convencionales. Para temperaturas por debajo de 100°C se puede realizar un aprovechamiento térmico directo y, en el caso de muy baja temperatura, se utiliza para climatización mediante el uso de una bomba de calor geotérmica.

En España este tipo de energía está poco explotada, pero las previsiones del uso de la geotermia son favorables. De acuerdo con el Plan de Energías Renovables 2011-2020, el crecimiento esperado entre 2011 y 2020 es de más del 250% (de 23,5 a 60,3 ktep).

Biomasa: se obtiene principalmente de la transformación de productos agrícolas y forestales, de residuos de explotaciones ganaderas, restos de aprovechamiento forestales, residuos de cultivos y cultivos expresamente dedicados para la obtención de biomasa. Las aplicaciones más comunes son la producción de calor y de agua caliente sanitaria, aunque puede también utilizarse para la producción de electricidad.

Los tipos de biomasa comerciales más utilizados en sistemas de calefacción son:

- Pellets producidos de forma industrial
- Astillas procedentes de industrias de transformación de la madera o de tratamientos forestales como podas o clareos, etc.
- Residuos agroindustriales como huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos, etc.

Uno de los sistemas que permite aprovechar la biomasa como combustible de forma más eficiente son las redes de calor con cogeneración, donde además es compatible con otras fuentes de energía como solar, geotérmica o uso de calores residuales.

A la hora de elegir el tipo de biomasa a utilizar es muy importante asegurar el suministro de combustible.

Como se verá en el capítulo 9, en España la biomasa se ha erigido como la fuente de energía primaria más frecuente, especialmente en las pequeñas redes de calefacción urbana.

Energía solar térmica: Las instalaciones solares térmicas son sistemas capaces de captar la energía de la radiación solar mediante un captador o colector por el que circula un fluido y transferirla a un sistema para su aprovechamiento posterior.

Actualmente, en Europa se utiliza un 14% de energía solar térmica como fuente de energía para su uso en redes urbanas de calor y frío. Suecia fue el primer país en instalar una red urbana de calor alimentada con energía solar en la década de los 70; hoy en día dispone de 22 complejos solares de este tipo, pero es Dinamarca el país que dispone de la mayor instalación (18.300 m²) que alimenta el sistema de calefacción urbana de la ciudad de Marstal.

Las principales limitaciones al uso de energía solar térmica son la estacionalidad y la inestabilidad de la producción, lo que se soluciona con unas dimensiones adecuadas, así como con la acumulación y el apoyo de otras fuentes de energía.

Las redes de climatización urbana son un sistema flexible respecto a la fuente energética a utilizar y permiten una sustitución o integración de nuevas energías renovables de forma rápida y a bajo coste para un gran número de usuarios.

5.3. COMPONENTES DE LAS REDES DE DISTRITO

A continuación se describen los componentes principales de una red de distrito y las características técnicas más importantes. En la siguiente imagen se muestra un esquema de una red de climatización urbana.

5.3.1. CENTRAL DE GENERACIÓN

La central de generación es el núcleo principal de una red de distrito y donde se genera la energía térmica que se distribuirá a los usuarios mediante la red de distribución.

El proceso de generación térmica de base está habitualmente relacionado con la utilización de recursos renovables, mientras que para la generación de pico suelen utilizarse tecnologías convencionales como el gas natural. El tipo de central dependerá de diversos factores como el combustible elegido y la ubicación.

La central de generación se sitúa en el interior de un edificio construido a tal efecto, exclusivo para la producción y bombeo

de agua caliente y fría. En su interior se ubican los elementos generadores de energía, así como los principales grupos de bombeo, que impulsan al fluido portador de calor a los diferentes puntos de consumo.

La central funciona de modo automatizado, en función de la demanda, regulando su funcionamiento con un sistema de control que toma datos de los puntos de consumo y de la propia central. El tiempo de funcionamiento de los equipos de generación depende de la potencia instalada en comparación con la demanda térmica y de la capacidad de los sistemas de acumulación existentes.

Podemos clasificar la central de generación según diversos puntos de vista:

- Según el sistema de generación térmica:
 - Calderas: combustibles fósiles (gas, fueloil, etc.) o biomasa
 - Centrales solares
 - Cogeneración: mediante turbina de gas o motores alternativos, de biogás o de vapor
 - Aprovechamiento geotérmico (bombas de calor)
 - Aprovechamiento térmico residual de procesos industriales
 - Máquinas enfriadoras: eléctricas o térmicas

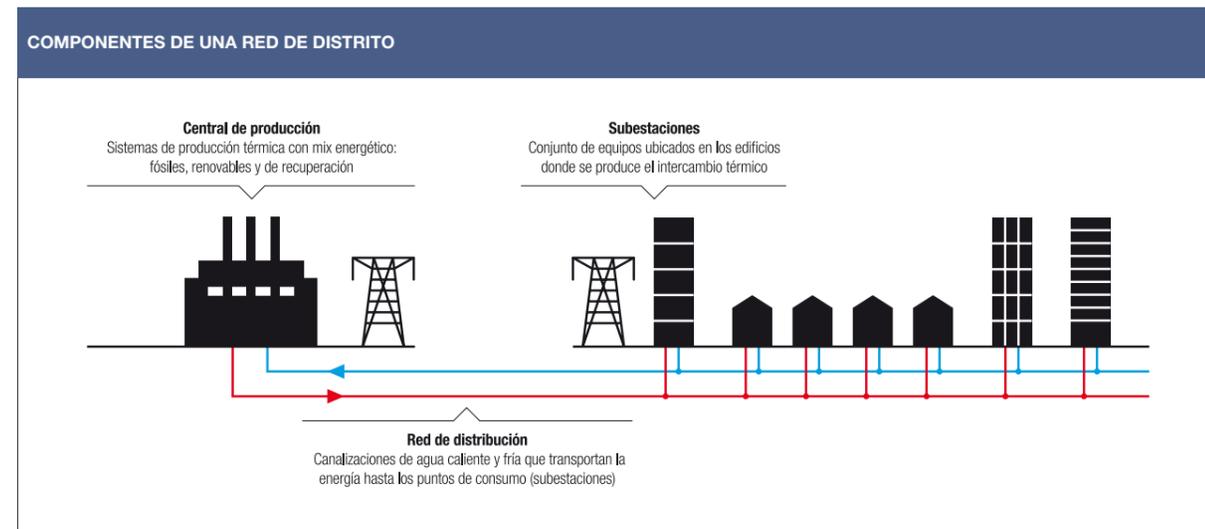


Figura 1. Componentes de una red de distrito. Fuente Dalkia

■ Según el tipo de demanda que cubren:

- Centrales de base
- Centrales de pico

A continuación se describen los principales equipos de generación térmica que se utilizan en las redes de climatización urbana.

| CALDERAS |
|---|
| De gas: principalmente calderas de condensación |
| De biomasa |

| CAPTADORES SOLARES |
|---|
| De baja temperatura: colectores planos y de vacío |
| De media y alta temperatura |

| COGENERACIÓN |
|----------------------------------|
| Con turbina de gas |
| Con turbina de vapor |
| Con motor alternativo |
| Trigeneración |
| Con motores o turbinas de biogas |

| MAQUINAS ENFRIADORAS |
|------------------------------------|
| Eléctricas: de compresión mecánica |
| Térmicas: de absorción |

5.3.1.1. CALDERAS

Las calderas utilizadas en las redes urbanas de calor son calderas de gran potencia que usan como combustible principalmente gas natural o biomasa.

■ CALDERAS DE GAS

Principalmente se utilizan las calderas de condensación, con rendimientos superiores al 100% debido al aprovechamiento de la energía contenida en los gases de escape de la combustión. Para altas potencias se realiza un fraccionamiento de potencia colocando varias calderas en cascada para conseguir un conjunto más eficiente energéticamente.

■ CALDERAS DE BIOMASA

La tecnología de las calderas de biomasa ha hecho importantes progresos, consiguiendo que las emisiones de CO₂ hayan disminuido hasta valores de 100-200 mg/m³ en las calderas de tamaños grandes y alcanzando rendimientos del 85 - 92 %, es decir, del mismo orden que los que presentan las calderas de gasóleo.

El principal inconveniente viene del combustible utilizado, que necesita un tratamiento previo de homogeneización, así como un suministro seguro y un almacenamiento de la materia prima.

Para potencias superiores a los 500 kW se utilizan calderas con parrilla móvil que permiten utilizar biomasa de peor calidad y de composición variable.



Las principales diferencias entre las instalaciones de biomasa y las basadas en combustibles fósiles son:

- Los sistemas basados en biocombustibles requieren más espacio.
- Las instalaciones de biomasa necesitan operaciones de mantenimiento más frecuentes, así como una mayor vigilancia.
- Inversión inicial superior en sistemas de biomasa, que se compensa con un mucho menor coste del combustible.

5.3.1.2. CAPTADORES SOLARES

Existen diferentes tipos de colectores en función de la temperatura que puede alcanzar la superficie captadora:

- Baja temperatura: son de captación directa, la temperatura del fluido se encuentra por debajo del punto de ebullición.
- Media temperatura: son de captación de bajo índice de concentración. La temperatura del fluido está entre los 100°C y los 250°C.
- Alta temperatura: de captación de alto índice de concentración.

Para su uso en redes urbanas de climatización los más adecuados son los colectores de media y alta temperatura.

ENERGÍA SOLAR DE MEDIA Y ALTA TEMPERATURA

Se utilizan colectores solares de concentración, que se basan en la concentración de los rayos solares sobre un fluido que genera vapor y mueve una turbina, transformando el calor en energía mecánica y después en electricidad.

Para el aprovechamiento térmico a media temperatura normalmente se emplean sistemas colectores con espejos reflectores, que concentran la radiación solar sobre un tubo en la línea focal y con algún tipo de dispositivo de seguimiento solar, como los colectores cilindro-parabólicos, hasta 400°C, o los concentradores lineales de Fresnel (270°C) de espejos planos, más económicos y sencillos.

Las aplicaciones de los colectores solares de media temperatura son:

- Uso directo del vapor para diversos procesos industriales
- Uso del vapor para la desalinización del agua del mar por destilación
- Uso del agua caliente, que a través de máquina de absorción, proporciona refrigeración solar
- Producción de electricidad

Para que las redes de calor alimentadas con energía solar tengan éxito debe ajustarse adecuadamente la generación de calor con la demanda. Para ello, se deben tener en cuentas las siguientes acciones:

- Dimensionamiento del campo solar adecuado al consumo energético anual.
- Utilización de la energía solar tanto para sistemas de calefacción como para sistemas de frío, a través del uso de equipos de absorción.
- Localización de la planta de colectores solares cercana a los centros consumidores de calor, como industrias o polígonos industriales.
- Utilización de sistemas de acumulación adecuados a los patrones de consumo.



5.3.1.3. COGENERACIÓN

Como ya se ha indicado, la cogeneración es la producción simultánea de electricidad y calor (y/o frío) mediante el funcionamiento de una máquina térmica con el aprovechamiento de los calores residuales de los sistemas de producción eléctrica.

Dependiendo de la máquina de generación de la energía eléctrica, tenemos los siguientes tipos:

- **Cogeneración con turbina de gas:** la expansión de los gases de escape de la cámara de combustión en la turbina acciona un generador de electricidad. Es un sistema adecuado cuando existen elevadas demandas de calor.
- **Cogeneración con turbina de vapor:** la energía mecánica se produce por la expansión del vapor de alta presión procedente de una caldera convencional. Se utiliza en instalaciones que utilizan como combustible biomasa u otros residuos que se incineran.
- **Cogeneración con motor alternativo:** en este caso se transforma la energía del combustible en energía mecánica que, posteriormente, se convierte en energía eléctrica en el generador.
- **Trigeneración:** se basa en la producción conjunta de electricidad, calor y frío. Es una instalación similar a las anteriores a la que se añade un sistema de absorción para la producción de frío.
- **Cogeneración con turbinas o motores de biogás:** el uso de máquinas alimentadas con biogás es interesante solo en el caso de la existencia de un residuo de materia orgánica a tratar, como, por ejemplo, en vertederos o Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). Estas máquinas tienen un coste superior a las de gas natural y un mantenimiento más complejo.

Una de las principales diferencias entre el uso de sistemas con turbinas o con motores es el modo de recuperación del calor residual: en las turbinas existe una sola fuente que aporta calor, que son los gases de escape; en cambio, en los motores además se puede recuperar el calor que produce el sistema de refrigeración del motor.

Si la demanda de calor es elevada, es viable la utilización de turbinas de gas; en otros casos es más adecuado el uso de motores alternativos. Con motores alternativos se obtienen rendimientos eléctricos más elevados que con las turbinas, pero el aprovechamiento de la energía térmica es menor. Otra ventaja de los motores alternativos es su mayor flexibilidad de funcionamiento, lo que les permite responder de forma rápida a variaciones en la demanda.



5.3.1.4. MÁQUINAS ENFRIADORAS

Los sistemas de refrigeración centralizados utilizan máquinas enfriadoras de gran potencia que presentan un coeficiente de eficiencia energética bastante superior a las máquinas de poca potencia que se usan en instalaciones individuales.

La producción de frío en climatización se basa en los sistemas frigoríficos de cambio de fase.

Podemos distinguir dos categorías principales:

■ **Enfriadoras eléctricas**, utilizan un compresor mecánico accionado por un motor eléctrico para producir el efecto frigorífico por compresión mecánica del refrigerante.

- Podemos clasificarlas según el tipo de compresor:
- Enfriadoras con compresor alternativo (para potencias menores a 200 kW)
- Enfriadoras de tornillo (rango de potencia entre 200 y 700 kW)
- Enfriadoras centrífugas (altas potencias, encima de 700 kW)



■ **Enfriadoras térmicas**: son las denominadas máquinas de absorción que utilizan calor de alta temperatura como principal fuente de energía. Estos sistemas necesitan una pequeña cantidad de electricidad (solo para el funcionamiento de las bombas) en comparación con las máquinas de compresión mecánica; sin embargo, el coste de la inversión es muy superior. Dicho coste puede situarse entre 1.500 y 3.500 €/ kW de potencia (informe IDAE "Calor y frío renovables, observatorio tecnológico de la energía", febrero de 2012). Las enfriadoras por ciclos de absorción modernas más

eficaces utilizan agua como refrigerante y una solución de bromuro de litio (LiBr) como absorbente. El uso de absorbentes o generadores con varias etapas aumenta el rendimiento del sistema, pero también el coste de la inversión.

El rendimiento (COP) en los ciclos de absorción es muy bajo comparado con el de los ciclos de compresión mecánica. En máquinas de absorción con bromuro de litio de una etapa no superan valores del COP de 0,7 y en las de dos etapas se puede llegar a valores de 1,2. En cambio en enfriadoras eléctricas con compresores de tornillo y centrífugas se pueden alcanzar valores del COP entre 4,5 y 5,5.



La diferencia de inversión inicial por unidad de potencia instalada, así como de rendimiento entre ambos tipos de equipos es muy grande y haría inviable una instalación con máquinas de absorción frente a otra de compresión mecánica; pero la gran ventaja que presentan los equipos de absorción es que permiten el uso del calor residual o el procedente del uso de energías renovables (sin coste y, sobre todo, sin emisiones asociadas), con lo que se consigue que sea una tecnología competitiva.

Para grandes demandas es interesante el uso de sistemas híbridos, basados en la instalación de máquinas de absorción en serie o paralelo con máquinas de compresión mecánica sobre el

mismo circuito de agua. Estos sistemas utilizan los equipos de compresión mecánica para cubrir la demanda base o en horas valle y se apoyan en los equipos de absorción en las horas punta.

5.3.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN

Los sistemas de acumulación permiten dimensionar las centrales de un modo más ajustado a las necesidades, consiguiendo que funcionen durante más tiempo a plena carga y mejorando de esa forma el rendimiento energético de la instalación. Ofrecen la flexibilidad de generar calor en el momento óptimo, permitiendo, por ejemplo, desplazar la producción a las horas más ventajosas desde el punto de vista económico en sistemas de cogeneración o en el uso de enfriadoras eléctricas.

A continuación resumimos las **ventajas de disponer de sistemas de acumulación** en las redes de calor y frío:

- Optimiza la producción facilitando el ajuste con la demanda, consiguiendo una curva de producción más plana y disminuyendo el número de ciclos marcha/paro
- Reduce la potencia instalada en la central de generación
- Permite desplazar la producción a horas valle con el consiguiente ahorro económico
- Permite garantizar el nivel mínimo de suministro ante paradas de las máquinas
- Compensa las diferencias de caudal entre producción y demanda
- Facilita el aprovechamiento de energía procedente de energías renovables o de fuentes térmicas residuales

El objetivo principal de los sistemas de acumulación es compensar la diferencia entre la producción de calor en la central de generación y la demanda en los puntos de consumo asumiendo las variaciones instantáneas de consumo.

Como principal inconveniente cabe destacar la necesidad de disponer de espacio para los depósitos de acumulación y sistemas auxiliares.

Los sistemas de acumulación necesitan una gestión óptima, permitiendo ésta una reducción importante de los costes de operación de una red. Se pueden diferenciar tres tipos:

- Cubrir las puntas de demanda con la energía acumulada
- Aprovechar la acumulación en una franja horaria concreta, por ejemplo, en horas punta de mayor coste de la electricidad
- Aprovechar la acumulación a lo largo de todo el día para poner las máquinas de producción en funcionamiento en horas valle.

5.3.2.1. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE CALOR SENSIBLE

Estos sistemas se basan en la propiedad de cambiar la temperatura que presenta todo cuerpo. La relación entre el cambio de la energía térmica de un cuerpo y su temperatura es a lo que se denomina capacidad térmica y es una característica propia del medio de almacenamiento. El agua es el medio preferible para el almacenamiento de calor sensible, debido a que tiene una alta capacidad térmica, no es inflamable ni tóxico y es de fácil disponibilidad. Para almacenamiento de calor a temperatura superior a los 100°C hay que utilizar otros medios con un punto de ebullición mayor.

Los acumuladores son depósitos, normalmente de acero, capaces de soportar la misma presión que el resto de la red de distribución, con aislamiento térmico por el exterior, por ejemplo, con poliuretano extruido, donde se almacenan grandes cantidades de calor en forma de agua caliente.

Un criterio para elegir un acumulador es su capacidad de estratificación, que le permite que no se mezclen las capas de agua fría, en la parte inferior, con las de agua caliente, localizadas en la superior. La estratificación se favorece mediante una relación altura/forma de 2:1 o mediante el uso de columnas de estratificación para la carga de los acumuladores.

Para el almacenamiento térmico a altas temperaturas, generado principalmente en procesos industriales, es necesario utilizar líquidos estables con altos puntos de ebullición, como es el caso de los aceites térmicos.



Figura 2. Subcentral de almacenamiento.

Un criterio para elegir un acumulador es su capacidad de estratificación, que le permite que no se mezclen las capas de agua fría, en la parte inferior, con las de agua caliente, localizadas en la superior. La estratificación se favorece mediante una relación altura/forma de 2:1 o mediante el uso de columnas de estratificación para la carga de los acumuladores.

Para el almacenamiento térmico a altas temperaturas, generado principalmente en procesos industriales, es necesario utilizar líquidos estables con altos puntos de ebullición, como es el caso de los aceites térmicos.

5.3.2.2. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE CALOR LATENTE

Se basan en el proceso físico de que la energía térmica se carga y descarga a través del cambio de fase de un material (sólido a líquido o viceversa), lo que proporciona alta densidad de capacidad de almacenamiento, operando a temperaturas constantes.

Los materiales que aprovechan esta capacidad se denominan PCM (phase change materials) y se caracterizan por poseer un alto calor de fusión y un punto de transición de fase que se encuentra en el entorno de la temperatura de operación.

Los materiales de cambio de fase líquido-sólido más comunes en el rango de temperaturas 20 °C y 80 °C son las ceras de parafina, sales hidratadas, mezclas eutécticas y ácidos grasos.

5.3.2.3. SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE FRÍO

Se pueden encontrar varias tecnologías para la acumulación de energía frigorífica. Los sistemas más utilizados en redes urbanas de frío son:

■ Acumulación de agua fría

Es el sistema más simple, consistente en el almacenamiento de agua fría en tanques o depósitos. La temperatura mínima de almacenamiento es de 4°C, siendo la máxima la temperatura de retorno de la red de frío (entre 10 y 14°C).

Las principales características de este sistema son:

- No necesita máquinas enfriadoras especiales pues la temperatura del almacenamiento del agua ronda los 4°C
- Existe una conexión hidráulica directa entre el depósito y la red de frío, pues el fluido es el mismo en ambos circuitos
- El principal coste del sistema es la construcción del depósito
- La principal desventaja consiste en las grandes necesidades de espacio

La más importante instalación de este tipo en España es la de Districlima Zaragoza, con un depósito de almacenamiento de agua fría de 11.000 m³.

■ Acumulación de hielo mediante baterías

Consiste en la acumulación de hielo en la parte exterior de baterías de tubos, por los que circula agua glicolada, que se encuentran sumergidas en un tanque de agua.



Figura 3. Baterías de acumulación de hielo (Districlima)

Las características más destacadas de esta tecnología son:

- Se necesita máquinas frigoríficas de agua glicolada para trabajar a temperaturas negativas.
- La principal desventaja de estos sistemas es su coste y sus necesidades de espacio para accesorios como bombas e intercambiadores.

La instalación más importante con esta tecnología en España es la Central Tánger de Districlima en Barcelona.

■ Acumulación de hielo en bolas

En este caso, se acumula hielo en el interior de esferas sumergidas en tanques con agua glicolada. Las bolas contienen un fluido de cambio de fase que suele ser agua tratada.

La principal instalación de este tipo en España se encuentra en la red de frío del Centro Comercial Grancasa en Zaragoza.

En todos los casos se necesita disponer de depósitos de acumulación. Normalmente se utilizan depósitos metálicos en las instalaciones de menor tamaño y depósitos de obra civil para grandes instalaciones. El principal objetivo al diseñar un depósito consiste en asegurar la estanqueidad del mismo, especialmente en depósitos enterrados.

5.3.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es una red de tuberías aisladas que distribuye la energía térmica entre la central de generación y los usuarios.

La mayoría de las redes de calefacción urbana utiliza como fluido de trabajo el agua en estado líquido o vapor. Principalmente utilizan como fluido el agua caliente a una temperatura máxima de



Figura 4. Sección de una tubería de distribución Thermalflex

salida de 100°C a 110°C. La temperatura del agua de la tubería de retorno suele estar entre 20 y 60 °C por debajo, dependiendo del diseño de las unidades terminales situadas en los edificios. Se debe intentar trabajar con saltos térmicos lo más altos posibles, lo que da lugar a caudales más reducidos y se reduce de una forma importante la energía consumida por las bombas de los sistemas de distribución.

En Europa, las redes de distrito que usan agua caliente como fluido de energía están operando a temperaturas entre 90°C y 150°C, mientras que en EE.UU. son de mayor presión y temperaturas superiores, alrededor de los 170°C.

La temperatura de operación en las redes de frío depende del tipo de máquina generadora de frío utilizada:

- En las máquinas de compresión mecánica, la temperatura suministrada se encuentra entre 4°C y 7°C, siendo el salto térmico entre impulsión y retorno de 6°C.
- En las máquinas de absorción, la temperatura de impulsión es de aproximadamente 7°C y la temperatura de retorno se encuentra entre los 12°C y los 14°C.
- Agrupar las redes de distribución, en número y en disposición geográfica
- Utilizar el menor caudal posible, reduciendo la sección de las redes

En la fase de diseño es necesario tener en cuenta tres factores a la hora de dimensionar las tuberías de las redes de distribución:

■ **Material** utilizado: la elección dependerá de si la construcción es superficial o enterrada. Las tuberías de mayor tamaño suelen ser de acero al carbono y las de diámetro menores pueden utilizar materiales plásticos, como el polietileno reticulado.

■ La elección del **aislamiento** es un factor de gran importancia por la influencia que tiene en la eficiencia global del sistema. Según la revisión del estándar europeo para las tuberías preaisladas para calefacción de distrito, el valor lambda (λ) de conductividad térmica debe ser inferior a 0,029 W/(m·K).

■ **Tipo de construcción:** distribución enterrada o en superficie

Estos tres factores deben ser seleccionados en función de las condiciones de trabajo de la red (temperatura, caudal, etc.) y del ambiente exterior.

La tendencia actual es realizar instalaciones enterradas por razones visuales y de seguridad, pese a que el coste de inversión y de mantenimiento es más bajo en las instalaciones en superficie. Se suelen utilizar tuberías de acero negro preaisladas en fábrica con espuma de poliuretano. Todo el conjunto se suele cubrir con un armazón de polietileno que protege el aislamiento del ambiente exterior. Las tuberías suelen ir equipadas con un cableado detector de fugas de fluido.

En las redes de distribución es donde se producen las mayores pérdidas de rendimiento de este tipo de sistemas. Para reducir esas pérdidas energéticas se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Instalar unidades terminales de baja temperatura (suelo radiante, techo refrescante, etc.)
- Reducir la temperatura de la malla de retorno
- Reducir el número derivaciones a la central generadora
- Usar tuberías preaisladas
- Desarrollar, cuando sea posible, trazados de redes aprovechando zonas calefactadas.

Además de las tuberías, la red de distribución incorpora otros elementos necesarios para su buen funcionamiento y óptima operación: puntos fijos para el control de dilataciones, válvulas de seccionamiento preaisladas, purgadores de aire en puntos altos, puntos de descarga o vaciado en puntos bajos, elementos de dilatación, derivaciones para acometidas, arquetas, cruces con servicios existentes, filtros, medidores de presión y de temperatura, etc.



5.3.4. SISTEMAS DE BOMBEO

En las redes de calor y frío, para la regulación del caudal, se utilizan tres tipos de bombeo:

■ Bombeo primario/secundario

Consiste en la colocación de bombas en el secundario de los circuitos de distribución; esta técnica implica una regulación compleja y costosa energéticamente.

■ Bombeo distribuido

Utilizan bombas en cada subestación, de esta forma cada edificio conectado a la red funciona de forma independiente; también presenta la ventaja de la facilidad de realizar una ampliación en la red. Es el sistema más óptimo, con un consumo energético aproximadamente de un 20% menos que los sistemas de bombeo centralizados.

■ Bombeo centralizado

Consistente en un único conjunto de bombas para todo el sistema. El diseño es el más sencillo y con un coste de instalación más bajo. Este sistema requiere una regulación de caudal constante con válvulas de tres vías para controlar la temperatura. El control del caudal y de la temperatura del agua no se consigue fácilmente y puede dar lugar a problemas de equilibrado de la red. Otro problema de este tipo de diseño se encuentra en la dificultad en una ampliación futura de la red.



5.3.5. SUBESTACIONES O SISTEMAS DE USUARIO

La energía térmica producida en la central de generación se transporta por la red de distribución y, finalmente, llega al consumidor a través de las subestaciones situadas cerca de los puntos de consumo. En las subestaciones se adecuan la presión y temperatura de red a las condiciones de consumo.

Existen dos tipos de subestaciones:

■ **Subestaciones directas**, en las que el fluido del circuito de distribución circula a través del sistema de calefacción del edificio hasta los emisores.

■ **Subestaciones indirectas**, en las que la transferencia de calor se realiza a través de un intercambiador de calor, separándose los circuitos.

El tipo más habitual es el de subestaciones indirectas, cuya configuración presenta las siguientes **ventajas**:

- Permite la separación de fluidos a diferentes temperaturas y presiones y, por lo tanto, el riesgo de contaminación de la red de usuario es menor.
- Cualquier posible fuga queda restringida a su propio circuito.
- Los emisores, generalmente radiadores, no necesitan dimensionarse para presiones tan altas como en la red primaria.
- Menores riesgos de corrosión de los equipos finales.

Las principales desventajas son:

- Coste adicional del intercambiador de calor.
- Reducción de la temperatura de utilización.
- Pérdida de carga adicional debido a la superficie del intercambiador de calor.
- Pérdidas térmicas debidas al salto térmico en el intercambiador.

Las subestaciones pueden tener diferentes números de etapas; los diseños principales son los siguientes:

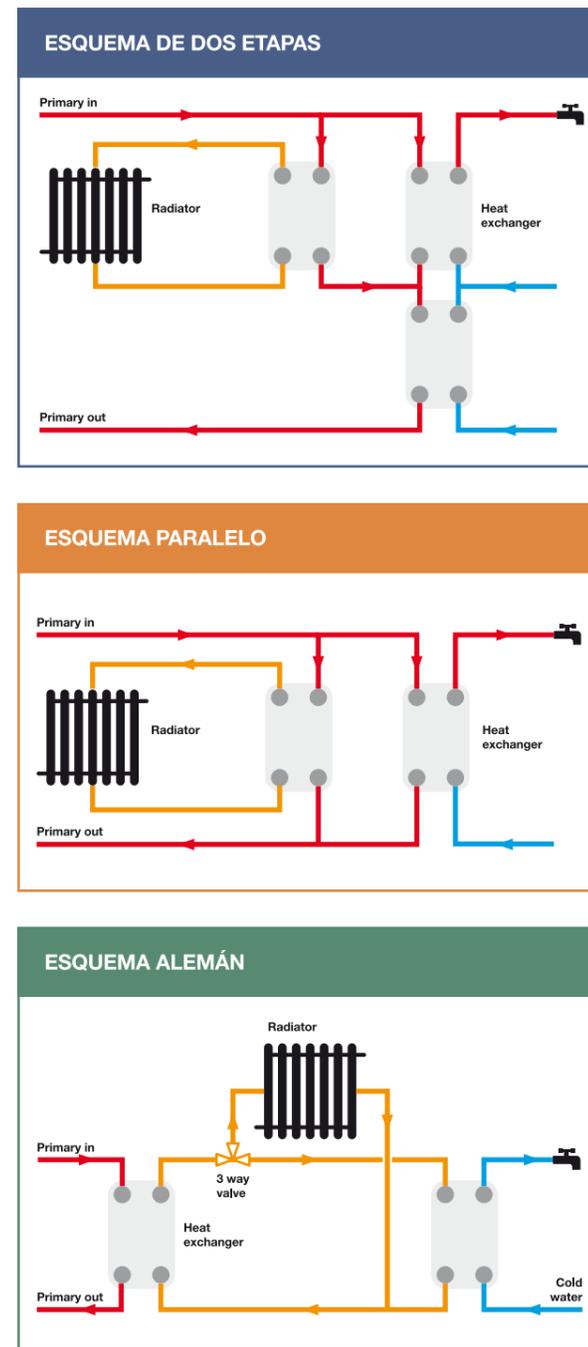


Figura 5. Diseños de subestaciones (Fuente SWEPE)

Tradicionalmente, las subestaciones de las redes de distrito se construían en configuración de dos etapas; sin embargo, se ha demostrado que la diferencia de eficacia entre las configuraciones paralelas y de dos etapas suele ser insignificante y, por lo tanto, se prefiere actualmente la configuración en paralelo por ser más sencilla, robusta y económica.

La configuración alemana es una variación de la configuración en paralelo, en la que los sistemas de radiador y agua corriente caliente están conectados. Esta configuración requiere más componentes y el sistema de agua corriente caliente suele estar equipado con un tanque acumulador, aunque no es necesario. La ventaja de este tipo de configuración es que la fatiga térmica del intercambiador de calor de agua corriente se reduce, ya que el circuito inmediato tiene una temperatura inferior a la del circuito primario.

En las subestaciones, además del intercambiador de calor, se encuentran los elementos de regulación y control y equipos de medición para la facturación de la energía térmica suministrada desde la red a cada usuario final.

Una relación de los mínimos componentes sería la siguiente:

- Válvulas de corte a la entrada y salida de cada instalación individual
- Contadores de energía homologados
- Válvulas de regulación de presión diferencial
- Válvulas de regulación de potencia
- Sistema de tratamiento de agua de los circuitos interiores
- Filtro tamiz
- Cuadro eléctrico y de control que incluye dispositivos de regulación y de comunicación con la central

5.4. REGULACIÓN DE LAS REDES DE DISTRITO

El objetivo principal de la regulación de las redes de calor urbanas consiste en ajustar la energía de generación con la demanda real

de la red en cada momento. Otra variable importante a regular es el control de las temperaturas de operación de impulsión y retorno, que suele realizarse en función de la temperatura exterior.

Para ajustar la potencia térmica suministrada a la demanda térmica existen varias técnicas de regulación de la distribución del fluido portador de calor:

- **Regulación del caudal:** la temperatura del agua se mantiene constante y se modifica el caudal en función de la demanda térmica. Es el tipo de regulación más utilizada debido a la rápida respuesta a variaciones en la demanda, gracias al uso de bombas de velocidad variable.
- **Regulación de la temperatura:** se mantiene constante el caudal en la red y se varía la temperatura a la que circula el fluido. Este sistema se usa poco por dos motivos:
 - La lenta respuesta de la central de generación a variaciones en la demanda térmica.
 - El riesgo de roturas y fugas en las tuberías provocadas por las tensiones que provocan las variaciones constantes de temperatura.
- **Regulación variable:** se realiza un control tanto en la temperatura de suministro como en el caudal.

Lo más habitual es una regulación de la temperatura de suministro estacional y una regulación de caudal instantánea.

5.5. GESTIÓN Y CONTROL DE LAS REDES DE DISTRITO

Un control computarizado y con una perfecta supervisión permite optimizar el funcionamiento de la red y aumenta la seguridad de operación de la misma. El control y monitorización de las instalaciones engloba los elementos propios de la central, como calderas, motores, compresores y sistemas auxiliares y, en algunos casos, las estaciones de regulación y medida de los puntos de consumo.

La supervisión regular de la presión y temperatura en las subestaciones es necesaria para un funcionamiento eficiente de las redes de distrito. Igualmente, se registran y envían alarmas sobre parámetros fuera de rango, como temperaturas excesivas.



Figura 6. Esquema de monitorización de DH Forum (Genelek)

En las subestaciones se instalan cuadros de control que envían a una estación central datos con todas las variables a controlar: información sobre temperaturas, niveles del agua, presión en los vasos de expansión, caudal en el circuito primario, etc. En redes de distrito de tamaño medio o grande suele haber una sala de control donde poder realizar un completo control de las instalaciones. Suelen incorporar sistemas automatizados basados en sistemas SCADA donde llegan las señales de entrada y salida de cada subsistema, equipo y subestación a controlar.

Estas aplicaciones tipo SCADA son diseñadas y programadas a medida y pueden registrar y mostrar información completa de las instalaciones:

- Gráficos de proceso y diagramas de planta
- Gráficos de históricos y en tiempo real de diferentes variables y señales
- Gestión de alarmas
- Gestión del mantenimiento de equipos

5.6. RESUMEN

En este capítulo se han descrito aspectos técnicos relaciones con las redes de climatización urbana.

En primer lugar, se ha realizado una **clasificación** de las mismas según diferentes aspectos: tipo de trazado, circuitos, sectores abastecidos y demanda cubierta.

A continuación se han enumerado **las diferentes fuentes de energía** utilizadas habitualmente en este tipo de sistemas, haciendo hincapié en la utilización de energías renovables y en el uso de energías residuales que permiten la viabilidad económica, energética y ambiental de este tipo de instalaciones.

También se ha realizado una descripción de los componentes principales de las redes de distrito: central de generación, sistemas de acumulación, red de tuberías de distribución y subestaciones de conexión con el usuario final.

La **central de generación** es el núcleo principal de una red de distrito y donde se genera la energía térmica que se distribuirá a los usuarios mediante la red de distribución.

También se han descrito brevemente los **equipos de generación** principales utilizados en este tipo de instalaciones: calderas de combustibles fósiles o biomasa, captadores solares, equipos de cogeneración y máquinas enfriadoras.

Entre el resto de componentes de una red de climatización de distrito cabe destacar los **sistemas de acumulación**, que permiten dimensionar las centrales de un modo más ajustado, consiguiendo que funcionen durante más tiempo a plena carga y, por lo tanto, mejorando el rendimiento del conjunto.

Otros componentes que se describen son las tuberías de distribución con sus características técnicas principales, los equipos de bombeo y las subestaciones de usuario.

Para finalizar, se han enumerado las técnicas de regulación para ajustar la potencia térmica suministrada a la demanda térmica existente, así como la gestión y control de las redes de climatización urbana.

6. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN URBANA

6.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

6.1.1. ANÁLISIS GLOBAL DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como ya se ha descrito, los sistemas de climatización urbana son sistemas orientados a suministrar de manera centralizada fluidos térmicos (fríos y/o calientes) a un conjunto de usuarios para satisfacer las necesidades de climatización (calefacción y/o refrigeración) de los edificios, así como de energía térmica en procesos industriales.

Para ello, la generación centralizada del calor o frío que luego se distribuirá a los usuarios recoge una serie de inputs energéticos que en su más amplia consideración podrá integrar fuentes de energía renovables (biomasa, solar térmica o geotermia), calores residuales procedentes de procesos industriales, incineración de residuos, combustibles fósiles o electricidad en centrales de frío.

En el caso de la cogeneración/ trigeneración el input será doble: por un lado la energía térmica (calor o frío mediante absorción) y, por otro lado, la energía eléctrica vertida a la red, como input "negativo".

Es comprensible que el factor clave en la eficiencia energética de los sistemas de climatización de distrito es la incorporación de inputs en forma de energías residuales y renovables, que de otro modo se desaprovecharían, ya que a nivel de usuarios (edificios) individuales sería inviable su aprovechamiento.

Una aproximación habitual para la medida de la eficiencia energética en estos sistemas, y su comparación respecto a sistemas convencionales, es el denominado "factor de recurso primario" (PRF por sus siglas en inglés Primary Resource Factor), que se expone a continuación.

6.1.1.1. ENERGÍA PRIMARIA Y PRF

El concepto de energía primaria se refiere a la energía que no ha sido sometida a ningún proceso de transformación o conversión (por ejemplo, el petróleo en sus derivados o los combustibles fósiles en electricidad). Dicha energía primaria puede ser, a su vez, tanto renovable como no renovable.

El factor de recurso primario (PRF) se define como un ratio entre la energía no renovable consumida por el edificio sobre la energía final suministrada al mismo.

Así, dicho factor representa el suministro energético excluyendo el componente renovable de la energía primaria suministrada y permite medir los ahorros y las pérdidas del sistema desde la generación hasta el suministro al usuario.

El factor PRF permite ver los beneficios del uso conjunto de todas las fuentes de energía, incluyendo aquellas residuales que se desaprovecharían si no se utilizaran como input en la red de climatización, bien por ser renovables, bien por ser residuales. De esta manera, podemos comparar adecuadamente el suministro energético a través de un sistema DHC frente a sistemas convencionales.

6.1.1.2. PRF DE LAS DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA

Para poder llegar a calcular el factor de recurso primario PRF en una red de climatización de distrito es necesario fijar primero dicho factor para las diferentes fuentes energéticas:

| FUENTE | PRF | FUENTE | PRF |
|----------------|------|-----------------------|------|
| Lignito | 1,30 | Biomasa | 0,10 |
| Antracita | 1,20 | Biogás | 0,00 |
| Petróleo | 1,10 | Refrigeración natural | 0,00 |
| Gas Natural | 1,10 | Electricidad (Europa) | 2,5 |
| Calor residual | 0,05 | | |

Tabla 1. Factor PRF de diferentes fuentes de energía. Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system.

El criterio para el establecimiento de dichos valores se detalla a continuación:

■ **Electricidad.** Se ha fijado así de manera consistente con la legislación europea. El valor de 2,5 corresponde a un rendimiento medio del proceso de producción de electricidad del 40%.

■ **Combustibles fósiles (lignito, antracita, petróleo o gas natural).** Los diferentes valores, siempre por encima de la unidad, están justificados por las pérdidas desde la extracción al suministro al usuario final (extracción, transporte, licuado, regasificación, etc.).

■ **Calores residuales.** Su valor es prácticamente cero ya que de otro modo se desaprovecharían. Se puede considerar un pequeño ratio de 0,05 por las pérdidas en la recuperación de los mismos.

■ **Biomasa.** Aunque sería cero, el factor 0,10 refleja el gasto energético incurrido en la recogida y el transporte de la misma.

■ **Biogás** procedente de la digestión anaerobia de residuos. Se ha considerado cero en este caso.

■ **Refrigeración natural** a partir de aguas profundas de lagos o mares. Se ha considerado cero también.

6.1.1.3. CÁLCULO DEL FACTOR PRF EN SISTEMAS CLIMATIZACIÓN URBANA

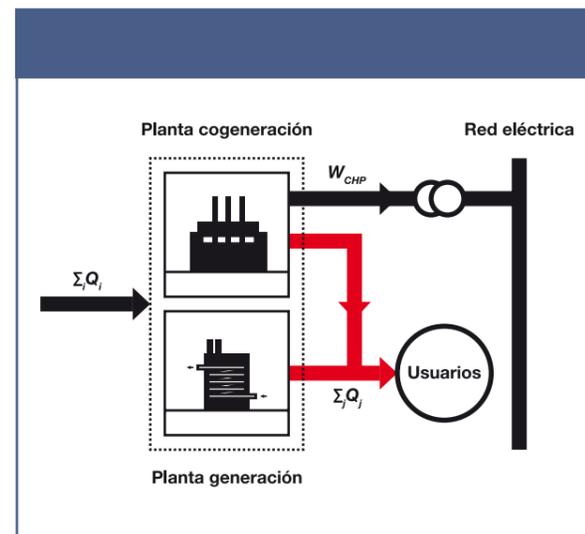
Un sistema de calefacción de distrito puede dividirse en dos grandes sistemas que, a su vez, presentan varios subsistemas desde el punto de vista de los flujos energéticos:

- **Fuera del edificio**
 - Central generadora /cogeneradora
 - Red de distribución de calor

- **Dentro del edificio**
 - Subestación
 - Almacenamiento
 - Distribución
 - Emisores

Para el estudio que nos ocupa, se analizará únicamente el subsistema de “Fuera del edificio”, hasta los límites del mismo (subestación). Esto nos permitirá comparar el sistema de calefacción centralizado con los sistemas convencionales, ya que “de puertas para dentro” el sistema es idéntico (la subestación equivale a sistema generador individual del edificio, por ejemplo, la caldera).

Podemos representar el sistema de la siguiente manera:



El factor de recurso primario, PRF, del sistema global vendrá dado por el cociente entre los inputs de energía, ponderados por su propio factor PRF, dividido entre la suma de los requerimientos energéticos de los edificios, medidos en el primario de las subestaciones.

De este modo, la utilización de fuentes de energía con un bajo PRF o la incorporación de sistemas de cogeneración (input negativo de la energía eléctrica) hacen que el factor total de la instalación sea más bajo que en el caso de las instalaciones convencionales.

$$PRF_{DH} = \frac{\sum_i Q_i \cdot PRF_i - W_{CHP} \cdot PRF_{elt}}{\sum_j Q_j}$$

- Q_i - Energías aportadas por cada una de las fuentes de generación
- PRF_i - factor PRF de cada una de dichas energías
- W_{CHP} - energía eléctrica aportada a la red (input negativo)
- PRF_{elt} - factor PRF de la electricidad concreto en base al tipo de cogeneración de la planta.
- Q_j - energías demandadas por los edificios abastecidos

El consumo energético de instalaciones auxiliares (por ejemplo de las bombas) está ya considerado en el balance anterior, ya que la energía eléctrica vertida a la red se ha considerado energía neta, es decir, una vez descontado el consumo. Lógicamente, en caso de no haber generación eléctrica mediante cogeneración habría que considerar la energía de los sistemas auxiliares como un input más con su correspondiente factor PRF ponderador.

El valor del factor PRF hay que calcularlo a lo largo de un año completo, ya que las necesidades de frío y calor varían a lo largo de éste y con él los inputs y su ponderación.

El significado de un factor PRF menor que uno significa que el consumo total de energía no renovable es menor que la energía transferida al edificio. Un valor mayor que uno expresará un uso mayoritario de energías fósiles en el abastecimiento de frío y calor a los edificios.

Algunos de los sistemas de climatización de distrito más eficientes presentan valores muy cercanos a cero. Esto significa que el calentamiento y la refrigeración del edificio no está consumiendo energías no renovables.

Se detallan a continuación una serie de valores típicos de factor PRF en distintos sistemas DHC y en sistemas convencionales.

| CALEFACCIÓN DE DISTRITO | PRF | SISTEMA CONVENCIONAL | PRF |
|--------------------------|------|----------------------|-----|
| Cogeneración a Gas | 0,5 | Caldera a gas | 1,3 |
| Cogeneración a carbón | 0,8 | Caldera de carbón | 1,5 |
| Biomasa | 0,1 | Caldera de Fuel | 1,3 |
| Incineración de residuos | 0,05 | Efecto Joule | 2,5 |
| Fuel | 1,3 | Bomba de calor | 0,9 |

Tabla 2. Factor PRF en distintos sistemas de calefacción. Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system

El caso de la refrigeración de distrito es muy similar. La alternativa a nivel individual es la refrigeración eléctrica a través de ciclo frigorífico convencional. En este caso el PRF promedio es más del doble comparado con los sistemas más eficientes de refrigeración centralizada.

| REFRIGERACIÓN DE DISTRITO | PRF | SISTEMA CONVENCIONAL | PRF |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|
| Free Cooling | 0,07 | | |
| Absorción | 1,3 x PRF calor usado | Ciclo frigorífico eléctrico | 1,0 / 2,0 |
| Bomba de calor | 0,8 | | |

Tabla 3. Factor PRF en distintos sistemas de refrigeración Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system

6.1.2. FACTORES DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

A continuación se describen brevemente los principales factores de mejora de la eficiencia energética en las instalaciones de climatización de distrito frente a los sistemas convencionales.

6.1.2.1. CENTRALIZACIÓN EN LA GENERACIÓN

El hecho de centralizar la generación lleva aparejada una notable mejora de la eficiencia en el proceso mismo, compensando con creces las pérdidas que se producen en la distribución. La mejora se debe tanto a la utilización de equipos más eficientes, como a una mejor operación y mantenimiento de las plantas. Para hacerse una idea de la mejora aparejada por la centralización, a continuación se desarrolla un ejemplo de cálculo de ahorros.

Se trataría de un edificio suministrado de manera individual de calor y frío, en una proporción de energía final de 80% (gas natural para calefacción y ACS), y 20% (energía eléctrica para refrigeración).

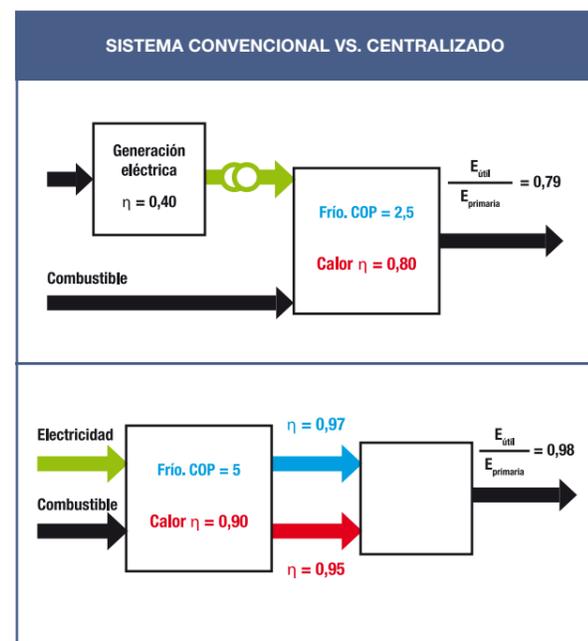
La instalación de producción de calor tendría un rendimiento de un 80%. Además, consideraríamos unas pérdidas del 5% en la transformación y distribución del combustible fósil desde el origen. En el caso de la refrigeración, para pasar la energía útil a energía primaria, consideraríamos un rendimiento en refrigeración (EER) de 2,5. La energía eléctrica empleada en dicha refrigeración tendría un 5% de pérdidas en el transporte y distribución, siendo generada a partir de fuentes fósiles con un 40% de rendimiento.

Si consideramos el mismo edificio abastecido por una red de climatización de distrito, con el mismo tipo de suministro energético (gas natural para la generación de calor y energía eléctrica para generación de frío), los parámetros para el cálculo de la energía primaria en origen pasarían a ser los siguientes: mejoraría el rendimiento en la generación al utilizar máquinas mucho mayores y de tecnologías más eficientes, pasando a unos valores de rendimiento del 90% (calor) y EER de 5 (frío). Habría unas pérdidas térmicas en la red de distribución de 5%

en calor y 3% en frío. La generación y distribución de electricidad y el suministro de combustible a la central de generación sería el mismo que en el supuesto anterior.

De este modo, observaríamos que la relación entre la energía térmica útil demandada por el edificio y la energía primaria en origen disminuiría en un 17%.

| SISTEMA CONVENCIONAL | SISTEMA DHC |
|---|---|
| Demanda frío eléctrico 30% energía final total | |
| Demanda calor 70% energía final total | |
| Rendimiento caldera: 80% | Rendimiento caldera: 90% |
| EER refrigeración: 2,5 | COP refrigeración: 5 |
| Pérdidas distribución: 5% | Pérdidas distribución calor: 5% |
| Rendimiento producción eléctrica: 40% | Pérdidas distribución frío: 3% |
| Relación Energía térmica útil / Energía primaria: 80,8% | Relación Energía térmica útil / Energía primaria: 97,6% |
| Disminución de energía primaria necesaria: 17,2% | |



6.1.2.2. UTILIZACIÓN DE COGENERACIÓN

En la generación convencional, una parte importante de la energía del proceso de combustión se pierde, disipándose al ambiente a través de los gases de combustión, incluso en los procesos más eficientes de ciclo combinado. En los diagramas siguientes se puede ver la comparación entre un sistema convencional de producción de electricidad y de calor por separado, y de un sistema equivalente de cogeneración en una instalación de climatización urbana.

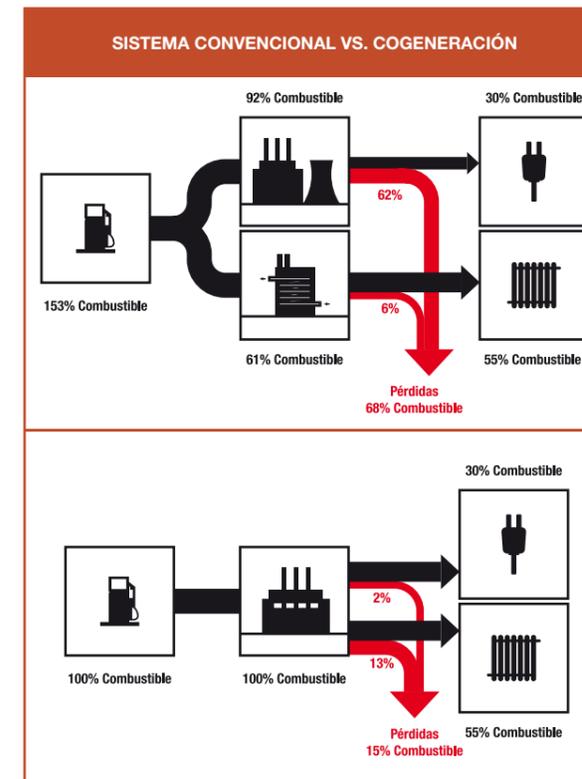


Figura 7. Sistema de cogeneración. Fuente: Ente Vasco de la Energía

Como se ve en el diagrama, la disminución de energía primaria en la cogeneración puede llegar a superar el 30% frente a los sistemas convencionales.

6.1.2.3. APROVECHAMIENTO DE CALORES RESIDUALES

El calor residual provendrá normalmente de procesos industriales en los que, en su estado final, no es posible su aprovechamiento (por ejemplo tras la producción de energía eléctrica) y, por lo tanto, debería ser disipado al ambiente. Las tipologías más frecuentes son: metalurgia, papelera y química. Otra fuente frecuente de calores residuales son las plantas de incineración de residuos municipales.

6.1.2.4. ALMACENAMIENTO DE CALOR Y FRÍO

El almacenamiento energético constituye otro elemento que contribuye a la eficiencia energética de las instalaciones de climatización urbana. En el caso del frío, generándolo en horas de menor demanda (que además coinciden normalmente con períodos de costes de generación eléctricos mucho más económicos), acumulándolo en forma de agua fría o de hielo, para luego aprovecharlo en las horas de mayor demanda.

En el caso del calor, el almacenamiento se hace en forma de agua caliente. De esta manera se puede almacenar energía de recursos discontinuos como la energía solar térmica, para utilizarla en horas en las que no hay generación. También se puede utilizar para aplanar las curvas de carga, minimizando las inversiones en generación y haciendo trabajar a los sistemas de manera más eficiente.

6.1.2.5. USO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Como se ha descrito anteriormente, los beneficios de las energías renovables se traducen en una disminución de las emisiones de CO₂ al sustituir a los combustibles fósiles. Utilizan además recursos cuyo coste es normalmente mucho más reducido que aquellos, y que además se generan o se disponen localmente con las numerosas ventajas que ello conlleva.

Todas las energías térmicas se pueden utilizar tanto para producción de calor como para producción de frío mediante máquinas de absorción. De esta manera se incrementa notablemente las horas de utilización anuales, con la mejora de rentabilidad de las inversiones que esto conlleva.

6.1.3. POTENCIAL DE MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AMBIENTAL GLOBAL

Se ha querido finalizar este apartado haciendo un análisis de reducción potencial de emisiones de gases de efecto invernadero en base a diferentes grados de penetración de las redes de climatización urbana en España.

A partir de los datos reales de consumo de energía final de los sectores doméstico y servicios, se analiza el potencial de reducción en emisiones de gases de efecto invernadero que supondría si aumentara el número de usuarios de redes de climatización urbana y, por consiguiente, se sustituyera el consumo actual de combustibles fósiles de los equipos de climatización (calefacción y aire acondicionado) y de agua caliente sanitaria por sistemas alimentados con fuentes renovables o aprovechando el calor residual.

En el gráfico siguiente se puede ver la distribución de consumos de energía final en los edificios, tanto en el sector residencial como en el sector servicios. Si totalizamos los consumos que son potencialmente utilizables por los sistemas de climatización de distrito (calefacción, ACS y aire acondicionado), tenemos un total de 17.197 ktep (18,4% del consumo total de energía final en España).

Distribución de consumos sector edificación 2010 (ktep)

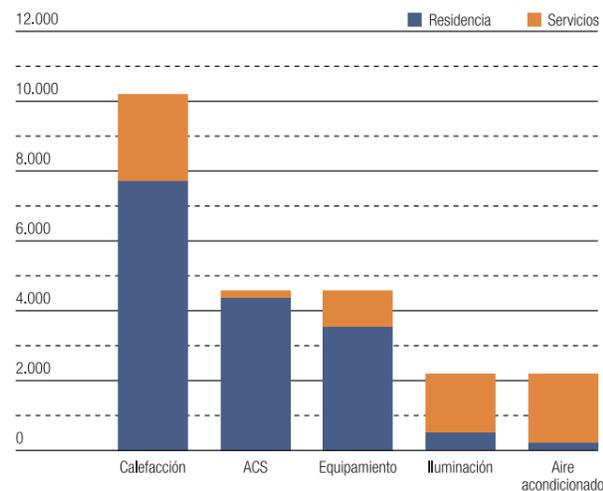


Figura 8. Distribución de consumos sector edificación. Fuente: IDAE

Para dicho cálculo se han considerado los siguientes escenarios:

1. Penetración de la calefacción centralizada del 10% en el consumo de calor
2. Penetración de la calefacción centralizada del 25% en el consumo de calor.
3. Penetración de la refrigeración centralizada del 10% del consumo de frío.
4. Penetración de la refrigeración centralizada del 25% del consumo de frío.

Y se han usado los siguientes factores de emisión en punto de consumo:

| FUENTE ENERGÉTICA | EMISIONES TCO ₂ /TEP |
|---------------------------|---------------------------------|
| Carbón | 4,16 |
| GLP | 2,72 |
| Combustibles Líquidos | 3,06 |
| Gas Natural | 2,34 |
| Electricidad Baja tensión | 2,72 |
| Biomasa | NEUTRO |
| Solar | NEUTRO |
| Geotermia | NEUTRO |

Tabla 4. Factores de emisión de CO₂ en punto de consumo. Fuente: IDAE/MIyC Factores de conversión Energía Final- Energía Primaria y Factores de emisión de CO₂ - 2010. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_\(2010\)_931cce1e.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_(2010)_931cce1e.pdf)

Aplicando dichos escenarios de penetración de las instalaciones de climatización urbana centralizada, se obtiene que:

Para el sector doméstico, cuyo consumo actual de energía final en los edificios se distribuye, por usos, de la siguiente forma: calefacción (47%), agua caliente sanitaria (27,4%), equipamiento (20,6%), iluminación (3,9%) y aire acondicionado (1,1%), se observa que dicha penetración reduciría el total actual de emisiones de CO₂ debidas al consumo energético de la calefacción, aire acondicionado y ACS de 27,2MtCO₂ hasta el los 21,7 MtCO₂ en el caso de la penetración en el consumo de calor de un 25%.

Reducción emisiones de CO₂ en el Sector Doméstico debido a la penetración de las redes de distrito (diferentes escenarios)

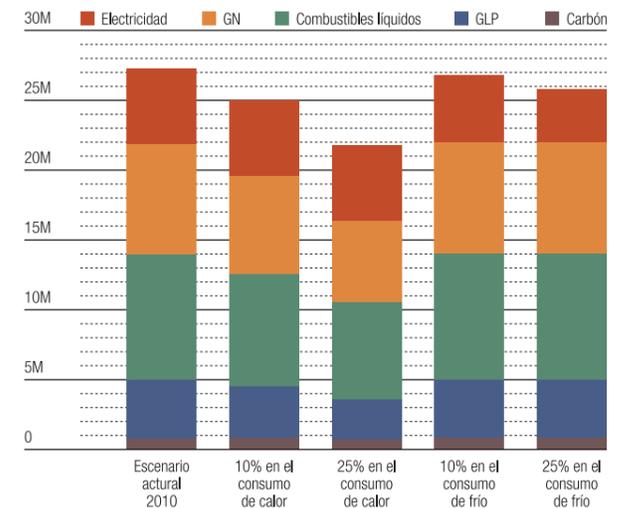


Figura 9.Reducción de emisiones CO₂ sector doméstico

| SECTOR RESIDENCIAL | tCO ₂ /tep | ktep | tCO ₂ | Penetración de DH del 10% en el consumo de Calor | Penetración de DH del 25% en el consumo de Calor | Penetración de DC del 10% del consumo de Frío | Penetración de DC del 25% del consumo de Frío |
|--|-----------------------|---------------|-------------------|--|--|---|---|
| Carbón | 4,16 | 205 | 851.455 | 766.309 | 638.591 | 851.455 | 851.455 |
| GLP | 2,72 | 1.590 | 4.325.616 | 3.893.054 | 3.244.212 | 4.325.616 | 4.325.616 |
| Combustibles Líquidos | 3,06 | 2.863 | 8.761.923 | 7.885.731 | 6.571.442 | 8.761.923 | 8.761.923 |
| GN | 2,34 | 3.384 | 7.917.591 | 7.125.832 | 5.938.193 | 7.917.591 | 7.917.591 |
| Electricidad Baja tensión | 2,72 | 1.969 | 5.356.521 | 5.356.521 | 5.356.521 | 4.820.868 | 4.017.390 |
| Renovables | 0 | 2.353 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL SECTOR RESIDENCIAL | | 12.365 | 27.213.105 | 25.027.446 | 21.748.959 | 26.677.453 | 25.873.974 |
| REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ | | | | 2.185.658 | 5.464.146 | 535.652 | 1.339.130 |
| % REDUCCIÓN GLOBAL DE EMISIONES DE CO ₂ (CALEFACCIÓN, ACS Y FRÍO) | | | | 8% | 20% | 2% | 5% |

Tabla 5. Reducción de emisiones por DHC Sector doméstico. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDAE; Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética de España; Informe anual de consumos energéticos. 3ª Edición. Diciembre 2011. Factores de conversión Energía Final- Energía Primaria y Factores de emisión de CO₂ - 2010

Por lo que respecta a los edificios del sector servicios, la distribución es diferente: calefacción (31,1%), aire acondicionado (26,2%), iluminación (22%), equipamiento (17,3%) y agua caliente sanitaria (3,3%). Por lo tanto, la penetración tendrá más efecto en la sustitución de los equipos de frío que en el caso del sector doméstico. Así, el mejor escenario en cuanto a reducción de las emisiones de CO₂ es el escenario de penetración en el consumo de frío de un 10%, en cuyo caso las emisiones se reducirían en casi un 18%, pasando de 13 MtCO₂ a 10,7 MtCO₂.

Reducción emisiones de CO₂ en el Sector Servicios debido a la penetración de las redes de distrito (diferentes escenarios)

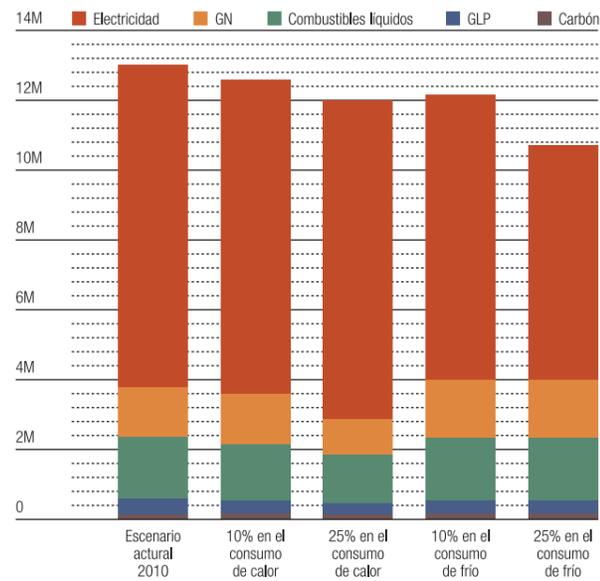


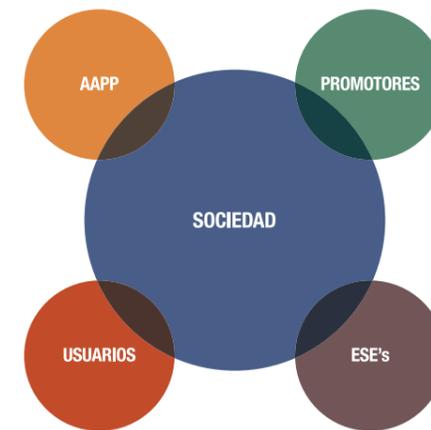
Figura 10. Reducción de emisiones CO₂ sector servicios

| SECTOR RESIDENCIAL | tCO ₂ /tep | ktep | tCO ₂ | Penetración de DH del 10% en el consumo de Calor | Penetración de DH del 25% en el consumo de Calor | Penetración de DC del 10% del consumo de Frío | Penetración de DC del 25% del consumo de Frío |
|--|-----------------------|-------------------|-------------------|--|--|---|---|
| Carbón | 4,16 | 55 | 227.302 | 204.572 | 170.477 | 227.302 | 227.302 |
| GLP | 2,72 | 135 | 367.200 | 330.480 | 275.400 | 367.200 | 367.200 |
| Combustibles Líquidos | 3,06 | 574 | 1.755.583 | 1.580.025 | 1.316.687 | 1.755.583 | 1.755.583 |
| GN | 2,34 | 656 | 1.534.291 | 1.380.862 | 1.150.718 | 1.534.291 | 1.534.291 |
| Electricidad Baja tensión | 2,72 | 3.357 | 9.130.278 | 9.130.278 | 9.130.278 | 8.217.251 | 6.847.709 |
| Renovables | 0 | 56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL SECTOR RESIDENCIAL | 4.832 | 13.014.655 | 12.626.218 | 12.043.561 | 12.101.627 | 12.101.627 | 10.732.086 |
| REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO ₂ | | | | 388.438 | 971.094 | 913.028 | 2.282.570 |
| % REDUCCIÓN GLOBAL DE EMISIONES DE CO ₂ (CALEFACCIÓN, ACS Y FRÍO) | | | | 3% | 7% | 7% | 18% |

Tabla 6. Reducción de emisiones por DHC Sector servicios.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDAE:
Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. 2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética de España;
Informe anual de consumos energéticos. 3ª Edición. Diciembre 2011.
Factores de conversión Energía Final- Energía Primaria y Factores de emisión de CO₂ - 2010

6.2. BENEFICIOS DE LAS REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA

Los beneficios de la implantación de redes de climatización urbana son múltiples y no se ciñen a los usuarios de las mismas, sino que afectan a numerosos actores que a su vez están interrelacionados entre sí: las Administraciones Públicas, los promotores inmobiliarios, las empresas de servicios energéticos e, incluso, a la sociedad en su conjunto. Así, muchos de los beneficios de la climatización urbana se trasladan de unos a otros.



6.2.1. BENEFICIOS PARA LA SOCIEDAD EN SU CONJUNTO

La implantación de redes de climatización centralizada frente a sistemas convencionales de climatización individual otorga una serie de beneficios a la sociedad en diversos ámbitos: ambiental, salubridad y seguridad, económico y estratégico, estético y arquitectónico, social, etc., que se enumeran a continuación.

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), producida de tres formas diferentes:

- a) Menor **emisión de CO₂**. Se debe a su vez a dos factores:
 - Mayor **eficiencia energética** que las instalaciones a las que sustituye, en base a unos mayores rendimientos por escalado

principalmente en la generación, así como por una mejor operación y mantenimiento de las instalaciones.

- Utilización de energías **renovables** en la generación o integración de **calores residuales** en la misma, que de otro modo se desaprovecharían disipándose en el ambiente.
- b) Reducción drástica de **pérdidas de gases refrigerantes** de elevado efecto invernadero en los sistemas de refrigeración.
- c) Reducción de las **emisiones de metano** (elevado factor invernadero) por la putrefacción de los residuos forestales, urbanos, etc. que se pueden aprovechar en las instalaciones de climatización urbana.

Reducción de la contaminación urbana (NO_x, SO_x y materia particulada principalmente) frente a la generación distribuida por varios motivos:

- Instalaciones de generación más modernas con sistemas de **control de la contaminación** de alta tecnología que sería imposible instalar en sistemas de calefacción a nivel vivienda o edificio individual.
- Mejor **mantenimiento**.
- Plantas de **generación relativamente alejadas** de los núcleos urbanos y con sistemas de chimeneas que facilitan que el aire sobre la población esté limpio.

Reducción del consumo de energía primaria por la mayor eficiencia de los sistemas de climatización de distrito en un contexto de escasez de energía a nivel global.

Reducción del consumo de agua y productos químicos en las torres de enfriamiento.

Aprovechamiento de recursos locales valorizables o energías gratuitas que con otros sistemas no sería posible aprovecharlas o lo sería en mucha menor medida. Entre ellos:

- Biomasa, residuos municipales, restos de poda, lodos de depuradora, etc.
- Energía solar térmica como fuente renovable para la producción tanto de frío como de calor.

- Calores residuales de procesos o instalaciones externas.
 - Energía térmica del subsuelo (geotermia)
 - Agua de lagos/mar como fuente de refrigeración natural.
 - Cogeneración/trigeneración a gran escala. Hay que tener en cuenta que los sistemas de cogeneración a gran escala presentan con frecuencia rendimientos globales por encima del 90%.
- **Disminución de la dependencia energética exterior** por la utilización de recursos energéticos locales, con los beneficios, tanto estratégicos (país), como económicos, que esto lleva asociado.
 - **Reducción parcial del denominado efecto “isla térmica urbana”** provocado, entre otros, por los sistemas de refrigeración en los edificios.
 - **Eliminación de riesgos sanitarios** por legionelosis, al desaparecer las torres de refrigeración del entorno urbano.
 - **Eliminación de tránsito de camiones** suministradores de combustible por los centros de las zonas urbanas.
 - **Reducción de riesgos de incendio en los bosques** cuyos residuos forestales abastecen a las plantas de generación.
 - **Mejora del entorno arquitectónico** al desaparecer las unidades exteriores de refrigeración de las fachadas y azoteas.
 - **Respeto a la integridad arquitectónica de los edificios** históricos que de otro modo no podrían incorporar soluciones eficientes en instalaciones de climatización.
 - **Posible solución del suministro energético a inquilinos socialmente desfavorecidos** que no podrían hacer frente a las necesidades de calor por los métodos de suministro convencionales.

- **Generación de empleo y actividad local:**
 - Actividad ligada a la construcción, operación y mantenimiento de las plantas.
 - Actividad ligada a los recursos valorizados, principalmente biomasa:
 - a) Explotación forestal y limpieza de bosques
 - b) Cultivos energéticos (agrícolas o forestales)
 - c) Aprovechamiento de residuos de la producción agrícola
 - d) Aprovechamiento de otros residuos (residuos municipales, lodos de depuradora, residuos industriales, etc.).
- **Competitividad e innovación tecnológica.** Las tecnologías utilizadas en los sistemas de climatización urbana están a la cabeza de la innovación dentro del sector de la climatización en general. En este sentido, Europa, y en especial Europa del Norte y Central, son los más avanzados a nivel mundial. Debido a las elevadas necesidades de inversión, la implantación de estas redes fomenta la competitividad y la eficiencia en todos los ámbitos: fabricación de sistemas, explotación de redes, etc.
- **Contribución a la concienciación ambiental** ciudadana.

6.2.2. BENEFICIOS PARA LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Las Administraciones Públicas (y en concreto los Gobiernos Locales) son, en la mayor parte de los casos, las promotoras de las redes de climatización urbana y, como tales, obtienen también una serie de beneficios.

- **Mejora de la marca de ciudad.** Debido a la sostenibilidad y a la gran visibilidad de este tipo de instalaciones, la marca de la ciudad se ve asociada a valores de prestigio ambiental. En muchos casos, estas actuaciones forman parte o incluso sirven de impulso para actuaciones globales en materia de sostenibilidad, como las Agendas 21 y, más recientemente, el Pacto de los Alcaldes.

- **Aumento de la calidad y el valor del espacio urbano** desde el punto de vista de la responsabilidad municipal: menor contaminación, mejor estética, incremento de la salubridad, etc. Surge así el concepto de “ecobarrios” en los nuevos desarrollos urbanos.
- **Contribución** al cumplimiento de las exigencias normativas ambientales (Directiva 2008/50/CE y Real Decreto 102/2011) a través de la reducción de emisiones contaminantes asociada a las instalaciones de climatización urbana.
- **Valorización de recursos** que, en muchos casos, son de titularidad municipal: biomasa forestal, residuos municipales, lodos de depuradora, etc., y que, por tanto, van a generar ingresos recurrentes durante períodos de tiempo muy largos.
- **Ingresos fiscales** generados por la nueva actividad económica, tanto en la construcción como en la operación de la instalación (impuestos de construcción, licencia de actividad, etc.)
- Posibilidad de acceder a **financiación y ayudas** nacionales y europeas para facilitar el desarrollo de este tipo de infraestructuras.

Además, la propia Administración Pública es, en muchos casos, el **principal usuario** (o incluso el único) de las redes, ya que habitualmente nacen para suministrar energía a una serie de edificios de titularidad pública, especialmente las redes de menor tamaño. De este modo, se hace partícipe a los usuarios de las redes de climatización urbana de todos los beneficios que aportan.

6.2.3. BENEFICIOS PARA LOS USUARIOS

Los usuarios (titulares e inquilinos) de los edificios y viviendas conectados a la red de distrito percibirán los siguientes beneficios:

- **Ahorro de coste energético unitario**, tanto por la mayor eficiencia de estos sistemas respecto a los convencionales, como por las economías de escala.
- En la gráfica que se muestra a continuación se puede observar la evolución histórica de los costes energéticos unitarios promedio para el usuario en el mercado alemán para calefacción (mercado con gran desarrollo de los sistemas de calefacción urbana). Se observa que, en cualquier caso, los costes son inferiores al gas natural o al gasóleo como fuentes alternativas.

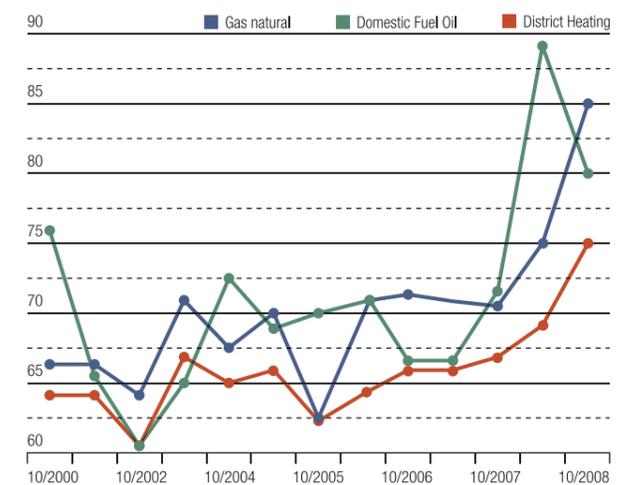


Figura 11. Evolución de costes de combustible para calefacción en Alemania. Fuente original: Source AGFW; Heat demand 160 kW, 288 MWh annual consumption; Source fuel costs: Domestic fuel oil - Federal Statistical Office; Fachserie 17/2, Natural Gas - Wibera (natural gas price comparison list) District heating - Wibera (weighted district heating costs). A través de Euro Heat and Power.

- **Externalización del suministro energético como servicio energético global.** Traspaso de gran parte de los riesgos al suministrador del servicio y desaparición de los denominados costes ocultos por averías o reinversión.
- **Reducción del riesgo de precio** para el usuario por la disminución de los combustibles fósiles en el mix de energía primaria suministrada, al ser sustituida, en mayor o menor medida, por fuentes renovables.

En la gráfica siguiente se muestra la evolución a más largo plazo de diversas fuentes energéticas en el mercado austríaco, tomando como base los costes en el año 1970. En ella se puede ver que la evolución más suave es la de la energía suministrada a través de DH.

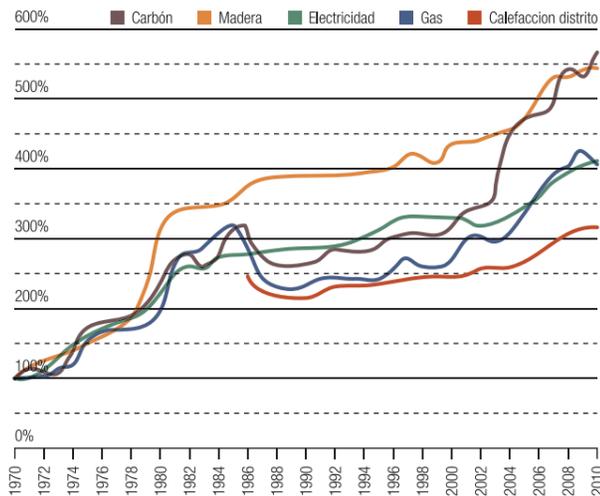


Figura 12. Fuente: Source Statistic Austria; basada en cálculos realizados por la Agencia Austríaca de la Energía

- **Inexistencia de reinversiones** en equipos de **generación** térmica una vez finalizada su vida útil. La explotadora de la central de producción será la encargada de disponer siempre de equipos modernos, eficientes y en perfecto estado de uso.
- **Reducción de la gestión** asociada a la operación y mantenimiento de las instalaciones térmicas, ya que, en muchos casos, las instalaciones de generación centralizadas son gestionadas por empresas de servicios energéticos.
- **Reducción de costes de mantenimiento.** En cualquier caso, desaparece para el usuario el mantenimiento como coste individual. Aparece el concepto de venta de la energía útil "todo incluido" como prestación del contrato de servicios energéticos.

- **Disminución de la no disponibilidad** por averías. Mantenimiento programado, preventivo y predictivo en sistemas críticos, realizado por equipos altamente cualificados.
- **Garantía de suministro energético ante incidencias.** Sirva como ejemplo Finlandia en 2008: la tasa de indisponibilidad por cliente fue de 1 hora 45 minutos al año, es decir, una disposición media del 99,98%. (*District Heating in Buildings, Euro Heat and Power 2011*). Dicha garantía está basada en diversos pilares:
 - **Diseño de las instalaciones:** generación y distribución.
 - **Diversidad de fuentes energéticas** empleadas para una única planta.
 - **Planificación detallada de compras** de energía a largo plazo.
 - **Efectividad del mantenimiento:** diseño y planificación del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, tanto en recursos humanos (disponibilidad y cualificación), como en recursos técnicos y repuestos.
 - **Monitorización y automatización** de los sistemas.
- **Refuerzo en la fiabilidad del suministro eléctrico** a través de los generadores próximos al consumo que representan los sistemas de cogeneración que normalmente llevan asociadas las redes de climatización urbana.
- **Flexibilidad y adaptabilidad** para una futura necesidad de mayores cargas y demandas.
- **Eliminación de ruidos y vibraciones en los edificios,** principalmente en lo que se refiere a equipos de refrigeración. Ausencia de olores, polvo y humos asociados a cualquier tipo de combustible.
- **Eliminación de los riesgos de explosión e incendio** en los edificios ligados a las instalaciones de generación térmica.
- **Colaboración en un proyecto de sostenibilidad y responsabilidad social** (eficiencia energética, disminución de las emisiones de GEI y otros contaminantes, reducción del

consumo de otros recursos, etc.), lo que resulta especialmente interesante para las empresas con políticas activas de responsabilidad social corporativa.

6.2.4. BENEFICIOS PARA LOS PROMOTORES INMOBILIARIOS

Los promotores inmobiliarios que desarrollan nuevos edificios en las zonas de influencia de las redes de distrito obtienen los siguientes beneficios:

- **Diferenciación de la oferta inmobiliaria:** Edificios innovadores, singulares y emblemáticos frente a las configuraciones tradicionales. Mejor estética de los edificios como argumento adicional de comercialización, por la ausencia de unidades exteriores de los equipos de climatización.
- **Elevada calificación energética y de sostenibilidad,** lo que aporta un mayor valor añadido a los edificios.
- **Menor inversión inicial en las instalaciones.** Las inversiones en equipos de generación las realiza la empresa de servicios energéticos, si bien es habitual establecer un canon de conexión a la red que compensa en parte dicha inversión.
- **Menores costes energéticos de mantenimiento y operación** para los usuarios de los inmuebles, como argumento de venta del promotor.
- **Mayor disponibilidad de espacio útil** en los edificios o con mínimos requerimientos para los espacios técnicos. Esto genera una mayor superficie útil comercializable, en algunos casos, de gran valor en el mercado, como áticos y sótanos para plazas de aparcamiento.

6.2.5. BENEFICIOS PARA LAS EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS

La explotación de las redes de climatización urbana va ir casi siempre ligada a una empresa de servicios energéticos. Para estas empresas, especialmente las que ya están en el mercado con otro tipo de instalaciones, existen una serie de ventajas:

- Línea de negocio con enorme **potencial de crecimiento** en España por su bajísima implantación. Este hecho se ve reforzado por las políticas de fomento actualmente en desarrollo, especialmente en determinadas zonas como Cataluña.
- **Viabilidad** como negocio a **largo plazo**, con las ventajas que esto presenta en cuanto a estabilidad comercial.
- **Prestigio comercial** dentro del negocio de los servicios energéticos por la representatividad y la visibilidad de este tipo de instalaciones ante las Administraciones Públicas y la sociedad en general.
- Frente a soluciones de servicios energéticos en **edificios individuales** existen una serie de ventajas diferenciales:
 - Economía de escala en las inversiones: menor **coste unitario** por unidad instalada.
 - Necesidad de **menor potencia total instalada** debido tanto al factor de simultaneidad por gestión conjunta de un mayor número de usuarios como a no ser necesaria la redundancia para garantizar la disponibilidad, especialmente en algunas tipologías de edificios.
 - Mayor **flexibilidad para cambios** o para la integración de nuevas fuentes de energía más baratas o eficientes en el futuro.
 - Posibilidad de integrar tecnologías de **frío y calor** para maximizar la utilización de las infraestructuras y su coste de operación: trigeneración, almacenamiento térmico, etc.
- **Apoyo financiero** a este tipo de proyectos por parte de las Administraciones Públicas a nivel nacional y europeo.

6.3. ELECCIÓN DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS ÓPTIMOS. ANÁLISIS DAFO

6.3.1. INTRODUCCIÓN

La elección de las tecnologías óptimas en redes de climatización urbana se referirá principalmente a los sistemas de generación, que son los que van a determinar la eficiencia energética del sistema global. Una vez definido el tipo de suministro (frío, calor o mixto) y su configuración geométrica básica, basada en un estudio previo de viabilidad de la demanda, el resto de subsistemas (red y subestaciones principalmente) se elegirán y diseñarán con criterios principalmente técnicos.

Sin embargo, en la central de generación será de utilidad realizar un análisis tipo DAFO desde diferentes puntos de vista para contribuir al proceso de decisión sobre la implantación de las tecnologías óptimas.

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) es una estrategia basada en el estudio de los factores tanto externos como internos de un sistema, en este caso, de una tecnología a implantar, con el fin de tomar decisiones sobre la elección de una u otra tecnología.

El análisis de factores externos a la tecnología en sí (amenazas y oportunidades) contemplará aspectos del entorno (social, económico, político, regulatorio, etc.), mientras que el análisis interno (debilidades y fortalezas), analizará aspectos intrínsecos a las propias tecnologías (costes de inversión y operación, eficiencia energética y ambiental, etc.).

6.3.2. TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Se analizan a continuación las principales tecnologías implicadas en la generación energética de las redes de climatización urbana.

6.3.2.1. COGENERACIÓN

FORTALEZAS

- Posibilidad de combinarse con cualquier fuente de generación térmica, renovable o no. La disposición de dicha fuente condicionará la definición técnica de la cogeneración (turbina a gas, turbina de vapor para biomasa, motor de combustión interna, motor o turbina alimentado por biogás, etc.).
- Elevada eficiencia energética, ambiental y también económica, especialmente si se combina con energías renovables como la biomasa o con máquinas de absorción para la producción de frío, con el fin de maximizar las horas de utilización y, por lo tanto, su rentabilidad. Alternativamente, en sistemas de calefacción y ACS únicamente, se puede utilizar como central de base para la producción de ésta última.
- Aportación de seguridad añadida en el suministro eléctrico a las zonas cercanas a la planta de generación o cogeneración.
- Madurez tecnológica de la cogeneración y amplia experiencia en instalaciones de cogeneración en España, principalmente en el campo de la industria.

OPORTUNIDADES

- Fuerte impulso desde las Administraciones Públicas (nacionales y europeas) a esta tecnología, como motor fundamental para la mejora de la eficiencia energética.
- Homogeneización de trámites administrativos para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial en las distintas Comunidades Autónomas con especificaciones y requisitos fundamentados en la experiencia y basados en criterios objetivos.

DEBILIDADES

- Procedimientos administrativos largos y complejos adicionales a la propia red de climatización urbana por la caracterización de producción eléctrica en régimen especial.
- Necesidad de redes eléctricas y cargas suficientes para la evacuación de la energía eléctrica generada.
- Exceso de solicitudes de puntos de acceso y conexión a la red que dificultan su resolución por parte de las compañías distribuidoras, alargando los plazos de tramitación.
- Existencia de relativamente pocas empresas especializadas en estas tecnologías.

AMENAZAS

- Necesidad de ir adecuándose a los requisitos técnicos de la red eléctrica a medida que estos vayan endureciéndose. Normalmente esto se traduce en inversiones futuras y en exigencias en el cambio de operación de las plantas que pueden hacer disminuir su rentabilidad.
- Incertidumbre regulatoria: cambios políticos que pueden suponer una modificación de la normativa, tanto durante los largos períodos de tramitación como ya durante la fase de explotación. Estos cambios pueden variar el escenario de rentabilidad inicialmente previsto de la explotación.

6.3.2.2. SOLAR TÉRMICA

FORTALEZAS

- Recurso gratuito, inagotable y abundante en muchas zonas de España.
- Buena imagen de la tecnología solar, identificada habitualmente como muy sostenible.

- Reducción total de las emisiones a la atmósfera.
- Rentabilidad económica creciente para instalaciones de tamaño mediano-grande.
- Suficiente grado de madurez de la tecnología y elevada experiencia de instaladores y mantenedores.
- Continúa siendo una energía renovable sujeta a ayudas y financiación preferente.

OPORTUNIDADES

- Posible combinación con tecnologías de absorción para la producción de frío en épocas de verano, maximizando así la rentabilidad de la inversión.
- Fuerte crecimiento a nivel europeo de la solar térmica en general, siendo España el país con más potencial.
- Futura valoración al alza de las emisiones de GEI asociadas a las fuentes energéticas convencionales, lo que mejoraría la rentabilidad de todas las energías renovables.

DEBILIDADES

- Aleatoriedad del recurso energético.
- Incertidumbre en la predicción de la producción, por lo que es interesante combinarla con el almacenamiento térmico.
- Relativa baja rentabilidad económica frente a otras renovables (inversión frente a ahorros), aunque aumenta considerablemente con el tamaño de la instalación y las horas de utilización.
- Necesidad de combinarla con otras tecnologías de generación (frente a otras renovables como la biomasa que no tienen esta necesidad).

- Pocas empresas especializadas realmente en esta fuente de energía (instalación y mantenimiento), con el consiguiente defecto de formación de los recursos humanos.
- Poca experiencia en España en la incorporación de esta tecnología a las redes de climatización urbana.

AMENAZAS

- Competencia del frío convencional por compresión, mucho más económico que por absorción en términos de inversión.
- Los precios actuales de la energía eléctrica y térmica hacen menos competitiva esta fuente de energía, de fuerte inversión inicial aunque muy bajos costes de operación.

6.3.2.3. BIOMASA

FORTALEZAS

- Bajo precio de la energía frente a fuentes equivalentes convencionales (gas, gasóleo, etc.), especialmente si se trata de recursos valorizados (por ejemplo los procedentes de la limpieza de bosques comunales).
- Reducción muy importante de las emisiones de CO₂ (ya que previamente ha sido fijado en su mayor parte por la materia prima vegetal de la que procede).
- De este bajo precio relativo se deriva una mayor capacidad de pago por biomasa frente a otros usos (producción eléctrica, compostaje, etc.).
- Independencia de los precios de las fuentes de energía fósiles, actualmente en alza.
- Existencia de empresas con amplia experiencia tanto en gestión de estas instalaciones como en las diversas formas de generación del recurso.

- Flexibilidad en la magnitud de la potencia a instalar: existen en el mercado calderas con potencias que varían entre decenas de kW hasta varias decenas de MW
- Instalaciones sencillas y replicables; no son plantas singulares.
- Es la energía renovable más utilizada actualmente en España en sistemas de climatización urbana.

- Buena imagen de la tecnología en la sociedad.

OPORTUNIDADES

- Existe un gran apoyo institucional a esta tecnología a todos los niveles (nacional, autonómico y local), por lo que se prevé un futuro estable.
- Gran disposición de recursos, especialmente en determinadas zonas de España (bosques en Navarra, Castilla y León o Galicia, residuos agrícolas en Andalucía, etc.).

- Posibilidad de incorporar otras tecnologías como cogeneración o trigeneración para aumentar la eficiencia energética.

DEBILIDADES

- Necesidad de disponer del recurso a nivel local: limpieza de bosques, restos de podas, residuos agrícolas, etc.
- Estacionalidad en la disposición del recurso, lo que conlleva una importante necesidad de almacenamiento de la materia prima.
- Necesidad de recursos complementarios de biomasa distintos a los locales o de otras fuentes energéticas para salvar el factor de la estacionalidad (incluso con almacenamiento).
- Tecnologías de caldera procedentes de fuera de España.

AMENAZAS

- Posible competencia futura del recurso para otros usos.
- Futuro crecimiento de la demanda del combustible en España que podría llegar a dificultar el suministro o aumentar su coste (especialmente cuando se trata de un recurso externo).
- Aumento de los requerimientos ambientales y de emisiones.
- Posible incorporación futura de impuestos especiales que pudieran encarecer el combustible.

6.3.2.4. CALOR RESIDUAL

FORTALEZAS

- Eficiencia energética y ambiental muy elevada, al aprovechar una energía que de otra manera se disiparía al ambiente.

OPORTUNIDADES

- Gran disposición de recurso en lo que se refiere a industrias, especialmente en determinadas zonas de España.

DEBILIDADES

- Necesidad de estabilidad en el recurso.
- No sirve como única fuente energética (frío o calor).
- Complejidad y singularidad de las instalaciones y escasez de empresas especializadas en la instalación.
- Escasez de plantas de incineración de residuos en España, fuente energética más habitual de esta tecnología.
- Necesidad de combinar la generación de frío y calor para optimizar inversiones (o incorporar almacenamiento energético).

AMENAZAS

- Riesgo ante la potencial desaparición del recurso (industria) debido a las diferencia en los ciclos de vida de los establecimientos industriales y las instalaciones de calefacción de distrito. En este sentido, las instalaciones de incineración de residuos urbanos son la mejor fuente de energía residual.

6.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Del análisis de los sistemas de climatización urbana que se ha tratado en el presente capítulo pueden obtenerse una serie de conclusiones:

- Se puede realizar una aproximación al cálculo de la eficiencia energética de los sistemas de climatización urbana frente a los sistemas convencionales a través de un índice denominado **factor de recurso primario (PRF)**, el cual expresa la necesidad de energía primaria no renovable de los edificios para satisfacer sus necesidades energéticas.

Así, por ejemplo, si se comparan los casos que se encuentran mayoritariamente en las instalaciones españolas, se obtienen los siguientes resultados:

| CALEFACCIÓN | | | |
|-------------------------|-----|--------------------------|-----|
| CALEFACCIÓN DE DISTRITO | PRF | CALEFACCIÓN CONVENCIONAL | PRF |
| Central de Biomasa | 0,1 | Calefacción a gas | 1,3 |

| REFRIGERACIÓN | | | |
|----------------------------|-----|--------------------------------|---------|
| REFRIGERACIÓN DE DISTRITO | PRF | REFRIGERACIÓN CONVENCIONAL | PRF |
| Central de Bombas de Calor | 0,8 | Ciclo frigorífico convencional | 1,0-2,0 |

- Hay una serie de pilares en los que está basada la **eficiencia energética y ambiental** de los sistemas de climatización urbana frente a los convencionales:
 - Mejora del rendimiento energético por la centralización de la producción
 - Posibilidad de producción combinada de calor y electricidad (cogeneración), que sería inviable técnica y económicamente en sistemas convencionales.
 - Aprovechamiento de calores residuales vertidos al ambiente.
 - Almacenamiento de calor y, sobre todo, frío (inviable a pequeña escala) para optimizar la potencia de generación instalada y mejorar el rendimiento de la generación.
 - Uso de energías renovables a gran escala, que de otro modo serían difícilmente extensibles a nivel individual.
- Se ha dimensionado el tamaño del mercado energético en el que se podría aplicar la climatización urbana, ascendiendo en 2010 a más de 17.000 ktep (18,4% del consumo total de energía final en España). Sobre este consumo, se han realizado cálculos de reducción de emisiones de CO₂ para dos escenarios de penetración de las redes de distrito (10 y 25%), tal y como ya ocurre en diversos países europeos.

| REDUCCIÓN DE EMISIONES CO ₂ | | | | |
|--|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | GRADO DE PENETRACIÓN DH | | GRADO DE PENETRACIÓN DC | |
| | 10% | 25% | 10% | 25% |
| Residencial | 2,19 MT | 5,46 MT | 0,54 MT | 1,34 MT |
| | 8% | 20% | 2% | 5% |
| Servicios | 0,39 MT | 0,97 MT | 0,91 MT | 2,28 MT |
| | 3% | 7% | 7% | 18% |

- Se han detectado numerosos beneficios de las instalaciones de climatización urbana para todos los actores implicados. Desde la sociedad en su conjunto, los usuarios abastecidos por la red, las Administraciones Públicas (principalmente los

- Gobiernos Locales), así como las empresas de servicios energéticos que, en muchos casos, explotan estas redes o los promotores inmobiliarios que construyen edificios en el área de influencia de las mismas. Dichos beneficios se generan en diversos ámbitos. A continuación se resumen los principales:
 - Ambiental** incluyendo tanto la reducción de gases de efecto invernadero, como la de otros contaminantes directamente relacionados con la salud.
 - Económico**, a nivel usuario (costes energéticos), de la Administración Pública (valorización de recursos públicos, tasas e impuestos) y del conjunto de la sociedad (dependencia de fuentes de energía exteriores).
 - Social**. Empleo cualificado, innovación tecnológica, conciencia ambiental de la sociedad y mejora del entorno arquitectónico, entre otras.
- Finalmente se ha hecho un **análisis DAFO** para orientar en la **elección** del tipo de **generación** dentro de las tecnologías más habituales disponibles en la climatización urbana. Cada municipio deberá optar por una o varias tecnologías de generación de calor y/ de frío en función de una serie de parámetros que se tratan en este apartado y que serán diferentes para cada uno de ellos.

7. IMPLANTACIÓN DE LAS REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA

7.1. CONDICIONES ÓPTIMAS PARA SU DESARROLLO

En este apartado se presentan aspectos influyentes en el desarrollo de un sistema de climatización urbana teniendo en cuenta cuáles son las condiciones óptimas para su implementación. Su objetivo es servir de guía para informar a los diferentes agentes implicados de cuáles son, en general, las condiciones óptimas que favorecen el desarrollo de nuevas instalaciones y el correcto funcionamiento y gestión de aquellas que ya están instaladas.

Estas condiciones se han dividido según el ámbito al cual se refieren en técnicas, administrativas, económicas y medioambientales.

Los condicionantes técnicos, económicos y administrativos muchas veces son difíciles de separar, aunque se ha tratado de diferenciarlos con el fin de facilitar la consulta de este documento a los agentes interesados desde diferentes puntos de vista. Por ejemplo, los aspectos que se requiere conocer en profundidad van a ser diferentes para la redacción de pliegos de licitaciones públicas y para la creación de líneas de subvenciones.

7.1.1. CONDICIONES TÉCNICAS

Las condiciones técnicas son aquellas que determinan y regulan desde un punto de vista técnico aspectos clave (tareas de planificación, urbanización, control, mantenimiento, gestión y dimensionado de la demanda o distribución óptima, entre otras) para el correcto desarrollo de las redes de climatización urbana, cuyo incumplimiento puede llegar a frenar la implantación de un proyecto.

A continuación se detallan las condiciones técnicas favorables para el desarrollo de estas redes, según diferentes aspectos clave.

CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS

Las redes de climatización urbana son aconsejables en **zonas urbanas de nueva construcción**. Así mismo, resultan perfectamente viables en zonas urbanas ya consolidadas donde existe un único propietario, como, por ejemplo, los campus universitarios.

La implantación de un sistema de red urbana en **zonas ya consolidadas y con diversos propietarios** se puede plantear en situaciones en las que haya una elevada densidad de construcción, equipos de calefacción y refrigeración antiguos y, además, exista un alto nivel de cooperación por parte de los propietarios de los edificios.

CONDICIONES TÉCNICAS

- Planificación urbanística
- Demanda
- Distribución

CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

- Legislación
- Cumplimiento estudios y proyectos previos
- Procedimientos de control y difusión

CONDICIONES ECONÓMICAS

- Inversión inicial
- Condiciones financiación
- Tasa de retorno usuarios

CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

- Energías renovables y eficiencia energética
- Impacto visual y sonoro
- Cambio climático

Los costes de capital asociados a la sustitución de los equipos de calefacción y refrigeración son el factor más importante para que un propietario decida conectarse a un sistema de climatización de red urbana. Cuando se planifica un sistema para una zona ya consolidada, se debe tener en cuenta la antigüedad, tipo y ciclo de vida de cada uno de los edificios del área que se van a abastecer.

Así, las áreas predominantemente ocupadas por edificios nuevos, con sistemas de caldera individual y bombas de calor no resultarían rentables para un sistema de red urbana; los propietarios de estos edificios no tendrían especial interés en conectarse a la red.

DENSIDAD DE LA DEMANDA (concentración de usuarios)

Para que una red de distrito sea una opción técnica y económicamente viable, es necesaria una **alta densidad de demanda o carga**, que viene determinada por la carga térmica por unidad de superficie edificada, el número de pisos y el número de edificios en el área abastecida.

Así, para que una red de distrito sea una buena opción en el desarrollo de nuevas urbanizaciones, **los usuarios tienen que estar situados cerca uno del otro**. En las urbanizaciones ya construidas tiene que haber una densidad vertical importante para garantizar la viabilidad de la red, ya que la inversión específica por unidad de superficie a climatizar aumenta a medida que disminuye la densidad de la demanda.

VOLUMEN DE DEMANDA

La explotación de un sistema de red de climatización urbana tiene asociada unos costes fijos importantes: monitorización y control, operación y mantenimiento, gestión administrativa, facturación, etc. Por ello, el **volumen de actividad** (demanda de calor y/o frío) tiene que ser **suficiente** para cubrir los costes fijos del sistema.

DEMANDA CONSTANTE

Las necesidades de energía térmica deben ser lo **suficientemente importantes al largo del año** para que la recuperación de los

costes de capital de la planta y la red de tuberías no esté asociada a un período limitado de horas de funcionamiento en punta.

PROXIMIDAD DE LA PLANTA DE GENERACIÓN

La producción de energía tiene que encontrarse **cerca del área de consumo**, con el fin de disminuir la inversión y las pérdidas de calor por transmisión.

DISTANCIAS DE DISTRIBUCIÓN

Según la producción y las características del fluido térmico transportado en la red de climatización, se establecen unas distancias máximas de distribución para asegurar la viabilidad de la instalación:

- Vapor: entre 5-8 km.
- Agua caliente producida por una central eléctrica: 24 km.
- Agua caliente producida por una incineradora de residuos urbanos: 5 km.

7.1.2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

Las condiciones administrativas óptimas que se deben cumplir para que un proyecto de este tipo sea el adecuado a las necesidades concretas de cada caso serán aquellas que se adecuen al cumplimiento de la siguiente documentación o procedimiento.

LEGISLACIÓN VIGENTE

Cumplimiento de todos los requisitos establecidos por la legislación a nivel local, regional, estatal y europeo, tanto de la normativa directa de redes de climatización urbana como de aquella normativa relacionada que pueda afectar indirectamente (eficiencia energética, energías renovables, urbanismo, edificación, cambio climático, etc.).

ESTUDIO DE VIABILIDAD

Cumplimiento del mejor escenario de los planteados en el estudio de viabilidad previo. En él se detallan las mejores condiciones, entre diferentes alternativas técnico-económicas del proyecto, para satisfacer las necesidades de servicio concretas (condiciones técnicas), así como el cumplimiento de plazos y requisitos para recibir ayudas y subvenciones.

PROYECTO BÁSICO Y EJECUTIVO

Cumplimiento de todos los requerimientos establecidos en el proyecto básico y ejecutivo. Así mismo, es necesario conocer o establecer posibles condicionantes relacionados con nuevas necesidades del proyecto.

PROCEDIMIENTO DE CONTROL

Establecer un mecanismo de control del buen funcionamiento del sistema. Para ello es necesario disponer de un procedimiento óptimo de comunicación con los diferentes agentes implicados: proveedores de combustible, técnicos de mantenimiento, ingenieros, etc., para disminuir los riesgos inesperados y dar respuesta ágil a los problemas que puedan surgir.

PROCEDIMIENTO DE COMUNICACIÓN

Establecer un mecanismo de control de las actuaciones de promoción a diferentes niveles, incluyendo la difusión externa.

7.1.3. CONDICIONES ECONÓMICAS

Los sistemas de climatización urbana encuentran en los condicionantes económicos una de las principales barreras para su implantación. Establecer unos buenos mecanismos de análisis de las condiciones económicas óptimas (inversión inicial, financiación y tasa de retorno de la inversión mediante precio de venta de la energía al consumidor) para cada proyecto concreto es indispensable para asegurar su viabilidad a medio y largo plazo.

CAPACIDAD DE INVERSIÓN

Las redes de climatización urbana son instalaciones que requieren una importante inyección de capital. Es necesaria una importante inversión inicial para construir la central de producción y la red de distribución, que resulta ser más elevada que para otros sistemas de climatización. Este tipo de proyectos presentan períodos de amortización a largo plazo, del orden de 20-30 años.

ALTA TASA DE CONEXIÓN DE USUARIOS

Es habitual que los edificios a los que se dará servicio se conecten a la red gradualmente, es decir, el número de clientes en una misma zona irá aumentando con el tiempo. El 50-75% de la inversión del sistema de red de climatización urbana corresponde a la instalación de los conductos de distribución; por lo tanto, para poder garantizar el retorno de la inversión, es necesario disponer de una alta tasa de conexión de usuarios a la red.

FINANCIACIÓN

En relación con el punto anterior, la sociedad explotadora deberá realizar, como mínimo, la inversión correspondiente a una central de producción y un tramo de red para poder dar servicio a los primeros clientes. La entidad promotora de la red deberá hallar soluciones financieras para que estos proyectos sean atractivos para la sociedad explotadora.

7.1.4. CONDICIONES AMBIENTALES

Las redes de distribución de calor y frío cubren las necesidades de climatización con menos impacto ambiental, debido tanto a la mejora en la eficiencia energética, en comparación con la generación distribuida, como al hecho de que los combustibles habituales de este tipo de centrales son de fuentes renovables o fruto del aprovechamiento de calor residual de procesos industriales, sistemas de cogeneración eléctrica, aprovechamiento de residuos municipales, etc.

UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS DEL ENTORNO LOCAL

Las redes de climatización urbana están, generalmente, enfocadas a utilizar energías renovables o residuales del entorno local. Al tratarse de un sistema de producción centralizado, es más fácil el aprovechamiento y gestión de estos recursos. Así, en entornos rurales con recursos forestales, se promoverá el uso de la biomasa, mientras que en entornos urbanos se evaluará la posibilidad de aprovechar el tratamiento de residuos municipales o el calor residual de procesos industriales o de plantas de cogeneración, según el caso.

IMPACTO VISUAL Y EMISIONES SONORAS

La climatización de un edificio mediante una red centralizada ofrece la posibilidad de eliminar los equipos de climatización convencionales presentes en las cubiertas de los edificios, al tiempo que se eliminan las vibraciones y molestias sonoras asociadas a ellas.

Por lo tanto, las redes de climatización se presentan como una buena solución para edificios que, por sus características propias o por restricciones, no puedan ubicar maquinaria en el exterior o edificios que presenten restricciones de ruido.

IMPACTO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Las redes de climatización urbana reducen las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético, debido a su elevada eficiencia energética y a que se promueve un sistema que sustituye el uso de combustibles fósiles por combustibles renovables o residuales.

Además, la expansión de los equipos de climatización ha generado un enorme incremento de la emisión de gases refrigerantes HFC a la atmósfera que, si bien son inocuos para la capa de ozono, tiene un elevado potencial de efecto invernadero. Las redes de climatización centralizada reducen el número de equipos de refrigeración, disminuyendo, por lo tanto, la emisión de estos gases de efecto invernadero.

7.2. PLANIFICACIÓN URBANA Y DIRECTRICES PARA LA IMPLANTACIÓN DE REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA

Por su naturaleza, las redes de climatización están estrechamente relacionadas con la planificación de las infraestructuras urbanas:

- Su diseño está condicionado por las carreteras que unen las zonas abastecidas; este aspecto puede presentar oportunidades (trabajo compartido), pero también obstáculos (necesidad de anticipar y coordinar la evolución de una zona).
- Su viabilidad económica depende principalmente de la densidad, las características y el uso de los edificios.
- Generalmente, su periodo de amortización es largo, comparable a la mayoría de las infraestructuras urbanas.
- Las redes de climatización pueden estar relacionadas con un servicio público local que puede dar a la infraestructura un estatus especial en virtud de las normas de urbanismo.

A continuación se presentan los “elementos de interfaz” que pueden existir entre las redes urbanas y la planificación y el desarrollo urbanístico, es decir, los aspectos que se abordan desde la planificación o desarrollo urbanístico y cuyo enfoque puede tener una fuerte influencia sobre las redes de climatización urbana. Se considera importante la identificación de estos elementos desde el punto de vista de los Gobiernos Locales, principales actores a quien se dirige este informe.

USO DEL SUELO: densidad de construcción y usos

Como ya se ha comentado, la viabilidad técnica y económica de una red de climatización urbana está en gran parte relacionada con la densidad de las áreas abastecidas, características térmicas y uso de los edificios. Una red es, sin duda, más eficaz si la densidad de usuarios conectados es importante.

En general, una política urbanística que fomente la densificación de barrios constituye una zona más favorable para el desarrollo de redes de climatización urbana, del mismo modo que un urbanismo menos orientado a la densificación conduce, como es

lógico, a otras soluciones de climatización descentralizadas para cada edificio.

Así mismo, una urbanización que promueva la diversificación de usos dentro de los barrios tenderá generalmente a homogeneizar la curva de demanda de calor y frío, ya que una vivienda no consume climatización al mismo tiempo que un comercio o un edificio de oficinas.

POLÍTICA DE MEJORA TÉRMICA DEL EDIFICIO

Aunque en el entorno de un edificio una operación de mejora térmica no está dentro del desarrollo urbanístico, la mejora del conjunto de edificios está participando en una lógica global de tipo urbano, con los problemas de planificación y economías de escala asociadas con ella.

Esta mejora tiene un impacto claro sobre las redes de climatización: si varios edificios conectados a una red se renuevan térmicamente y la renovación no estaba prevista cuando se planificó la red (especialmente en su aspecto económico), la viabilidad de la red puede quedar cuestionada, ya que la demanda térmica puede ser inferior al umbral de rentabilidad.

En la situación actual se prevé que, en el futuro, para cualquier densidad de edificación, la densidad de la demanda será más baja, por dos razones:

- Las operaciones para mejorar la masa térmica de los edificios deben integrarse en la planificación del territorio de la comunidad.
- El principio de mejora térmica debe integrarse en la planificación de los modelos económicos de negocio de la red.

FUENTES DE ENERGÍA PRIMARIA Y UNIDADES DE PRODUCCIÓN DE CALOR

A escala de un municipio o entre municipios es necesario hacer un análisis y una proyección de las fuentes de energía útiles en el territorio; este análisis tendrá que considerarse en la estrategia del municipio. Los aspectos a considerar son:

- Estructurar y asegurar las cadenas de suministro, según los posibles conflictos de uso en caso de escasez de recursos y la coherencia en el uso de los recursos.
- Disponibilidad de los recursos dentro de un radio geográficamente aceptable (algunos recursos, como la energía geotérmica y el calor recuperado, no son transportables como pueden serlo otros, por ejemplo la biomasa, aunque las distancias deben ser limitadas).
- Desarrollo técnico: ubicación, diseño físico y condiciones de acceso al lugar de producción (para combustibles que deben ser transportados y almacenados, así como unidades de producción que puedan generar problemas).

El primer punto está fuera del alcance de las políticas de planificación, ya que se refiere más bien a consideraciones económicas y ambientales.

El segundo punto se relaciona parcialmente con la planificación: en el caso de los recursos localizados (no transportables), la voluntad de movilizar estos recursos puede tener influencia en la decisión de localizar las áreas que van a ser urbanizadas.

LA APARIENCIA EXTERNA DE LOS EDIFICIOS QUE FUNCIONAN CON ENERGÍA RENOVABLE

Considerando los edificios abastecidos, los sistemas de red de climatización urbana presentan una mejora frente a la mayoría de sistemas de producción local de energías renovables (por ejemplo los paneles solares). No tienen ningún impacto en el aspecto exterior del edificio, ya que los equipos de producción energética se centralizan en la sala de máquinas. Por otro lado, las subestaciones pueden instalarse dentro de los edificios.

Este hecho ayuda a conciliar objetivos a veces contradictorios: por un lado la preservación del patrimonio arquitectónico y paisajístico y, por otro, el desarrollo local de las energías renovables.

7.3. PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE UNA RED DE CLIMATIZACIÓN URBANA

A continuación se detallan los pasos más habituales para el correcto proceso de desarrollo e implantación de una red de climatización urbana.



No se ha realizado un cronograma por la gran variedad de escenarios posibles, que dependen en gran medida de las condiciones particulares de cada proyecto, pudiendo variar mucho según se trate de una obra en un distrito nuevo o en una zona ya edificada; en general, las obras civiles (central generadora y red de distribución) tienen una duración mayor a los 18 meses.

FASE INICIAL

Se realiza un análisis de las posibilidades de implantación de una red de climatización urbana, incluyendo los siguientes aspectos:

■ Detección de oportunidades.

Las oportunidades de implantación de una red de climatización urbana pueden venir determinadas por la realización de un nuevo plan urbanístico o por la presencia de una fuente de energía aprovechable.

■ Análisis de las distintas posibilidades y viabilidad del proyecto.

Estudio inicial para comprobar el interés y la viabilidad del proyecto, y decidir si es recomendable avanzar en el mismo para realizar un estudio más detallado. En esta fase también es interesante analizar los posibles actores que podrían integrar el proyecto.

FASE DE ESTUDIO

Se elabora un estudio de viabilidad para analizar las diferentes alternativas técnico-económicas del proyecto que puedan satisfacer las necesidades de servicio concretas. El objetivo es disponer de la información necesaria para decidir si se realiza un proyecto y establecer las directrices principales para su desarrollo.

El estudio de viabilidad tiene que incluir la siguiente información:

■ Datos básicos del proyecto:

- Características constructivas de los edificios que se van a climatizar.
- Régimen de uso de los edificios (actividades que se desarrollan en él). Superficie que se pretende climatizar según tipología de edificios: oficinas, hoteles, viviendas, centros docentes, etc.
- Calendario de conexiones, desglosado por tipología de edificio.

■ Distribución de consumos.

- Caracterización de la demanda:
- Definición de la potencia calorífica y frigorífica requeridas.
 - Curvas de consumo anual previstas.
 - Indicadores energéticos y económicos asociados al consumo.
 - Curvas anuales de consumo (clientes) y de producción (centrales). Se incluirá la potencia necesaria máxima (kW) y la energía consumida y generadas (MWh/año).

■ Situación de referencia.

Se define una situación de referencia en la que el servicio a los edificios se realiza mediante una solución convencional, sin red de calor y frío. En el caso de una sustitución, la situación de referencia corresponderá a la situación actual.

De la situación de referencia deben considerarse los siguientes aspectos:

- Descripción de los equipos y el sistema utilizado.
- Inversión asociada.
- Costes de estructura: mantenimiento preventivo y correctivo, operación y gestión.
- Fuente energética y costes energéticos asociados.
- Impactos ambientales.

■ Situación con red.

Se analizarán una o varias soluciones con red de calor y frío. De la misma manera que en el caso de la situación de referencia, para la situación con red se deben considerar los siguientes aspectos:

- Descripción de los equipos y el sistema utilizado.
- Descripción de la red de distribución y puntos de distribución.
- Inversión asociada.
- Costes de estructura: mantenimiento preventivo y correctivo, operación y gestión.
- Fuente energética y costes energéticos asociados.
- Impactos ambientales.

■ Análisis de ayudas y colaboraciones.

Entre ellas destaca la colaboración de las distintas administraciones. Cabe citar:

- Participaciones en el accionariado de la sociedad explotadora de una entidad pública.
- Créditos blandos.
- Subvenciones.
- Inversiones directas que se recuperan mediante cánones y tasas.

■ Análisis de riesgos y proyección de futuros escenarios

alternativos con el fin de detectar los puntos débiles y fuertes del proyecto.

FASE DE DESARROLLO

Cuando los resultados del estudio de viabilidad de la fase anterior sean favorables y se decida ejecutar el proyecto, se tendrá que convocar un concurso para la ejecución de las obras y los servicios de gestión, operación y mantenimiento. Las actividades a realizar en esta fase son:

- Realización del proyecto básico y ejecutivo. Se seleccionará una ingeniería especializada para la realización del proyecto básico y ejecutivo con el fin de adecuar el proyecto de red urbana al planeamiento urbanístico. Así mismo, éste tiene que prever nuevas necesidades del proyecto, espacios para el trazado de la red y ubicación de las centrales de producción.

■ Elaboración de los pliegos de condiciones:

- Pliego de condiciones técnicas. La ingeniería se encargará de elaborar los pliegos de condiciones técnicas necesarias para el concurso basándose en otros proyectos ya realizados.
- Pliego de condiciones administrativas: El pliego administrativo será preparado por la administración correspondiente.

■ Acuerdos eventuales con clientes cautivos

- Publicación del concurso
- Recepción de ofertas
- Análisis de ofertas recibidas
- Adjudicación del concurso
- Firma del contrato con el adjudicatario

FASE DE EJECUCIÓN

- Proyecto ejecutivo del sistema de climatización basado en el sistema de red urbana de frío y calor

- Licencias y permisos
- Ejecución de las obras
- Puesta en marcha y pruebas
- Inicio de la explotación

FASE TRANSVERSAL: Promoción del modelo de red urbana

Antes, durante y después de la ejecución del proyecto es necesario que la administración, las agencias de energía, las asociaciones vecinales, etc. difundan las ventajas de las redes de climatización urbana y su modo de funcionamiento, con el fin de lograr una mayor aceptación por parte de la ciudadanía.

7.4. BARRERAS Y SOLUCIONES PARA EL DESARROLLO DE UNA RED DE CLIMATIZACIÓN URBANA

| ÁMBITO | BARRERAS | SOLUCIONES | | |
|------------------|--|---|---|--|
| | | ADMINISTRACIÓN | EMPRESAS | SOCIEDAD/USUARIOS |
| LEGAL | Los edificios de nueva construcción deben cubrir parte de la demanda de agua caliente mediante energía solar térmica u otros sistemas igualmente eficientes. El código CTE no prevé mecanismos para evaluar la eficiencia de las redes urbanas para la certificación de los edificios. | Cambio legislativo en la normativa actual de instalaciones térmicas, en los planes urbanísticos municipales y planes energéticos que incluyan los sistemas de redes de climatización. | Estudiar la posibilidad de vender el calor procedente de placas solares térmicas a la red de climatización urbana. | |
| | La ley 13/2010 de 5 de julio por la cual se modifica la Ley 1/2005 que regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, establece que aquellos puntos de consumo con una potencia superior a 20MW tienen que realizar comercio de emisiones. En el caso de utilizar sistemas individuales, aunque la suma de las potencias de todos ellos fuera superior a la necesaria para el funcionamiento de la central de generación, no se vería afectada. | Promover esas instalaciones de climatización urbana que usen biomasa u otras fuentes de energía renovables. | Apostar por instalaciones que usen biomasa como combustible, o de otras fuentes de energía renovables, ya que la Ley establece que "están exentas aquellas instalaciones que notifiquen a la autoridad competente emisiones inferiores a 25.000 toneladas CO ₂ eq, excluidas las emisiones de la biomasa". | |
| ECONÓMICO | Alto coste de las obras a realizar. | Realizar una planificación del sistema integrado en una visión del territorio ya que existen lazos muy fuertes entre el desarrollo de la red de calor y las políticas urbanísticas. | | |
| | Importante inversión inicial necesaria para construir la central de producción y la red de distribución. La amortización de la instalación solo puede efectuarse a largo plazo del orden de 20-30 años. | Colaboración pública inicial (aportación a fondo perdido, retorno diferido vía canon contra demanda, créditos blandos,..) | Participación del promotor mediante pago de derechos de conexión. | Participación del usuario mediante pago de derechos de conexión. |
| | Incerteza en la conexión de futuros clientes y por lo tanto desconocimiento de los ingresos a medio plazo. | Obtener el soporte político de las autoridades locales con el fin de incentivar que los promotores públicos o privados acepten conectarse a la red de climatización urbana. | | |
| | | Posibles incentivos fiscales para favorecer la conexión de edificios. | | |

| ÁMBITO | BARRERAS | SOLUCIONES | | |
|--------------------------|---|--|--|--|
| | | ADMINISTRACIÓN | EMPRESAS | SOCIEDAD/USUARIOS |
| CULTURAL Y SOCIAL | Desconocimiento del funcionamiento y gestión de estos sistemas. | Formación de los técnicos, urbanistas, ingenieros y entidades públicas encargadas de la gestión energética a diferentes niveles. | Formación de las empresas locales en diferentes negocios relacionados con las redes de distrito. | Difusión de las redes de climatización urbana. |
| | Los usuarios no son conscientes de los beneficios de la red de climatización. En las situaciones de sustitución del sistema convencional a un sistema desconocido es difícil de aceptar. | Promoción y difusión de los beneficios reales de las redes de climatización mediante campañas. | Creación de asociaciones del sector. Actualmente existe ADHAC | Demostración del funcionamiento real y eficiente de estas instalaciones. |
| | En algunas zonas del estado existe una fuerte mentalidad de propiedad individual que provoca que los usuarios sean reticentes a depender de un sistema ajeno. Los sistemas de red de climatización urbana se consideran poco transparentes por el hecho que es difícil hacer comparaciones directas con otros sistemas (sistemas individuales, bombas de calor, etc.) | Implantación de redes en equipamientos municipales (efecto multiplicador ejemplarizante). | | Demostración del funcionamiento real y eficiente de estas instalaciones. |

8. ANÁLISIS COSTE BENEFICIO DE LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN URBANA EN DIFERENTES MUNICIPIOS TIPO

En este capítulo se analizan en detalle los costes y beneficios asociados a los sistemas de climatización centralizada para las tipologías más representativas en España, con el objetivo de estudiar su rentabilidad, no sólo en términos económicos, sino también considerando aspectos ambientales y sociales.

Aunque los proyectos de climatización centralizados requieren una elevada inversión inicial y una rentabilidad económica a largo plazo en términos de retorno directo de la inversión, los beneficios asociados a este tipo de instalaciones son muchos y deberán ser tenidos en cuenta en todo análisis coste-beneficio.

Entre los beneficios de los sistemas de climatización centralizada, en comparación con los sistemas de distribución convencionales, destacan la creación de empleo, tanto durante el proceso de construcción como durante su vida útil (tareas de mantenimiento, supervisión y monitorización, gestión del suministro de materia prima, control de la facturación de la energía vendida, etc.); la limpieza de bosques si la central generadora utiliza biomasa como fuente de energía; y la reducción de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero gracias a una mayor eficiencia energética y al uso de energías renovables y/o residuales.

8.1. PREMISAS INICIALES

Las fuentes de energía como la biomasa o el aprovechamiento de residuos tienen un menor coste económico y ambiental que los combustibles fósiles. Esto permite que las instalaciones de climatización centralizada que aprovechan estos recursos y que, a su vez, disponen de tecnologías de alta eficiencia energética, como la cogeneración, sean rentables, sobre todo cuando son su potencia es elevada y son financiadas con periodos de retorno medios.

Los proyectos de climatización centralizados, como ya se ha expuesto lo largo de este informe, requieren una elevada inversión

inicial y, habitualmente, es imprescindible para su viabilidad la colaboración entre diferentes agentes (administración pública, promotores privados, usuarios, etc.). Su desarrollo, normalmente ligado a una transformación urbanística, demuestra que, tratándose de iniciativas a largo plazo, es necesaria una buena planificación para anticiparse a posibles problemas que puedan surgir, establecer una estrategia de crecimiento para poder captar necesidades futuras y no exigir rentabilidades a corto plazo.

La inversión inicial depende de la potencia instalada. La ventaja económica de una central generadora centralizada frente a múltiples centrales (calderas) individuales radica en la economía de escala: el precio del kilovatio instalado se reduce de manera notable en una instalación centralizada. Por otra parte, instalaciones con muy poca potencia e importantes costes adicionales tendrán un coste específico muy alto.

En el caso de edificios muy dispersos con bajas necesidades energéticas, se incurrirá en costes de distribución de calor muy elevados. Sin embargo, en grandes edificaciones o con un número importante de edificios concentrados en una zona, en los que existe una considerable demanda térmica y un consumo regular a lo largo del año, estos costes son poco significativos respecto al coste de generación del calor.

Edificios con pocas horas de uso de calefacción, horarios reducidos o con usos intermitentes aprovechan mucho peor las ventajas del sistema centralizado que edificios donde la producción de calor es constante todo el año, como piscinas climatizadas, viviendas, etc.

Teniendo en cuenta estas premisas iniciales, en este capítulo se realiza un análisis coste-beneficio de instalaciones que se consideren casos representativos. Para la realización de este análisis se compara:

■ SITUACIÓN ACTUAL

Red de climatización urbana desarrollada. Inversiones y costes de explotación. Coste energético para el usuario. Emisiones de CO₂.

■ SITUACIÓN ALTERNATIVA CONVENCIONAL

Análisis aproximado para un sistema equivalente convencional (climatización individual). Inversión y costes de explotación. Coste energético para el usuario. Emisiones de CO₂.

Con ello se pretende no solo analizar el coste-beneficio de dos instalaciones tipo, sino también compararlas con una estimación de su alternativa de generación convencional descentralizada.

Las instalaciones tipo analizadas se han establecido considerando la naturaleza del municipio donde se ubica (dimensión de dicho municipio y tipología de la zona: agrícola, forestal, urbana, servicios, industrial, etc.), y según las características técnicas de la instalación (fuente de generación, demanda térmica, geometría de la red o método de operación).

8.2. MUNICIPIOS TIPO

Se han definido dos municipios tipo:

■ ZONA RURAL

Municipios de menos de 5.000 habitantes en zona rural donde su motor económico es principalmente el sector agrícola, ganadero o forestal.

■ ZONA URBANA (pero con planta de tratamientos de residuos municipales o zona industrial cercana)

Municipios de más de 5.000 habitantes en zona urbana donde existe una planta de tratamiento de residuos o industria cuyo calor residual de procesos puede aprovecharse.

8.3. INSTALACIONES TIPO SEGÚN TIPOLOGÍA DE MUNICIPIO

Según la tipología de municipio, las características principales de las instalaciones de climatización de distrito que más se adecuan a sus necesidades toman como parámetros clave:

■ Las fuentes de generación disponibles:

- Biomasa
- Valorización energética de residuos municipales
- Calor residual de procesos industriales
- Energía solar
- Otras

■ La demanda térmica (calor y frío) que debe abastecer el sistema centralizado.

■ Características técnicas de la red de distribución (tipo de trazado, diámetro y diseño de las tuberías, interconexiones y estaciones de bombeo).

Estos parámetros son los que, en mayor medida, determinan los resultados del análisis coste-beneficio.

Los precios de referencia (diciembre 2011) de combustibles convencionales que se toman de base para todos los cálculos son los siguientes:

| COMBUSTIBLES | €/kWh |
|------------------|-------|
| Gas natural | 0,080 |
| Gas propano | 0,094 |
| Gasóleo | 0,119 |
| Electricidad | 0,121 |
| Biomasa forestal | 0,027 |

El precio de la biomasa, por su variabilidad física (leña, astilla, pellet, etc.), proximidad, procesos de producción, tipo de gestión y escala de producción, puede variar mucho. Por ello, en los siguientes apartados se especifican los parámetros considerados en cada caso. Aun así, en términos generales, se puede considerar que la biomasa es un combustible con precios más bajos y más estables que los combustibles fósiles.

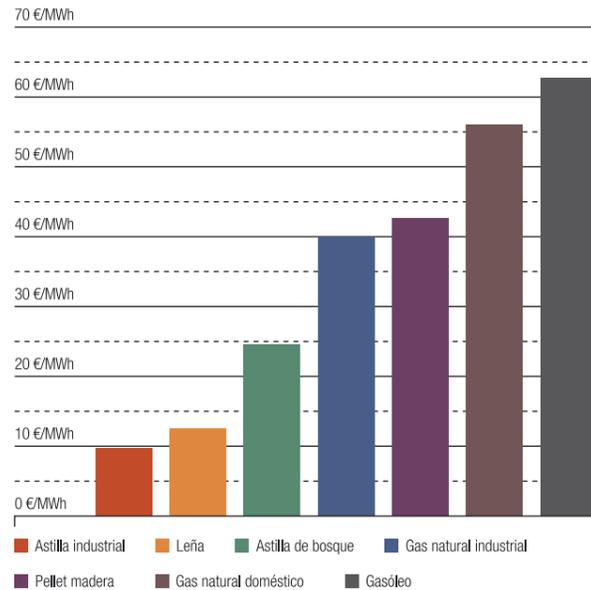


Figura 13. Precios de venta de diferentes fuentes de energía térmica. Fuente: AFIB-CTFC a partir de datos de la Comisión Europea (Energía y Eurostat). Astilla industrial = 25€/t₃₀; Leña = 50€/t₃₀; Astilla de madera de bosque = 100€/t₃₀; Gas natural industrial = 11.03€/GJ; Pellet de madera = 200€/t₁₀; Gas natural doméstico = 18.92€/GJ; Gasóleo = 0.62€/l

8.4. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE UNA INSTALACIÓN EN ZONA RURAL CON BIOMASA

DESCRIPCIÓN

Red de suministro de energía térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en edificios de zona rural mediante una central térmica de biomasa leñosa. El ejemplo analizado en los diferentes escenarios no contempla la generación de frío.

FINANCIACIÓN

Accionistas, administraciones y clientes.

ASPECTOS CLAVE

El combustible se obtiene de un recurso local, de esta forma se pretende desarrollar la economía local aprovechando los recursos presentes en el entorno, obteniendo al mismo tiempo beneficios socioeconómicos (creación de empleo, posibilidad de vender fuera del municipio excedentes de biomasa, etc.) y ambientales (limpieza de los bosques, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al no usar combustibles fósiles, etc.). Además, indirectamente, el uso de un combustible local evita las emisiones asociadas al transporte de otros combustibles hasta la central generadora.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EJEMPLO:

- Edificios en servicio: Diferentes instalaciones públicas, así como viviendas del municipio (se supone un valor de demanda térmica para climatización de 35 kWh/m² útil al año en viviendas).
- Demanda térmica: 1.500.000 kWh/año
- Superficie (m²): 40.000m²
- Potencia instalada: 1,2 MW
- Inversiones totales realizadas: 1,5 M€ (central + red)
- Número de centrales generadoras de energía: 2 calderas (con el objetivo de disponer de una amplia modulación de potencia).
- Fuente de energía: El combustible a utilizar para la generación de calor es la biomasa leñosa (astilla de madera), siendo uno de los recursos más abundantes de los que dispone el municipio.
- Horas de funcionamiento: 1.600 horas anuales

8.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO ENERGÉTICO: FASES



FASE 1. OBTENCIÓN DEL COMBUSTIBLE

El combustible utilizado para la generación de calor es astilla de madera. La astilla utilizada puede obtenerse de diferentes fuentes según el tipo de servicio. Para este análisis coste-beneficio se plantean dos posibles fuentes de obtención del combustible:

- Astilla de madera producida a partir de la biomasa residual de los montes pertenecientes al municipio. La gestión de los bosques y la producción de astilla se supondrá a cargo de una cooperativa forestal formada por empresas/profesionales del sector forestal de la zona.
- Astilla de madera adquirida en el mercado libre.

Al precio actual de las calderas de biomasa, la competitividad de este combustible está ligada a instalaciones de mediana y gran potencia, como bloques de edificios, centros deportivos o redes de calefacción distribuida. En áreas rurales, donde la biomasa es producida localmente a partir de actividades agroforestales y donde no son habituales las grandes urbanizaciones, las redes centralizadas pueden proporcionar la rentabilidad buscada.

FASE 2. GENERACIÓN DE CALOR:

La inversión en la central de generación de calor corresponde a la central térmica y a la red de distribución. También se analizan los costes de mantenimiento y operación asociados a la instalación. Uno de los objetivos de este análisis es identificar las distintas formulas de financiación y gestión de la central. Se plantean las siguientes opciones:

- Desarrollo, financiación y gestión de la central térmica de biomasa por una empresa de servicios energéticos
- Financiación de la instalación por parte del municipio (Ayuntamiento o empresas del municipio). Gestión de la central térmica de biomasa a cargo de una cooperativa de industriales del sector forestal de la zona.

FASE 3. DISTRIBUCIÓN DE CALOR

Esta última fase corresponde a la gestión del suministro energético al usuario final. Ésta incluye las operaciones de control y medida, mantenimiento y operación de la red, y facturación del consumo al usuario. Esta fase del servicio será gestionada por una empresa pública.

8.4.2. ESCENARIOS PLANTEADOS

En la siguiente tabla se presentan los distintos escenarios según las posibilidades contempladas en cada fase del servicio.

| | ESCENARIO 1 | ESCENARIO 2 |
|--------------------------|-----------------|----------------------|
| Obtención de combustible | Mercado libre | Cooperativa forestal |
| Generación de calor | ESE | ESE |
| Distribución de calor | Empresa pública | Empresa pública |

FASE 1. OBTENCIÓN DEL COMBUSTIBLE

Se ha estimado que la cantidad de combustible necesaria para abastecer los edificios (con una demanda térmica anual de 1.500.000 kWh) es aproximadamente de:

| Especie considerada | Pinus radiata |
|--|---------------|
| Poder calorífico de madera conífera a 30% humedad (tipo t30) | 3,2 kWh/kg |
| Cantidad de biomasa necesaria anualmente | 600 toneladas |

**ESCENARIO 1
UTILIZANDO BIOMASA DEL MERCADO LIBRE**

En el mercado libre el precio de venta de astilla para humedades entre 26% - 30% es aproximadamente de:

| | |
|---------------|---------------|
| Coste astilla | 88 €/tonelada |
|---------------|---------------|

En el caso de comprar la astilla de madera en el mercado libre, a 88 €/t.30 para un consumo de 600 t, el coste total del combustible sería de 52.800 €.

**ESCENARIO 2:
UTILIZANDO BIOMASA DISPONIBLE EN EL MUNICIPIO**

En el caso de que esta actividad se llevara a cabo localmente por industriales del municipio (por ejemplo en forma de cooperativa forestal), utilizando la biomasa disponible en el municipio, los costes de producción y suministro de astilla serían los detallados a continuación.

El coste unitario de producción (que incluye compra de la madera a los propietarios de los bosques locales y coste de mano de obra del transporte, astillado, manipulación, secado y suministro) de la astilla sería:

| | |
|---------------|------------------|
| Coste astilla | 58,55 €/tonelada |
|---------------|------------------|

Si sumamos los costes de amortización de la inversión en maquinaria del centro astillado como: motosierra, tractor, cabrestante, autocargador, procesadora, camiones, astilladores, etc., su valor se incrementaría en:

| | |
|---------------|----------------|
| Coste astilla | 220 €/tonelada |
|---------------|----------------|

(con una inversión en el centro de astillado estimada en 1,5M€)

Como se puede observar, este precio es bastante más elevado. Para implantar la central de astillado y poder ofrecer precios competitivos de astilla, tendría que suministrarse biomasa a otros puntos de consumo.

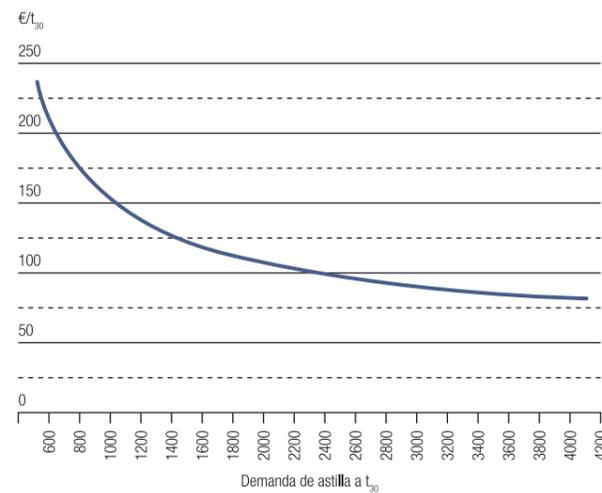


Figura 14. Precio de astilla en función de la demanda. Con costes de infraestructura Fuente: Masías sostenibles: aprovechamientos energéticos forestales. Centre Tecníc

Si el precio de mercado considerado para t.30 es de 88 €/t, observamos que para esta inversión, y según los costes de operación calculados, la cantidad de biomasa mínima que permitiría producir astilla a precio de mercado es 3.800 t/ año.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la implantación de una central productora de astilla para suministro local y venta a terceros proporciona, más allá de los beneficios económicos que se puedan obtener de la explotación del negocio, otros beneficios indirectos a la zona, puesto que **se crearía empleo y se conseguiría una gestión sostenible de los bosques.**

FASE 2. GENERACIÓN DE CALOR

En esta fase del servicio se consideran los siguientes aspectos:

INVERSIÓN

La inversión considerada para implantar tanto la central generadora de calor (potencia necesaria de 1,2 MW) como la red de distribución de este ejemplo es de **1.500.000 €** (costes de amortización anuales a 20 años con un interés nominal del 6,30% de unos 132.000 €).

Se consideran 2 calderas de 900kW y 450kW con rendimiento del 90% (alta eficiencia), con el objetivo de disponer de una amplia modulación de potencia. Las pérdidas de calor de la red de distribución se consideran alrededor del 1%.

COSTES FIJOS

Los costes fijos de mantenimiento y operación de la central térmica se han estimado en unos 15.000 € anuales.

COSTES VARIABLES

Los costes variables son principalmente el coste de combustible (analizado en la fase anterior y que para cada escenario se determinará su coste) y el coste del consumo eléctrico de la central.

El consumo eléctrico se ha establecido mediante un ratio de 0,06 kWh electricidad/kWh térmico, proporcionado por los fabricantes de calderas de biomasa en centrales de funcionamiento continuo, obteniendo un valor aproximado de 3.600 €/año.

FASE 3. DISTRIBUCIÓN DE CALOR

En esta fase del servicio se consideran los siguientes aspectos:

INVERSIÓN

Costes ya contemplados en la fase anterior.

COSTES FIJOS

Los costes fijos de mantenimiento y operación (gestión de los consumos y facturación a cliente) de la red se han estimado en 12.000 € anuales.

No se han establecido costes variables concretos para este análisis.

8.4.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS ESCENARIOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios expuestos, mostrándose el balance económico del año base para cada una de las fases de servicio del proyecto, según los parámetros expuestos en los puntos anteriores, con el objetivo de determinar el precio de venta del kWh térmico al usuario final.

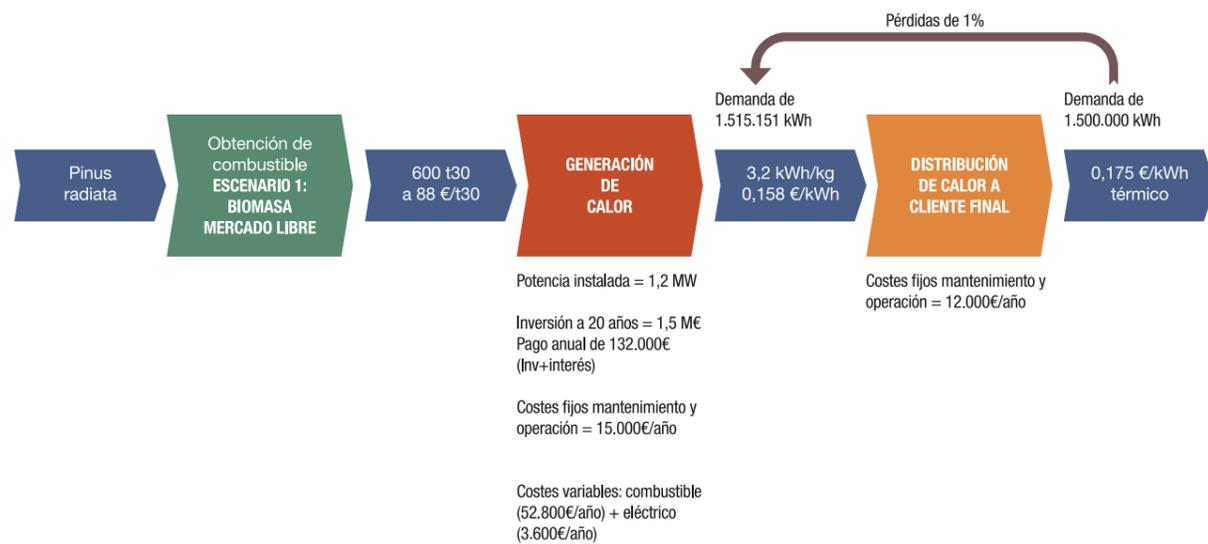
Así mismo, se realiza una simulación del precio del kWh térmico para distintos valores de demanda térmica e importe de inversión, con el objetivo de determinar qué valores nos permiten ofrecer un precio de kWh térmico competitivo.

Finalmente, se comparan las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo en climatización para cubrir la demanda de un año, determinando la reducción de CO₂ que supone usar biomasa en sustitución de combustibles fósiles.

ESCENARIO 1

El escenario 1 analiza la situación en que la generación de calor está a cargo de una empresa de servicios energéticos y el combustible se compra en el mercado libre. La fase de distribución la realiza una empresa pública.

| | ESCENARIO 1 |
|--------------------------|-----------------|
| Obtención de combustible | Mercado libre |
| Generación de calor | ESE |
| Distribución de calor | Empresa pública |



Si el precio de mercado de la astilla es de 88 €/t.30, se obtiene un precio de suministro del kWh térmico al usuario final de 0,175 €/ kWh térmico.

Según los datos considerados, la demanda estimada de 1.500.000 kWh no permite ofrecer un precio del kWh térmico competitivo con otras fuentes energéticas, pero a partir de una demanda aproximada de 3.800.000 kWh obtenemos un precio competitivo en el mercado con el gas propano (precio de referencia de 0,0942 €/kWh) y a partir de aproximadamente 4.600.000 kWh con el gas natural (precio de referencia de 0,0801 €/kWh).

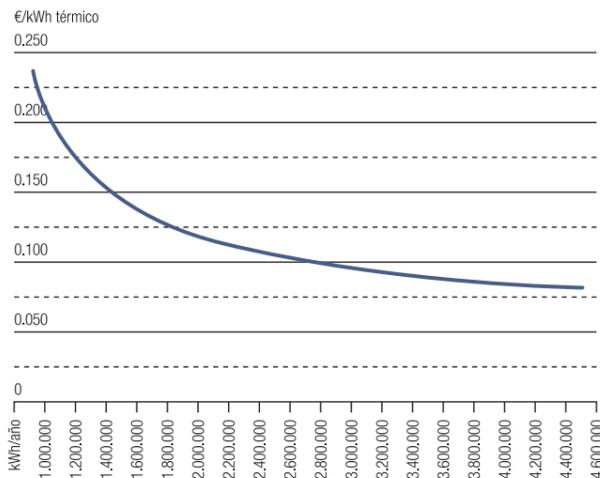


Figura 15. Escenario 1. Precio del kWh térmico en función de la demanda

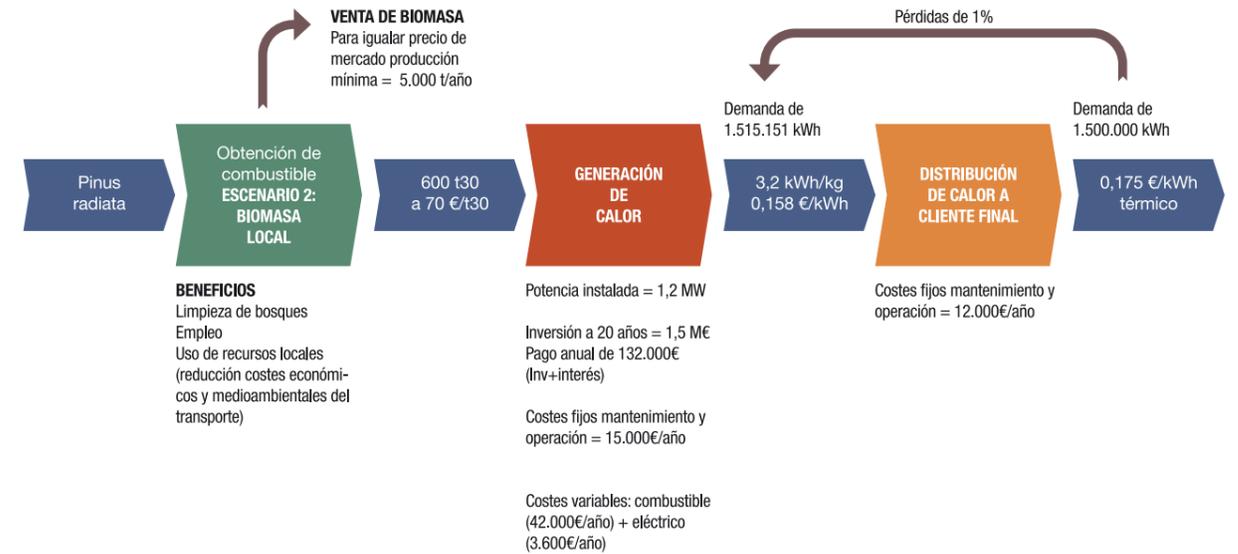
ESCAPERARIO 2

El escenario 2 analiza la situación en que la generación de calor está a cargo de una empresa de servicios energéticos y el combustible se compra a una cooperativa forestal formada por industriales de la zona. La fase de distribución la realiza una empresa pública.

| ESCAPERARIO 2 | |
|--------------------------|----------------------|
| Obtención de combustible | Cooperativa forestal |
| Generación de calor | ESE |
| Distribución de calor | Empresa pública |

La amortización de la inversión necesaria para la adquisición de los equipos necesarios para llevar a cabo esta actividad no se ha contabilizado en este análisis de escenario, ya que se considera que los industriales del sector pueden utilizar los equipos para otras actividades o, incluso, ya disponen de ellos.

Además, si se repercuten todos los costes de amortización de la instalación sobre la astilla producida para la central de biomasa, es imposible ofrecer un precio competitivo, ya que se obtenía un coste de 220 €/t.30.



Suponiendo un escenario en el que la producción de astilla de la cooperativa se venda a otros consumidores (con una demanda superior a 5.000 t/año), con lo se ve reducida considerablemente la amortización de los equipos y se puede obtener un precio de 70 €/t.30, se obtiene un precio de suministro del kWh térmico al usuario final de 0,165 €/kWh térmico.

Así, a partir de una demanda aproximada de 3.000.000 kWh, obtenemos un precio competitivo en el mercado con el gas propano, y a partir de aproximadamente 3.800.000 kWh con el gas natural.

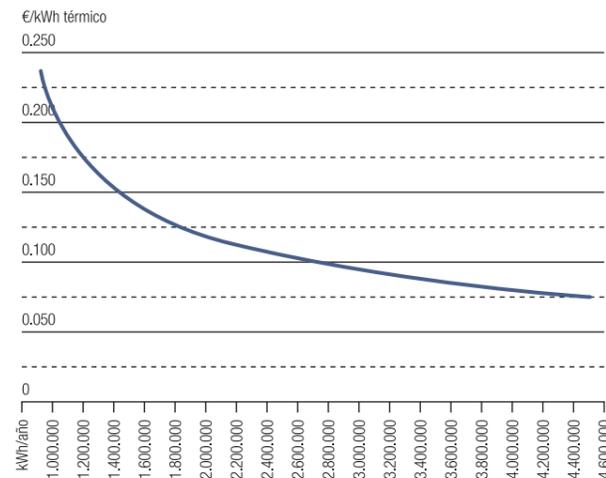


Figura 16. Escenario 1. Precio del kWh térmico en función de la demanda

8.4.4. AHORRO DE EMISIONES DE CO₂

Para una demanda energética anual de climatización de 1.500.000 kWh, las emisiones de gases de efecto invernadero ahorradas son, según el combustible que se sustituya:

| COMBUSTIBLE SUSTITUIDO | FACTOR EMISIÓN (kgCO ₂ /KWH) | TOTAL EMISIONES AHORRADAS (tCO ₂ / AÑO) |
|------------------------|---|---|
| Gas natural | 0,2020 | 303 |
| Gas propano | 0,2270 | 341 |
| Gasóleo | 0,2670 | 401 |

Tabla 7. Emisiones ahorradas por uso de biomasa. Instalación rural. Fuente: IDAE. Manual de energías renovables. Energía de la biomasa.

Nota: El factor de emisión de CO₂ de la biomasa es 0 kgCO₂/ kWh. La biomasa, al igual que las demás energías renovables, se considera neutra, es decir, con un factor de emisión de gases de efecto invernadero en la fase de generación de calor o frío igual a 0 kgCO₂ por kWh generado.

8.4.5. CONCLUSIONES

En zonas rurales, alejadas de las redes de distribución de gas natural, las fuentes de energía principales son el gasóleo o la electricidad, por lo que el cambio a la biomasa es una alternativa a considerar. El precio del kWh térmico con biomasa se iguala con los de los combustibles fósiles para valores de demanda elevados. Si además tenemos en cuenta que la previsión de incremento del precio de los combustibles fósiles será superior al incremento del precio de la biomasa se obtienen posibles escenarios de ahorro.

El hecho de producir la astilla localmente puede suponer una reducción de los costes de producción del combustible y, por lo tanto, una reducción del coste del kWh térmico; además ayudaría al desarrollo económico local, al tiempo que se aprovecharían los recursos propios del municipio.

Producir la astilla localmente supone realizar una serie de inversiones que no pueden ser amortizadas solo con la producción de astilla necesaria para la central térmica local, por que sería necesario vender astilla a otros puntos de consumo.

Las pérdidas de calor en la distribución incrementan el gasto; por lo tanto, hay que lograr un rendimiento global de la instalación superior al 80%. Un mal diseño de la central de generación o de la red de distribución, y/o una mala instalación, gestión y mantenimiento encarecen el precio de la energía suministrada.

Para abaratar al máximo el coste de la biomasa interesa reducir el coste del transporte. En el caso de la biomasa forestal, la producción en los montes locales y la distribución a otros consumidores vecinos ayudan a lograr unos precios de energía primaria del orden de 0,050 €/kWh.

La inversión media para la instalación de una red de calor distribuido es de 500-1.000 €/kW. Los créditos deben contemplar un periodo de retorno de, al menos, 10 años. Las líneas de crédito bonificadas, con intereses reducidos, son muy necesarias para este tipo de inversiones.

8.5. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE UNA INSTALACIÓN EN ZONA URBANA NO INDUSTRIAL

DESCRIPCIÓN

Red de climatización urbana de calor y frío, con una planta de tratamiento de residuos municipales o instalación similar cercana.

Se trata de redes de climatización que abastecen habitualmente viviendas y edificios comerciales o del sector terciario, ya sean equipamientos públicos o edificios privados. Sin embargo, si el aprovechamiento del calor residual proviene de procesos industriales con altas temperaturas, los clientes serán del mismo sector industrial, cuyas aplicaciones son particulares debido a la variedad de usos de calor y frío en la industria.

Las principales diferencias entre abastecer el sector doméstico o terciario son las temperaturas de operación, normalmente más altas, pero también los fluidos portadores de calor que pueden ser vapor o CO₂.

FINANCIACIÓN

Accionistas, administraciones y clientes.

ASPECTOS CLAVE

La proximidad de una planta de tratamiento de residuos municipales o de una zona industrial permite que el combustible utilizado sea "gratuito", puesto que se trata de un calor residual que en caso contrario se desperdiciaría.

Los edificios domésticos constituyen una gran cantidad de puntos de consumo y pueden complicar la facturación y la atención al cliente. En los casos de población dispersa, este factor puede ser un inconveniente para la rentabilidad económica de la red, por lo que las instalaciones con mayor rendimiento son aquellas en áreas urbanas con mucha concentración de población. En todo caso, hay que tener en cuenta que la curva de la demanda energética de las viviendas es complementaria a la de los edificios de oficinas.

En el caso del aprovechamiento de calor residual de procesos industriales, es habitual complementar la red de climatización con la generación de energía eléctrica (cogeneración).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- Número de edificios en servicio: 20-50 (tipología variada: oficinas, centros educativos, viviendas sociales, centros sanitarios, hoteles, centros comerciales, restauración, etc.)
- Fuente de energía: vapor generado en la combustión de residuos municipales de una planta de tratamiento.
- Potencia de calor/frío: 10-50 MW
- Superficie: 50.000-100.000 m²
- Extensión de la red: 2-10 km.
- Inversiones totales realizadas: 10-30 M€
- Número de centrales generadoras de energía: >1
- Sistema de refrigeración:
 - Si la ciudad tiene cerca del mar: mediante agua de mar
 - Si no está cercana al mar: utilización de torres de enfriamiento.
- Depósito acumulador de agua fría: 1.000- 5.000 m³

8.5.1. DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO ENERGÉTICO ANALIZADO: FASES

A diferencia de la instalación anterior (municipio rural), en ésta sólo se diferencian dos fases: la generación de calor y la distribución al cliente final, puesto que la obtención de combustible es un proceso de aprovechamiento de los residuos y, por lo tanto, sus costes no se repercuten en la instalación de red urbana.



FASE 1 - GENERACIÓN DE CALOR

En esta fase se analizan los costes y beneficios de la generación de calor. En este caso se trata de calor residual de una planta de tratamiento de residuos municipales.

En la central se produce el agua caliente aprovechando la proximidad de la central de valorización de residuos municipales, mediante un intercambiador. En cuanto al frío, éste se produce en las máquinas de absorción con este mismo calor residual o con los equipos eléctricos, cuando la demanda excede la capacidad de las máquinas de absorción. La refrigeración de los equipos se hace con agua de mar y permite evitar la construcción de una torre de refrigeración.

FASE 2 - DISTRIBUCIÓN DE CALOR

Esta fase corresponde a la gestión del suministro energético al usuario final. En esta fase se incluyen las operaciones de control y medida, mantenimiento y operación de la red, y facturación del consumo al usuario.



Figura 17. Red urbana de calor y frío de Barcelona, en las zonas Forum y 22@.

El sistema transporta la energía desde las centrales de producción de frío y calor hasta los puntos de intercambio o subestaciones de los clientes.

La distribución se realiza mediante 4 tubos (2 para el frío y 2 para el calor) dispuestos en paralelo. La red discurre enterrada por las calles o en galerías de servicio y funciona con caudal variable (se bombea agua desde la central en función de la demanda) y con un volumen constante (circuito cerrado).

8.5.2. ESCENARIOS PLANTEADOS

En este ejemplo se analiza el ahorro económico asociado a los datos publicados para el caso real de la instalación de Barcelona, en las zonas Fórum y 22@.

- Demanda de calor: ≈15.000 MWh/año
- Demanda de frío: ≈25.000 MWh/año
- Potencia de calor contratada: 37,23 MW
- Potencia de frío contratada: 57,58 MW

La instalación cuenta con 2 centrales generadoras con las siguientes características:

■ CENTRAL 1

- Producción de frío:
 - 2 enfriadoras de absorción de 4,5 MW
 - 2 enfriadoras eléctricas de 4 MW
 - 2 enfriadoras eléctricas de 7 MW
- Producción de calor:
 - 4 intercambiadores para el vapor de la valorización de residuos/agua de 5 MW
 - 1 caldera de gas de 20 MW (solo en servicio si no hay disponibilidad de vapor)

■ CENTRAL 2

- Producción de frío:
 - 3 enfriadoras eléctricas de 6,7 MW
- Producción de calor:
 - 3 calderas de gas natural de 13,4 MW

8.5.3. AHORRO ENERGÉTICO

Ahorro energético estimado respecto a una instalación convencional: 20% (según datos publicados en Guía de desarrollament de projectes de xarxes de districte de calor i de fred, ICAEN, Octubre 2010)

Con los siguientes precios de referencia de combustibles convencionales este ahorro del 20% se traduce en:

Precios de referencia (diciembre 2011):

| PRECIOS DE REFERENCIA (DICIEMBRE 2011) | |
|--|-------|
| COMBUSTIBLES | €/kWh |
| Gas natural | 0,080 |
| Electricidad | 0,121 |

- Demanda de calor: ≈15.000 MWh/año => 15.000.000 kWh*0,08€ / kWh GN *0,20 = **240.000€ ahorro anual**
- Demanda de frío: ≈25.000 MWh/any => 25.000.000 kWh * 0,121€/kWh elec * 0,20 = **605.000€ ahorro anual**
- **Ahorro total anual= 240.000+605.000=845.000€**

INVERSIÓN REALIZADA

32,8 M€ (no incluidas inversiones iniciales de la Administración).

PLAZO DE AMORTIZACIÓN

(inversión sin contar posibles intereses de financiación)

32.8000.000/845.000 = 38,8 AÑOS

8.5.4. AHORRO DE EMISIONES DE CO₂

En este caso, para una demanda energética anual de climatización de 15.000 MWh de calor y 25.000 MWh de frío, si en lugar de una red urbana centralizada la demanda de calor y frío se cubriera con equipos distribuidos que usan combustibles fósiles, las emisiones de gases de efecto invernadero serían:

| AHORRO DE EMISIONES DE CO ₂ | | | | |
|--|------------------------|---|---------------------|---|
| | COMBUSTIBLE SUSTITUIDO | FACTOR EMISIÓN (kgCO ₂ /kWh) | CONSUMO ANUAL (MWh) | EMISIONES AHORRADAS (tCO ₂ /año) |
| Calor | Gas natural | 0,202 | 15.000 | 3.030 |
| Frío | Electricidad | 0,27 | 25.000 | 6.750 |
| TOTAL RED de calor y frío | | | | 9.780 |

Tabla 8. Emisiones ahorradas por uso de biomasa. Instalación urbana. Fuente: IDAE. Manual de energías renovables. Energía de la biomasa.

El factor de emisión de gases de efecto invernadero de la central generadora de la red urbana centralizada se considera neutro por tratarse de vapor residual generado en la combustión de residuos municipales de una planta de tratamiento. Por lo tanto, se produciría un ahorro de emisiones de 9.780 tCO₂/año.

Para estos cálculos se ha considerado que la red urbana sustituiría:

- Equipos generadores de frío convencionales que funcionarían con energía eléctrica
- Equipos de calor que usarían como combustible habitual el gas natural

Estos cálculos de emisiones serían en el caso de que se sustituyera al 100% el uso de combustibles fósiles, sin considerar ninguno de los equipos auxiliares de reserva que se pondrían en servicio en caso de no disponer de vapor, por lo que probablemente el valor de emisiones ahorrado real será ligeramente inferior y variará según la demanda anual.

8.5.5. CONCLUSIONES

Las redes de distrito mejoran la eficiencia energética del sector servicios al ofrecer sistemas de climatización más eficientes que los equipos distribuidos y permitir el aprovechamiento de calores residuales; de este modo, consiguen que se reduzca la intensidad energética de la demanda. Si además el calor residual se aprovecha para generar energía eléctrica (cogeneración), se aumenta aún más la eficiencia del sistema y, por lo tanto, se reduce considerablemente la emisión de gases de efecto invernadero.

Aun así, como se ha visto en este análisis, este tipo de instalaciones son proyectos que requieren una fuerte inversión inicial, con retornos de la inversión a largo plazo y, por lo tanto, necesitan una colaboración pública y una participación del promotor y del usuario vía pago de los derechos de conexión.

Para reducir el impacto de la obra civil es recomendable implantar el sistema en nuevas zonas urbanas o en zonas en transformación. Además, sería interesante plantear este tipo de redes de distrito en cualquier zona industrial de nueva creación: el ahorro energético y económico en los procesos industriales sería considerable y esa zona industrial aumentaría su interés para de los empresarios que pretendan implantar sus negocios.

9. REDES DE CLIMATIZACIÓN URBANA EN LOS MUNICIPIOS ESPAÑOLES

9.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta una recopilación de información sobre las instalaciones de climatización urbana en España. Es necesario indicar que, en general, la información sobre este tipo de instalaciones se encuentra muy dispersa y no siempre ha sido fácil encontrar los mismos tipos de datos de las instalaciones.

La recopilación de información se ha realizado a tres niveles:

■ CENSO BÁSICO

Se ha aprovechado la colaboración de ADHAC, Asociación de Redes de Calor y Frío en España, que ha publicado recientemente un informe sobre el estado de este tipo de infraestructuras en nuestro país, y que ha proporcionado para la elaboración del presente estudio un censo básico de instalaciones en funcionamiento, junto con otras que están actualmente en construcción o en proyecto.

■ FICHAS DESCRIPTIVAS

Se ha recopilado de diversas fuentes información básica sobre instalaciones en funcionamiento, en formato de fichas descriptivas. Estas fichas incluyen, además de los datos generales (ubicación, año de puesta en marcha, titularidad, tipo de explotación, energía suministrada, usuarios y fuente de energía primaria), otros adicionales, como una breve descripción técnica de la instalación con parámetros básicos, esquemas y fotografías. Se han elaborado fichas correspondientes a 26 instalaciones.

■ ANÁLISIS DETALLADO

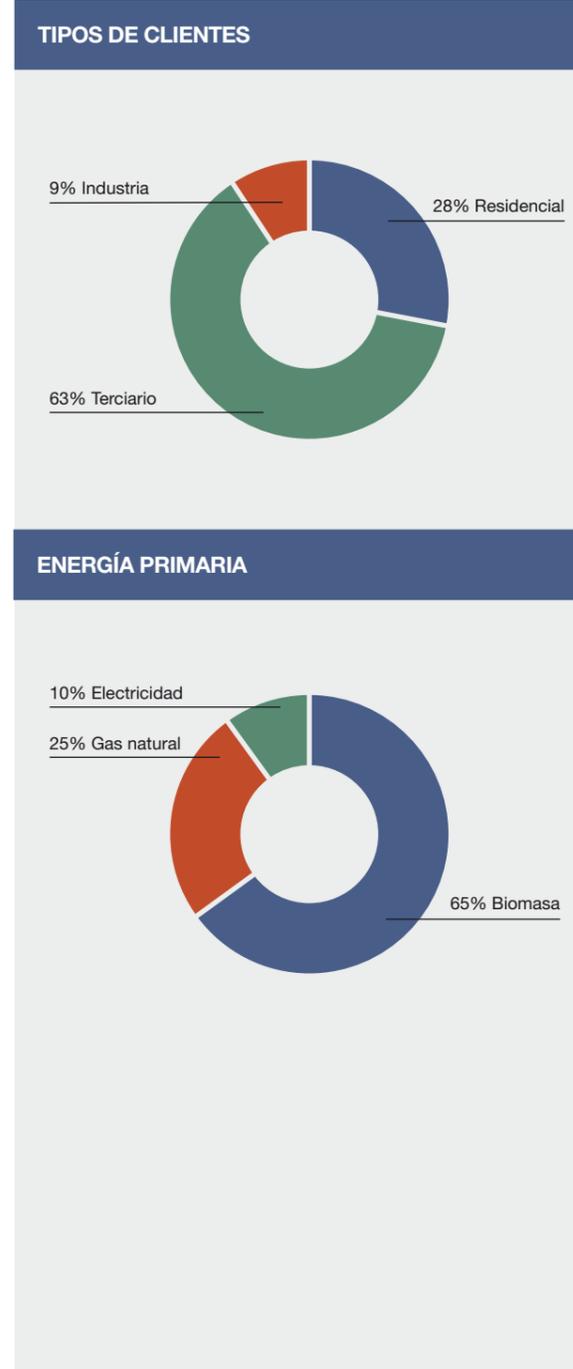
Se han analizado con cierto grado de detalle dos instalaciones de climatización urbana que se han considerado representativas de las existentes en España: Red Calefacción Urbana de Cuellar (Segovia) y red de climatización "Tubo verde de Mataró" (Barcelona).

9.2. CENSO BÁSICO DE INSTALACIONES

La asociación ADHAC ha identificado 56 instalaciones en operación, en construcción o en proyecto. Se ha recopilado dicha información en una tabla con la identificación de la red, su ubicación, la empresa o entidad promotora, la empresa explotadora, el tipo de energía suministrada (frío y/o calor), el tipo de usuario (residencial, terciario y/o industria), y la energía primaria empleada (biomasa, electricidad, gas natural, etc.). En algunos casos, no se ha podido suministrar toda esta información por no estar disponible.

Previamente a la tabla con la relación de instalaciones censadas, se presenta un gráfico clasificando las redes por tipo de suministro, tipología de clientes y tipo de energía primaria.

Al no disponer de datos suficientes sobre cada una de las redes del censo de ADHAC, se ha optado por realizar el análisis de las tipologías de red existentes en España a partir de los datos del apartado siguiente, "Fichas descriptivas", donde, aunque se cuenta con un menor número de instalaciones, se dispone de datos más completos que permite obtener conclusiones.



Al no disponer de datos suficientes sobre cada una de las redes del censo de ADHAC, se ha optado por realizar el análisis de las tipologías de red existentes en España a partir de los datos del apartado siguiente, "Fichas descriptivas", donde, aunque se cuenta con un menor número de instalaciones, se dispone de datos más completos que permite obtener conclusiones.

| COMUNIDAD AUTÓNOMA | NOMBRE DE LA RED | EMPRESA PROMOTORA | EMPRESA EXPLOTADORA | TIPO DE SUMINISTRO | | | TIPO DE CLIENTES | | | ENERGÍA PRIMARIA | | | | |
|--------------------|---|---|--|--------------------|---|----|------------------|---|---|------------------|----|---|---|---|
| | | | | C | F | F- | R | T | I | B | GN | E | O | |
| ANDALUCÍA | Palmas Altas (Sevilla) | | | X | X | | | X | | | | X | | |
| | Burguillos | | | X | X | | | X | | | | X | | |
| | Parque GEOLIT, Parque científico tecnológico del aceite y el olivar (Mengíbar - Jaén) | Valoriza Energía | | X | X | | | X | | | | X | | |
| | Huetor Tájar (Granada) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| | District Heating Quesada (Jaén) | Ayuntamiento de Quesada | | X | | | | X | | | | X | | |
| ARAGÓN | Ayuntamiento de Ansó (Huesca) | Ayuntamiento de Ansó | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Zaragoza Expo (Zaragoza) | Districlima Zaragoza, S.L. | Districlima, S.A. | X | X | | | X | | | | X | X | |
| | Hospital Salud Calatayud (Zaragoza) | | | X | X | | | X | | | | X | X | |
| | Escuela Militar de Jaca (Huesca) | | | X | X | | | X | | | | | | X |
| | Ciudad Residencial Sonsoles de Atades (Alagón - Zaragoza) | Gobierno de Aragón. Fundación Sonsoles-Atades. Aplir-Esauen | | X | | | | X | | | | | | X |
| ASTURIAS | Cooperativa Alfonso II (Barrio de Buenavista - Oviedo) | Cooperativa Alfonso II | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Ecojove (Barrio de Jove - Gijón) | Áreas Residenciales Concertadas (ARCON) | Ecoenergías Gijón S.L. (60% participación Giroa) | X | | | | X | | | | X | X | X |
| | Fundación Docente de Mineros Asturianos FUNDOMA (Oviedo) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Villayón (Oviedo) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| BALEARES | ParcBit Palma de Mallorca (Mallorca) | | | X | X | | | X | X | | | X | | |
| | Insotel Puntaprima Hotel (Mallorca) | | | X | X | | | X | | | | X | | |
| | Hotel Finques Son Claret (Mallorca) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Distribuidor Bon Grup (Mallorca) | | | X | | | | | X | | | X | | |
| CANTABRIA | Balneario de Liérganes (Santander) | Grupo Relais Termal | REBI, Recursos Biomasa S.L. | X | | | | X | X | | | X | | |
| | Santillana del Mar (Santander) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| C. LA MANCHA | Fundación Apadrina Un Árbol (Mazarete - Guadalajara) | | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Fuentelaencina (Guadalajara) | | | X | | | | X | X | | | X | | |
| | Chillaró (Guadalajara) | Nova Energía | | X | | | | X | | | | X | | |
| | Pedroñeras (Cuenca) | Nova Energía | Nova Energía | X | | | | X | | | | X | | |

| COMUNIDAD AUTÓNOMA | NOMBRE DE LA RED | EMPRESA PROMOTORA | EMPRESA EXPLOTADORA | TIPO DE SUMINISTRO | | | TIPO DE CLIENTES | | | ENERGÍA PRIMARIA | | | | |
|--|---|---|---------------------------------------|--------------------|---|----|------------------|---|---|------------------|----|---|---|---|
| | | | | C | F | F- | R | T | I | B | GN | E | O | |
| C. Y LEÓN | Ciudad del Medio Ambiente (Soria) | Junta de Castilla y León | GESTAMP Biotérmica | X | X | | | X | | | | X | | |
| | DH-Óvega (Soria) | Ayuntamiento de Óvega. Junta de Castilla y León | REBI, Recursos de la Biomasa S.L. | X | | | | X | X | X | | X | | |
| | Mini DH-Mojados (Valladolid) | Ayuntamiento de Mojados | REBI, Recursos de la Biomasa, S.L. | X | | | | X | X | | | X | | |
| | Cuéllar (Segovia) | EREN. IDAE | Ayuntamiento de Cuéllar | X | | | | X | X | | | X | | |
| | Las Navas del Marqués (Ávila) | Ayuntamiento de Las Navas del Marqués. Diputación de Ávila | Ayuntamiento de Las Navas del Marqués | X | | | | | X | | | X | | |
| | Urbanización Belorado (Burgos) | Ayuntamiento de Belorado | | X | | | | | X | | | X | | |
| | Campus Miguel Delibes (Valladolid). En proyecto | Universidad de Valladolid. Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León | | X | X | | | | X | | | X | | |
| | CENEAM (Valsain - Segovia) | CENEAM | | X | | | | | X | | | X | | |
| | Ayuntamiento de Coca (Segovia) | Ayuntamiento de Coca. Junta de Castilla y León | | X | | | | | X | | | X | | |
| | Vivero Forestal Central de Valladolid | Vivero Forestal Central. Junta de Castilla y León. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino | | X | | | | | X | | | X | | |
| | District Heating Fabero (León) | Ayuntamiento de Fabero. Caryse | | X | | | | | X | | | X | | |
| | Albergue de la Naturaleza de Tabuyo del Monte (Luyego - León) | | | X | | | | | X | | | X | | |
| | CATALUNYA | Bellver de Cerdanya (Lleida) | Nova Energía | | X | | | | | X | | | X | |
| Marina Zona Franca (Barcelona y L'Hospitalet de Llobregat) | | Dalkia | Ecoenergías Barcelona | X | X | X | | X | X | X | | X | X | X |
| Fòrum Peri III-22@ (Barcelona) | | Districlima, S.A. | Districlima, S.A. | X | X | | | X | X | X | | X | X | X |
| Alins (Pallars Sobirà - Lleida) | | Ajuntament d'Alins | Ajuntament d'Alins | X | | | | | X | | | X | | |
| Tub Verd Matarò (Barcelona) | | | Matarò Energía Sostenible, S.A. | X | X | | | X | X | | | X | | |
| Sant Pere de Torelló | | Ajuntament de Sant Pere de Torelló | Ajuntament de Sant Pere de Torelló | X | | | | X | | X | | X | | |
| La Granja de Molins de Rei (Barcelona) | | Molins Energía | Molins Energía | X | | | | X | | | | X | | |
| Parc de L'Alba-Cerdanyola del Vallès (Barcelona) | | Consorcio Urbanistic del Centre Direccional de Cerdanyola del Vallès | Poligeneració ST4 Parc de L'Alba | X | X | | | X | X | | | X | | |
| Avinyó (Barcelona) | | Nova Energía | Nova Energía | X | X | | | X | | | | X | | |

| COMUNIDAD AUTÓNOMA | NOMBRE DE LA RED | EMPRESA PROMOTORA | EMPRESA EXPLOTADORA | TIPO DE SUMINISTRO | | | TIPO DE CLIENTES | | | ENERGÍA PRIMARIA | | |
|--------------------|---|---|---------------------|--------------------|---|----|------------------|---|---|------------------|----|---|
| | | | | C | F | F- | R | T | I | B | GN | E |
| CATALUNYA | Planta de Biogás (Girona) | | | X | | | | X | | | | X |
| | Camping Morunys Planta Biomasa (Lleida) | | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Balaguer (Lleida) | Nova Energía | | X | | | X | | X | | | |
| | Trinitaris Vic (Barcelona) | Ayuntamiento de Vic. Diputación de Barcelona | | X | | | X | | | X | | |
| | Ripoll District Heating (Girona) | Ayuntamiento de Ripoll. Consejo Comarcal. Consorcio de Espacios Naturales del Ripollès (CEINR) | | X | | | X | | | X | | |
| | Estación de Esquí de La Molina (Alp - Girona) | Conselleria de Territori i Sostenibilitat de Catalunya. Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya | | X | | | X | | | X | | |
| | Santa Eulàlia de Puig-Oriol (Lluça - Barcelona) | | | X | | | X | | | X | | |
| | Bellvitge 2.0 (L'Hospitalet de Llobregat - Barcelona) | | | X | | | X | | | | | |
| | Sant Cebrià de Vallalta (Barcelona) | Ayuntamiento de Sant Cebrià de Vallalta. Caryse | | X | | | X | | | X | | |
| | Castellfolit del Boix (Barcelona) | Ayuntamiento de Castellfolit del Boix. Caryse | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Planoles (Girona) | Ayuntamiento de Planoles | | X | | | X | | | X | | |
| | Vilanova de Sau (Barcelona) | Ayuntamiento de Vilanova de Sau | | X | | | X | | | X | | |
| | Can Draper (Ametlla del Vallés - Barcelona) | Caryse | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Brull (Barcelona) | Fundación La Caixa. Área de Espacios Naturales de la Diputación de Barcelona. Ayuntamiento de Brull | | X | | | X | X | | X | | |
| | District Heating Iles de Cerdanya (Lleida) | Nova Energía | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Esterrí d'Aneu (Lleida) | Ayuntamiento de Esterrí d'Aneu | Suris S.L. | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating de Ger (Girona) | Ayuntamiento de Ger | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Calders (Barcelona) | Ayuntamiento de Calders. Caryse. Asociación de Propietarios Forestales Moianès-Gavarresa. Fondo Estatal para la Ocupación y la Sostenibilidad Local | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Campdevanol (Girona) | Ayuntamiento de Campdevanol. Caryse | | X | | | X | | | X | | |
| | La Segrera (Barcelona) | | | X | | | X | | | | | |

| COMUNIDAD AUTÓNOMA | NOMBRE DE LA RED | EMPRESA PROMOTORA | EMPRESA EXPLOTADORA | TIPO DE SUMINISTRO | | | TIPO DE CLIENTES | | | ENERGÍA PRIMARIA | | |
|--------------------|--|---|--|--------------------|---|----|------------------|---|---|------------------|----|---|
| | | | | C | F | F- | R | T | I | B | GN | E |
| CATALUNYA | Can Cabassa (Sant Cugat del Vallés - Barcelona) | PROMUSA Promotora Municipal de Vivienda del Ayuntamiento de Sant Cugat | | X | X | | X | | | | X | |
| EXTREMADURA | Base Menacho (Badajoz) | | | X | X | | | X | | | | |
| | Vivero García de Sola (Talarrubias - Badajoz) | Confederación Hidrográfica del Guadiana. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. FORESA Servicios Energéticos | | X | | | | X | | | X | |
| GALICIA | Concello de Riós (Ourense) | | | X | | | | X | | | X | |
| | DH Baltar: Centro de Día Teleclub (Ourense) | Consorcio Energía Sostenible Local ESOL-INEGA-IPVC-ayuntamientos de Verín, Baltar, A Mezquita, Riós-Cámaras Municipales de Chaves y Vinhais | | X | | | | X | | | X | |
| | DH Baltar: Ayuntamiento Casa de Cultura (Ourense) | Consorcio Energía Sostenible Local ESOL-INEGA-IPVC-ayuntamientos de Verín, Baltar, A Mezquita, Riós-Cámaras Municipales de Chaves y Vinhais | | X | | | | X | | | X | |
| MADRID | Ciudad Deportiva del Real Madrid (Madrid) | | Grupo San José | | | | X | | X | | | X |
| | Puente de Vallecas (Madrid) | Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid EMVS | Pendiente Adjudicación | X | | | | X | | | X | X |
| | Universidad Rey Juan Carlos (Móstoles - Madrid) | | | X | | | | X | | | | X |
| | Barajas T4 (Madrid) | | | X | X | | | X | | | | X |
| | Meseta de Orcasitas (Madrid) | | | X | | | | X | | | | X |
| | Ciudad Universitaria (Madrid) | | | X | | | | X | | | | X |
| | Camping Monte Holiday (Gargantilla de Lozoya - Madrid) | | | X | | | | X | | | | X |
| | Calle 6 - Ciudad Pegaso (Madrid) | Calordom | | X | | | | X | | | | X |
| | Colonia de la Esperanza (Madrid) | | | X | | | | X | | | | |
| | EcoBarrio Nueva Rosilla (Madrid) | Ayuntamiento de Madrid | | X | | | | X | | | | |
| NAVARRA | Campus de la Justicia de Madrid (Madrid) | | | X | X | | | X | | | | |
| | Barrio de San Juan (Tudela - Navarra) | Navarra Suelo Urbano. Gobierno de Navarra. Ayuntamiento de Tudela | GIROA, S.A.U. | X | | | | X | | | X | X |
| | Ciudad Agroalimentaria de Tudela (Navarra) | Gobierno de Navarra | Ciudad Agroalimentaria de Tudela (Gobierno de Navarra) | X | X | X | | X | | | X | X |

| COMUNIDAD AUTÓNOMA | NOMBRE DE LA RED | EMPRESA PROMOTORA | EMPRESA EXPLOTADORA | TIPO DE SUMINISTRO | | | TIPO DE CLIENTES | | | ENERGÍA PRIMARIA | | |
|--------------------|--|--|------------------------------|--------------------|---|----|------------------|---|---|------------------|----|---|
| | | | | C | F | F- | R | T | I | B | GN | E |
| NAVARRA | Cooperativa San José (Pamplona) | | | X | | | X | | | X | | |
| | Cooperativa Calor Txantrea (Pamplona) | | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating de Ezcaroz (Navarra) | | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating de Ochogavía (Navarra) | | | X | | | X | | | X | | |
| | District Heating Larrainzar (Ultzama - Navarra) | Levenger Ingeniería. Ayuntamiento de Ultzama | | | X | | | X | | | X | |
| | District Heating Lekunberri (Navarra) | Levenger Ingeniería. Ayuntamiento de Lekunberri | | | X | | | X | | | X | |
| | District Heating de Valcarlos (Navarra) | Gelia Nova. EM21 | | | X | | | | | | | |
| | District Heating Paseo de los Poetas (Tudela - Navarra) | Inversiones, Arquitectura y Suelo de Tudela (IAS Gestión). DG Arquitectura | | | X | | | X | | | X | |
| PAIS VASCO | Plaza Porticada (Vitoria - Álava) | | Incafrisa | X | | | X | | | X | | |
| | Hospital de Basurto (Bilbao - Vizcaya) | Osakidetza Servicio Vasco de Salud | Giroa, S.A. | X | X | | X | | | X | X | |
| | Orozco (Vizcaya) | Ayuntamiento de Orozco | UTE Enerpellet-Giroa, S.A. | X | | | X | X | | X | X | |
| | Ur Beroa (San Sebastián - Guipúzcoa) | Cooperativa Bidebieta II | | X | | | X | | | X | | |
| | Balneario de Cestona (Guipúzcoa) | Grupo Retails Termal | REBI, Recursos de la Biomasa | X | | | X | X | | X | | |
| | Beizama (Guipúzcoa) | Giroa, S.A. Kapelbi | | X | | | X | X | | X | | |
| | Parque Científico de la Universidad del País Vasco (Leioa - Vizcaya) | | En construcción | X | X | | X | X | | X | | |
| | District Heating de Sarriko (Bilbao - Vizcaya) | Ayuntamiento de Bilbao. Ente Vasco de la Energía EVE. Comisión Gestora de Zorrotzaurre | | X | | | | | | | | |
| | District Heating de Okiona (Álava) | Gelia Nova. EM21. Ingeniería EIC S.L. | | X | | | X | | | | | |
| | Bolueta - Nuevas Siete Calles (Bilbao - Vizcaya) | VIRESA, Ente Vasco de la Energía EVE. Ayuntamiento de Bilbao. IDOM Ingeniería y Consultoría S.A. ACXT (Grupo IDOM) | | X | | | | | | | | |
| | Iniciativa Aramaixo 2010-2014 (Aramaio - Álava) | | | X | | | X | | | X | | |

Tabla 9. Censo de instalaciones de climatización de distrito. Fuente ADHAC

9.3. FICHAS DESCRIPTIVAS DE LAS REDES DE DISTRITO

Se han elaborado unas fichas descriptivas con las principales características de las redes más significativas, incluyendo la siguiente información:

- Datos básicos: ubicación, titularidad, explotador, energía suministrada, energía primaria, sectores abastecidos y año de puesta en marcha.
- Introducción: motivación, antecedentes, fases de construcción, etc.
- Descripción de edificios abastecidos y superficie.
- Características técnicas principales de la central de generación y la red de distribución, sobre la fuente de energía utilizada (calderas, enfriadoras, máquinas de absorción, máquinas de cogeneración, sistemas de almacenamiento, red de tuberías, etc.).
- Caracterización energética: energía consumida o suministrada anualmente y ahorros de emisiones.
- Inversión aproximada, financiación y subvenciones obtenidas.
- Fotografías y/o croquis

INSTALACIONES Y SU LOCALIZACIÓN



| CÓDIGO | MUNICIPIO | PROVINCIA |
|--------|---|-----------|
| R01 | Avinyó | Barcelona |
| R02 | Barcelona: FORUM y 22@ | Barcelona |
| R03 | Barcelona: Red Multienergías de Barcelona Sur (Barrio de la Marina) | Barcelona |
| R04 | Beizama | Guipúzcoa |
| R05 | Bellver de Cerdanya | Lleida |
| R06 | Belorado | Burgos |
| R07 | Cerdanyola del Valles - Parc del Alba | Barcelona |
| R08 | Coca | Segovia |
| R09 | Concello de Rios | Orense |
| R10 | Cuellar | Segovia |
| R11 | Jaen - parque empresarial Geolit | Jaén |
| R12 | Las Navas del Marqués | Ávila |
| R13 | Las Pedroñeras | Cuenca |

| CÓDIGO | MUNICIPIO | PROVINCIA |
|--------|--------------------------------------|------------|
| R14 | Mallorca - Parc Bit | Mallorca |
| R15 | Mataro: Tubo Verde | Barcelona |
| R16 | Mojados | Valladolid |
| R17 | Molins del Rei | Barcelona |
| R18 | Orozco | Vizcaya |
| R19 | Oviedo - Cooperativa Alfonso XII | Oviedo |
| R20 | Oviedo - Fundoma | Oviedo |
| R21 | San Sebastian - Cooperativa Ur Beroa | Guipúzcoa |
| R22 | Sant Pere de Torelló | Barcelona |
| R23 | Tudela - Ciudad Agroalimentaria | Navarra |
| R24 | Ultzama | Navarra |
| R25 | Villayon | Oviedo |
| R26 | Zaragoza - Parque del Agua | Zaragoza |

9.3.1. ANÁLISIS DE LAS INSTALACIONES

Del análisis de las fichas se puede extraer una serie de conclusiones. Hay que tener en cuenta, como se ha señalado ya, que estas instalaciones no representan toda la realidad de las redes de climatización en España, si bien constituyen buena parte de las que actualmente están en funcionamiento.

9.3.1.1. DIMENSIONES Y ENERGÍA SUMINISTRADA

- Actualmente hay operativas **pocas instalaciones de gran tamaño** (por encima de 10 MW de potencia de generación). Dichas Instalaciones, que suponen en número algo menos de un 25%, suministran todas **frío y calor**.
- Existen a continuación una serie de instalaciones **medianas** (en torno a los 5 MW), que suponen en número un 20%, y que son solo de calefacción o mixtas (calor y frío).
- El resto de instalaciones, son todas de **pequeño** tamaño (por debajo de 1 MW) y suministran únicamente **calor**.

9.3.1.2. TITULARIDAD Y EXPLOTACIÓN

- Las **grandes** redes están en general promovidas y explotadas por **sociedades mixtas**, de las cuales normalmente forma parte un municipio, la administración autonómica correspondiente y una empresa de servicios energéticos. Esta fórmula ha sido desarrollada principalmente en **Cataluña**.
- Las instalaciones **pequeñas** son normalmente de titularidad **municipal**, si bien la explotación corresponde en proporciones similares al propio Ayuntamiento, en unos casos, y a una empresa de servicios energéticos, en otros. Se han encontrado también algunas redes totalmente **privadas**, abasteciendo a parques empresariales o a comunidades de vecinos.

- La mayor parte de las redes se han desarrollado **recientemente** (en los últimos 4-5 años) y, en general, han aprovechado líneas de financiación y subvenciones nacionales o europeas, destacando el denominado Plan E como una importante fuente de recursos en las redes pequeñas.

9.3.1.3. USUARIOS ABASTECIDOS

- El uso es prácticamente total para **climatización** de edificios. Solo se detecta un caso de suministro de calor y frío al sector industrial.
- Las redes **pequeñas** de titularidad municipal nacen para abastecer únicamente edificios **municipales**, aunque en algún caso también incorporan usuarios privados residenciales.
- Las redes más **grandes** suministran a **todo tipo** de edificios, tanto municipales (que proporcionan masa crítica), como privados residenciales y privados de uso terciario. Estos últimos son los principales destinatarios del suministro de frío.
- En la práctica totalidad de los casos, las redes nacen en zonas **ya urbanizadas** y no aprovechando nuevos desarrollos urbanísticos, que se considera el caso óptimo. Además, las redes **pequeñas** se han implantado para sustituir las **calderas de gasóleo** existentes en edificios municipales.

9.3.1.4. ENERGÍA PRIMARIA

- La fuente principal de calor (única fuente en las redes pequeñas) es la **biomasa** forestal. Normalmente en forma de astillas, aunque en algunos casos se aprovechan otros residuos forestales locales (olivar, almendra, piña, etc.) o incluso se aplican procesos de gasificación. En algún caso puntual, la fuente principal es el calor residual de procesos. En las redes grandes, se complementa normalmente con calderas de apoyo de gas natural.

- Solo en las instalaciones de mayor tamaño aparece en algunos casos la **cogeneración** como factor de eficiencia en la transformación de energía. Frente a la tendencia en Europa donde la cogeneración es mayoritaria, en España apenas se ha implantado en las redes de climatización urbana.
- En el caso del frío, la generación principal es mediante **enfriadoras** por compresión **mecánica** de alta eficiencia, refrigeradas con agua de río o de mar, o con torres de refrigeración. Aparece también en alguna instalación la máquina de absorción como fuente destacada de eficiencia para la generación de frío aprovechando calores residuales. Destacar como factor de eficiencia adicional la presencia de almacenamiento de frío en dos instalaciones (con hielo y agua refrigerada respectivamente).

R01 | AVINYÓ

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Avinyó (Barcelona)
Titular: Ayuntamiento de Avinyó
Empresa explotadora: Nova Energía
Año de puesta en marcha: Primavera 2010
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa forestal
Sectores abastecidos: Edificios públicos

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Se trata de una instalación de red de calor que da servicio de calefacción y agua caliente sanitaria al pabellón deportivo, la escuela pública y la guardería del municipio de Avinyó.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** caldera de biomasa de 500 kW que sustituye a calderas individuales de gasóleo en cada edificio.
- **Combustible:** principalmente de astilla forestal procedente de la limpieza forestal de la zona.
- **Almacenamiento:** silo para almacenar la astilla ya secada con una capacidad de 87,5 m³. Al lado, y en un nivel semienterrado, se ha construido la sala de calderas, donde se quema la astilla que llega en continuidad desde el silo.
- **Red de distribución:** de la caldera salen dos ramales de tuberías por donde circula el agua caliente; una que llega primero a la guardería y continúa hacia la escuela de educación infantil y primaria Barnola, y la otra que conecta con el pabellón deportivo.

Consumo

El consumo estimado de la caldera es de 180 toneladas de astilla.

Inversión

La instalación de la red de calor ha supuesto una inversión de 240.000 € y fue financiada con el Plan E del Gobierno.

R02 | BARCELONA: FORUM-22@

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Barcelona (zona Fórum y 22@)
Titular: Districlima S.A.
Empresa explotadora: Districlima S.A.
Año de puesta en marcha: 2004: Inicio de la explotación / 2005: Ampliación de la red al distrito 22@ / 2010: Proyecto de la nueva central en la calle Tànger
Tipo de suministro: Calor, frío y electricidad
Fuentes de energía: Vapor procedente de la central de tratamiento de residuos municipales y electricidad
Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

- La construcción de la red urbana queda enmarcada en el plan de mejora energética de Barcelona, aprobado en el año 2002. Este proyecto se desarrolló aprovechando la transformación urbana de la zona del Fórum y el 22@ de Barcelona, construyendo desde la iniciativa municipal la primera central de producción de agua caliente y fría en España contigua a la planta de valorización energética de residuos municipales y al lado del mar, características que hacen que el conjunto presente una elevada eficiencia energética.
- Districlima fue constituida el año 2002 para llevar a cabo una red urbana de distribución de calor y frío para uso de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Inicialmente, el proyecto se sitúa en una zona de Barcelona remodelada urbanísticamente para acoger el Fórum de las Culturas de 2004 (Frente Litoral del Besòs).
- En 2005 se inició una segunda etapa con la extensión de la red en el distrito tecnológico en función del desarrollo urbanístico de la zona y de las necesidades de conexión de nuevos usuarios.
- En 2010 se inició el proyecto de la nueva Central Tànger, que se construye en el distrito del 22@. Esta segunda central, concebida inicialmente como central de picos de demanda, tiene como finalidad garantizar el suministro en los períodos de mayor demanda, así como entrar en servicio en caso de necesidad.

Edificios suministrados

La red cuenta con 62 edificios conectados, entre ellos hoteles, viviendas, centros sanitarios, centros educativos y el centro de convenciones.

R03 | RED MULTIENERGÉTICA DE BARCELONA SUR

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Barcelona

Titular: Ecoenergías Barcelona

Empresa explotadora: Ecoenergías Barcelona

Año de puesta en marcha: 2011

Tipo de suministro: Calor y frío

Fuentes de energía: Gas, electricidad, biomasa y frío residual de la regasificación

Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

La red responde a una colaboración público-privada para dar servicio de climatización para usos doméstico e industrial en las áreas de La Marina y la Zona Franca.

El proyecto consta de 3 fases y está actualmente en ejecución.

Fase I

- Central de generación de calor y frío en La Marina: con una potencia máxima instalada de frío de 24 MW y de calor de 15 MW, utilizando como combustible gas y electricidad. Refrigeración mediante torres de refrigeración.
- Planta de valorización energética de biomasa para los residuos de poda de parques y jardines de Barcelona.

Fase II

- Central de generación de calor y frío en la Zona Franca: consta de equipos convencionales de generación de frío, frío recuperado de la regasificación y acumulación de hielo. Para la producción de calor dispone de calderas convencionales y caldera de biomasa.

Potencias máximas instaladas:

Frío convencional: 10 MW / Frío recuperado: 30 MW / Acumulación de hielo: 320 MW / Calor convencional: 30 MW / Calor procedente de la biomasa: 10 MW

- Planta de recuperación de frío a través de la construcción de evaporadores de gas natural en la planta de regasificación de Enagás en el puerto de Barcelona.
- Red de transporte hasta la central de la Zona Franca.

Fase III

- Desarrollo de la red troncal de distribución de calor y frío desde la central de la Zona Franca hasta los barrios de Gran Vía L'Hospitalet y La Marina.

Descripción general de la instalación

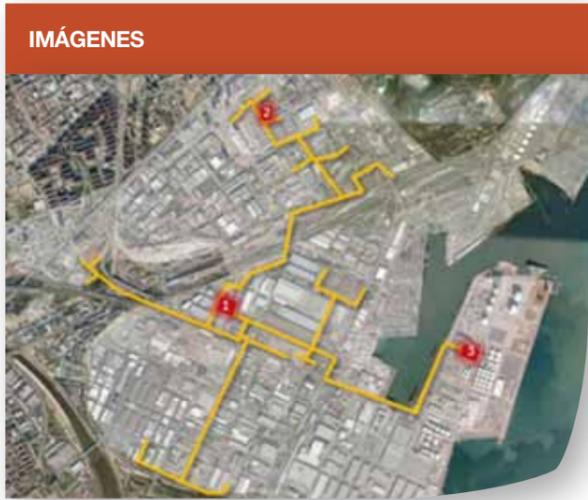
- La central aprovecha el vapor de la **planta de valorización de residuos** de TERSA para producir la totalidad del calor y una parte importante del frío mediante máquinas de absorción. También dispone de máquinas eléctricas de alta eficiencia cuando la demanda excede la capacidad de las máquinas de absorción.
- La central cuenta con una potencia en calor instalada de 40,4 MW (20,4 en intercambiadores y 20 en calderas de gas (backup). La potencia de frío instalada es de 36 MW (5MW corresponden al depósito de acumulación)
- La refrigeración de los equipos se realiza mediante agua de mar evitando la construcción de una torre de refrigeración.
- La **distribución** se realiza mediante 4 tubos (2 frío y 2 calor) de acero con aislamiento a base de espuma de poliuretano rígido y revestido exterior de polietileno de alta densidad, teniendo una extensión de 13,1 km. Los tubos discurren enterrados por las calles o en galerías de servicio. Funciona con caudal variable (bombeo de agua en función de la demanda) y volumen constante (circuito cerrado). Se dispone de un sistema de detección de fugas que evita que la humedad se transmita hacia adentro o hacia afuera de los conductos. El fluido de la red es agua potable tratada, con un control permanente de PH y conductividad. A la red de calor se añaden inhibidores de corrosión y en la red de frío es necesario añadir biocidas.

En el proyecto se puso de manifiesto la necesidad de la colaboración pública para la financiación y desarrollo del proyecto, así como para implantación del sistema en nuevas zonas urbanas. Por otro lado, la incertidumbre de la futura demanda, inherente a estos proyectos, dificulta el diseño de los equipos al tener que buscar soluciones flexibles para adaptarse a las variaciones de la demanda.

Inversión

Las inversiones totales realizadas ascienden a 47.000.000 €.

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

La **distribución** de la red se realiza mediante 4 tubos (2 de frío y 2 de calor) de acero preaislados a base de espuma de poliuretano y revestimiento exterior.

Ahorros

Reducción del consumo de energías fósiles de 67.000 MWh, lo que implica una reducción de emisiones de CO₂ de 13.400 toneladas anuales.

Inversión

La inversión prevista en el conjunto de las tres fases asciende a 64 millones de euros.

Para llevarla a término se cuenta con recursos del Ayuntamiento de Barcelona, Enagás, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) y l'Institut Català de l'Energia (ICAEN).

La sociedad está integrada por Dalkia Energía y Servicios, que se hace cargo de la construcción, gestión y explotación de las instalaciones, y el Ayuntamiento de Barcelona.

R04 | BEIZAMA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Beizama (Guipúzcoa)
Titular: Ayuntamiento
Empresa explotadora: Enerpellet
Año de puesta en marcha: ND
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Es una red de calor que distribuye agua caliente a edificios residenciales y terciarios:

- 8 viviendas de nueva construcción
- 2 viviendas existentes
- 3 edificios municipales: Ayuntamiento, albergue y Natur Eskola

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** caldera de 400 kW que sustituye a instalaciones individuales alimentadas con gasoil y propano.
- **Combustible:** astillas o pellet de madera.
- **Red de distribución:** red de tuberías altamente aisladas, de unos 600 metros, que recorren el pueblo.
- A la entrada de cada uno de los edificios, existe una pequeña central de transferencia donde se realiza la gestión y el contaje de la energía.

Inversión

Inversión total: 273.415 €
 Subvención recibida: 188.430 €

Venta de agua caliente a 20 años, precio de salida:
 0,0793 €/kWh

R05 | BELLVER DE CERDANYA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Bellver de Cerdanya (Lleida)
Titular: Ayuntamiento
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: 2009
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

La red de distrito de calor suministra calefacción a la escuela, la guardería, el polideportivo y el centro cívico, y de agua caliente a la piscina municipal.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** dos calderas de 500 kW y 200 kW instaladas en paralelo para entrar en funcionamiento según la demanda y hacer más eficiente la red.
- Cada silo tiene una **capacidad** de 56 m³ y pueden almacenar casi 13 toneladas de astilla. El sistema de alimentación cuenta con ballesta giratoria de 4 m.
- La sala de caldera se encuentra semienterrada, al igual que los silos.
- **Almacenamiento:** dos depósitos de inercia de 8.000 litros cada uno.
- **Red de distribución:** La red de tubería tiene una longitud total de 297 m. La temperatura del agua de impulsión se suministra a 90 °C y retorna a 60 °C.
- **Combustible:** astilla de pino proveniente de la limpieza periódica de los bosques circundantes.

Consumo y ahorros

El consumo anual ha pasado de los 93.280 litros/ año de gasóleo a 276 toneladas de biomasa, lo que ha supuesto al Ayuntamiento un ahorro económico de 45.000 €/año, y una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de 212 toneladas de CO₂.

Inversión

La inversión ha sido de 432.588 € y ha contado con una subvención adjudicada por el ICAEN.

R06 | BELORADO

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Belorado (Burgos)
Titular: Ayuntamiento
Empresa explotadora: Ayuntamiento
Año de puesta en marcha: 2011
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

La red centralizada de calor se localiza en un edificio del patio del colegio público Raimundo de Miguel. Suministra a este centro escolar, formado por dos edificios, junto a los dos que componen el complejo de los antiguos silos de cereal y al Centro Ocupacional.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** Se han sustituidos las tres calderas de gasoil existentes por una caldera de biomasa de 500 kW, modulante y con un 93% de eficiencia.
- Instalación de un **sistema de alimentación** de la astilla al silo mediante un tornillo sinfin vertical.
- **Acumulación:** depósito de inercia de 5.000 litros.
- **Red de distribución:** La red de tuberías se extiende 2 km., con 226 metros en el tramo más largo y 75 a 40 mm. de diámetro interior. En el tramo que discurre por la calle principal, está enterrado a más de un metro, mientras que el resto de ramales se encuentra a 50 cm.
- **Combustible:** astilla, biomasa del monte público o pellets.

Consumo y ahorros

La instalación consumirá unos 60 m³ de astilla. El ahorro en la factura energética se estima entre un 50 ó 60%, al sustituir como combustible el gasoil por biomasa obtenida de la limpieza de los montes comarcales y de residuos forestales.

Inversión

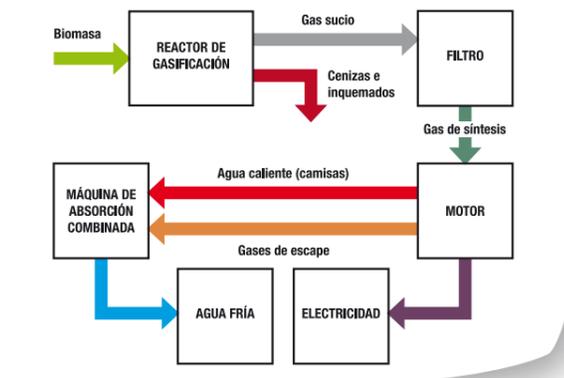
La inversión asciende a 280.000 €. La financiación se obtuvo en un 40% del EREN y el resto de fondos del Ayuntamiento.

R07 | CERDANYOLA DEL VALLÈS: PARC DE L'ALBA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Cerdanyola del Vallès (Barcelona)
Titular: UTE Tecnocontrol – Lonjas Tecnología
Empresa explotadora: UTE Tecnocontrol – Lonjas Tecnología
Año de puesta en marcha: 2010 inicio del funcionamiento de la fase 1 de ST4
Tipo de suministro: Calor y frío
Fuentes de energía: Gas natural y biomasa (mediante gasificación)
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

El proyecto se inició en 2003 a raíz de la magnitud de la demanda energética y calidad del servicio requeridos por el Sincrotrón, así como la voluntad de conseguir una excelencia en eficiencia energética y calidad ambiental. Con estas premisas se propuso un proyecto para dar servicio al Parc de la Ciència i la Tecnologia, incluyendo el Sincrotrón así como áreas comerciales y equipamientos.

Dada la magnitud del plan urbanístico, el proyecto se diseñó para ser realizado por fases, de acuerdo con el desarrollo urbanístico y las demandas energéticas.

El proyecto prevé la implantación de 4 plantas de poligeneración (ST4, ST2, ST5 y ST3). En el año 2010 entró en funcionamiento la fase 1 y la planta ST4 gestionada por "Poligeneración Parc de l'Alba ST4 SA.

Descripción general de la instalación

La central ST-4 es el suministro principal de energía del Sincrotrón y cuenta con:

- 5 motores de cogeneración de 3,35 MW cada uno (actualmente 3 en funcionamiento)
- Caldera de 4MWt de recuperación y circuito de refrigeración de los motores para producción de agua caliente
- Caldera de 5 MWt (back-up)
- Máquinas de absorción de efecto doble 5 MWf (actual) y 3 MWf (en el futuro)
- Máquinas de absorción de efecto simple 3 MWf (actual) y 2 MWf (en el futuro)
- Enfriadora de compresión 5MWf (back-up)

Descripción general de la instalación

- Las capacidades previstas para las futuras plantas son:

| PLANTA | ST-4 | ST-5 | ST-2 | ST-3 | TOTAL |
|--|------|------|------|------|-------|
| Motores de cogeneración (MWe) | 16,5 | 8,5 | 11 | 11 | 47 |
| Enfriadoras de absorción/adsorción (MWf) | 13 | 5,3 | 7 | 8 | 33,3 |
| Enfriadoras de compresión (MWf) | 6 | 2 | 7 | 4 | 19 |
| Recuperadores de calor (MW) | 10 | 4,5 | 8 | 8 | 30,5 |
| Calderas convencionales (MW) | 5 | 2,5 | 4 | 4 | 15,5 |

- Es necesario destacar la singularidad y eficiencia del equipo de absorción de doble efecto alimentado directamente con los gases de escape del motor, así como la aplicación de las tecnologías de gasificación de la biomasa para su utilización en la generación de electricidad y calor.
- La **distribución** se realiza mediante 4 tubos (2 frío y 2 calor) de acero con aislamiento a base de espuma de poliuretano, barrera de difusión de aluminio y una capa exterior de polietileno. La red tiene una longitud prevista de 30 km., y se han ejecutado aproximadamente 16,7 km.

Consumo y ahorros

Se ha conseguido reducir el consumo de energía primaria y las emisiones de CO₂ en un 35%.

Inversión

La inversión de la instalación se reparte entre el consorcio urbanístico y la UTE Lonjas-Telecontrol. El primero se hace cargo de la red de distribución y del resto de elementos, como el agua corriente, la electricidad, etc., y el otro de la central de generación. Este operador privado será el encargado de gestionar el nuevo servicio durante 30 años en régimen de concesión.

El consorcio urbanístico recupera su inversión mediante un canon. El proyecto ha recibido ayuda del proyecto europeo Polycity de soporte a la innovación energética.

R08 | COCA: CENTRO FORESTAL EL SEQUERO

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Coca (Segovia)
Titular: Junta de Castilla y León
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: 2009
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red de calor que cubre las necesidades de calefacción y ACS de cuatro viviendas, un almacén, las oficinas de los agentes ambientales, las dependencias de la UAGI (Unidad de Grandes Incendios) y la Sala de Juntas Comarcal, totalizando más de 1.000 m² de superficie.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** Se ha sustituido como combustible gasóleo C por una caldera de biomasa de 150 kW y ocho colectores solares térmicos.
- **Acumulación:** un depósito de inercia, al objeto de acumular energía en forma de agua caliente hasta que sea necesaria para su consumo.
- **Combustible:** cáscara de piña y astilla de madera procedente en su mayor parte de la provincia de Segovia.

Inversión

La inversión asciende a 498.899 €.

R09 | CONCELLO DE RIOS

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Concello de Riós (Ourense)
Titular: Ayuntamiento
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: ND
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red de calor para proporcionar calor a tres edificios municipales:

- Centro de salud: calefacción y ACS, sustituyendo una caldera de gasóleo de 60 kW.
- Edificio multiusos: calefacción. Anteriormente se disponía de radiadores eléctricos en algunas zonas, mientras que otras estaban sin calefactar.
- Edificio de la cámara agraria: anteriormente sin calefactar

Descripción general de la instalación

- La **central de generación** se encuentra ubicada en el sótano del edificio de la cámara agraria. La instalación consta de una caldera de 150 kW, con alimentación automática desde silo con agitador, válida para polcombustible (pellet, astilla, huesillos y cáscara) con quemador modulante y un rendimiento de un 93%.
- **Silo de almacenamiento** de biomasa con una capacidad de 34,16 m³; su llenado puede ser manual por volqueo o neumático de forma automática.
- **Acumulación:** dos depósito de inercia de 1.500 litros cada uno.
- **Red de distribución:** La distribución a los edificios sigue un trazado lineal desde la central térmica mediante dos tubos. El esquema hidráulico se compone de cuatro circuitos de calefacción con regulación independiente.

R10 | CUÉLLAR

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Cuéllar (Segovia)
Titular: Ayuntamiento de Cuéllar
Empresa explotadora: Ayuntamiento de Cuéllar
Año de puesta en marcha: Invierno 1998-1999
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa forestal
Sectores abastecidos: Viviendas, empresas y edificios públicos

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Se trata de una instalación de red de calor que da servicio de calefacción y ACS a diferentes edificios del municipio: 220 viviendas, un centro social, el colegio público, el polideportivo municipal y la piscina climatizada comarcal. El Ayuntamiento es el responsable de gestionar la planta.

Descripción general de la instalación

- **Central de generación:** caldera principal de biomasa de 5,2 MW para la producción de agua caliente y ACS durante los meses de invierno. Por otro lado, la central dispone de una caldera auxiliar de 698 kW para dar servicio de ACS durante el verano. Ambas calderas disponen de cámara de combustión con parrilla móvil, sistema acuotubular, ciclón depurador de humos y recuperador de calor. El nuevo sistema sustituye al sistema anterior con gasóleo que queda disponible si es necesario.
- **Combustible:** biomasa autóctona: corteza de pino, restos forestales, restos de piña y otras biomásas.
- **Red de distribución:** La canalización se realiza mediante 2 tubos de acero al carbono, con aislamiento de poliuretano rígido y revestimiento exterior. La longitud total de la red es de 2,7 km. En cada punto de consumo se dispone de una subestación formada por un intercambiador para calefacción y un interacumulador para ACS.

Consumo y ahorros

El consumo anual es de unas 3.500 toneladas de biomasa. El ahorro económico se estima alrededor del 10% (cambio de combustible y mejora de la eficiencia del sistema). Disminuye las emisiones de CO₂, evita la dependencia de gasoil y amplía las posibilidades a otros biocombustibles.

Inversión

El coste de inversión de la instalación ha sido de 1.160.000 euros, 50% fondos autonómicos y el 50% nacionales.

R11 | JAÉN: PARQUE EMPRESARIAL GEOLIT

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Jaén
Titular: Geolit Climatización
Empresa explotadora: Geolit Climatización
Año de puesta en marcha: ND
Tipo de suministro: Calor y frío
Fuentes de energía: Biomasa y máquinas de absorción
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red de calor y frío que cubre la demanda térmica de las empresas instaladas en nueve parcelas de la zona norte del parque, con más de 37.000 m² climatizados.

Descripción general de la instalación

- El sistema consta de un edificio técnico, exclusivo para la producción y bombeo de agua caliente y fría. El combustible, procedente de restos del olivar, se deposita en un gran silo de almacenamiento, con una capacidad de 200 m³.
- El **silo** está conectado a dos calderas de biomasa con una potencia unitaria de 3.000 kW útiles, donde se genera el agua caliente a una temperatura aproximada de 105 °C. Una parte del agua se utiliza para alimentar las tres máquinas de absorción de efecto simple, capaces de convertir el agua caliente en fría (5,5°C), proporcionando hasta 4.000 kW frigoríficos.
- La **red de distribución** es de cuatro tubos, distribuyendo agua fría y caliente.

Ahorro

El ahorro de energía primaria es de 500 tep/año y la reducción de emisiones de CO₂ de 1.535 ton/año.

Inversión

La inversión total en esta instalación ha ascendido a más de 5 millones de euros.

R12 | LAS NAVAS DEL MARQUÉS

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Las Navas del Marqués (Ávila)
Titular: Ayuntamiento de Las Navas del Marqués
Empresa explotadora: Ayuntamiento Las Navas del Marqués
Año de puesta en marcha: 2010
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa forestal
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red de calor que da servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a la piscina cubierta municipal y a otros tres edificios: al Ayuntamiento, un edificio de usos múltiples (antiguo Centro de Salud) y la sala de exposiciones "Los Toriles". La superficie total calefactada es de 3.516 m², repartidos en 1.068 m² el edificio de la piscina, 723 m² el edificio consistorial, 1.561 m² el edificio de usos múltiples y 164 m² la sala de exposiciones.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** caldera de biomasa de 1.000 kW de potencia con una eficiencia de combustión superior al 90%. Es una caldera de tres pasos de humo, cuenta con un sistema automático de limpieza de tubos con válvulas neumáticas de choque, con un horno automático refrigerado por agua, que permite la combustión completa de la madera y un visor de inspección
- **Silo de almacenamiento** con una capacidad de 40 m³, que se traduce en quince toneladas de astillas. Esta carga proporciona una autonomía a la caldera de entre 15 y 18 días en invierno, mientras que en verano sólo será preciso rellenarla de combustible cada dos meses.
- **Red de distribución:** la distancia máxima de la red de distribución es de 380 metros, lo que da un total de 760 metros de ida y retorno. La temperatura de impulsión es de 90°C y la de retorno de 70°C. Se han utilizado tuberías DIN 2448-ST37, enterradas a 90 cm y calorifugadas.
- **Combustible:** astilla forestal de los montes de Las Navas del Marqués. También funciona con pellets.

Inversión

La instalación tuvo un coste de 515.000 € y fue financiada en casi un 60% por la Unión Europea.

R13 | LAS PEDROÑERAS

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Las Pedroñeras (Cuenca)
Titular: Ayuntamiento de Las Pedroñeras
Empresa explotadora: Nova Energía
Año de puesta en marcha: 2011
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa forestal
Sectores abastecidos: Edificios públicos

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red de calor que da servicio de calefacción al Ayuntamiento, la iglesia y el centro social del municipio.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** caldera de biomasa de 320 kW para la producción de agua caliente que sustituye a los antiguos sistemas de calefacción con gasóleo: generador de 45 kW de la iglesia, caldera de 80 kW del Ayuntamiento y caldera de 200kW del centro social.
- **Red de distribución:** canalización de tuberías entre los distintos edificios desde la sala de calderas, ubicada en un espacio cedido por la iglesia.
- **Silo** subterráneo con sistema de ballesta giratoria y brazos flexibles.
- **Combustible:** principalmente astilla forestal procedente de la limpieza forestal de zona aunque la caldera admite otros tipos de biomasa como pellets.

Ahorro

El ahorro económico se estima alrededor del 70%, asociado al cambio de combustible y a la mejora de la eficiencia del sistema.

Inversión

El coste de inversión de la instalación ha sido de 280.000 euros y se aprovechó la financiación del Plan E del Gobierno. El período de retorno previsto es de entre cuatro y cinco años.

R14 | MALLORCA: PARC BIT

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Parc Bit (Mallorca)
Titular: ParcBit Energia i Altres Serveis S.C.L.
Empresa explotadora: ParcBit Energia i Altres Serveis S.C.L.
Año de puesta en marcha: ND
Tipo de suministro: Calor y frío
Fuentes de energía: Trigeneración con gasóleo y aporte de energía solar térmica
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

La red de calor y frío abastece a los edificios del Parc Bit y también llega a los edificios de la Universidad de las Islas Baleares (UIB). La superficie de abastecimiento es de 4000 m².

Descripción general de la instalación

- Dispone de una planta de trigeneración alimentada mediante motores de combustión interna a gasóleo y una contribución adicional de energía solar captada mediante paneles solares térmicos y fotovoltaicos.
- El sistema de enfriamiento para producir agua fría para refrigeración utiliza máquinas de absorción que aprovechan el calor residual de los motores de combustión.
- Central de cogeneración a gasóleo:
 Potencia eléctrica nominal: 2,9MW
 Potencia térmica de recuperación: 2,4 MWt
 Potencia frigorífica: 1,75 MWf
- Se va a realizar una ampliación a 14 MW eléctrico con conversión a gas natural.

R15 | MATARÓ: TUB VERD MATARÓ

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Mataró (Barcelona)
Titular: Mataró Energia Sostenible, SA
Empresa explotadora: Mataró Energia Sostenible, SA
Año de puesta en marcha: 2003 (primera fase)
Tipo de suministro: Calor y frío
Fuentes de energía: Vapor procedente de CTVRSU y biogás de la EDAR
Sectores abastecidos: Terciario y viviendas

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

2003: Inicio del funcionamiento de la primera fase
 2004: Inicio de las ampliaciones.
 2010: Inicio de la operación fase de "Front del Mar" con el aprovechamiento de calor del Consorci de Tractament de residus i Valorització de Residus Sòlids Urbans"(CTVRSU) y producción de frío.

El proyecto se planteó en el marco de la Agenda 21 de Mataró, que propuso la instalación para suministrar calor al complejo deportivo El Sorrall; posteriormente se fue extendiendo a los equipamientos hoy conectados. Más tarde, en la elaboración del Plan de Acción de Energía Sostenible de Mataró se propuso su extensión en el territorio.

En la nueva fase del Front del Mar, iniciada en 2010, se produce también agua fría mediante máquinas de absorción de doble efecto alimentadas por vapor y máquinas centrífugas de alto rendimiento alimentadas por electricidad. En esta fase se incorporarán a la red otros edificios de la zona: viviendas, oficinas y equipamientos públicos.

Descripción general de la instalación

El sistema produce calor mediante cogeneración aprovechando el calor residual de las infraestructuras de la ciudad, EDAR y CTVRSU, y una caldera de biogás. Este calor se utiliza para producir agua caliente que alimenta los sistemas de calefacción y ACS de distintos edificios de Mataró: 8 centros educativos, 5 polideportivos, 1 hospital.

Los **equipos de generación** que conforman el sistema son:

- Motor de cogeneración de gas natural: 3,6 MW
- Caldera de biogás de doble rampa de la EDAR: 2 MW
- Turbina de vapor del CTBRSU: 7,5 MW
- Máquinas de absorción y compresores centrífugos para la producción de frío: total de 20 MW.

R16 | MOJADOS

Descripción general de la instalación

La **distribución** se realiza mediante 2 tubos de acero con aislamiento a base de espuma de poliuretano rígido y revestimiento exterior, siendo la longitud total de la red de 13,4 km. La fase de Front de Mar se realiza mediante 4 tubos (2 frío y 2 calor), con una longitud total de 10 km.

La gestión y medida del suministro está automatizada y telecomandada: actualmente hay 16 subestaciones.

En éste proyecto se puso de manifiesto la complejidad de trabajar en un suelo urbano consolidado. En la medida de lo posible, es necesario prever el crecimiento de la red en el diseño inicial para poder añadir nuevas canalizaciones. Así mismo, también es altamente recomendable que en las nuevas urbanizaciones la red de climatización (tubos de acero) sea el primer servicio en ser implantado, ya que el resto de canalizaciones pueden adaptarse más fácilmente al recorrido.

R16 | MOJADOS

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Mojados (Valladolid)

Titular: Ayuntamiento de Mojados

Empresa explotadora: Rebi, Recursos de la Biomasa

Año de puesta en marcha: ND

Tipo de suministro: Calor

Fuentes de energía: Biomas

Sectores abastecidos: Edificios municipales

DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

La red da servicio de calefacción y ACS a cuatro edificios municipales: residencias para mayores San Ramón y San Luis, taller ocupacional y nuevo centro de día.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** una caldera de biomasa de 200 kW.
- **Combustible:** pellets

Consumos y ahorros

Emissiones de CO₂ evitadas: 28 ton/año.

La sustitución de gasóleo genera un ahorro económico en combustible de un 20%.

La instalación también ha supuesto al municipio el ahorro asociado a la necesidad de cambiar la caldera existente en la residencia y la instalación de una nueva caldera en el edificio del centro de día en construcción.

Inversión

146.275 €. Se financió con el programa BIOMCASA.

IMÁGENES



R17 | MOLINS DE REI: LA GRANJA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Barri de la Granja, Molins de Rei (Baix Llobregat)

Titular: Molins Energía, S.L.

Empresa explotadora: Molins Energía, S.L.

Año de puesta en marcha:

2000: Inicio del funcionamiento con gas natural

2001: Inicio del funcionamiento con biomasa

Tipo de suministro: Calor

Fuentes de energía: Biomasa y gas natural

Sectores abastecidos: Residencial

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

Molins Energía S.L se creó el año 1997 con el objetivo de mantener un sistema de generación de calor con biomasa para distribuir agua caliente a 695 viviendas de una zona residencial. La sociedad está constituida por el Ayuntamiento de Molins de Rei, l'EMSHTR (Entidad Municipal de Serveis Hidràulics i Tractament de Residus), ICAEN (Institut Català d'Energia) y la empresa EFIENSA.

La central entró en servicio en febrero de 2000 mediante calderas de gas natural y a partir de enero de 2001 entró en servicio la caldera de biomasa.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** Cuenta con 2 calderas de biomasa de 2.000 kW aproximadamente con cámara de combustión de parrilla móvil. La central también dispone de calderas modulares de gas natural que se utilizan como reserva en el caso de paro de las calderas de biomasa o para cubrir los picos de consumo
- **Combustible:** principalmente cáscara de almendra, piña picada y astilla forestal.
- **Almacenamiento:** El silo de almacenamiento de combustible dispone de un fondo móvil constituido por 3 tornillos sinfín en serie y accionados por motores eléctricos, que garantizan la entrada de la biomasa a la caldera.
- **Red de distribución:** mediante tubos de acero inoxidable con aislamiento a base de poliuretano. La red de distribución tiene una longitud de casi 4,7 km.
- **Subestaciones:** cada vivienda dispone de una instalación compacta formada por 2 intercambiadores de calor y de un contador de calorías que permite la lectura de la sala de control de la central.

El proyecto recibió apoyo financiero de la Comisión Europea, en el marco del programa europeo Thermie, del Ministerio de Industria y Energía (programa PAEE) y de la Dirección General de Energía y Minas de la Generalitat de Cataluña.

R18 | OROZCO

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Orozco (Vizcaya)

Titular: Ayuntamiento de Orozco

Empresa explotadora: UTE Giroa y Enerpellet

Año de puesta en marcha: 2011

Tipo de suministro: Calor

Fuentes de energía: Biomasa

Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

En la primera fase: servicio de calefacción y ACS al polideportivo y a la escuela.

En la segunda fase: servicio a 432 nuevas viviendas.

Descripción general de la instalación

- En la primera fase: sustitución de calderas de gasóleo por un sistema centralizado con biomasa. La instalación consta de dos calderas de 220 kW cada una situadas en una sala de calderas adyacente a los edificios. El combustible utilizado es pellet.
- En la segunda fase se prevé una potencia instalada de 1,4 MW con biomasa y 625 kW con gas natural.

Consumos y ahorros

La instalación permitirá un ahorro del 15% y evitará la emisión de 520 toneladas de CO₂ a la atmósfera al año.

Explotación

El proyecto de red de distrito de Orozco engloba el diseño, financiación, construcción y explotación durante 20 de la instalación. Giroa, empresa especializada en servicios energéticos (ESE), se centrará en la gestión energética, garantía total y mantenimiento, mientras que Enerpellet garantizará el suministro de pellets.

R19 | OVIEDO: COOPERATIVA ALFONSO II

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Cooperativa de viviendas Alfonso II (barrio Buenavista, Oviedo)

Titular: Cooperativa Alfonso II

Empresa explotadora: Cooperativa Alfonso II

Año de puesta en marcha: 2006

Tipo de suministro: Calor

Fuentes de energía: Biomasa forestal

Sectores abastecidos: Residencial

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Da servicio de calefacción y agua caliente sanitaria a un total de 435 viviendas, distribuidas en 15 bloques, y a un gimnasio

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** 2 calderas de biomasa de 2.000 kW cada una que sustituyen a las 4 antiguas calderas de gasóleo. Cada caldera lleva un sistema automático de limpieza, a través de unos pirotubos que, cada cierto tiempo, inyectan aire a presión para retirar los restos de cenizas, mejorando el rendimiento de la caldera y retrasando la limpieza manual de la caldera.
- **Silo** con una capacidad de 250 m³ donde se almacena el pellet previo a la entrada a la sala de calderas; se encuentra enterrado en el lugar donde se ubicaban los antiguos tanques de gasóleo. El silo tiene un sistema de arrastradores hidráulicos que mueven el pellet hacia el centro del mismo, desde donde entran a un tornillo sinfín, de ahí a otro más grande que desplaza el pellet hasta un pequeño silo situado a la entrada de las calderas.
- **Red de distribución:** La longitud total es de 4 km. Son tubos de 12 pulgadas de acero, recubiertos de fibra de vidrio y una capa de alquitrán; el protector es de aluminio.
- **Sistemas de seguridad:** cuenta con 3 sistemas de seguridad: el primero evita que el sistema se apague y las calderas se queden sin combustible; un segundo dispositivo, que en caso de aumento de la temperatura o presión de la caldera, la hace parar; y un tercer sistema que en el caso de que fallen los anteriores inundaría de agua la caldera para evitar cualquier posible incendio.
- **Combustible:** las calderas están preparadas para quemar pellets, hueso de aceituna y biomasa en general, siempre que sea de pequeño tamaño y baja humedad.

Ahorros

La sustitución del gasoil por la biomasa ha supuesto un ahorro aproximado de 120.000 euros (según el precio del litro de gasoil en el año 2008) y una reducción de las emisiones de CO₂ de 2.000 toneladas de CO₂ al año.

Inversión

La instalación tuvo una inversión de 800.000 euros, la cual se financió mediante un leasing a 5 años con la Caja Rural de Asturias y una subvención de 240.000 euros concedida por el principado de Asturias.

R20 | OVIEDO: FUNDOMA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Fundoma, Oviedo
Titular: Fundación Docente de Mineros Asturianos
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: 2008
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red que conecta siete edificios de carácter multifuncional: residencia de estudiantes, geriátrico, residencia para disminuidos y otros edificios de servicios.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** 3 calderas de biomasa de 500 kW cada una con alimentación del combustible mediante tornillo sinfín.
- **Silo cde suelo móvil** con una capacidad de 180 m3 donde se almacena el pellet.
- **Red de distribución:** La longitud total de la red es de aproximadamente 520 metros.
- **Combustible:** multicomcombustible, principalmente pellets y astillas.

Consumos y Ahorros

Consumo de 700 ton/año de pellets o 1.000 ton/año de astillas.
 Emisiones de CO₂ evitadas: 650 ton/año.

R21 | DONOSTIA - SAN SEBASTIAN: COOPERATIVA UR BEROA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Barrio de Bidebieta II, Donostia - San Sebastián
Titular: Ur Beroa Sociedad Cooperativa
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: 1985
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Gas natural
Sectores abastecidos: Residencial

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

- Ur Beroa es una cooperativa formada por la comunidad de vecinos de Bidebieta II de San Sebastián.
- En 1985 se constituye la sociedad que gestiona la red de calor, la cual provee de calefacción y ACS a los vecinos. Inicialmente la central funcionaba con fuel oil.
 - En 2000 se sustituye el combustible por gas natural y se realiza una reforma de las instalaciones.
 - En 2009 entra a funcionar la planta de cogeneración.

Edificios suministrados

600 viviendas.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** un motor de gas de 1 MW de potencia. El aprovechamiento térmico se realiza en la central principal y siete subcentrales con intercambios de agua caliente.
- **Red de distribución:** La longitud total de la red es de 3.185 metros, de los cuales 1.945 metros van enterrados y 1.240 colgados en los forjados de los porches.

Consumos y ahorros

Reducción de 1.214 toneladas de emisiones de CO₂.

Explotación

La inversión ha sido de 1.321.000 €.

R22 | SANT PERE DE TORELLÓ

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Sant Pere de Torelló (Barcelona)

Títular: Ayuntamiento de Sant Pere de Torelló

Empresa explotadora: Ayuntamiento de St Pere de Torelló

Año de puesta en marcha: 1996

Tipo de suministro: Calor

Fuentes de energía: Biomasa forestal

Sectores abastecidos: Viviendas, empresas y edificios públicos

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

- 1985: puesta en marcha de la planta piloto
- 1996: ampliación y construcción de la nueva planta
- 2010: proyecto de renovación de la instalación

La planta inicial se construyó en 1996 con ayuda europea y la implicación de la Generalitat de Cataluña en el proyecto. La central fue diseñada para generar electricidad mediante una turbina de vapor de 2 MW, además de dar servicio de calefacción y ACS a los edificios conectados. Fue una instalación pionera en España, tanto por el hecho de utilizar un sistema de red urbana como por el aprovechamiento de la biomasa como combustible.

Para la construcción y explotación de planta se creó la sociedad Probell'92, S.A., participada por el Ayuntamiento de Sant Pere de Torelló, el Institut Català d'Energia y la empresa distribuidora de energía eléctrica de la zona, Estabanell y Pahisa, S.A.

Actualmente la planta de generación está en proceso de cambio hacia una concesión privada.

Edificios suministrados

Se trata de un sistema de distribución de agua caliente para el municipio de Sant Pere de Torelló que actualmente dispone de 600 usuarios conectados entre ellos (viviendas, empresas y edificios públicos).

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** La instalación cuenta con una caldera de biomasa de 5,4 MW y 2 calderas de fuel con un total de 2,9 MW de potencia.
- **Combustible:** La madera llega de los diferentes proveedores de la zona. El proceso de transformación de la madera se realiza en la misma planta donde se tritura y se prepara para la combustión. En función de la demanda térmica, la caldera regula la entrada de combustible y la potencia.

Descripción general de la instalación

- **Red de distribución:** Desde la planta sale un tubería principal que conecta con la sala de intercambiadores, desde donde se despliegan 4 anillos de distribución. La longitud total de la red es de 20 km. Las tuberías de la red son de hierro aisladas con poliuretano y revestidas con PVC.
- **Subestaciones:** Los usuarios se conectan mediante acometidas individuales y un contador de calorías calcula el consumo. Actualmente la lectura de los contadores se realiza vía radio.

Problemas técnicos y reformas

La central ha sufrido ciertos problemas técnicos desde sus inicios debido al deterioro de la red. La entrada de oxígeno en las tuberías y las incrustaciones que dejaba el paso del agua en los conductos no herméticos generaba muchas fugas, que se tradujeron en pérdidas térmicas y agua del circuito.

Actualmente se prevé una renovación íntegra de la red debido a la corrosión acumulada.

El proyecto de la nueva concesión está enfocado a mejorar la eficiencia energética y el control de la instalación en continuo con sensores que se aplicaran en toda la red para detectar inmediatamente cualquier incidencia.

R23 | TUDELA: CIUDAD AGROALIMENTARIA DE NAVARRA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Tudela (Navarra)

Titular: Ciudad Agroalimentaria de Navarra

Empresa explotadora: Ciudad Agroalimentaria de Navarra

Año de puesta en marcha: ND

Tipo de suministro: Vapor, calor y frío

Fuentes de energía: Gas natural y electricidad

Sectores abastecidos: Industrial

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Abastecimiento centralizado de vapor, agua caliente, agua refrigerada, glicolada y frío industrial a las empresas del sector ubicadas en el polígono industrial. Las características del suministro son:

- Agua caliente a 80°C
- Agua fría a 5°C
- Agua glicolada a -10°C
- Fluido frigorífico: CO₂ (a -10°C, -35°C y -45°C)
- Vapor a 10 bares

Descripción general de la instalación

- Planta de **trigeneración** donde se produce vapor, agua fría y electricidad, con una eficiencia energética superior al 70%. El excedente de producción se revierte a la red. Consta de 3 unidades motogeneradoras que utilizan como combustible gas natural. Cada unidad cuenta con recuperación térmica de los gases de escape y del calor procedente de los circuitos de refrigeración.
- **Caldera de recuperación de calor** que aprovecha los gases de escape de los grupos motogeneradores. Potencia térmica útil de 2.913 kW.
- **Caldera de recuperación para generación de agua de proceso** a 95°C con una potencia térmica de 1.066 kW
- **Caldera de recuperación para generación de agua caliente**
- **Máquinas de absorción:** para la producción de agua refrigerada a 5,5°C. Se emplea el exceso de agua caliente producido en la planta de cogeneración para accionar cuatro máquinas de absorción de bromuro de litio.
- **Generación térmica convencional** como instalación de apoyo y/o emergencia a la instalación de cogeneración. Compuesta por dos calderas de calor pirotubulares con quemador dual gasolina/gasoil modulante, y una potencia térmica unitaria de 8.060 kW. Las calderas están equipadas con economizadores y sobrecalentadores que permiten elevar la temperatura del vapor producido a 225°C.

Descripción general de la instalación

- **Generación frigorífica convencional:** mediante cinco compresores de tornillo con una potencia total de 5.589 kW.
- Entre las **mejoras de la eficiencia energética** de las instalaciones destacan:
 - Aprovechamiento del nivel térmico de las purgas procedentes de las calderas de generación térmica convencional instalada para precalentamiento del agua de aporte
 - Reducción en un 40% el consumo de energía eléctrica del sistema de generación frigorífica vía disminución de la temperatura de condensación del ciclo frigorífico con recursos internos de la cogeneración.
- **Red de distribución:** rack aéreo de 2 km.

Valores energéticos de producción

- Potencia primaria consumida: 22.119 kWt
- Potencia eléctrica instalada en la cogeneración: 9.999 kW_e
- Potencia eléctrica neta exportada: 9.589 kW_e
- Potencia térmica convencional instalada: 16.000 kWt
- Potencia frigorífica convencional instalada: 6.000 kWf
- Potencia térmica útil: 9.254 kWt
- Potencia térmica distribuida al polígono: 3.540 kWt
- Potencia frigorífica distribuida al polígono: 2.050 kWf

Ahorros

- Reducción en un 26,5 % del consumo de energía primaria
- Reducción de la emisión de gases efecto invernadero en 13,8 toneladas/año

R24 | ULTZAMA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Ultzama (Navarra)
Titular: Ayuntamiento de Ultzama
Empresa explotadora: Levenger
Año de puesta en marcha: 2009
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

Red urbana de calor para abastecer a varios edificios municipales: frontón, piscina, polideportivo, colegio, centro de salud, centro cívico y Ayuntamiento.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** se compone de tres calderas con una potencia total de 700 Kw.
- **Combustible:** la caldera de gasificación, con una potencia de 700Kw, utiliza todo tipo de biomasa de origen forestal (madera, astillas y residuos agrícolas). Las otras dos calderas son de apoyo y para "pellets", con 48 Kw de potencia cada una, y se emplean en meses de menor demanda calorífica.
- **Red de distribución:** se adoptó el sistema de agua caliente impulsada mediante bombas, con un sistema de tres tubos para la distribución del fluido calefactor en el circuito primario y el agua fría. La red de canalizaciones tiene una longitud inferior a 1 km., con el tramo más largo de 100 m. Los tubos son de un diámetro de 100 mm, van enterrados y llevan un aislamiento de 10 cm. de espesor.
- **Subestaciones:** hay una subestación individual en cada recinto, con medición de consumo y control remoto vía Internet.

Ahorros

Esta instalación sustituye a las antiguas calderas individuales de gasóleo y propano, lo que permite ahorrar más de un 75% de la energía primaria consumida y evitar la emisión de más de 410 toneladas de CO₂.

R25 | VILLAYÓN

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Villayón (Asturias)
Titular: Ayuntamiento de Villayón
Empresa explotadora: ND
Año de puesta en marcha: 2011
Tipo de suministro: Calor
Fuentes de energía: Biomasa
Sectores abastecidos: Terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Edificios suministrados

- 5 edificios municipales: centro de día, polideportivo, centro de interpretación, edificio de usos múltiples y colegio.

Descripción general de la instalación

- **Equipo generador:** formado por dos calderas de biomasa de 130 kW cada una.
- **Red de distribución:** la tubería es de polietileno reticulado a doble tubo con aislamiento formado por capas de espuma microcelular de polietileno reticulado. La longitud de la red es de 350 metros. La temperatura de impulsión es de 85°C y la de retorno de 67°C.
- **Silo** de 31 m³. La alimentación a la caldera se realiza mediante un sistema mixto de tornillo sinfín y neumático.
- **Combustible:** pellets y astillas.
- **Depósito** de inercia de 3.000 litros

Ahorro

Con la sustitución del combustible por biomasa se logra evitar la emisión de 84 toneladas anuales de CO₂.

Consumo

50 toneladas/año de pellets.

Inversión

135.000 €.

R26 | ZARAGOZA: PARQUE DEL AGUA

DATOS BÁSICOS

Ubicación: Zaragoza

Titular: Districlima Zaragoza

Empresa explotadora: Districlima Zaragoza

Año de puesta en marcha: 2008

Tipo de suministro: Calor y frío

Fuentes de energía: Gas natural y electricidad

Sectores abastecidos: Residencial y terciario

IMÁGENES



DESCRIPCIÓN

Antecedentes y fases

El sistema se ha diseñado para poder ir extendiendo el servicio a los edificios que se vayan construyendo una vez finalizada la EXPO; se han previsto tres puntos en la red que hacen viable la expansión a las zonas colindantes de Parque Metropolitano, zona Actur y zona Delicias.

Edificios suministrados

La central de producción de energía permite abastecer de calefacción, agua caliente y aire acondicionado a la práctica totalidad de edificios que se han construido en el Meandro de Ranillas. Entre éstos, destacan la Torre del Agua, el pabellón-puente, el palacio de Aragón y el pabellón de España, así como el resto de pabellones temáticos y de países, áreas comunes y restaurantes.

La superficie total abastecida es de 180.000 m², pero en la fase posterior a la Expo de Zaragoza se ampliarán a una superficie de 250.000 m².

Sistema energético

Se ha planteado un sistema centralizado de producción de agua fría y caliente basado en los siguientes aspectos:

- Generación térmica mediante calderas de agua caliente que utilizan gas natural.
- Generación de frío mediante compresores centrífugos que utilizan electricidad.
- Acumulación de agua fría en un depósito de 11.000 m³ de capacidad útil.
- Captación: utilización del agua del Ebro para la refrigeración de los equipos.
- Red de distribución basada en cuatro tubos de tubería preaislada.
- Instalación de subestaciones térmicas en los edificios a climatizar.

Capacidades productivas

- Capacidad de producción de agua fría a 4°C mediante ciclo de compresión con cuatro compresores de 5 MW cada uno. Capacidad total de producción de frío: 20.000 kW.
- Depósito de acumulación de agua fría. El sistema de generación de agua fría se complementa con un tanque de acumulación de agua fría de 11.000 m³ de capacidad que incluye un difusor estratificador de grandes dimensiones.
- Capacidad de producción de agua caliente a 90°C mediante dos calderas a gas natural de 5 MW y 10 MW respectivamente. Capacidad total de producción de calor: 15.000 kW.

Captación de agua del Ebro

La refrigeración de las máquinas de frío se realiza con agua de río mediante un circuito abierto a un solo paso. A tal efecto se ha construido una estación de captación, filtración y bombeo del agua del Ebro. Esta solución evita todo riesgo de contaminación por legionela, a la vez que garantiza, por su diseño, un impacto despreciable en el río.

Red de distribución

Se trata de un circuito cerrado de casi 5 km. formado por dos tubos de ida y dos de retorno, con tubería preaislada, que distribuyen la energía hasta los edificios y de vuelta a la central. Está dotada de un sistema de detección de fugas de gran precisión.

En cada uno de los edificios será necesaria la instalación de unidades de intercambio (subestaciones térmicas) para el aprovechamiento de la energía suministrada a través de la red de distribución.

El sistema permite garantizar unas temperaturas mínimas en el primario de las subestaciones a 90 °C en la red de calor y de 5,5 °C en la red de frío.

Subestaciones térmicas de frío y calor

En cada uno de los edificios existe un canal de transferencia de energía formado básicamente por intercambiadores de calor de placas agua/agua, sistema de medición de energía para la facturación del servicio y sistema de regulación y control.

Por el primario de dicha unidad circula el agua proveniente de la central de DHC que transfiere la energía necesaria al secundario (circuito propio del edificio) para satisfacer todas sus demandas.

9.4. ANÁLISIS DETALLADO DE INSTALACIONES

En este apartado se analizan dos instalaciones representativas de las existentes en España y de las que se ha podido obtener más información a través de un cuestionario directo con las entidades titulares de las mismas.

- Red de calefacción de distrito de Cuéllar (Segovia)
- Red de climatización de distrito Tubo Verde de Mataró (Barcelona)

9.5. RED DE CALEFACCIÓN DE DISTRITO DE CUÉLLAR (SEGOVIA)

9.5.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

Los inicios de este proyecto se remontan a principios de 1997, fecha en que se finalizó un estudio de viabilidad que analizaba las oportunidades de la implantación de la climatización urbana en un conjunto de 250 municipios.

El principal factor de motivación de la instalación fue la existencia de más de 12.000 hectáreas de montes de pinar en la comunidad de la Villa de Cuéllar, que en un principio iba a ser la base del suministro de materia prima para la instalación de calefacción urbana.

El pilar fundamental para el éxito del proyecto, tratándose de un municipio mediano como Cuéllar (casi 10.000 habitantes) con recursos financieros limitados, fue la posibilidad de ejecutar la inversión mediante un convenio de financiación por terceros a través del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), con la colaboración del Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN), y apoyado también en subvenciones a fondo perdido que iban a posibilitar la ejecución del proyecto sin desembolso directo por parte del municipio.

Como en cualquier instalación de estas características, el papel del Ayuntamiento de Cuéllar fue clave para lograr el éxito del proyecto. El calendario para su puesta en marcha fue el siguiente:

| FECHA | DESARROLLO |
|----------------|--|
| Enero '97 | Realización de estudios de viabilidad de redes de calor centralizada en 250 municipios |
| Abril '97 | Firma del convenio para la realización del anteproyecto |
| Diciembre '97 | Condiciones de suministro energía a las cooperativas de viviendas |
| Junio '98 | Adjudicación del suministro de equipos |
| Marzo '99 | Inicio de la puesta en marcha |
| Septiembre '99 | Firma del acta de recepción provisional |

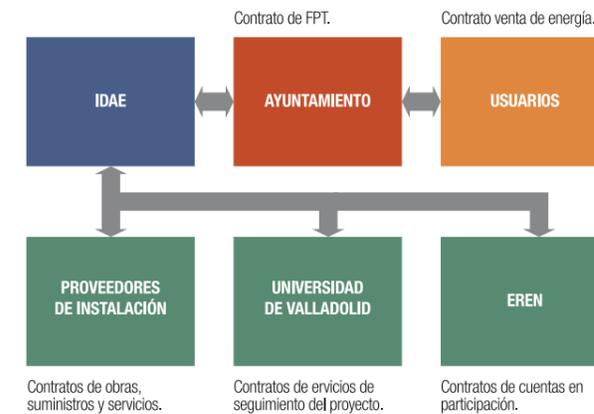
9.5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de una red de calefacción de distrito con las siguientes características básicas:

| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
|----------------------------|---|
| Titularidad | Ayuntamiento de Cuéllar |
| Financiación | Subvención + financiación por terceros (IDAE-EREN) |
| Fuente de energía primaria | Biomasa forestal |
| Usuarios abastecidos | Edificios públicos (servicios) y privados (residencial) |
| Energía útil | Calor: calefacción y ACS |
| Fluido Caloportador | Agua Caliente. Tª 90-75 (impulsión-retorno) |
| Red de distribución | Dos tubos subterráneos. Longitud 2,7 km. |
| Tipo de red | Cerrada. Árbol |
| Potencia de generación | Dos calderas de 4.500.000 kcal/h y 600.000 kcal/h |
| Ingeniería básica | GHESA |
| Construcción | UTE Moncobra y HEYMO |
| Año de puesta en marcha | 1999 |

9.5.3. ESQUEMA DE DESARROLLO Y GESTIÓN

Se presenta a continuación el esquema de desarrollo y gestión del proyecto.



Como se puede ver en el esquema, es el IDAE, con la colaboración del EREN a través de un contrato de cuentas en participación, quien financia la instalación al Ayuntamiento a través de un contrato de financiación por terceros (FPT). De este modo, el municipio abona una cuota mensual durante los veinte años de vigencia del contrato en concepto de financiación. A la finalización del mismo la infraestructura pasa a ser propiedad del municipio sin coste adicional.

Por lo tanto, es el propio IDAE el que analiza la viabilidad del proyecto, realiza la contratación del suministro de equipos, financia las inversiones e, incluso, realiza un seguimiento técnico del proyecto, formalizando un acuerdo para ello con la Universidad de Valladolid.

El Ayuntamiento gestiona las instalaciones, operando la planta y vendiendo la energía a los usuarios.

9.5.4. USUARIOS

Se resumen a continuación los usuarios y sus características principales:

| EDIFICIOS | SUMINISTRO | SUPERFICIE APROX. (M²) | Nº VIVIENDAS TOTAL | Nº USUARIOS APROXIMADO |
|--|------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Privados | | | | |
| Comunidades de Propietarios (plurfamiliar) | Calefacción ACS | 22.850 | 225 | 900 |
| Viviendas unifamiliares | Calefacción ACS | 6.925 | 25 | 100 |
| Públicos | | | | |
| CEIP Santa Clara | Calefacción | 3.190 | - | 600 |
| Polideportivo | Calefacción ACS | 3.050 | - | 1.500 |
| Centro cultural | Calefacción | 466 | - | - |
| Piscina cubierta | Calefacción vaso / ACS | 1.148 | - | - |
| Frontón cubierto | Calefacción | 1.140 | - | - |

En todos los edificios la instalación de calefacción de distrito sustituyó a la existente de gasóleo.

El Ayuntamiento no tiene previsiones a corto plazo para la incorporación de nuevos edificios a la red, si bien está pendiente del desarrollo de un plan parcial en zonas relativamente próximas a la central de producción dentro del municipio. Como es lógico, la conexión de nuevos usuarios mejoraría sustancialmente la rentabilidad de la instalación, ya que existe capacidad de generación suficiente para ello.

9.5.5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

9.5.5.1. FUENTE DE ENERGÍA PRIMARIA

La fuente de energía primaria es la biomasa forestal. Inicialmente se planteó la alimentación con material procedente de la zona, astillado en infraestructuras locales a tal efecto.

Sin embargo, por las características de las calderas, es posible la utilización de diversos tipos de biomasa, y así se ha venido haciendo desde el principio. Se han utilizado astillas procedentes de podas, clareos y cortas, corteza de pino (roña), restos de industria piñonera de la zona (casca y corazón de piña, cáscara de piñón), restos de industria maderera e, incluso, desechos agrícolas del maíz.

El municipio tiene firmado un convenio de suministro con la sociedad pública de medio ambiente de Castilla y León (SOMACYL) que proporciona astillas de diversa procedencia.

9.5.5.2. CENTRAL DE GENERACIÓN

RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO

La biomasa en astillas llega a la planta en camiones que la depositan en el área de recepción del combustible. El parque de combustible tiene una extensión aproximada de 3.600 m².

Del parque de almacenamiento, la biomasa se deposita en el silo de alimentación que tiene una capacidad de 100 m³. Éste dispone en su fondo de un sistema de rascadores mediante el accionamiento de los cuales se deposita la biomasa sobre las cintas transportadoras.

La primera cinta conduce el combustible a otra cinta inclinada con cangilones que es la encargada de transportar la biomasa desde la cota cero del silo a la cota superior de la zona de las calderas. Una tercera cinta horizontal es la que lleva finalmente el combustible a una u otra caldera.



CALDERAS

La planta está constituida por dos calderas que funcionan de manera alternativa. La mayor, de 5,3 MW, se usa para calefacción y ACS en invierno, y la menor, de 698 kW de potencia, da servicio de ACS en verano.

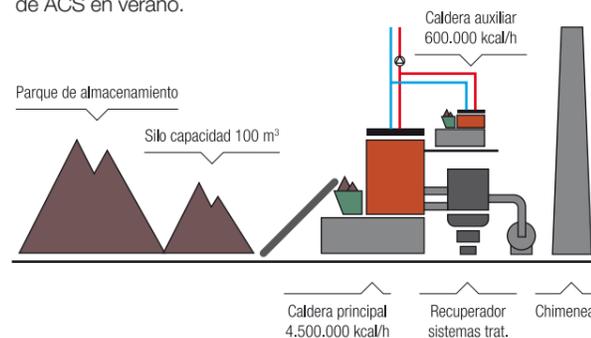


Figura 18. Esquema de la central de producción de Cuellar. Fuente: IDAE

Las calderas son de parrillas inclinadas con movimiento recíproco. El accionamiento de las parrillas y de los rascadores del cenicero de la caldera se realiza mediante una central hidráulica que dispone de una bomba accionada por un motor trifásico de 4 CV.

La alimentación del comburente se realiza mediante un sistema de aspiración de aire ambiental compuesto por un ventilador de 10 CV de potencia.

El aire primario cuenta con un sistema que recupera el calor sensible de los gases de combustión para aumentar la temperatura del comburente, mejorando así el rendimiento de la caldera.

Los gases de combustión se conducen al exterior, donde se les hace pasar por un multiciclón, donde quedan depositadas las partículas de inquemados. La corriente de los gases de combustión, tras pasar por el ventilador, es conducida a la chimenea, la cual tiene un diámetro de 900 mm.

9.5.5.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

El fluido portador de calor es agua. El grupo de bombeo se encuentra entre los colectores de aspiración y de impulsión. Está formado por cuatro bombas centrífugas conectadas en paralelo, dos de ellas de 75 CV y las otras dos de 5 CV.

La red de distribución es cerrada. Se trata de una línea de doble tubería (impulsión y retorno) en forma de árbol, de acero al carbono, preaislada con poliuretano, que discurre enterrada a 1 m. por las calles de Cuellar; su recorrido llega hasta 2,7 km. En origen tiene un diámetro de 200 mm. y en los puntos de consumo llega a diámetros de hasta 26 mm. (en los puntos de menor demanda energética).

Las temperaturas de impulsión y retorno son de 90-75 °C respectivamente y el caudal es de 201 m³/h.

9.5.5.4. CONEXIÓN A USUARIOS

En cada punto de consumo existe un intercambiador de placas para el circuito de calefacción y un acumulador para ACS. En cada interconexión se dispone de elementos auxiliares como contador de consumo y válvula de tres vías para regular el caudal en función de la demanda del usuario.

La red proporciona servicio de calefacción y ACS a 5 bloques de viviendas, (formadas por 225 viviendas), a 25 viviendas

unifamiliares y a 5 edificios municipales.

9.5.5.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA

El rendimiento de generación es aproximadamente del 60%, siendo el de la distribución del 95%. Como sistema de mejora de la eficiencia, la central de producción posee un sistema de recuperación de calor sensible de los humos de combustión para el precalentamiento del aire de combustión.

Sin embargo, la instalación presenta bastantes posibilidades de mejora en su eficiencia, que permitirían aumentar el rendimiento global:

- Incremento en el rendimiento de la caldera por regulación de comburente a través de sonda de oxígeno (lambda) en los gases de combustión.
- Instalación de acumulación de inercia para mejorar el rendimiento de la caldera, evitando paradas y arranques.
- Variación de temperatura de suministro basada en temperatura exterior para disminuir pérdidas en la distribución.
- Instalación de bombas con regulación de velocidad.

Además, aunque no está directamente relacionada con la instalación de calefacción de distrito, parece conveniente la reducción de la demanda en los edificios suministrados, principalmente los de viviendas plurifamiliares, a través de actuaciones en la envolvente (aislamiento de fachadas y cubiertas), así como la instalación de contadores de energía individuales para cada vecino.

9.5.5.6. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

La operación de la planta se lleva a cabo mediante personal propio del Ayuntamiento que no trabaja en exclusividad para la misma. Las tareas principales que desarrolla este personal son:

- Recepción del combustible
- Llenado del silo de alimentación desde la zona de descarga de combustible (almacenamiento al aire libre)

- Retirada de cenizas
- Supervisión de la central
- Pequeñas reparaciones

En el apartado de parámetros económicos se especifican los costes incurridos en estas actividades.

9.5.6. VENTA DE ENERGÍA

La venta de energía se realiza por parte del Ayuntamiento, como titular de la instalación, a partir de la contabilización real de la energía registrada en los contadores instalados para cada uno de los usuarios.

- Usuarios particulares: en el caso de viviendas unifamiliares existe un contador en cada vivienda. En el caso de viviendas plurifamiliares, el contador es común para cada comunidad de propietarios, haciendo ésta posteriormente el reparto según su criterio.
- Edificios municipales. Al ser los edificios de titularidad municipal, simplemente se registra una contabilización de los consumos, sin llegarse a facturar.

9.5.6.1. TARIFAS

No se factura ningún tipo de tasa de conexión a la red ni cuota fija mensual. Tan solo se factura el término de energía consumida contabilizada en el contador de cada usuario.

El precio unitario de venta de la energía lo fija el Ayuntamiento según convenio firmado con los usuarios desde el inicio de las operaciones. La tarifa se fija por años completos a partir del precio medio del gasóleo de calefacción del año anterior, estableciéndose en el 90% de éste. De esta manera, al haber sustituido a instalaciones de dicho combustible, el precio es siempre ventajoso para los usuarios.

9.5.7. PARÁMETROS ENERGÉTICOS

Los suministros de energía durante los últimos años han sido las siguientes:

| AÑO | CONSUMO (MWH) |
|------|---------------|
| 2008 | 5.786 |
| 2009 | 5.507 |
| 2010 | 5.871 |
| 2011 | 5.073 |

El suministro de biomasa promedio durante los últimos cuatro años ha sido de aproximadamente 3.400 toneladas al año.

El consumo de energía eléctrica auxiliar es aproximadamente del 8% de la energía bruta suministrada.

9.5.8. PARÁMETROS ECONÓMICOS

9.5.8.1. INVERSIÓN

Se resumen a continuación los costes de inversión y las subvenciones recibidas. Hay que tener en cuenta que son costes del año 1999, año en que se puso en marcha la instalación.

| INVERSIÓN TOTAL | 1.141.923 € |
|-----------------------|-------------|
| Central de producción | 55% |
| Red de distribución | 30% |
| Conexión a usuarios | 15% |

| INVERSIÓN TOTAL | 357.414 € |
|-----------------|-----------|
| PAEE | 220.252 |
| PASCER | 137.162 € |

PAEE Plan de ahorro y eficiencia energética
PASCER Plan de ahorro, sustitución, cogeneración y energías renovables

9.5.8.2. GASTOS

Los principales gastos de explotación se resumen a continuación.

| CONCEPTO | GASTO APROXIMADO (€/ AÑO) |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Financiación por terceros | 109.000 |
| Biomasa | 103.000 |
| Electricidad | 75.000 |
| Personal (mantenimiento y operación) | 39.000 |
| Mantenimiento externo | 7.300 |
| Otros Gastos | 2.500 |

Gastos correspondientes a 2011

9.5.9. CONCLUSIONES

- La motivación principal para la instalación de la red de calor fue la existencia de una fuente de energía primaria abundante y renovable: biomasa forestal de los montes comunales de la zona. No obstante, finalmente la materia prima se suministra desde otras zonas.
- En cualquier caso, se considera imprescindible además:
 - La total implicación del Gobierno Local
 - Una masa de demanda crítica mínima (edificios públicos y privados)
 - Ayudas a la implantación en forma de asesoramiento, financiación (por terceros en este caso) y subvenciones a fondo perdido.
- La rentabilidad económica de la planta mejoraría con la incorporación de nuevos usuarios, ya que hay capacidad instalada suficiente, y la inversión sería relativamente pequeña.
- Sería interesante además la aplicación de medidas de mejora de la eficiencia energética, ya que con el transcurso de los años han ido surgiendo diversas oportunidades en este sentido. Sin embargo, hay que señalar las dificultades de financiación de dichas inversiones por parte del Ayuntamiento en el contexto actual.

9.6. RED DE CLIMATIZACIÓN URBANA TUBO VERDE DE MATARÓ (BARCELONA)

9.6.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACIÓN

El proyecto "Tubo Verde" de Mataró nace con el objetivo de promover el ahorro energético y la reducción de emisiones de CO₂ derivadas del consumo energético de los equipamientos públicos. Este objetivo inicial se va ampliando, llegando incluso a plantearse el poder abastecer con una red de climatización todos los edificios de la ciudad, públicos y privados. El proyecto lo impulsó la empresa de titularidad pública Mataró Energía Sostenible SA, constituida en 2001, que se encargó tanto de la construcción de la red como de la gestión actual. La ciudad tiene cierta tradición en financiarse todos sus equipamientos e inversiones estratégicas.

El proyecto se inició en 2003 a raíz de una propuesta planteada en la Agenda 21 de Mataró para dar servicio al centro municipal de deportes "El Sorrall" con criterios ambientales. En un primer momento se puso en marcha una caldera de gas natural para dar servicio al centro pero, en 2004, se inició la recuperación de la energía de los gases excedentes del proceso de secado térmico de lodos de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Mataró. De esta manera, la caldera de gas natural pasó a ser un elemento de seguridad en caso de falta de energía. Más tarde, la planta de cogeneración de la EDAR dejó de realizar el secado de lodos y el sistema se utiliza íntegramente para el Tubo Verde.

Actualmente, tal y como estaba previsto, el Tubo Verde aprovecha la energía del proceso de digestión anaerobia de los lodos de la EDAR a través de una caldera de biogás y del vapor residual de la planta de valorización de residuos sólidos urbanos del Maresme (Centro Integral de Valorización de Residuos del Maresme).

En cuanto al sistema de distribución, las sucesivas ampliaciones de la red se basaron en la conexión de equipamientos compartiendo un único eje viario central. Así, durante 2006, se realizó la ampliación de la red de distribución para dar servicio al Hospital de Mataró y a la piscina municipal. Esta ampliación se realizó siguiendo un recorrido periférico, aprovechando las zanjas

de la modernización de la red de agua potable. De esta forma, se añadieron los consumos de las escuelas CEIP Camí del Cros y CCE Las Aguas, en funcionamiento desde noviembre de 2005, y del Centro municipal de deportes El Sorrall.

En el transcurso del año 2007, se conectaron el IES Alexandre Satorras, el pabellón polideportivo municipal Teresa María Roca, el CEIP Antoni Machado y la Guardería Eina.

Durante los años 2008 y sucesivos, se realizaron conexiones a otras instalaciones como el CEIP Maria Mercè Marçal, la Guardería Garrofers, el polideportivo de la calle Euskadi y Institut Thos i Codina.

En 2010 se inició una nueva fase, la llamada del Front del Mar, cuyo planteamiento fue un poco distinto, pues se trataba de un nuevo desarrollo urbanístico, además de incorporar a la red tanto edificios públicos como privados. Así, la urbanización se diseñó incluyendo ya la implantación de la red de climatización y la red de tuberías se implantó antes que la urbanización. Esta nueva fase incorpora además la producción de agua fría mediante máquinas de absorción de doble efecto, alimentadas por vapor, y máquinas centrífugas de alto rendimiento alimentadas por electricidad.

En la siguiente figura se resume el calendario del proceso de creación de esta red:

| AÑO | ANTECEDENTE |
|-------------|---|
| 2003 | Implantación de una central con caldera de gas natural para alimentar el centro municipal de deportes "El sorrall". |
| 2004 | Recuperación de la energía de los gases excedentes del proceso de secado térmico de lodos de la Estación Depuradora d'Aigües Residuals de Mataró. La central de gas natural se destina a back-up. |
| 2005 | Conexión de las escuelas CEIP Camí del Cros y CCE Las Aguas |
| 2006 | Ampliación de la red de distribución para dar servicio al Hospital de Mataró y la piscina municipal |
| 2008 - 2009 | Conexión del CEIP Maria Mercè Marçal, la Guardería Josep Maria de Sagarra (Figuera Major), el polideportivo de la calle Euskadi y el nuevo pabellón de salud mental del Hospital de Mataró. |
| 2010 | Inicio de la fase Front de Mar. |

9.6.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de una red de distrito cuya titularidad corresponde a la empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA), integrada por Aigües de Mataró SA (65%), el Institut Català de l'Energia (en un 25%) y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (en un 10%). MESSA es responsable de la construcción, explotación y administración de la red.

Las características básicas de la red de climatización son las siguientes:

| DESCRIPCIÓN GENERAL | |
|----------------------------|--|
| Titularidad | Empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA) |
| Financiación | Fondos propios + Préstamo CP y LP + financiación por terceros (Socios) |
| Fuente de energía primaria | Gas Natural, Biogás, Electricidad y Calor residual |
| Usuarios abastecidos | Edificios públicos (servicios) y privados (residenciales y oficinas) |
| Energía útil | Calor (calefacción y ACS) y frío |
| Red de distribución | Red de calor 13,4 km en 2 tuberías de 6,7 km (impulso y retorno) Red de frío 10km en 4 tuberías de 2,5 km (2 frío y 2 calor) |
| Tipo de red | Cerrada. Consta de 2 anillos. Tuberías de acero preaislado |
| Potencia de generación | Generación Calor - Planta de cogeneración (EDAR): 2,7 MW+calor camisas - Caldera biogás: 1,4 MW (potencia media) - Calor planta valorización de RSU (cogeneración): 6,5 MW - Caldera gas natural (reserva) Generación frío. Capacidad de 20-22 MW (previsión) - 4 Máquinas absorción (previsión) - 4 Máquinas compresión centrífuga. Actualmente 2 en servicio |
| Ingeniería básica | Empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA) |
| Construcción | Empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA) |

9.6.3. USUARIOS

Se resumen a continuación los usuarios conectados en orden cronológico:

| AÑO DE CONEXIÓN | USUARIOS |
|-----------------|--------------------------------------|
| 2003 | Centro deportivo El Sorrall |
| 2005 | CCE Las Aguas |
| 2005 | CEIP Camí del Cros |
| 2006 | Hospital Mataró |
| 2006 | Piscina Municipal |
| 2007 | IES Alexandre Satorras |
| 2007 | Polideportivo Teresa María Roca |
| 2007 | CEIP Antonio Machado |
| 2007 | Guardería ELNA |
| 2009 | Maria Mercè Marçal |
| 2009 | Guardería Els Garrofers |
| 2009 | Polideportivo de la Calle Euskadi |
| 2009 | Instituto Thos Codina |
| 2010 | Instituto Josep Puig i Cadafalch |
| 2010 | Tecno-Campus Mataró Maresme |
| 2010 | Campo Municipal de Futbol la Llàntia |
| 2010 | Edificio PUMSA |
| 2010 | Residencia de ancianos |
| 2011 | 67 Viviendas |

Actualmente se prevé la futura conexión de un Colegio de Educación Infantil y Primaria (CEIP) a la red de calor por el circuito norte. En la red de calor y frío, correspondiente al circuito frente al mar, se prevé la conexión de 70 viviendas, 15.000 m2 de superficie terciaria y una industria.

9.6.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

9.6.4.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

RECUPERACIÓN

El proyecto aprovecha la energía sobrante generada en las instalaciones de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Mataró, del Centro para el Tratamiento y Valorización de Residuos Sólidos Urbanos del Maresme (CTVRSU) y del sistema de cogeneración del antiguo proceso de secado de lodos.

TRANSFORMACIÓN Y PRODUCCIÓN

La producción de agua caliente se realiza a partir de:

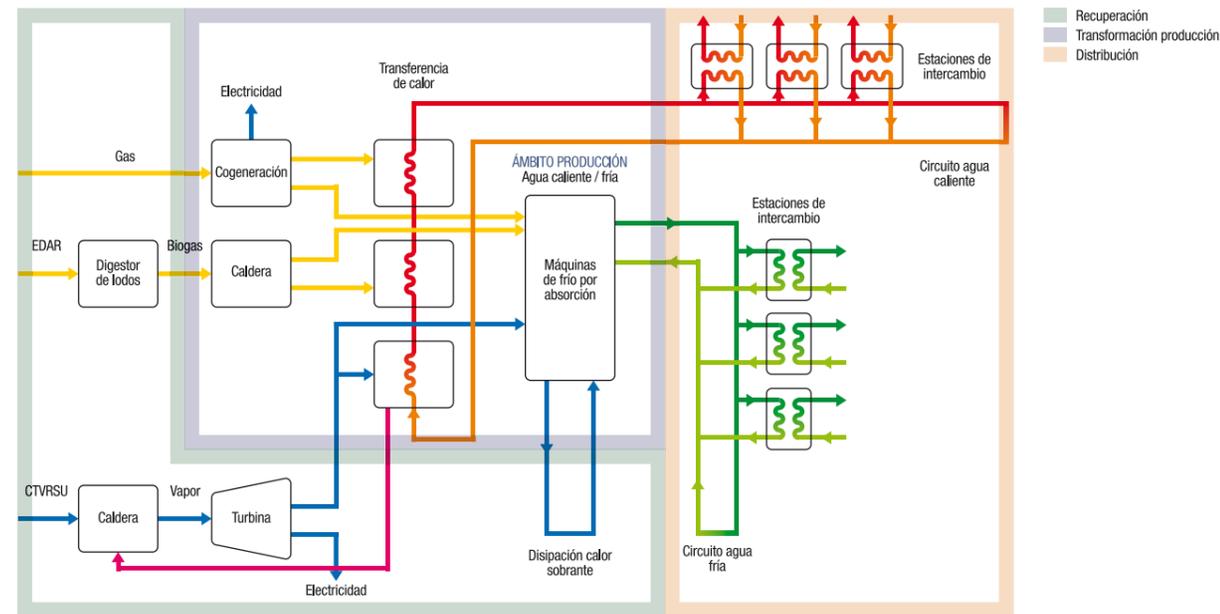
- El aire caliente expulsado por los motores del sistema de cogeneración que produce electricidad
- La combustión del biogás generado por la digestión anaerobia de los lodos de la estación depuradora
- El vapor ya utilizado en la turbina productora de electricidad del CTVRSU

Por otro lado, para la producción de agua fría para climatización se utiliza:

- Máquinas enfriadoras de compresión centrífuga
- Máquinas de absorción (en previsión)

DISTRIBUCIÓN

Mediante circuitos cerrados de agua caliente y agua fría se transporta el calor y el frío hasta las instalaciones de los usuarios. El intercambio de calor/frío de la red de distribución a la instalación del usuario se realiza mediante una estación de intercambio. De esta forma se proporciona un servicio instantáneo de calefacción, ACS y climatización.



9.6.4.2. FUENTES DE ENERGÍA Y AHORRO DE EMISIONES

Un 43% de la energía es de origen fósil que se atribuye al exceso de gas que se consume en la caldera de cogeneración y al consumo de electricidad, según el mix eléctrico. El resto de energía procede principalmente del biogás generado en la digestión anaerobia de los lodos de la depuradora de la EDAR y del vapor residual de la planta de valorización de RSU (cogeneración).

Gracias a la sustitución por parte del usuario final del consumo de combustibles fósiles, como el petróleo o el gas natural, el sistema del Tubo Verde es una solución energética que minimiza las emisiones de gases de efecto invernadero. En concreto, en el año 2010 se evitó la emisión de 1.605 toneladas de CO₂ a la atmósfera.

9.6.4.3. RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución es cerrada, formada por dos anillos: circuito norte y frente de mar:

El circuito norte corresponde únicamente a distribución de calor, dispone de doble tubería (impulsión y retorno) de acero al carbono, pre-aislada con poliuretano, y discurre enterrada conectando el centro de producción con los usuarios. Su longitud llega hasta 13,4 km.

El circuito frente de mar distribuye calor y frío con un sistema de 4 tubos (2 calor y 2 frío) de acero al carbono, pre-aislado con poliuretano. Su longitud es de 10 km. (4 x 2,5 km.). El fluido portador de calor es agua.

La temperatura del fluido para el transporte de calor es de 95-90°C en la impulsión y 65-60°C en el retorno. En el circuito de transporte de frío la temperatura es de 5-6°C para la impulsión y 12-14°C para el retorno.

Los grupos de bombeo presentes en la red corresponden a la impulsión de los circuitos generales y a las recirculaciones del proceso. Generalmente se encuentran ubicados cerca de los lugares de producción; además existe un grupo de bombeo intermedio en el circuito norte para salvar el desnivel.

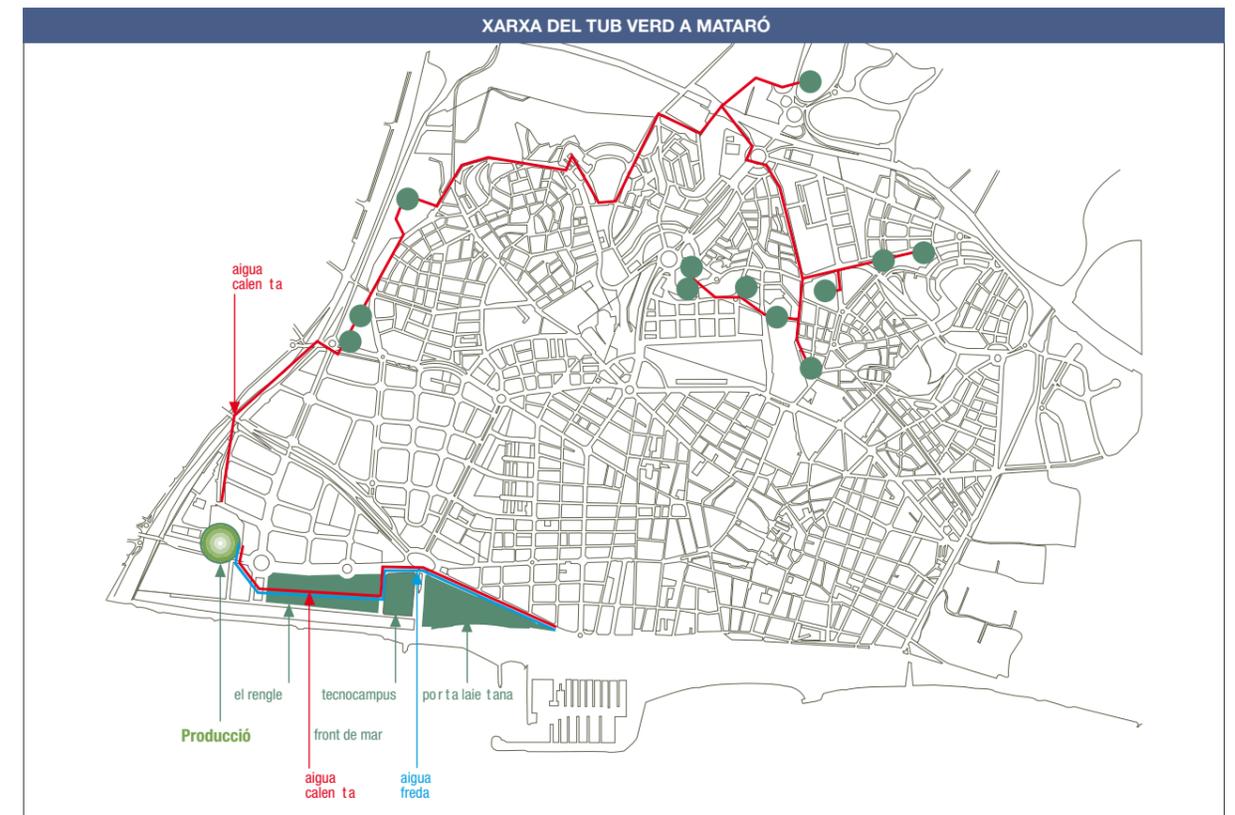


Figura 19. Red de distribución Tubo Verde de Mataró

9.6.4.4. CONEXIÓN A USUARIOS

En cada punto de consumo se dispone de una subestación de intercambio agua/agua; actualmente hay un total de 20 subestaciones. En cada punto de interconexión se dispone de regulación de caudal por presión diferencial y un sistema de gestión y medida de consumo gestionado a distancia.

La red proporciona servicio a edificios públicos, viviendas y sector terciario.

9.6.4.5. MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Los trabajos de mantenimiento preventivo y pequeñas operaciones se realizan con recursos propios. Las reparaciones o mejoras sustanciales se gestionan con la contratación puntual de empresas especializadas. Asimismo, el mantenimiento (renovación-reconstrucción) de los motores tiene un tratamiento específico de contratación externa.

La gestión y explotación también son realizadas con recursos propios, principalmente a través del socio Aigües de Mataró S.A.

En el apartado de parámetros económicos se especifican los costes incurridos por estas operaciones.

9.6.5. VENTA DE ENERGÍA

La venta de energía la realiza la Empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA), a partir de la contabilización real, mediante telegestión, del consumo energético en los contadores instalados a tal efecto para cada uno de los usuarios.

La fórmula de facturación incluye un término fijo y otro variable en función del consumo. Los precios están indexados a las Tarifas Último Recurso (TUR) de gas para el suministro de calor y a las TUR eléctricas para el suministro de frío.

La duración de los contratos varía según la tipología de usuario, siendo de una duración de 2 años para los edificios públicos y de 20 años para los privados.

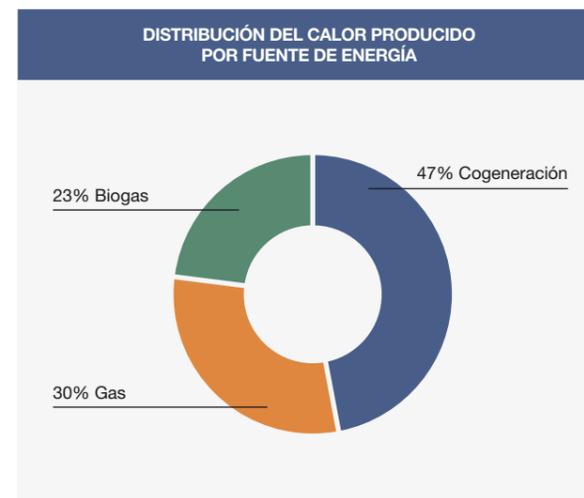
9.6.6. PARÁMETROS ENERGÉTICOS

La demanda de energía durante los últimos años ha sido la siguiente:

| AÑO | CONSUMO CALOR (MWH) | CONSUMO FRIO (MWH) |
|------|---------------------|--------------------|
| 2003 | 1.665 | 0 |
| 2004 | 4.428 | 0 |
| 2005 | 4.360 | 0 |
| 2006 | 4.883 | 0 |
| 2007 | 6.411 | 0 |
| 2008 | 7.872 | 0 |
| 2009 | 8.159 | 0 |
| 2010 | 10.135 | 298 |
| 2011 | 16.500 | 2.000 |

El objetivo de la instalación Tubo Verde de Mataró es llegar a suministrar 43.910 MWh anuales (calor y frío) a los usuarios finales.

En el año 2011 la distribución de calor suministrado por fuente de energía fue la siguiente:



9.6.7. PARÁMETROS ECONÓMICOS

9.6.7.1. INVERSIÓN

Se resumen a continuación los costes de inversión asociados a las distintas fases del proyecto.

| CONCEPTO | INVERSIÓN |
|----------------------------|-----------------|
| Inversión total | 11,46 M€ |
| Período 2002-2008 | 3,76 M€ |
| Período 2009-2010 | 7,70 M€ |
| Edificio y solar | 2,16 M€ |
| Canalizaciones exteriores | 2,94 M€ |
| Maquinaria e instalaciones | 2,6 M€ |

9.6.7.2. GASTOS

Los principales gastos de explotación se resumen a continuación:

| CONCEPTO | GASTO APROXIMADO (€/ AÑO) |
|-----------------------|---------------------------|
| Vapor | 80.000 |
| Gas natural | 65.000 |
| Electricidad | 230.000 |
| Gestión y explotación | 430.00 |
| Recursos propios | 270.000 |
| Servicios externos | 160.000 |
| Mantenimiento | 280.000 |

El biogás consumido en las instalaciones es suministrado a cambio del suministro de calor a los digestores de la EDAR. En el caso del vapor del CTVRSU, éste se adquiere a coste de electricidad no producida (130 kWh/T de vapor).

9.6.8. CONCLUSIONES

La motivación principal para la instalación de la red de calor Tubo Verde es la recuperación de la energía de los gases excedentes, tanto de los procesos de secado de lodos de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Mataró como del vapor residual de la planta de valorización de residuos sólidos urbanos del Maresme.

El éxito de esta instalación destaca por:

- El aprovechamiento de fuentes residuales de energía y la cogeneración.
- La total implicación del Gobierno Local, con el objetivo de promocionar el ahorro energético y la reducción de emisiones de CO2 derivadas del consumo energético de los equipamientos públicos, llegando incluso a plantearse el abastecer con una red de climatización todos los edificios de

la ciudad, públicos y privados, empezando a hacerlo realidad en 2010 con la fase Front del Mar donde ya se incorporan a la red edificios privados.

- Una masa de demanda crítica mínima (edificios públicos y privados)
- Red de distrito de titularidad mixta (fondos propios de la empresa Mataró Energía Sostenible S.A. (MESSA), préstamos y financiación por terceros (Socios)).
- Los costes anuales eléctricos son elevados puesto que el vapor del centro de valorización de RSU, se adquiere a coste de electricidad no producida y el precio de la electricidad va en aumento.

Sería interesante la aplicación de medidas de mejora de la eficiencia energética y el rendimiento de la instalación como la incorporación de nuevos usuarios, para ello se debe tener en cuenta, de forma anticipada, cualquier nueva fase urbanística, para que la posibilidad de integración a la red de calor sea evaluada.

10. FINANCIACIÓN Y AYUDAS

10.1. FORMAS DE FINANCIACIÓN

Las **redes urbanas de climatización** son proyectos costosos, tanto en la inversión inicial como en la fase de explotación, que requieren mantenimiento y reinversión periódica. Por este motivo, la **financiación** es un factor clave para garantizar la viabilidad del proyecto.

En un proyecto de red urbana de climatización, los Gobiernos Locales juegan un papel muy importante, en tanto que planifican el territorio y dan en última instancia las autorizaciones correspondientes a la instalación. Pero, además, pueden participar activamente en el proyecto, con el grado de implicación y financiación que decidan.

Existen multitud de posibilidades de **participación de las entidades locales** en las redes urbanas de climatización, tanto en la promoción como en la explotación de las mismas: desde una total propiedad y control por parte de la entidad local de todos los elementos de la red hasta el mero apoyo a entidades privadas mediante subvenciones y préstamos, pero sin participar en la propiedad ni en la explotación.

Como posibilidad intermedia, una entidad local puede invertir directamente en solo una parte de la instalación (por ejemplo, la red de distribución); buscar la colaboración privada e incluso de otros organismos públicos, tanto en la promoción como en la explotación, mediante diversas fórmulas; o, incluso, formar una cooperativa con ciudadanos y otras entidades para llevar a cabo la inversión.

Tanto la **propiedad** como la **explotación** de la red urbana de climatización pueden ser:

- 100% de la entidad local.
- 100% privada.
- Mixta pública-privada.
- En cooperativa, con o sin participación de la entidad local.

El modelo más extendido en España es el de la **promoción por empresas mixtas**, formadas por organismos públicos y

entidades privadas, dejando la gestión externalizada a Empresas de Servicios Energéticos (ESE) privadas, que explotan, mantienen y reinvierten en la instalación.

A modo informativo, se resumen los dos primeros modelos (100% local y 100% privado) y, a continuación, se desarrolla con más profundidad el modelo mixto de inversión, con diferentes variantes.

10.2. PROPIEDAD Y EXPLOTACIÓN 100% DE UNA ENTIDAD LOCAL

En este caso, la **propiedad y explotación** de las redes urbanas recaen completamente **en una entidad local**. Este modelo es más frecuente en países donde históricamente este tipo de iniciativas eran siempre públicas. Incluso en estos casos, la tendencia actual es a la privatización o a la colaboración con el sector privado.

En todo caso, la entidad local puede acogerse a los mecanismos de ayuda que existen para la construcción de este tipo de instalaciones, tanto en la Unión Europea como en las diferentes administraciones españolas.

Existen dos **variantes adicionales** al modelo básico de propiedad y explotación por parte de una entidad local.

- Por un lado, la entidad local puede buscar la colaboración con otro organismo público, del ámbito que sea. En este caso, la red urbana sigue siendo pública, pero no local.
- Por otro lado, la entidad local propietaria y explotadora de una red urbana, puede adquirir y/o explotar redes de otros municipios, para crear sinergias y aprovechar economías de escala, tal y como hacen las empresas privadas.

10.3. PROPIEDAD Y EXPLOTACIÓN 100% PRIVADA

Cuando la red urbana de climatización es de **propiedad y explotación privada**, la entidad local puede limitarse a apoyarla con préstamos reembolsables, subvenciones a fondo perdido o, incluso, ventajas fiscales o de otro tipo.

En todo caso, el apoyo se justificaría por el interés de la entidad local en fomentar el uso eficiente de la energía, apoyar el desarrollo de las energías renovables, reducir el impacto ambiental del consumo energético y luchar contra el cambio climático, promoviendo un desarrollo sostenible. La entidad local puede hacer la aportación económica al proyecto en función del CO₂ que se prevea dejar de emitir gracias a él o de algún otro indicador de eficiencia energética global.

10.4. MODELO PÚBLICO-PRIVADO

Un modelo intermedio de inversión es el mixto público-privado. **La entidad local** puede buscar la **colaboración del sector privado** tanto en la propiedad de las redes urbanas como en la explotación. Ambas partes se benefician de esta colaboración: en general, el sector privado está acostumbrado a gestionar el riesgo y atraer el capital, mientras que las entidades locales están totalmente familiarizadas con las infraestructuras urbanas.

En este modelo, se considera de gran interés la presencia de la administración pública local como propietario en parte de la red, debido a la gran complejidad administrativa que conllevará cada una de las fases en la ejecución y puesta en marcha de las instalaciones.

Las fórmulas de colaboración son muy variadas, en función de la implicación e influencia que cada parte aspire a tener en el modelo:

- Contrato de servicios energéticos (EPC – Energy Performance Contract)
- Concesión.
- Leasing.

- Propiedad diferenciada por elementos.
- Sociedad mixta con capital privado minoritario seleccionado.
- Sociedad mixta con capital privado minoritario procedente de fondos de inversión.
- Sociedad mixta con capital privado mayoritario.

La primera fórmula es la más desconocida en España (no así en otros países de Europa), aunque está en pleno auge, por lo que se desarrollará con mayor profundidad que las otras.

10.4.1. CONTRATOS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS

Los **contratos de servicios energéticos**, entendidos en su más amplio sentido, son contratos de prestaciones o rendimiento. Conllevan un acuerdo entre una Empresa de Servicios Energéticos (ESE) y la propiedad para la implantación de medidas de mejora de la eficiencia energética, de tal manera que las inversiones en dichas medidas se recuperan mediante los ahorros obtenidos. De este modo, el pago de los servicios prestados se basa, en parte o totalmente, en la obtención de mejoras de la eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos de prestaciones convenidos.

En sentido estricto, las prestaciones pueden incluir la construcción, instalación o transformación de obras, equipos y sistemas; su mantenimiento, actualización o renovación; su explotación o su gestión derivados de la incorporación de tecnologías eficientes; e, incluso, el suministro de energía útil. En todo caso, tienen que llevar asociado un ahorro de energía verificable, medible o estimable.

También pueden incluirse en el acuerdo prestaciones indirectamente relacionadas con la eficiencia energética, entre ellas, y no teniéndose que prestar simultáneamente: auditorías energéticas y estudios de viabilidad; medición y verificación de ahorros; implantación de mejoras en las infraestructuras energéticas no generadoras de ahorro, sino de seguridad; productividad u operatividad; garantía total de los equipos; financiación de las inversiones, etc.

En función de la forma de reparto de los ahorros que se consiga y del riesgo operativo y financiero, los contratos de servicios energéticos pueden ser de varios tipos: ahorros garantizados, ahorros compartidos o mixtos.

En los **contratos de servicios energéticos**, los ahorros obtenidos mediante la implantación de medidas de mejora de eficiencia energética son, normalmente, uno de los parámetros básicos de remuneración. Es, por tanto, fundamental definir éstos en el acuerdo entre las partes, concretando:

- Protocolos de medición y verificación.
- Ahorros en energía (riesgo de rendimiento)
- Ahorros en unidades monetarias (riesgo de costes unitarios de la energía)
- Línea de referencia o base para el cálculo de ahorros.
- Factores de corrección externos o internos para el cálculo de los ahorros.

Además de los aspectos anteriores, los contratos de servicios energéticos deben contemplar necesariamente los siguientes elementos:

- Duración del contrato.
- Prestaciones a suministrar por la empresa de servicios energéticos y su distribución temporal.
- Remuneración, incluyendo su revisión en el tiempo, si procede.

Es altamente recomendable incluir además:

- Política de financiación y titularidad de los nuevos activos (inversiones en reconstrucción, nuevos desarrollos, ampliación de la red y conexión de nuevos usuarios).
- Política de conexión, desconexión y actualización.
- Relación con la propiedad.
- Plan estratégico, ambiental y de responsabilidad social.
- Formas de rescisión o transmisión del contrato.

De acuerdo al Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, una entidad local que quiera contratar a una empresa de servicios energéticos puede optar por dos tipos contractuales: contrato de **colaboración entre el**

sector público y el sector privado, o bien **contrato mixto** (en este caso, suministro de servicios).

El contrato de **colaboración entre el sector público y el sector privado** (CPP) se desarrolló por primera vez en la Ley 30/2007, de 30 de octubre, de Contratos del Sector Público, como **tipología específica** para los contratos de servicios energéticos, siendo después refrendado por la Junta Consultiva de Contratación Administrativa en sendos informes de julio de 2009. Se puede utilizar en cualquier caso, si bien está orientado a servicios energéticos de mayor complejidad y amplitud de alcance, en los que la Administración Pública no tiene definida a priori la solución técnica y administrativa de los mismos.

Sin embargo, la tipología del **contrato mixto de suministro y servicios**, que se venía utilizando hasta la aprobación de la Ley 30/2007, encaja perfectamente en la contratación de la gestión de sistemas energéticos, especialmente en determinados casos, más sencillos o parciales dentro de los edificios o instalaciones. La Junta Consultiva propone, en su informe 43/2009, un modelo de cláusulas administrativas particulares perfectamente válido y adaptable a cualquier tipo de instalación.

En este caso de contrato mixto, la prevalencia del suministro energético como prestación económicamente más relevante permite a las partes establecer una duración del contrato suficiente para que puedan ser recuperadas y rentabilizadas las inversiones en eficiencia energética realizadas por parte de la empresa de servicios energéticos.

En el caso de instalaciones de climatización urbana en las que se abastezca **únicamente a edificios municipales**, la modalidad más adecuada será la de **colaboración entre el sector público y el sector privado**, y el procedimiento de licitación asociado será el denominado Diálogo Competitivo.

Este procedimiento permite a la Administración licitadora, a partir de la definición de unas condiciones generales y objetivos de servicio (documento descriptivo y programa funcional), y tras el proceso de invitación y selección de empresas licitadoras,

acometer un diálogo competitivo entre las mismas en el que se irá definiendo progresivamente la solución técnica y económica final.

Una vez definida completamente la solución en todos sus parámetros técnicos, administrativos y económicos, la adjudicación se hará a la oferta económicamente más ventajosa, de acuerdo a los criterios de valoración previamente establecidos en el procedimiento.

10.4.2. CONCESIÓN

La **concesión** es un contrato que tiene por objeto la realización por el concesionario de obras y trabajos asociados, como la ingeniería civil, incluidas las de restauración y reparación de construcciones existentes, así como la conservación y mantenimiento de los elementos construidos.

En el caso de las **redes urbanas de climatización**, la contraprestación a favor del concesionario consiste en el derecho a explotar la red **vendiendo energía a los usuarios**, aunque este derecho también puede estar acompañado del de percibir un precio o cuota.

El contrato de concesión se ejecuta a riesgo y ventura del concesionario. Además de las propias condiciones de la concesión, el contrato debe contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

- La adecuación, reforma y modernización de la instalación para adaptarla a las características técnicas y funcionales requeridas para la correcta prestación de los servicios a los usuarios.
- Las actuaciones de reposición y gran reparación que sean exigibles en relación con los elementos que ha de reunir la instalación para mantenerse apta, a fin de que los servicios objeto de la concesión puedan ser desarrollados adecuadamente de acuerdo con las exigencias económicas y las demandas sociales.

El contrato de concesión puede también prever que el concesionario esté obligado a proyectar, ejecutar, conservar, reponer y reparar aquellas instalaciones o equipos que sean accesorios o estén vinculados con la principal y que sean necesarias para que ésta cumpla su finalidad y que permitan su mejor funcionamiento y explotación, así como a efectuar las actuaciones ambientales relacionadas con las mismas que en ellos se prevean (incluida la eficiencia energética o el uso de energías renovables)

Dado que los contratos de concesión suelen ser de muy larga duración, es importante que la propiedad se asegure que el contrato recoge todas sus demandas y requisitos, aun cuando se prevean cláusulas de revisión periódica de las condiciones.

10.4.3. LEASING

En un contrato de leasing o arrendamiento financiero, el arrendatario alquila la red urbana a la propiedad por un período de tiempo determinado, normalmente largo. La explotación, el mantenimiento, las inversiones y toda la gestión corren a cuenta del arrendatario, que paga periódicamente una cantidad a la propiedad o bien invierte una determinada cantidad de capital en la infraestructura (o una combinación de ambas opciones).

En el contrato de leasing, la propiedad de la instalación no cambia, es del arrendador, mientras que en el contrato de concesión el concesionario es propietario de la instalación hasta la entrega, al final del período de la concesión.

Como en el caso de la concesión, la duración del contrato de leasing suele ser muy larga, por lo que es fundamental que el acuerdo recoja todos los requerimientos de la propiedad, incluyendo los referidos al mantenimiento; en caso contrario, se corre el riesgo de que al final del leasing el valor residual de la instalación sea muy bajo.

10.4.4. PROPIEDAD DIFERENCIADA POR ELEMENTOS

Otra posibilidad consiste en dividir la propiedad de la red urbana por elementos, cada uno con una forma de propiedad y explotación distinta. Así, por ejemplo, la central de generación y las subestaciones pueden ser de propiedad privada y la red de distribución de la entidad local.

En este caso, la entidad local recuperaría la inversión directa cobrando un canon por el uso de la red de distribución.

10.4.5. SOCIEDAD MIXTA CON CAPITAL PRIVADO MINORITARIO SELECCIONADO

Una entidad local puede buscar socios privados tanto para realizar la inversión como para explotar la instalación. En este caso, la entidad local busca socios con un perfil y una solvencia determinados, creando con ellos una sociedad mixta en la que aporta capital de forma mayoritaria, con la figura societaria que estime conveniente. De esta manera, la entidad local conserva el control de la red urbana y se beneficia de la experiencia y los recursos de empresas del sector.

Para acometer las inversiones, la sociedad mixta puede recurrir a financiación por terceros.

10.4.6. SOCIEDAD MIXTA CON CAPITAL PRIVADO MINORITARIO PROCEDENTE DE FONDOS DE INVERSIÓN

Una alternativa al modelo anterior consiste en que la entidad local cree una sociedad y busque capital privado en el mercado, a través de fondos de inversión. Esta sociedad es la que realiza la inversión y explota la red urbana; su valor en el mercado dependerá de los rendimientos obtenidos. A su vez, este mismo valor condicionará la facilidad y el precio de la financiación por terceros necesaria para llevar a cabo las inversiones. La participación en el mercado conlleva siempre cierto grado de incertidumbre y riesgo.

La principal diferencia con el modelo anterior es que, en este caso, son los inversores privados los que eligen el proyecto de inversión de la entidad local y no ésta la que selecciona a sus socios.

10.4.7. SOCIEDAD MIXTA CON CAPITAL PRIVADO MAYORITARIO

En este modelo, la entidad local aporta un capital minoritario a la sociedad mixta que hace la inversión. De esta manera, no tiene el control, pero sigue teniendo influencia en un proyecto cuyo interés se justifica a través de los beneficios ambientales que produce.

10.5. AYUDAS

Al margen de los instrumentos de financiación que se han descrito, las entidades locales pueden contar con ayudas procedentes de diversos organismos a la hora de invertir en una red urbana de climatización.

10.5.1. COMUNIDADES AUTÓNOMAS

Por un lado, las entidades locales pueden solicitar subvenciones a fondo perdido con cargo a los fondos del Plan de Energías Renovables 2011-2020 (PER) y del Plan de Acción 2011-2020 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4), que gestionan las Comunidades Autónomas.

Las CCAA son las encargadas del desarrollo de los programas de ayudas, su preparación y convocatoria de bases reguladoras, gestión, tramitación y valoración técnica de expedientes, resolución de dichas ayudas, certificación y pago, incluyendo el régimen de control y, en su caso, el de reintegro y sancionador.

10.5.2. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE)

Por otro lado, el IDAE cuenta con programas de ayuda y mecanismos de financiación que pueden ayudar a que las entidades locales inviertan en redes urbanas de climatización alimentadas con energías renovables, logrando así una mayor eficiencia energética y una reducción de emisiones.

Algunos de estos instrumentos son:

■ **Financiación por terceros (F.P.T.):** el IDAE invierte directamente en proyectos de ahorro y eficiencia energética, y proyectos de generación de energía procedente de diversas fuentes, incluidas las energías renovables. Se pueden establecer diferentes formas contractuales para llevarlo a cabo, con características propias de la F.P.T. (definición técnico-financiera del proyecto, adquisición de los equipos, recuperación sobre la base de ahorros, traspaso al final de las instalaciones al promotor, etc.).

■ **Financiación de proyecto y arrendamiento de servicios:** se trata de un modelo de colaboración financiera por el que el IDAE presta servicios de asesoramiento y coordinación en todas las fases de ejecución y explotación de un proyecto de inversión en materia de ahorro, eficiencia energética y energías renovables, que dispongan de un análisis previo de viabilidad técnico-económica, además de financiarlo. Esto conlleva la formalización de dos contratos: contrato marco de cooperación y arrendamiento de servicios; y contrato de financiación del proyecto. Estos contratos van ligados y son inseparables, tienen naturaleza jurídica privada, siéndoles aplicable la legislación civil y mercantil.

■ **Otras participaciones financieras en proyectos energéticos:** el IDAE puede participar en diferentes figuras societarias o asociativas (unión temporal de empresas, agrupación de interés económico, participación en sociedad mercantil, etc.) cuando el proyecto, por su alcance económico, legislación vigente que le afecta o naturaleza técnica, así lo requiere. Dependiendo del tipo de modalidad de participación

seleccionada, la implicación de IDAE en el proyecto puede ir desde su total definición y financiación hasta una participación minoritaria en el capital social de la sociedad ejecutora del proyecto.

10.5.3. INSTITUTO DE CRÉDITO OFICIAL (ICO)

El ICO tiene habilitada una línea de financiación para **instituciones**. A través de esta línea se pueden financiar, mediante préstamo, proyectos de inversión productiva de un mínimo de 10 millones de euros aproximadamente.

El tipo de interés de las operaciones es el de mercado, sin que se contemple ningún tipo de subvención. Pueden ir referenciadas a tipo fijo durante toda la vida de la operación o variable (por ejemplo el EURIBOR), más un diferencial a asignar a cada operación.

Estas operaciones se amortizan a largo plazo. El plazo concreto de amortización y carencia será objeto de negociación con cada prestatario.

La información completa sobre esta línea de financiación se pueden consultar en:

http://www.icodirecto.es/webcomercial/portal/destino/inversion/directa/index.html?prod=/destino/inversion/directa/producto_0028

Las empresas también cuentan con líneas ICO para invertir en grandes infraestructuras energéticas (Fondo FES infraestructura y Financiación Estructurada). La entidad local puede acometer la inversión de la red urbana de climatización a través de una empresa de servicios energéticos, que puede acudir a líneas ICO.

10.5.4. MECANISMO EUROPEO DE ASISTENCIA LOCAL EN EL SECTOR DE LA ENERGÍA: ELENA (EUROPEAN LOCAL ENERGY ASSISTANCE)

La Comisión Europea y el Banco Europeo de Inversiones (BEI) ponen a disposición de las autoridades regionales y locales un fondo que les ayuda a desarrollar su potencial de inversión en energía sostenible. Es el llamado **mecanismo ELENA**, que da acceso a financiación directa del Banco Europeo de Inversiones o de otros bancos. Se financia a través del programa Energía Inteligente Europa II (IEE).

El mecanismo ELENA pretende impulsar proyectos de inversión en áreas como la eficiencia energética, las energías renovables y el transporte urbano sostenible, y reproducir los éxitos alcanzados en otras partes de Europa. Las redes urbanas de climatización son una de las inversiones específicamente contempladas en el mecanismo.

El mecanismo ELENA financia la asistencia técnica necesaria para que las autoridades locales o regionales preparen, ejecuten y hagan el seguimiento de un plan de acción energético sostenible. Algunos de los gastos subvencionables son la realización de auditorías energéticas, de estudios de viabilidad y de mercado de las propuestas de inversión, y la preparación de los procedimientos de licitación para la ejecución de las propuestas. Asimismo, puede obtenerse financiación para la ejecución de las propuestas.

Puede obtenerse toda la información en: <http://www.eib.org/elena>

10.5.5. APOYO EUROPEO CONJUNTO A LA INVERSIÓN SOSTENIBLE EN ZONAS URBANAS: JESSICA (JOINT EUROPEAN SUPPORT FOR SUSTAINABLE INVESTMENT IN CITY AREAS)

Se trata de una iniciativa desarrollada por la Comisión Europea, a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y el Banco Europeo de Inversiones (BEI), en colaboración con el Banco de Desarrollo del Consejo de Europa (CEB).

Mediante esta iniciativa, se ofrece a los Estados miembros la opción de emplear parte de los Fondos Estructurales (FEDER y FSE) en proyectos enmarcados en un plan integrado de desarrollo urbano sostenible.

Para ello, se otorgan ayudas reembolsables a inversiones en desarrollo urbano sostenible, las cuales pueden adquirir la forma de participaciones, préstamos y/o garantías, y se destinarán a los proyectos de inversión mediante fondos de desarrollo urbano y, si fuese necesario, a través de fondos de inversión. Así, el objetivo de esta iniciativa es la colaboración pública-privada.

Estos fondos de inversión podrán tomar diversas formas jurídicas. Cada autoridad nacional, regional o local que quiera hacer uso de este instrumento debe estudiar la forma que mejor se adapta a sus necesidades, para lo que puede contar con la asesoría del BEI.

Puede obtenerse toda la información en:

http://www.eib.org/products/technical_assistance/jessica/index.htm

10.6. RESUMEN

■ Existen **numerosos modelos** de construcción y explotación de instalaciones de climatización urbana. Los principales son:

- **Modelo totalmente público:** promovido directamente por el Gobierno Local generalmente para abastecer energía a un conjunto de edificios de titularidad municipal (aunque no de manera excluyente).
- **Modelo totalmente privado:** normalmente promovido y explotado por empresas de servicios energéticos. Está orientado a prestar servicio a edificios privados, habitualmente a conjuntos de edificios cerrados (universidades, conjuntos hospitalarios, parques empresariales, etc.).
- **Modelo mixto público-privado:** la Administración busca la colaboración del sector privado para acometer la construcción

y explotación de la red. Admite numerosas variantes, desde la creación de una sociedad mixta con mayor o menor participación pública hasta la concesión del servicio a una empresa de servicios energéticos.

- Independientemente de la fórmula de promoción y explotación, existen numerosos mecanismos de ayuda procedentes de Administraciones Públicas de todos los niveles para facilitar el desarrollo de instalaciones de climatización urbana, incluyendo las siguientes:
 - Subvenciones a fondo perdido de las Comunidades Autónomas en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E4)
 - Mecanismos de ayuda financiera del IDEA, como la financiación por terceros o la participación financiera en proyectos bajo diversas fórmulas mercantiles.
 - Créditos ICO orientados a los propios Gobiernos Locales o a las empresas de servicios energéticos que llevan a cabo las inversiones.
 - Ayudas para actuaciones previas y financiación posterior a través del programa ELENA, donde se incluyen este tipo de infraestructuras.
 - Aportaciones mediante fondos de desarrollo urbano o fondos de inversión a través del programa JESSICA.

11. NORMATIVA

11.1. PANORAMA ACTUAL

Se ha considerado de interés destacar la legislación nacional y europea de reciente aprobación que, de una u otra manera, puede afectar al desarrollo a las redes de climatización urbana en los próximos años.

11.1.1. PLAN DE ACCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES (PER) 2011-2020

El PER 2011-2020 es la continuación al PANER 2011-2020 (Plan de Acción de Energías Renovables) que, tras la finalización del período de vigencia del anterior PER 2005-2010, daba respuesta a la necesidad de incorporar los objetivos de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de fuentes renovables. Esta norma establecía unos objetivos mínimos vinculantes (cuota del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía para el año 2020). Dichos objetivos se habían establecido también a nivel nacional en el artículo 78 de la Ley 2/2011 de Economía Sostenible.

El PER 2011-2020 realiza un análisis del estado actual de las distintas tecnologías renovables y establece objetivos para 2020, con las correspondientes propuestas de mejora, marcos de apoyo y valoración del impacto en términos económicos, de empleo, etc., de directa aplicación a las redes de climatización urbanas (especialmente la biomasa térmica, la geotermia y la solar térmica). Además, hace algunas aportaciones explícitas en el campo de las redes de distrito, como caso particular de cada fuente renovable.

El Plan hace algunas consideraciones generales sobre la importancia vital del desarrollo de este tipo de infraestructuras para la mejora de la eficiencia energética de los edificios, sugiriendo que prevalezcan normativamente estas instalaciones frente a las individuales, siempre que sea técnica y económicamente viable.

Así mismo, incorpora algunas propuestas normativas de fomento de esta tecnología, como puede ser la necesidad de adaptar los procedimientos de certificación de edificios al caso de alimentación con redes centralizadas o la inclusión de estos sistemas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.

11.1.2. PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA 2011-2020

El Plan 2011-2020 constituye el segundo Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (NEEAP1) que, de acuerdo con el artículo 14 de la Directiva 2006/32/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos, el Estado español debe remitir a la Comisión Europea en 2011. Este Plan de Acción fue aprobado por Acuerdo de Consejo de Ministros de fecha 29 de julio de 2011 y da continuidad a los planes de ahorro y eficiencia energética anteriormente aprobados por el Gobierno español en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4), aprobada en noviembre de 2003.

En el plan se prevén medidas específicas para promover la cogeneración, tecnología fundamental en las instalaciones de climatización urbana, como una de las vías de ahorro de energía.

11.1.3. BORRADOR DE UNA NUEVA DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (JUNIO 2011)

En la UE se está trabajando para la elaboración de una nueva Directiva que permita actualizar el marco legal de eficiencia energética con una Directiva que asuma el objetivo general de ahorrar un 20% antes del 2020 y que refuerce las directivas de cogeneración (2004/8/EC) y servicios energéticos (2006/32/EC).

En el marco de esta directiva se identifica:

- Las instalaciones de cogeneración y climatización urbana como instalaciones de alto potencial de ahorro, así como la

necesidad de establecer los medios para incluir productores medianos y pequeños.

- La obligación de recuperar el calor residual (cogeneración) generado por plantas eléctricas e industriales.
- La promoción del mercado de servicios energéticos; las ESE se consolidan como medio básico para conseguir ahorro.

11.1.4. REAL DECRETO - LEY 1/2012 POR EL QUE SE PROCEDE A LA SUSPENSIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE PREASIGNACIÓN DE RETRIBUCIÓN EN LAS NUEVAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN RÉGIMEN ESPECIAL

Por este decreto se procede a la suspensión del procedimiento de preasignación de retribución y la supresión de los incentivos económicos a las nuevas instalaciones de producción de energía en régimen especial, por lo que puede afectar a las instalaciones de climatización de distrito, especialmente a las que utilizan cogeneración, bien con gas natural o bien a partir de biogás generado en instalaciones de residuos.

Este Real Decreto abre un periodo de incertidumbre en el sector de la cogeneración, especialmente en su promoción y desarrollo. A pesar de ello, el artículo 3.3 permite ser optimistas, ya que es posible que se desarrolle un marco regulatorio específico para el sector, entendiéndose que la cogeneración es una tecnología clave para conseguir los objetivos de eficiencia energética y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se ha marcado la Unión Europea.

11.2. NORMATIVA COMUNITARIA Y ESTATAL

| ÁMBITO TEMÁTICO | NORMA | ÁMBITO TERRITORIAL | COMO AFECTA |
|--|--|--------------------|---|
| Instalaciones térmicas en edificios | Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre, por el cual se modifica el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios | Estatal | Aplica a instalaciones térmicas fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente (para uso térmico e higiénico de las personas) en edificios de nueva construcción y en edificios construidos en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección. El titular de la instalación térmica debe: - Disponer de registro del certificado de instalación (si la instalación es superior a 5 kw de potencia nominal térmica). - Poner en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal de las instalaciones térmicas. - Realizar las operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 (art. 26) directamente o a través de empresa mantenedora. - Realizar las inspecciones obligatorias y conservar su correspondiente documentación (según IT4). - Conservar la documentación de todas las actualizaciones e incorporarla en el Libro del Edificio. |
| Edificación y eficiencia energética | Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, por el cual se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (Código Técnico de la Edificación) | Estatal | El objeto del presente Real Decreto es determinar la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con el que se inicia el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios de nueva construcción o que se modifiquen, reformen o rehabiliten, así como establecer las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados y aprobar un distintivo común en todo el territorio nacional denominado etiqueta de eficiencia energética. Establece los requisitos básicos de los edificios y define las obligaciones de los agentes que intervienen en el proceso de la edificación, y establece las responsabilidades y las garantías de protección a los usuarios. El Código Técnico de la Edificación (CTE) establece y desarrolla las Exigencias Básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, y que permiten demostrar que se satisfacen los Requisitos Básicos de la edificación (Ley 38/1999). |
| Baja tensión | Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para la Baja Tensión y las instrucciones técnicas complementarias | Estatal | El Reglamento tiene como objeto establecer las condiciones técnicas y las garantías que deben cumplir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro de baja tensión. Establece las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, tales como disponer del certificado de instalación o la realización de inspecciones periódicas en según las características de la instalación. |
| Legionelosis | Real Decreto 865/2003 de 4 de julio por el cual se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis | Estatal | Se debe realizar un mantenimiento según establece el Real Decreto, y llevar un registro de éste, así como llevar a cabo las medidas preventivas definidas para reducir el riesgo de proliferación de legionela. |

| ÁMBITO TEMÁTICO | NORMA | ÁMBITO TERRITORIAL | COMO AFECTA |
|------------------------------------|---|--------------------|--|
| Instalaciones frigoríficas | Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el cual se aprueba el reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias. | Estatal | Deroga diferentes disposiciones entre las cuales figura el Real Decreto 3099/1977 3099/1977, de 8 de septiembre, por el cual se aprueba el reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas (disposición derogatoria). |
| Equipos a presión | Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el cual se aprueba el reglamento de equipos de presión i instrucciones técnicas complementaria | Estatal | Aprueba el Reglamento de equipos de presión y las siguientes instrucciones técnicas complementarias: - ITC EP-1 sobre calderas - ITC EP-2 sobre centrales generadoras de energía eléctrica. - ITC EP-3 sobre refineras y plantas petroquímicas - ITC EP-4 sobre depósitos criogénicos. - ITC EP-5 sobre botellas de equipos respiratorias autónomas. - ITC EP-6 sobre recipientes transportables |
| Protección contra incendios | Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el cual se aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios | Estatal | Es objeto de este reglamento establecer y definir las condiciones que tienen que cumplir los equipos y sistemas así como su instalación y mantenimiento utilizados en la protección contra incendios. |
| Cogeneración | Real decreto 1/2012, de 27 de enero, por el cual se procede a la suspensión del procedimiento de preasignación de retribución y la supresión de los incentivos económicos para las nuevas instalaciones de producción de energía a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables i residuos. Real Decreto 616/2007, de 11 de mayo, sobre fomento de la cogeneración | Estatal | Constituye objeto del real decreto (art. 1): a) La supresión de incentivos económicos para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial y para aquellas de régimen ordinario de tecnologías asimilables a les incluidas en el citado régimen especial que es detallen en el artículo 2.1. b) La suspensión del procedimiento de preasignación de retribución para el otorgamiento del régimen económico primado. El objeto del Real Decreto es el fomento de la cogeneración de alta eficiencia de calor y electricidad basado en la demanda de calor útil y en el ahorro de energía primaria, incrementando la eficiencia energética y mejorando la seguridad del abastecimiento, en conformidad con la directiva 2004/8/CE |
| Atmosfera | Real Decreto de 301/2011, de 4 de marzo, sobre medidas de mitigación equivalentes a la participación e régimen de comercio de derechos de emisión a efectos de la exclusión de instalaciones de pequeño tamaño. Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el cual se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminantes de l'atmosfera i se establecen disposiciones básicas para su aplicación. | Estatal | Dispone las condiciones de la documentación justificativa a presentar por los titulares que realicen la solicitud de exclusión del régimen de comercio de emisiones a efectos de pequeño tamaño. Se consideran pequeños emisores, a los efectos de esta disposición adicional cuarta, las instalaciones que hayan notificado a la autoridad competente emisiones inferiores a 25.000 toneladas equivalentes de dióxido de carbono, en los términos previstos en la ley, y que, cuando realicen actividades de combustión, tengan una potencia térmica nominal inferior a 35 MW. Tiene por objeto la actualización del catálogo de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera, contenido en el anexo IV de la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, así como establecer determinadas disposiciones básicas para aplicar y unos mínimos criterios comunes en relación con las medidas para el control de las emisiones que puedan adoptar las comunidades autónomas para las actividades incluidas en este catálogo (art. 1). |

| ÁMBITO TEMÁTICO | NORMA | ÁMBITO TERRITORIAL | COMO AFECTA |
|-----------------|---|--------------------|--|
| Atmosfera | Ley 13/2010, de 5 de julio, por la que se modifica la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión e incluir la aviación en el mismo. | Estatal | Modifica la Ley 1 / 2005, de 9 de marzo, por la cual se regula el régimen de comercio de derechos de emisiones de gases de efecto invernadero, para perfeccionar y ampliar el régimen general de comercio de derechos de emisión Entre otros modiccia el contenido del anexo. |
| | Reglamento 1005/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 septiembre 2009 sobre las substancias que agotan la capa de ozono. | Comunitario | Establece la prohibición del uso de ciertas substancias (anexo I) y restringe el uso de hidroclorofluorcarburos en equipos de refrigeración hasta diciembre de 2014 siempre y cuando estos sean regenerados. |
| | Real Decreto, 1217/1997, de 18 de julio, sobre incineración de residuos peligrosos y de modificación del Real Decreto 1088/1992, de 11 de septiembre, relativo a las instalaciones de incineración de residuos municipales | Estatal | Establece las condiciones de funcionamiento y los valores límite de emisión a los que se deben ajustar las instalaciones de incineración de residuos peligrosos con la finalidad de impedir o reducir al máximo los efectos nocivos sobre el medio ambiente y los riesgos para la salud humana derivados de la incineración. Modifica el Real Decreto 1088/199 referente a la limitación de emisiones de las incineradoras |

11.3. NORMAS DE REFERENCIA

| ÁMBITO | USUARIOS |
|---|---|
| Legionelosis | UNE 100030: 2005 IN Guía para la prevención, control de la proliferación y diseminación de la legionelosis en las instalaciones |
| Salas de máquinas | UNE 123001: 2009 Cálculo, diseño e instalación de chimeneas. |
| | UNE -EN 13779:2008 Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. |
| | UNE 60601: 2006 Salas de máquinas y equipos autónomos de generación de calor o frío para cogeneración, que utilizan combustibles gaseosos |
| | UNE 100020: 2005 Climatización. Sala de máquinas |
| | UNE 100155: 2004 Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión. |
| | UNE 100156: 2004 IN Climatización. Dilatadores. Criterios de diseño. |
| | Directiva 1997/23/EC, sobre equipos de presión |
| | Directiva 2004/22/EC sobre instrumentos de medida |
| | Directiva 2006/42/EC sobre maquinaria |
| | Edificación y eficiencia energética |
| Directriu 2010/31/CE eficiencia energética de edificios | |
| Directiva 2005/32/EC sobre eco-diseño | |
| Cogeneración | Directiva 2004/8/EC sobre Cogeneración |
| Atmosfera | Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos |
| | Directiva 2001/80/CE relativa a las emisiones de grandes instalaciones de combustión |
| Materiales | EN 253 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Pipe assembly of steel service pipe, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene |
| | EN 448 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Fitting assemblies of steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene |
| | EN 488 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks - Steel valve assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene |
| | EN 489 Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks. Joint assembly for steel service pipes, polyurethane thermal insulation and outer casing of polyethylene |
| Sistemas de calefacción / Eficiencia energética | UNE-EN 15316 Sistemas de calefacción en los edificios. |
| | prEN 15603 Eficiencia energética en los edificios. Energía media utilizada y definición de los sistemas energéticos |
| | prEN 15315 Sistemas de calefacción en los edificios. Rendimiento energético de los edificios. Necesidades energéticas globales, energía primaria y emisiones de CO ₂ . |
| | prEN 15203 Eficiencia energética en la edificación. Evaluación de la energía utilizada y definición de los índices de eficiencia. |

12. BIBLIOGRAFIA

ADHAC

"Refrigeración urbana. La respuesta sostenible a la creciente demanda europea de refrigeración", 2011.

ADHAC

"¿Calefacción sin calentamiento global? Preguntas frecuentes sobre red de calefacción y frío por distritos", 2011.

Aiguasol & Cofely

"Guía Integral de Desenvolupament de Projectes de Xarxes de Districte de Calor i Fred". Publicacions ICAEN, Barcelona 2010.

Aiguasol, ICAEN-ADHAC

"Guía básica de redes de distrito de calor y de frío", 2011.

Aiguasol, Sistemes Avancats d'Energia Solar Termica

"Informe Estado del Arte de la Edificación. Proyecto DUCH". Barcelona, 2010.

Aiguasol

"Estudio de Optimización Urbanística del barrio de Antondegi". Barcelona, 2010.

Aiguasol

"Estudi de viabilitat per a la instal·lació d'una xarxa de districte al barri de Can Jofresa, Terrassa". Barcelona, 2010.

Centre Tècnic Forestal De Catalunya, MMAMRM. Masias

sostenibles: aprovechamientos energéticos forestales, 2011.

Climespace – GDF Suez

"Reseau urbain de froid". [www.climespace.fr].

Districlima. Cofely GDF Suez

"Redes Urbanas de Calor y Frío"

[www.redesurbanascaloryfrío.com].

Districlima

"Guía Técnica del Cliente. Acometidas, Subestaciones y Circuitos Interiores en Redes Urbanas de Calor y Frío". Barcelona, 2009.

Districlima

"Estado del mercado del DHC en España", 2011.

GE Energy – Jenbacher

"Gas engines , power generation" [www.gepower.com].

IDAE

Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020.

2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética de España, 2011

IDAE

Informe anual de consumos energéticos. 3ª Edición. Diciembre, 2011.

Institut Cerda de l'Energia

"Producción combinada de frío, calor y electricidad. Prospección del estado del arte". Barcelona, 2000.

Juan Puertas, Fidel Valle et al

"Generación Eléctrica Distribuida. Manual de diseño." Gas Natural & Universidad de Zaragoza, 2005.

Verdera Font, Joana

"Anàlisi de Viabilitat Energètica i Econòmica d'un District Heating and Cooling per cogeneració en un barri de nova construcció".

Proyecto Master Ingeniería en energía UB-UPC, 2010.

Solair Project. Intelligent Energy Europe

"Requisitos de diseño y configuración en aplicaciones de aire acondicionado solar de tamaño pequeño y mediano", 2009.

Logstor

"Distributing Energy Efficiency". [www.logstor.com].

Juan A. de Isabel, Mario Garcia y Carlos Egido

"Guía de auditorías energéticas en edificios de oficinas en la Comunidad de Madrid." Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2009

Victor Cloquell, Miguel Angel Artacho y Vicente Cloquell

"Mejora de la eficiencia energética de un complejo deportivo a través de la gestión de sus consumos eléctricos.". Universidad Politécnica de Valencia, 2008.

Bloomquist, Nimmons et Rafferty

"District Heating Development", 1987.

"General and local conditions for transformation process in district heating sector and country by country comparison of problems and solutions", EU. Interreg III. 2007

Franck Benassis et Michel Raoult

"Réseaux Urbains De Chaleur Et De Froid", 2006.

Claudio Rochas, Ekodoma

"The case for district heating: 1000 cities can't be wrong! A guide for policy and decision makers" (sin fecha de publicación disponible).

Carlos J. Renedo Estébanez

"Sistemas a Escala Urbana: District Heating y District Cooling". 2009

Douglas Farr

"Sustainable urbanism. Urban design with nature", 2008.

Réseaux de chaleur et outils de l'urbanisme. CETE de l'Ouest.

Ministère de l'Écologie du Développement durable, des Transports et du logement. République Française. 2011

13. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

13.1. INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PAGINA XX

Componentes de una red de distrito. Fuente Dalkia

FIGURA 2 - PAGINA XX

Subcentral de almacenamiento. Complejo CEDER (Soria)

FIGURA 3 - PAGINA XX

Baterías de acumulación de hielo (Districlima)

FIGURA 4 - PAGINA XX

Sección de una tubería de distribución

FIGURA 5 - PAGINA XX

Diseños de subestaciones (Fuente SWEP)

PAGINA XX - FIGURA 6

Esquema de monitorización de DH Forum (Genelek)

FIGURA 7 - PAGINA XX

Sistema de cogeneración. Fuente: Ente Vasco de la Energía

FIGURA 8 - PAGINA XX

Distribución de consumos sector edificación. Fuente: IDAE

FIGURA 9 - PAGINA XX

Reducción de emisiones CO₂ sector doméstico

FIGURA 10 - PAGINA XX

Reducción de emisiones CO₂ sector servicios

FIGURA 11 - PAGINA XX

Evolución de costes de combustible para calefacción en Alemania. Fuente original: Source AGFW; Heat demand 160 kW, 288 MWh annual consumption; Source fuel costs: Domestic fuel oil - Federal Statistical Office; Fachserie 17/2, Natural Gas - Wibera (natural gas price comparison list) District heating - Wibera (weighted district heating costs). A través de Euro Heat and Power.

FIGURA 12 - PAGINA XX

Fuente: Source Statistic Austria; basada en cálculos realizados por la Agencia Austriaca de la Energía

FIGURA 13 - PAGINA XX

Precios de venta de diferentes fuentes de energía térmica

FIGURA 14 - PAGINA XX

Precio de astilla en función de la demanda. Con costes de infraestructura

FIGURA 15 - PAGINA XX

Escenario 1. Precio del kwh térmico en función de la demanda

FIGURA 16 - PAGINA XX

Escenario 1. Precio del kwh térmico en función de la demanda

FIGURA 17 - PAGINA XX

Red urbana de calor y frío de Barcelona, en las zonas Forum y 22@.

FIGURA 18 - PAGINA XX

Esquema de la central de producción de Cuellar. Fuente: IDAE

FIGURA 19 - PAGINA XX

Red de distribución Tub Verd de Mataró

13.2. ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - PAGINA XX

Factor PRF de diferentes fuentes de energía. Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system

TABLA 2 - PAGINA XX

Factor PRF en distintos sistemas de calefacción. Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system

TABLA 3 - PAGINA XX

Factor PRF en distintos sistemas de refrigeración Fuente: EcoheatCool WP3. Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling system

TABLA 4 - PAGINA XX

Factores de emisión de CO₂ en punto de consumo . Fuente: IDAE/ MITyC Factores de conversión Energía Final- Energía Primaria y Factores de emisión de CO₂ – 2010. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_\(2010\)_931cce1e.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Factores_de_Conversion_Energia_y_CO2_(2010)_931cce1e.pdf)

TABLA 5 - PAGINA XX

Reducción de emisiones por DHC Sector doméstico.

TABLA 6 - PAGINA XX

Reducción de emisiones por DHC Sector servicios.

TABLA 7 - PAGINA XX

Emisiones ahorradas por uso de biomasa. Instalación rural. Fuente: IDAE. Manual de energías renovables. Energía de la biomasa.

TABLA 8 - PAGINA XX

Emisiones ahorradas por uso de biomasa. Instalación urbana. Fuente: IDAE. Manual de energías renovables. Energía de la biomasa.

TABLA 9 - PAGINA 77

Censo de instalaciones de climatización de distrito. Fuente ADHAC



Las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la elaboración, maquetación y producción del Informe sobre la Climatización Urbana en las Ciudades Españolas, han sido compensadas a través de la compra de créditos de carbono en proyectos de reducción de emisiones mediante la marca e)mission.
www.e-missionneutral.com



FEDERACION ESPAÑOLA DE
MUNICIPIOS Y PROVINCIAS



**Red Española de
Ciudades por el Clima**

COLABORA:



Federación Española de Municipios y Provincias
Red Española de Ciudades por el Clima

red.clima@femp.es
www.redciudadesclima.es
www.magrama.gob.es

C. Nuncio 8, Madrid
T +34 91 364 37 00
F +34 91 365 54 82