



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Sistemas de redes energéticas centralizadas para
una mayor sostenibilidad ambiental urbana y
arquitectónica:

Una propuesta para Balsas de Ebro Viejo

Autor/es

Raúl Jariod Nalvaiz

Director/es

Cristina Cabello Matud
Andrés Fernández-Ges Marcuello

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2015

Sistemas de redes energéticas centralizadas para una mayor sostenibilidad ambiental urbana y arquitectónica:

Una propuesta para Balsas de Ebro Viejo

El agotamiento de los recursos fósiles y el efecto invernadero han despertado iniciativas del movimiento internacional que resaltan los valores y principios de la sostenibilidad, marcando el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero un 50% para el año 2050. Las directivas europeas avanzan un horizonte en el que los edificios tengan un balance energético casi nulo, para el que el uso de energías renovables se presenta como necesario.

Dentro de los diferentes sistemas de eficiencia energética, en los países nórdicos la tecnología de District Heating surgió como respuesta a estas iniciativas. Este sistema consiste en una red energética centralizada a escala urbana donde se genera calor y se distribuye a través de una red de tuberías a los usuarios. Esta solución permite implementar energías renovables a gran escala en la generación de energía ahorrando toneladas de gases emitidos a la atmósfera.

Zaragoza, a través de la Agenda 21, se ha sumado a esta nueva conciencia sostenible. En las últimas actuaciones y desarrollos urbanos se han introducido cuestiones de tecnología bioclimática, sobretodo en cuestión de eficiencia energética, reducción de combustibles fósiles y mejora de la calidad del aire.

El objetivo de este trabajo es estudiar esta tecnología y comprobar si es posible su implementación en Zaragoza, realizando un primer análisis a diferentes niveles, tanto a escala internacional y nacional, como local, así como sus ventajas e inconvenientes. Dado que Zaragoza también ha aceptado su compromiso bioclimático, se han analizado las últimas actuaciones realizadas en la ciudad, obteniendo unas primeras conclusiones de la implementación o no de esta tecnología.

Al existir ya un proyecto básico de propuesta de red centralizada en el sector de Balsas de Ebro Viejo en Zaragoza, realizado por Zaragoza Vivienda, se analizan sus características para realizar una propuesta más completa y ambiciosa. El estudio obtiene unas conclusiones finales sobre su viabilidad.

0 INDICE

| | |
|---|----|
| PRÓLOGO | 3 |
| METODOLOGÍA..... | 4 |
| AGRADECIMIENTOS..... | 4 |
| EL SISTEMA DE RED ENERGÉTICA CENTRALIZADA..... | 5 |
| VENTAJAS E INCONVENIENTES..... | 7 |
| REFERENTES INTERNACIONALES | 9 |
| SITUACIÓN NACIONAL..... | 11 |
| COMPROMISO DE ZARAGOZA “PENSAR GLOBALMENTE, ACTUAR LOCALMENTE” | 13 |
| ACTUACIONES URBANAS ANALIZADAS EN ZARAGOZA HACIA LA SOSTENIBILIDAD | 16 |
| PARQUE GOYA..... | 17 |
| VALDESPARTERA..... | 19 |
| BARRIO DEL AVE (MILLA DIGITAL)..... | 21 |
| EXPOZARAGOZA 2008..... | 23 |
| BALSAS DE EBRO VIEJO | 25 |
| PROPUESTA DE DISTRITO EN BALSAS DE EBRO VIEJO..... | 27 |
| PROCESO DE CÁLCULO | 28 |
| RESULTADOS DE POTENCIA | 29 |
| ESTUDIO CONSUMO | 30 |
| ESTUDIO COSTES..... | 31 |
| ESTUDIO AMBIENTAL Y EMISIÓN DE GASES | 32 |

| | |
|---|----|
| CONCLUSIONES | 33 |
| Importancia del apoyo de la Administración..... | 33 |
| Mentalidad y conocimiento | 34 |
| Susceptibilidad al contexto..... | 34 |
| Isla de calor | 35 |
| Arquitectura | 36 |
| Tecnología sostenible..... | 36 |
| BIBLIOGRAFÍA | 37 |
| TABLA DE FIGURAS MEMORIA | 39 |
| ANEXOS | 41 |
| ANEXO DE ENERGÍAS RENOVABLES..... | 42 |
| GEOTERMIA | 43 |
| BIOMASA | 45 |
| SOLAR TÉRMICA..... | 47 |
| EÓLICA | 49 |
| COMBUSTIBLE GRATUITO | 51 |
| ANEXO VALDESPARTERA | 53 |
| ANEXO MILLA DIGITAL | 59 |
| ANEXO EXPOZARAGOZA 2008 | 63 |
| ANEXO BALSAS DE EBRO VIEJO..... | 69 |
| ANEXO CÁLCULO | 79 |
| TABLA DE FIGURAS ANEXOS..... | 99 |

1 PRÓLOGO

Con actuaciones globales como la Cumbre de la Tierra¹ en Río de Janeiro en 1992 o La Carta de la Tierra² en el año 2000, observamos una iniciativa del movimiento internacional donde se presenta una articulación comprensiva e integral de los valores y principios relacionados con la sostenibilidad. La agenda 21³ nació en la Cumbre de la Tierra en un contexto de preocupación ambiental derivado del alto consumo de recursos no renovables que no podía mantenerse, poniendo en peligro la salud del planeta.

Por otro lado, es necesario estabilizar la concentración de gases invernadero para que la temperatura media anual no pase de 2°C la temperatura de la era preindustrial y que los ecosistemas se puedan adaptar naturalmente al cambio climático, marcando un objetivo en 2050 de reducir la emisión de gases de efecto invernadero un 50%. Las directivas europeas señalan a un horizonte de consumo casi nulo en los edificios en un futuro próximo, ganando importancia el uso de energías renovables como la única posibilidad de alcanzarlo.

Desde que en el año 2000 Zaragoza ratificó su adhesión a la Carta de Aalborg y la Declaración de Hannover⁴, los poderes públicos y estructuras ciudadanas han trabajado juntos para conseguir una ciudad más sostenible. Los aspectos que la ciudad se ha centrado en mejorar consisten en reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la calidad del aire reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero hacia ese objetivo marcado para el año 2050. En esta línea surge la rehabilitación energética y la promoción de energías renovables a escala urbana, más allá que el edificio individual o el barrio, donde puede ser viable una alternativa de calefacción urbana con la incorporación de energías renovables como las estudiadas en los anexos.

Se elige como tema principal del trabajo el estudio de una planta de generación de energía urbana, como elemento sostenible de unión entre la ciudad, la industria y el objeto arquitectónico, con suficiente potencia como para generar una serie de posibilidades desde su propio emplazamiento urbano hasta el objeto final y que, mediante el proceso constructivo y la introducción de las energías renovables, frente a los recursos limitados, puede colaborar con el desarrollo económico y ambiental del sector urbano o la ciudad entera.

En este trabajo se va a estudiar la posibilidad de elaborar un sistema de red energética centralizada con una planta de trigeneración (frente al district heating empleado en países situados más al norte) en el sector urbano zaragozano de Balsas de Ebro Viejo, con vistas a una construcción sostenible y a la rehabilitación urbana frente a la expansión sufrida estos últimos años en la ciudad. Para ello, se va a introducir en la definición de la generación centralizada de energía a nivel urbano con sus posibles ventajas y analizar referentes a escala internacional y nacional, así como estudios sobre redes de distrito en la propia ciudad de Zaragoza para esclarecer las posibles causas para la viabilidad de un proyecto similar.

Al existir ya un proyecto básico de red centralizada para este sector de Zaragoza realizado por Zaragoza Vivienda, se pueden analizar también las características de dicho proyecto para realizar un proyecto más ambicioso y obtener unas conclusiones finales.

¹ www.un.org

² www.earthcharterinaction.org

³ Ayto. Zaragoza. "Trabajando para una ciudad sostenible en el siglo XXI", Agenda 21, 2011

⁴ Ayto. Zaragoza. "Trabajando para una ciudad sostenible en el siglo XXI", Agenda 21, 2011

Se realiza una primera fase de análisis como parte introductoria del trabajo, donde se explican las redes centralizadas y su situación mediante referentes a escala internacional y nacional.

Se continúa el análisis con varias actuaciones sostenibles desarrolladas en Zaragoza en los últimos años analizando los estudios (en caso de haberlos) de District Heating, y realizando una serie de entrevistas a personas pertenecientes a las empresas que han intervenido en dichas actuaciones.

La segunda parte del trabajo es el cálculo de la viabilidad de una red centralizada en el sector urbano de Balsas de Ebro Viejo, que se ayudará de un estudio de energías renovables para obtener unos datos básicos de rendimiento y eficiencia. Al existir un proyecto básico de red centralizada para este sector que se presentó en mayo de 2015, se analizarán las características de dicho proyecto para realizar un proyecto más ambicioso. Este cálculo de viabilidad seguirá las pautas del estudio de un DH para Valdespartera.

Para la ayuda con el cálculo se utiliza un programa llamado URSOS. Este programa calcula las demandas de los edificios mediante sus características constructivas y térmicas, su orientación, sus pérdidas por renovación, por sombras y por ventilación.

Tras realizar el cálculo de demandas, costes y emisiones del proyecto de DHC propuesto, se obtienen unas conclusiones finales para esclarecer las características que hacen viable una solución con este sistema.

En primer lugar deseo expresar mi agradecimiento a los que han sido los directores de este trabajo de fin de grado, Cristina Cabello y Andrés Fernández-Ges, que con su dedicación, tiempo y aportaciones han conseguido que este trabajo se haya desarrollado hasta la última conclusión y con la rigurosidad que se merece.

Dar las gracias también a aquellas personas que han aceptado recibirme en sus horas laborales para tratar los temas que aquí se narran: Joaquín Bernad, Octavio Cabello, David Munarriz, Ignacio Cortazar, Juan Rubio, José Francisco Bandrés, Ángel Martínez López, que dando su opinión personal y aportando la documentación y experiencia necesaria, han permitido obtener un análisis más completo y unas conclusiones más acertadas.

Por último agradecer a aquellas personas que han contribuido directa o indirectamente a que yo me pudiera centrar en este trabajo en la recta final de entregas de este curso que aquí termina.

4 EL SISTEMA DE RED ENERGÉTICA CENTRALIZADA

Un sistema de red energética centralizada es un método de generación de energía a nivel urbano. En el norte de Europa es más conocido como district heating, que se puede resumir en una gran caldera que genera calor para un barrio o sector urbano de una ciudad a través de una red de tuberías previamente conectada, de la misma manera que ocurre con otros servicios como el gas o el agua. La cantidad de usuarios conectados puede ser mayor o menor según el tamaño de la planta inicial. Frente a las calderas convencionales individuales resulta ser una opción mucho más eficiente.

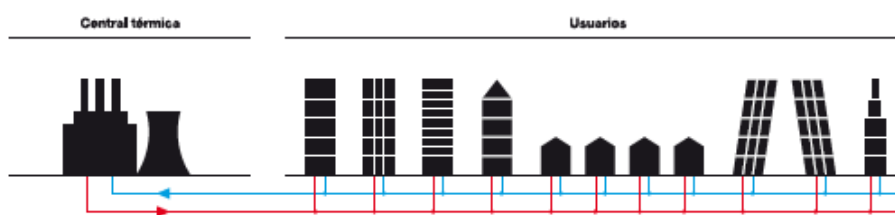


Fig. 1 Esquema de climatización urbana - Fuente: Climatización urbana en ciudades españolas

Los districts heating son más comunes en países con unos inviernos más rigurosos por la mayor necesidad de calefacción, pero la combinación de producción de calor y frío permite que sean más rentables en países como el nuestro.

El proceso de funcionamiento básico se resume en la generación de agua caliente en una planta de producción de calor (District heating), que se distribuye a través de tuberías debidamente aisladas térmicamente hacia los edificios correspondientes, donde es necesario la existencia de una subestación de intercambio que separa hidráulicamente la red de distribución y la interior, en la que a través de un intercambiador se transfiere el calor al edificio. Una vez realizado el intercambio, el mismo agua de distribución que ya ha perdido una parte del calor, es transportada de vuelta a la planta de generación de calor para volver a empezar el proceso.

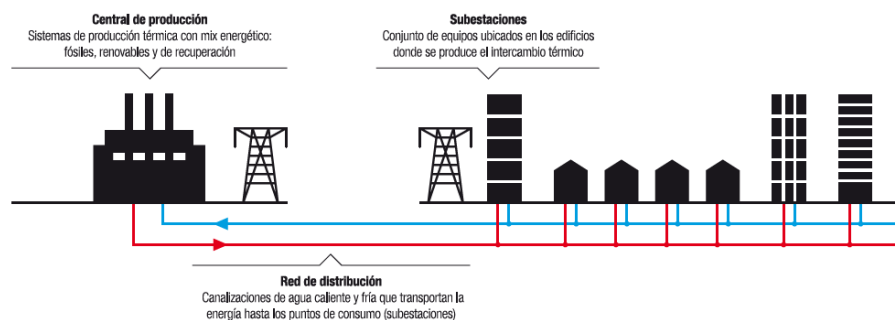


Fig. 2 Componentes de una red de distrito - Fuente: Climatización urbana en ciudades españolas

La central de generación es el núcleo de la red donde se genera toda la energía térmica que se distribuye posteriormente a los usuarios. En su interior se ubican tanto los elementos generadores de energía como los principales grupos de bombeo.

La generación térmica base se suele realizar mediante energías renovables, mientras que para la generación de pico suelen utilizarse energías convencionales como el gas natural. Por tanto, según el sistema de generación, podremos encontrar diferentes elementos generadores: Calderas de gas (principalmente calderas de condensación por sus rendimientos superiores al 100%) o calderas de biomasa, captadores solares, máquinas de cogeneración (tales como turbinas de gas, de biogás o de vapor, motores alternativos o máquinas de trigeneración con sistemas de absorción), máquinas enfriadoras eléctricas o térmicas y sistemas de acumulación tanto de calor como de frío.

La red de distribución es la red de tuberías aisladas que transportan la energía térmica generalmente mediante agua en estado líquido o vapor entre la central y los distintos usuarios finales. A la hora de diseñar la red es muy importante elegir el material y aislamiento adecuado, así como conocer si se trata de una distribución enterrada o aérea.

Una función realmente interesante de la red de distribución es que también puede capturar y redistribuir todo el exceso de calor generado por estaciones de generación eléctrica, industria y las redes de transporte público, que de otra forma se desperdiciaría. Esta función es esencial y puede marcar una gran diferencia a la hora de estudiar la viabilidad de un sistema de calefacción urbana.

Es necesario un sistema de bombeo que se encargue de impulsar el transporte de energía a través de la red de distribución. Existen varios tipos: bombeo primario/secundario que consiste en la colocación de bombas en el secundario de los circuitos, bombeo distribuido en el que se utilizan bombas en cada subestación para que cada una de ellas funcione independientemente y el bombeo centralizado, más sencillo y barato, que consiste en un único conjunto de bombas para todo el sistema, aunque también dificulta la regulación y la ampliación de la red.

Finalmente se sitúan las subestaciones que son el componente de la red más cercano al usuario, donde se adecua tanto la presión como la temperatura de la red a las condiciones de consumo. Pueden ser directas o indirectas. En las estaciones directas el fluido de la propia red de distribución circula hasta los elementos emisores dentro del edificio, mientras que en las indirectas se realiza un intercambio de calor a través de un intercambiador que separa ambas redes.

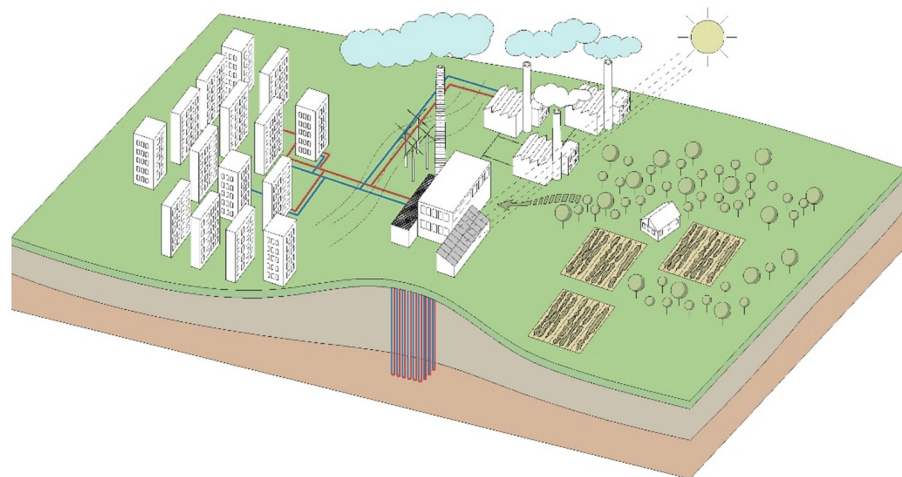


Fig. 3 Generación térmica urbana - Elaboración propia

4.1 VENTAJAS E INCONVENIENTES

Este sistema tiene numerosas virtudes tanto para las personas y entidades involucradas como para el medioambiente.

Significa una mejora operativa, ya que es una solución más flexible en la que la energía térmica pasa a ser una utilidad más dentro del edificio, que al igual que el gas o el agua se introduce directamente al edificio a través de una tubería. Se consigue una liberación de espacio para el usuario final, que evita maquinaria de generación en espacios interiores. Ofrece una mayor fiabilidad de funcionamiento, donde todo puede ser monitorizado dentro del circuito de modo que cualquier incidencia queda registrada, además de que su mantenimiento es más fácil, porque no es necesario realizar un mantenimiento tan exhaustivo en cada usuario, sino que se reduce al mantenimiento de la central. Por último, el sistema de conexión con el edificio es más sencillo que realizar un sistema de generación convencional.

Para el medio ambiente, implica la disminución de gases efecto invernadero puesto que el rendimiento es mayor, debido a que los equipos son mucho mayores a los equipos convencionales y por tanto más eficientes. Además se pueden conseguir necesidades inferiores de combustible gracias al mayor rendimiento a posibles soluciones alternativas, como la posibilidad de refrigerar los equipos mediante agua de río. Para el edificio final supone una reducción de contaminación acústica y disminución de vibraciones para el usuario puesto que la maquinaria en el edificio se reduce, y la eliminación de posibles impactos visuales y riesgos sanitarios, eliminando las torres de refrigeración y descartando cualquier riesgo de legionela.

También genera ventajas económicas para el promotor, permitiendo un mejor aprovechamiento del espacio, flexibilidad diseño, menores costes de inversión y explotación. Mientras que para el usuario se disminuyen los costes de gas y electricidad debido a que al tener una eficiencia mayor se reduce el consumo de combustible, y al tratarse de una única central de consumo para una gran área se puede obtener precios más competitivos de las empresas que lo proporcionan.

Como parte negativa directa para el desarrollo de este tipo de proyectos, cabe destacar la enorme inversión inicial que hay que realizar por parte de las entidades involucradas en su desarrollo, lo que conlleva un retorno económico a largo plazo y por tanto a unos riesgos que muchas entidades no están dispuestas a afrontar.

Por otro lado, existe un importante inconveniente indirecto en un proyecto de red energética centralizada debido a su alta susceptibilidad al contexto en el que se desarrolla. Tanto el contexto climático, como el económico y social pueden derivar en el fracaso de un proyecto centralizado. El clima del emplazamiento genera unas necesidades energéticas diferentes en cuanto a calor y frío para cada proyecto, por lo que es necesario un estudio previo de las condiciones climáticas del lugar para prever las futuras necesidades de los usuarios de la red. El contexto económico puede influir en la predisposición al riesgo de inversión que supone la red centralizada y, en el caso de nuevos desarrollos, puede significar un retraso del proceso de desarrollo del área urbana a aclimatar, de manera que el consumo, el rendimiento y la eficiencia de la central de producción se vea drásticamente reducido, y por tanto su rentabilidad. También hay que tener en cuenta el contexto social en el que se encuentran los usuarios de la red, ya que bien por cuestiones de desconocimiento de la tecnología empleada como una posible mentalidad más individualista, se pueden mostrar recelosos de conectarse a la red, de nuevo influyendo negativamente en la eficiencia y rentabilidad del proyecto.

5 REFERENTES INTERNACIONALES



Los sistemas de calefacción urbana se han ido extendiendo por todo el mundo a lo largo de los años. Uno de los más conocidos es el New York City Steam System, un sistema de calefacción urbana que empezó a dar servicio en el año 1882 y que consiste en distribuir vapor de agua bajo las calles de Manhattan desde las plantas centrales hasta los edificios para generar calor, frío o energía. De esta forma, se consigue aumentar la eficiencia del uso de combustibles, reducir la emisión de gases contaminantes y, por tanto, reducir la huella de carbono de la ciudad.

Según el estudio Ecoheat4EU⁵, en 2008 el calor residual que no se aprovechaba en Europa ya suponía un valor superior a 500000 millones de euros. Además, la necesidad de calefacción y refrigeración corresponden a más del 50% de la demanda de energía útil final en la Unión Europea, por lo que es esencial estudiar sistemas más eficientes de generación de distribución de calor y frío para climatización. Para entender la evolución del district heating en Europa se puede explicar el caso de Dinamarca.

Dinamarca es un país que dependía del petróleo como medio para generar su energía. Con la crisis del petróleo en el invierno de 1973 el precio del barril se cuadruplicó⁶, causando graves problemas energéticos a todo el país, desde los ciudadanos en sus casas hasta las grandes industrias que sufrían cortes de luz. Se decidió entonces que la mejor energía es la que no se usa, se subió el precio de la electricidad y se establecieron multas económicas a las empresas por consumo excesivo. Además, se empezó a investigar en energías renovables, eficiencia energéticas y “district heating” con el fin de mejorar su seguridad energética y evitar otro suceso similar. Cuarenta años después de la crisis del petróleo de 1973, las redes de district heating en Dinamarca ya suplían energéticamente el 63% de los hogares daneses⁷.

Se ha creado toda una red de tuberías debajo de sus ciudades que recogen todo el calor desperdiciado proveniente de distintos usos urbanos como las industrias de manera que se incorpora también al proceso de generación térmica junto con la energía proveniente de las distintas energías renovables para producir calor de forma muy eficiente y barata.

En Dinamarca estos últimos años se está experimentando un rápido crecimiento del sistema energético conectando grandes plantas termosolares combinadas con districts heatings y plantas de cogeneración. Se espera que su sistema se convierta en 100% renovable en el año 2060 incluyendo una reducción del 75% de la demanda de calefacción⁸.

⁵ M. PÉREZ DE LEMA. “Desarrollo de los District heating en España”, *energética XXI*, 2012

⁶ F. WHITEHEAD. “Lessons from Denmark: how district heating could improve energy security”, *The Guardian*, 2014

⁷ F. WHITEHEAD. “Lessons from Denmark: how district heating could improve energy security”, *The Guardian*, 2014

⁸ H. LUND, B. MÖLLER, B.V. MATHIESEN, A.DYRELUND. “The role of district heating in future renewable energy systems”, *Energy*, 2010

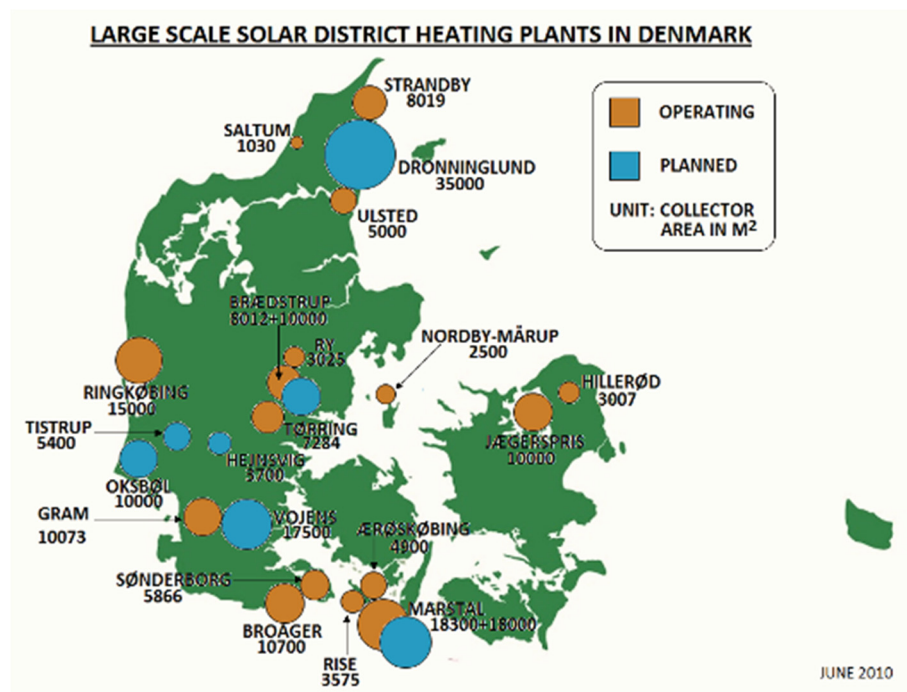


Fig. 4 Centrales de distrito solares a gran escala en Dinamarca - Fuente: Denmark faces a significant Upswing of Large-Scale Solar District Heating Plants

Ahora, el actual contexto económico mundial, el posible agotamiento de los recursos fósiles en un futuro no muy cercano y la cada vez mayor preocupación por el cambio climático puede aportar un nuevo impulso a estas tecnologías. Inglaterra es uno de los países que ha seguido el ejemplo del caso de Dinamarca. Al igual que Dinamarca, Gran Bretaña también sufrió las crisis de petróleo de 1973 y 1979 pero descubrieron reservas de petróleo y gas en el Mar del Norte, por lo que al contrario que Dinamarca, han seguido desarrollando su red de gas que ahora se ha empezado a agotar. El gobierno británico está ahora investigando en district heating y aumentando los hogares que se conectan a la red de district heating. Como dijo Tim Rotheray, el director de la asociación de cogeneración: "(...) Han comenzado a darse cuenta de que esto es algo que ha estado trabajando bien por Europa durante décadas."

6 SITUACIÓN NACIONAL



Como ya se ha visto, la viabilidad de un sistema de red energética centralizada depende en gran medida de las características de su contexto. En España las demandas de calor son inferiores debido al clima además de que no existe una fuerte conciencia medioambiental, por lo que el desarrollo de estos sistemas de generación urbana ha quedado en segundo plano.

Pese a esto, frente a las 46 redes de distrito censadas en España en 2012 por la ADHAC (Asociación de Empresas de Redes de Calor y Frío), encontramos un total de 202 redes en septiembre de 2014, lo que revela un crecimiento de más del 400% en dos años, teniendo en cuenta que la denominación de redes de distrito por la ADHAC en el censo es bastante generalizada. Sólo estas redes ya equivalen a 87000 viviendas, más de 300 Km de redes, un ahorro de 150000 Tn de CO₂ al año y un ahorro de 50% en consumo de combustibles fósiles⁹.

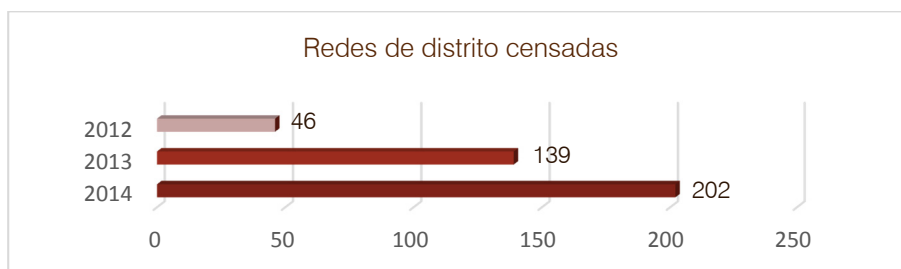


Fig. 5 Evolución de las redes de distrito censadas en España – Elaboración propia

La distribución en estas redes por el territorio nacional es bastante desigual, siendo Cataluña, Madrid, Navarra, Castilla León y País Vasco las comunidades con más desarrollo de redes. Aragón sin ser una de las comunidades con menos desarrollo, tampoco destaca por sus valores.

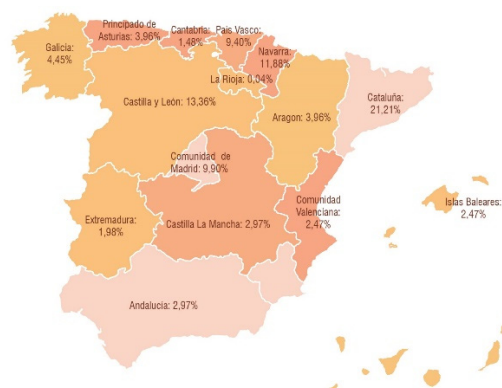


Fig. 6 Distribución de las redes de distrito en España - Elaboración propia

⁹ ADHAC. "Presentación Censo septiembre 2014", 2014

En cuanto al tipo de energía generado, destacan en número las redes de calor (suponiendo un 86%), mientras que en potencia instalada destacan los 688,89 MW en redes de calor y frío simultáneamente (62% del total). En términos absolutos, a pesar de que en nuestro país las necesidades de calor son inferiores a otros países europeos, la potencia instalada en redes de distrito mayoritariamente tiene una finalidad de suministro de calor. Exactamente en la comunidad de Aragón, la potencia instalada se distribuye en 19,84 MW de calor y 11,20 MW de frío¹⁰.

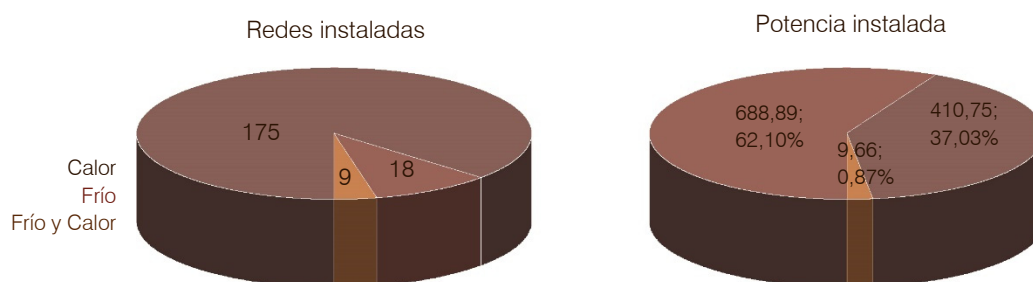


Fig. 7 Redes y potencias instaladas según el tipo de energía suministrada - Elaboración propia

En el mayor número de redes (173 redes), la energía consumida proviene de energías renovables, aunque la mayor potencia instalada se obtiene a través del gas natural (48,71%), seguida por las energías renovables (29,68%) y la electricidad (19,63%).

Las diferentes Administraciones Públicas y más especialmente los Gobiernos Locales, son muy importantes en la promoción y desarrollo de estas tecnologías, ya que además de que la planificación y ordenación de las redes de suministro energético del territorio depende de ellos, son capaces de aportar ayudas económicas y subvenciones que pueden ser esenciales en la decisión a la hora de ejecutar un proyecto de generación de calor a nivel urbano.

En España, hay varios motivos por los que el desarrollo de redes de climatización urbana anterior a los años 90 es muy escaso. Tanto en las Administraciones Públicas como en la ciudadanía hay un nivel de desconocimiento sobre estas tecnologías suficiente como para no sugerir un proyecto a escala urbana, los promotores se muestran recelosos puesto que es necesario realizar una gran inversión inicial con un retorno económico que se obtiene a largo plazo. Este retorno, dependiendo de la carga final, aún puede ser mayor. Además, las condiciones fiscales y la ausencia de una reglamentación comprometida hacen que no se promuevan la implantación de estas redes como es debido.

Para que un proyecto de sistema centralizado se lleve a cabo, es necesario que beneficie a todas las partes implicadas, tanto los promotores como los consumidores, y que ofrezca ventajas tanto económicas como ambientales, necesitando tecnologías de alta eficiencia y la utilización de una energía renovable.

¹⁰ ADHAC. "Presentación Censo septiembre 2014", 2014

7 COMPROMISO DE ZARAGOZA “PENSAR GLOBALMENTE, ACTUAR LOCALMENTE”



La ciudad apuesta por mejorar la eficiencia energética y aumentar el uso de energías renovables. El objetivo energético 2010-2020 del Ayuntamiento de Zaragoza consiste en reducir un 24% el consumo a la vez que se aumenta en un 35% el uso de energías renovables, lo que conllevaría una reducción del 24% de emisiones de CO₂. Para el año 2020 se prevé que la energía renovable instalada en Zaragoza produzca el 109,98% del consumo eléctrico¹¹.



Para lograr este objetivo, se plantea una estrategia que consiste en conservar la concepción de una ciudad compacta y multifuncional manteniendo criterios de rehabilitación y descentralización de servicios para reducir la necesidad de movilidad, potenciar la movilidad sostenible a través del uso de la bicicleta y vehículos eléctricos, y aprovechar las condiciones climatológicas de viento y de sol predominantes en la ciudad.



Fig. 8 Plano de Zaragoza y sus cinturones - Elaboración propia

Los criterios de sostenibilidad llevados a cabo por el ayuntamiento en la rehabilitación y construcción pública de vivienda, han obtenido un consumo energético de 20-25 kWh/m³ en nuevas construcciones como en el barrio de Valdespartera, frente a los 50-60 de viviendas rehabilitadas, los 80-110 de viviendas convencionales y los 200 en viviendas antiguas¹². En cuanto a los edificios municipales, se están realizando auditorías energéticas y aplicando la Estrategia de Mantenimiento Integral y de Eficiencia Energética para llevar a cabo actuaciones sostenibles como la implantación de paneles fotovoltaicos para el agua caliente sanitaria.

¹¹ AYTO. ZARAGOZA. “Rendimiento energético”, Premio Capital Verde Europea 2016, 2013

¹² AYTO. ZARAGOZA. “Rendimiento energético”, Premio Capital Verde Europea 2016, 2013.

A pesar de los desarrollos urbanos a lo largo del último siglo, Zaragoza es una ciudad con vocación compacta. El Plan Integral del Casco Histórico 2005-2012 (PICH) es un documento estratégico que pretende la recuperación funcional de áreas degradadas del casco histórico frente a los nuevos como las últimas grandes intervenciones de Valdespartera y Arcosur, ya que un desarrollo expansivo de la ciudad es contrario a los criterios de sostenibilidad puesto que ataca a la naturaleza y conlleva mayor necesidad de transporte.

A través de un análisis de la ciudad realizado entre 1994 y 1996 se evalúan los puntos fuertes y débiles de la ciudad para buscar un objetivo general hacia el que irán dirigidas todas las actuaciones futuras. En 1998 se aprobó el Plan Estratégico de Zaragoza y su Área de Influencia con el objetivo "Zaragoza, metrópoli abierta, atractiva, puente internacional, puente hacia Hispanoamérica, foco de comunicaciones del nordeste español, que desarrolla solidariamente y difunde sus recursos peculiares con criterios de calidad total".

Puesto que la Agenda 21 local nació en 1992 en un contexto ambiental, se dio mayor importancia a aquellos objetivos en cuestión de sostenibilidad, como el desarrollo de tecnologías limpias o mejorar la calidad de aire. Junto a los objetivos se fijaron una serie de acciones e indicadores que permitiesen evaluarlas, como la contribución al cambio climático, el consumo de energía y fuentes renovables o la huella ecológica.

En 2009 se aprobó la Estrategia contra el Cambio Climático y la Mejora de la Calidad del Aire en Zaragoza (ECAZ), que planteaba disminuir en un 30% la emisión de CO₂ por habitante a finales del año 2015. Para evaluar la calidad del aire se han desarrollado instrumentos como el programa de predicción PRECOZ y la Red de Control de la Contaminación Atmosférica con los cuales podemos obtener datos de varios elementos contaminantes en la atmosfera y poder predecir sus niveles con una antelación de 24 horas. A través de estas herramientas de medición, se han obtenido una serie de patrones en la ciudad en los últimos años. Pese al descenso general, cabe destacar la importancia del sector industrial en la emisión de contaminantes (sobre todo sector papelerero y de alimentación) y el sector de movilidad como el mayor determinante en la emisión de CO. Por otro lado, si se analiza la emisión de CO₂ por habitante, los valores más altos corresponden a los barrios rurales oeste debido a su consumo mayoritario de gasóleo y combustibles sólidos.



Fig. 9 Mapa estratégico para el cambio climático y la calidad del aire - Fuente: Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire

En cuanto al uso de energías renovables, Zaragoza ha incentivado el uso de la energía solar y eólica por las altas horas de insolación y la habitual presencia de viento, teniendo el objetivo de llegar a este año 2015 a una producción de 850 MW de energía eólica y fotovoltaica¹³, de los que 140 pertenecerán al término municipal. También dispone de una estación de producción y suministro de hidrógeno para abastecer a los primeros vehículos adaptados.

En la industria, además de ciertos acuerdos voluntarios de grandes empresas como SAICA para reducir las emisiones de contaminantes, hay que destacar la importancia del uso de sistemas de cogeneración en estas grandes empresas, siendo Zaragoza una de las ciudades con mayor potencia instalada bajo estos sistemas. La ciudad posee grandes centros de logística como PLAZA y el Parque Tecnológico de Reciclado (PTR), que son una referencia en actividad industrial, económica y comercial donde se podría analizar la posibilidad de adoptar el sistema de cogeneración.

Como resumen de las intenciones de la ciudad de Zaragoza hacia una ciudad sostenible, encontramos la necesidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles cambiando las viejas calderas de carbón y gasóleo, mejorar la calidad de aire reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero como el CO₂, y mantener un modelo de ciudad compacta impulsando la rehabilitación para disminuir la necesidad de movilidad a la vez que se propone una alternativa de movilidad sostenible. A pesar de que el clima del conjunto de la ciudad no favorece la implantación de sistemas de distrito (DHC) por sus condiciones climatológicas cambiantes, es una vía por la que se sigue investigando.

¹³ AYTO. ZARAGOZA. "Trabajando para una ciudad sostenible en el siglo XXI", Agenda 21, 2011.

En los últimos años Zaragoza ha vivido unos desarrollos a escala urbana que han podido ser el momento y lugar idóneos para introducir estos nuevos conceptos sostenibles y afianzar así su papel como ciudad verde europea. Como punto final de análisis y base para el estudio de un sistema de red energética centralizada en Zaragoza, es necesario conocer las últimas actuaciones en la ciudad y sus aspectos más relevantes, esclareciendo tanto los logros como los errores, para potenciarlos o corregirlos en futuras actuaciones.

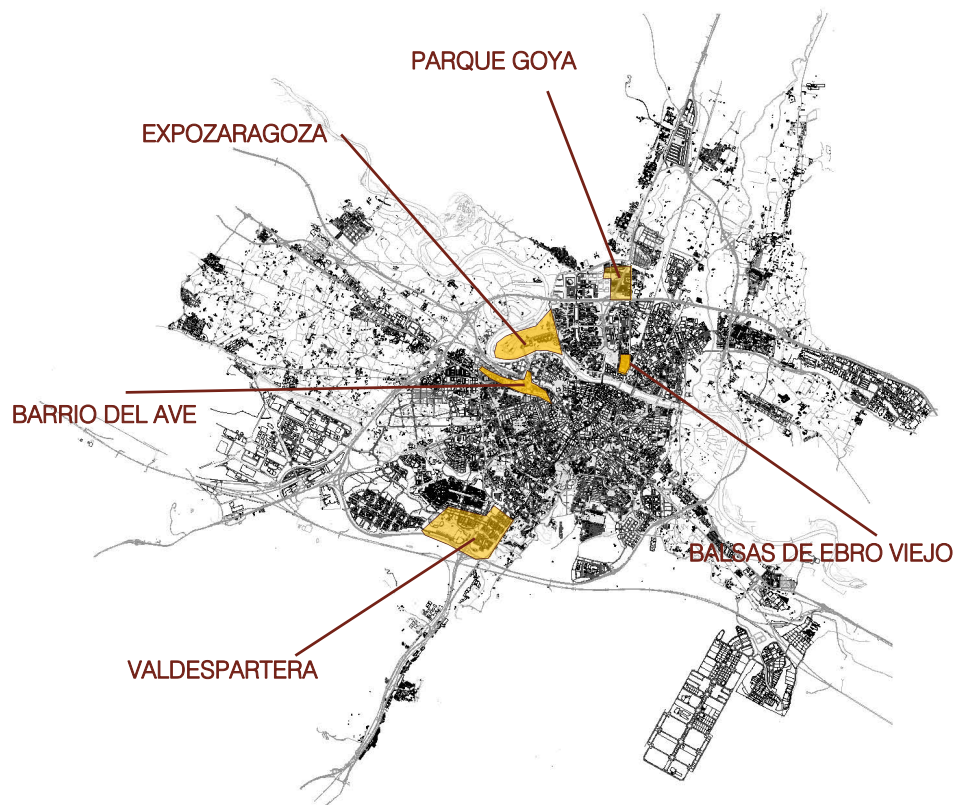


Fig. 10 Actuaciones urbanas analizadas en Zaragoza - Elaboración propia

8.1 PARQUE GOYA



Parque Goya es un barrio de Zaragoza situado al noreste de la ciudad, donde en un área de aproximadamente 54 hectáreas se sitúan un total de 3000 viviendas, una gran parte dedicadas a vivienda de protección oficial.

Este proyecto se desarrolló en los años 90 mediante un equipo interdisciplinar formado por el sociólogo Mario Gaviria y el grupo Energía y Edificación de la Universidad de Zaragoza, buscando tanto un barrio con componentes sociológicos para crear un espacio urbano confortable, como un carácter energético que se tradujera en menores costes de mantenimiento energético.

Para ello es necesario tener conciencia del diseño de la trama urbana y la mejora climática de los edificios, a través de mejores condiciones de aislamiento, el uso de energías renovables y reducción de necesidades de consumo. En el momento de la planificación no se estudia la posibilidad de calefacción de distrito por considerarse una tecnología costosa o de dudoso beneficio.

La trama urbana se organiza de modo que se potencie la orientación sur para las estancias principales, utilizando bloques lineales o de manzanas con patio interior. En el Plan Parcial se estipula la normativa en cuanto a disposición de parcelas, anchuras de calle, alturas, etc.

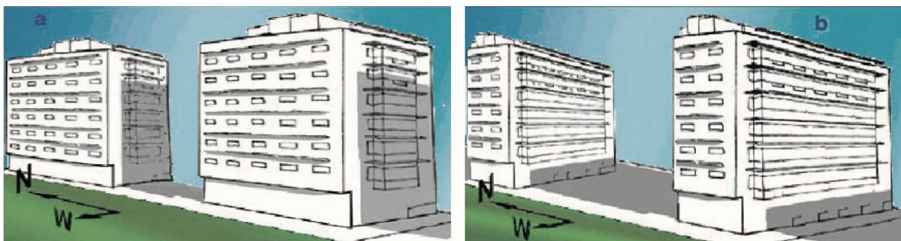


Fig. 11 Posibilidades de distribución de la trama urbana según la sombra proyectada - Fuente: La experiencia en Parque Goya

En el concurso para la asignación de parcelas se añaden una serie de condiciones, así como medidas de carácter obligatorio sobre cuestiones como el aislamiento, la cubierta o las carpinterías. Todo esto ha permitido un abanico de distintas soluciones válidas en diseño bioclimático.

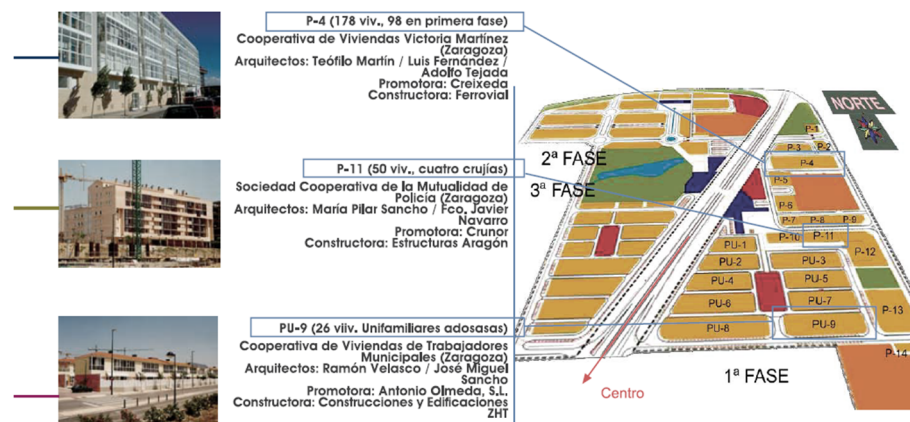


Fig. 12 Distintas soluciones formales - Fuente: La experiencia en Parque Goya

Algunos recursos utilizados a escala urbana en el proyecto de Parque Goya han sido la creación de láminas de agua y un lago artificial de recogida de agua de riego, un circuito paralelo para agua de riego, colores claros que reduzcan la captación solar y la plantación de un gran número de árboles. En cuanto a escala de parcela, se han definido niveles de aislamiento por encima de lo exigido, un acristalamiento superior al 50% en las fachadas sur y un mínimo en las norte.



Fig. 13 Abertura de huecos en fachada norte frente a fachada sur - Fuente: La Experiencia en Parque Goya

Pese a haberse descartado la opción de red de distrito ya desde el planeamiento por considerarse una solución costosa, se puede observar un interés por introducir la condición de escala urbana en el diseño bioclimático, que puede maximizar el potencial de la arquitectura bioclimática. Los resultados obtenidos a través de programas de monitorización y análisis como THERMIE y METEO reflejan una disminución notable en el consumo de las viviendas, logrando en los mejores casos un consumo de 20 kWh/m²año que equivale a una reducción por encima del 70% respecto de las viviendas convencionales¹⁴.

¹⁴ J.A. TURÉGANO, M.A. HERNÁNDEZ, GRUPO DE ENERGÍA Y EDIFICACIÓN, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, M. ENRICH. "La experiencia en Parque Goya", 2003.

8.2 VALDESPARTERA



Se trata de una actuación a gran escala de promoción de vivienda protegida y por lo tanto a coste accesible. Un barrio que va dirigido a personas de diferentes sectores sociales dotándole de un carácter integrador. Se plantea una serie de equipamientos tanto lúdicos, como deportivos y culturales, y se intenta reducir la dependencia de recursos no renovables promoviendo el uso de energías alternativas. El terreno dedicado supone una suma de unas 243 hectáreas de suelo, de las cuales se dedicarán 60 hectáreas a sistema general, 40 a equipamientos e infraestructuras y 51 para uso residencial.



Fig. 14 Plano del Plan Parcial de Valdespartera - Fuente: SERS

La disposición de los edificios está pensada para favorecer la captación solar, dejando la distancia necesaria entre bloques para eliminar zonas de sombras en las viviendas inferiores. La orientación de los bloques busca originar una barrera eficiente frente al fuerte viento de la ciudad. Y los materiales de éstos están diseñados para disminuir al mínimo la huella ecológica obteniendo resultados de consumo un 60% inferiores en calefacción y agua caliente sanitaria¹⁵.



Fig. 15 Vista del espacio urbano - Fuente: <http://www.casabioclimatica.com>

¹⁵ AYTO. ZARAGOZA. "Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire", Agenda 21, 2011.

Es un barrio excesivamente extenso, que pese a estar dotado de medios de transporte eficiente, como la bici o sendas peatonales, plantea un problema de movilidad bastante grave, tanto por las grandes distancias, como por la fuerte presencia del automóvil. Además, la zona sur-este del área urbana era una zona de yeso, un terreno muy difícil para su urbanización, en el que hubo que mover tierras excavando hasta 30 metros.



Fig. 16 Fotografía aérea Valdespartera - Fuente: SERS

La recogida de basura es neumática y funcional. Es una actuación que según el estudio de amortizará a los 20 años de uso, frente a los 50€ aproximadamente por persona que cuesta un sistema convencional, supone un gasto de 30€ por persona más otros 30 de inversión inicial. Lo que caracteriza el sistema implantado en el barrio de Valdespartera es que los elementos terminales se encuentran en el interior de los edificios, evitando problemas de mantenimiento y limpieza ya que cada ciudadano lo asume como responsabilidad personal.

La red de distribución de agua potable se dispuso de forma que por cada 2000 viviendas aproximadamente se creaba un anillo en la red. Al final de cola se pusieron unos sensores que permiten purgar la red cuando sea necesario.

Quizás el telemando es una de las mejores acciones realizadas en el barrio de Valdespartera, en el edificio denominado Centro de Urbanismo Sostenible (CUS) se pueden observar los diferentes datos de consumo así como el buen funcionamiento de los diferentes sistemas implantados. Además el CUS se ha convertido en un equipamiento para el barrio, donde se posibilita la investigación, el aprendizaje y el intercambio de experiencias. Es un lugar abierto a los ciudadanos donde se reúnen científicos y empresas que buscan innovar en el desarrollo sostenible.



Fig. 17 Estación de Telemando - Fuente: Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire

Valdespartera se presentaba como la segunda versión de Parque Goya en la que introducir nuevas mejoras sostenibles, convirtiéndolo en la situación ideal para desarrollar una central de generación térmica centralizada. Se realiza un primer borrador de estudio de viabilidad del sistema en el que se compara la solución a escala urbana frente a soluciones de manzana e individuales y en el que se refleja que la central de barrio ofrece mejoras frente al resto (ver anexo de Valdespartera).

8.3 BARRIO DEL AVE (MILLA DIGITAL)



Tras la llegada del tren de alta velocidad a Zaragoza, se realizan una serie de transformaciones urbanas en los entornos de la antigua estación de “El Portillo” y de la nueva estación de “Delicias” que dan la oportunidad de desarrollar el proyecto urbanístico-tecnológico innovador que será Milla Digital. Inicialmente el Plan General de 2001 lo clasifica como área de convenio, que se materializa en varias modificaciones de Plan General aprobadas en los años 2005 y 2006.



Fig. 18 Folleto actuación Milla Digital - Fuente: Zaragoza Alta Velocidad

Se trata de crear una Ciudad de la Innovación y el Conocimiento en esos nuevos espacios de desarrollo urbanístico. En esta área se espera que convivan tanto las viviendas como las empresas y los equipamientos, bajo una búsqueda del conocimiento, un urbanismo de calidad e infraestructuras avanzadas de telecomunicaciones.

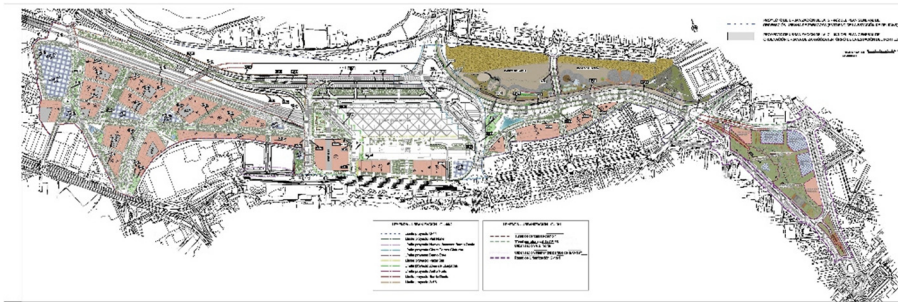


Fig. 19 Plano de Urbanización Barrio del Ave - Fuente: Zaragoza Alta Velocidad

Desde este punto de vista, hay que destacar el Centro de Innovación Empresarial, un proyecto que pretende fomentar el conocimiento e innovación de las energías renovables. Se ha concebido de forma que el balance neto de sus emisiones sea cercano a cero. Esto se logra a través de un consumo total de energías renovables solar, eólica y geotérmica, además de un diseño constructivo que permite aprovechar al máximo los efectos de climatización del edificio.

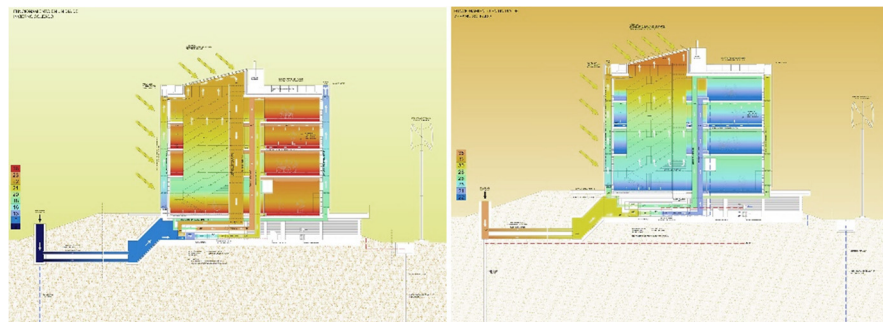


Fig. 20 Esquemas de funcionamiento climático en invierno y verano (CIEM) - Fuente: Zeroaplus

Para este sector también se realiza un estudio preliminar de viabilidad tecno-económica de calefacción y climatización centralizadas para el entorno de Estación Intermodal Delicias en Zaragoza.

El 11 de abril se presenta el estudio preliminar. En este estudio se obtiene que el proyecto de red centralizada podría ser viable siempre que se contase con un apoyo de la Administración que lo hiciera atractivo a la inversión privada. Para hacer viable el proyecto, se necesitaba una conexión con la red Expo, que excedía los límites de ZAV, haciendo aún más necesaria la colaboración del ayuntamiento en el proyecto. Además, para ZAV, es necesario que la rentabilidad supere el coste de financiación, ya que se financia con préstamos. Tras estudiar el impulso de la administración en otros casos de otras ciudades, se concluye en que el proyecto no resulta suficientemente atractivo para ser asumido en su totalidad por inversión privada. Mientras que ZAV asumiría la inversión en su concesión, el ayuntamiento asumiría la conexión con la red Expo.

Al mismo tiempo que se obtiene que el proyecto podría ser viable económicamente para todas las partes, se establecen ciertas variables que pondrían en peligro esta conclusión: la posibilidad de conexión real con la red Expo, la ubicación de la nueva central y un nivel de contratación estimado 66% ya que una disminución del 10% pondría en peligro la viabilidad¹⁶. Como alternativa se presenta la posible extensión de la concesión Expo, asumiendo el ámbito de ZAV.

Se propone, al igual que en el caso de la Expo, una red de distribución de frío y calor a 4 tubos en el entorno de la Estación Intermodal Delicias que esté conectada a la Red Expo 2008, para utilizar las reservas de ésta como apoyo, y en una etapa inicial dependencia total hasta la construcción de la nueva estación en el área de Milla Digital en 2011.

Finalmente se opta por no desarrollar el sistema de barrio por falta de apoyo de la Administración, obligando a las otras partes realizar una inversión muy grande y que, como se verá en el caso de Expo Zaragoza, suponía un riesgo elevado.

¹⁶ ELYO IBÉRICA. "ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD TECNO-ECONÓMICA PARA UN PROYECTO DE DHC PARA EL ENTORNO DE LA ESTACIÓN INTERMODAL LAS DELICIAS EN ZARAGOZA", 2007.

8.4 EXPOZARAGOZA 2008



ExpoAgua Zaragoza 2008 fue un evento cultural dedicado al agua y al desarrollo sostenible, un ambiente ideal para el desarrollo de un sistema de climatización centralizada, que finalmente se implanta, siendo así la principal actuación de DHC en Zaragoza. También se plantea incorporar la tecnología de la cogeneración, para obtener así una central altamente eficiente de trigeneración, es decir, calor, frío y electricidad, con la capacidad de generar entre 6 y 7 MW de potencia eléctrica¹⁷. Con estas ideas se hacen las propuestas a compañías mediante la convocatoria de un concurso público.

Esta planta de trigeneración deberá satisfacer las demandas no sólo en la fase que dure la exposición universal, sino posteriormente cuando la exposición haya terminado y albergue otros usos.

Durante la fase Expo debe climatizar 180363 m² con unas potencias de 25,2 MW calor y 31,7 MW de frío. Entre los diferentes usos encontramos los pabellones de España, Aragón, Puente, Acuario, Torre del Agua, Palacio de Congresos, pabellones de los países participantes y Comunidades Autónomas, Pabellones corporativos, Restaurantes, dos hoteles, centro lúdico termal, comisaría de policía y oficinas Expo.



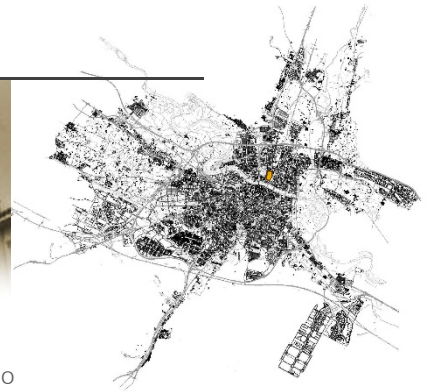
Fig. 21 Plano ExpoZaragoza y Parque del agua - Fuente: Batlle i Roig

En la fase Post-Expo, aproximadamente a finales 2012 la superficie a climatizar aumenta a 252147 m² con potencias de 35,2 MW de calor y 36,5 MW de frío.

Económicamente, el proyecto se presenta como positivo para todas las partes implicadas. Para el usuario conlleva un ahorro anual del 5,8%, para el concesionario con un TIR a 35 años significa una ganancia del 17,43%, mientras que para la administración supone el retorno de la inversión a los 35 años (Ver estudio económico en el anexo de ExpoZaragoza).

¹⁷ E. RUIZ DE TEMIÑO. "LA REDACCION DEL PROYECTO, EJECUCION, FINANCIACION, MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA TERMICA PARA CALEFACCION, AGUA CALIENTE SANITARIA Y REFRIGERACION EN EL AMBITO DE LA EXPOSICION INTERNACIONAL DE ZARAGOZA 2008", 2006.

8.5 BALSAS DE EBRO VIEJO



Balsas de Ebro Viejo es un sector de aproximadamente 1500 viviendas dentro del barrio del Picarral en Zaragoza. Se trata de una zona muy accesible y que está muy bien dotada respecto a zonas verdes y servicios, alojando todo tipo de equipamientos públicos, tales como un colegio, una residencia de ancianos, un mercado o una parroquia. La contribución municipal ha sido muy escasa por lo que es necesario tomar medidas de actualización y rehabilitación del barrio.



Fig. 23 Vista de Balsas de Ebro Viejo - Fuente: Google Earth

Uno de los principales objetivos de la sociedad municipal Zaragoza Vivienda es la rehabilitación urbana y edificatoria, entre la que se incluye la mejora del rendimiento energético y por ello ha creado unas ayudas (escasas por falta de dinero) a aquellas rehabilitaciones en cuestiones de eficiencia energéticas. Para poder optar a estas ayudas hacen falta una serie de justificaciones en cuestión de materiales empleados, transporte y eficiencia energética.

En general, el ahorro de energía en Zaragoza siempre ha estado ligado al edificio de la vivienda. Poco a poco desde Zaragoza Vivienda se están proponiendo proyectos de rehabilitación a una escala mayor al edificio individual, como es el proyecto de Balsas de Ebro Viejo.

Se trata de un plan de rehabilitación urbana que busca fomentar la rehabilitación energética y la accesibilidad, como el problema de mayor importancia para las propias personas del barrio.

El proyecto toma el nombre de B MY CITY, y se presentó al programa europeo Horizonte2020, un programa que se encarga de financiar distintos proyectos de investigación e innovación dentro del contexto europeo. Es un proyecto de smartcity que plantea varias actuaciones de ámbito ciudad, en cuestión de ahorro de energía, transporte sostenible, rehabilitación y promoción del conocimiento sobre las nuevas tecnologías sostenibles.

Una de las propuestas es un District Heating como sistema de generación centralizada de calor con soporte inicial para cuatro torres de viviendas (176 viviendas) y unos bloques longitudinales cercanos (90 viviendas), asumiendo un total de 266 viviendas. Aunque su extensión es bastante limitada, la red tiene vocación a ser ampliada en un futuro a posibles edificios circundantes, como el colegio, un centro de día y un supermercado.



Fig. 24 Plano área de intervención B MY CITY - Elaboración propia

Se trata de una actuación mínima necesaria para hacerla rentable, y que ha sido aceptada por los usuarios, los cuales reciben subvenciones por conectarse a la red.

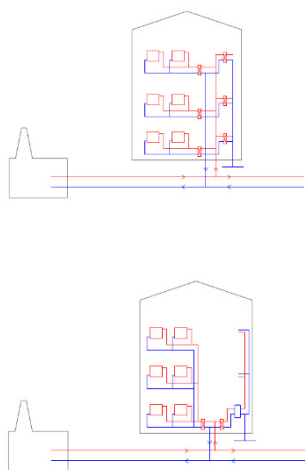


Fig. 25 Esquemas de principio de conexión - Elaboración propia

La fuente energética base, necesariamente renovable, es la biomasa, aunque se plantea que las calderas de gas existentes en las torres de edificios funcionen de subestaciones como soporte a la red. La solución que se prevé para la generación de energía consta de dos calderas de 750 kW de biomasa y una caldera de 500 kW de gas¹⁹. La red de distribución se realiza mediante tuberías preaisladas subterráneas en forma de anillo.

La rentabilidad del proyecto reside en que se trata de una actuación cuya inversión económica se recupera en un corto periodo de tiempo (entre 5 y 10 años aproximadamente, antes de estudio). Dicha inversión se valora en 4870 €/vivienda en el caso de las torres y 6184 €/vivienda para los bloques²⁰, ya que estos no disponen de espacio común para realizar el intercambio de energía y la instalación individual es más costosa. La existencia en el barrio de una cooperativa que asuma la gestión de la actuación es favorable a que se haya asumido una operación de District Heating.

¹⁹ Entrevista Giroa

²⁰ Entrevista Giroa

9 PROPUESTA DE DISTRITO EN BALSAS DE EBRO VIEJO

Como propuesta de este trabajo se estudia una actuación de red energética centralizada más ambiciosa, que plantea una central de trigeneración que genere calor, frío y electricidad para reducir en la medida de lo posible la emisión de CO₂ a la atmósfera hacia el objetivo 2050. La novedad radica en idear un sistema que aproveche a su vez el calor residual de las industrias situadas en el área de Balsas además de incorporar distintas alternativas de energía renovable, potenciando aún más su carácter de minimizar la emisión de gases.

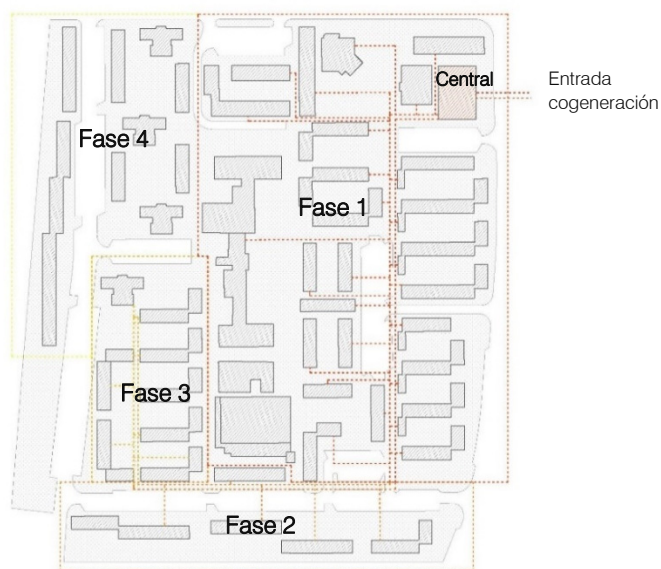


Fig. 26 Plano de Fases de ejecución - Elaboración propia

Para minimizar riesgos, se plantea una ejecución a cuatro fases del proyecto.

La primera fase consistiría en la construcción de la central térmica²¹, y un primer circuito al que se conectaría toda la franja este y central del sector. La central se sitúa en el solar de un antiguo garaje situado al noreste del barrio, es el espacio idóneo puesto que las industrias que aportan energía al sistema mediante la cogeneración se sitúan al noreste del sector.

La segunda fase consistiría en prolongar el anillo de circuito primario por la zona sur de Balsas de Ebro, conectando todos los edificios a ambos márgenes de la calle Peña Oroel.

En la tercera fase se ampliaría la red a la zona oeste, situada al sur de la intervención de Zaragoza Vivienda, conectando los últimos bloques del corazón del sector urbano.

Como última fase se plantearía conectar esta red con la red de B MY CITY, haciendo una red única que pudiera acoger a los bloques cercanos al parque del Tío Jorge. Puesto que la red de B MY CITY sólo administra calor, sería necesario expandir la red de frío por esa parcela.

²¹ Consultar esquema de principio en Anexo de Cálculo (pág.85)

PROCESO DE CÁLCULO

Como apoyo a estas ideas, se realiza un estudio a nivel teórico sobre la posible implantación de un sistema de red centralizada en el entorno de Balsas de Ebro Viejo en Zaragoza. Con este estudio se pretende analizar las posibles ventajas de este sistema frente a uno convencional individualizado, en el que se calcularán unas demandas básicas de calefacción, frío y agua caliente necesaria en el ámbito para después comparar costes de consumo, inversión, diferencias de consumo energético y emisión de gases de efecto invernadero.

Según la propuesta de intervención de rehabilitación de Balsas de Ebro Viejo, los diferentes edificios residenciales longitudinales se pueden dividir en tres tipos, EV30A, EV40A, EV31A. Puesto que estos tres tipos engloban los diferentes edificios residenciales de altura baja+4 en los que se albergan 10 viviendas, hay que añadir al estudio dos tipos más, el primero son las torres residenciales de baja+11 y un bloque lineal de baja+11.

Estos edificios residenciales se introducen en un programa informático denominado URSOS y desarrollado por la empresa GEEZAR. Introduciendo las características constructivas y térmicas de los edificios, como las transmitancias y huecos (ver anexo Balsas de Ebro Viejo), y analizando las sombras a lo largo del año recibidas, así como la ventilación de las viviendas, calcula el consumo energético de frío y calor de cada uno de los edificios para cada mes del año en un valor en función de la superficie a climatizar, así como una media anual y una media de la urbanización.



- | | | | |
|----------|------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. Torre | 4. EV31A | 7. Residencia de ancianos | 10. Centro parroquial |
| 2. EV30A | 5. Bloque lineal | 8. Mercado | 11. Sede sindical |
| 3. EV40A | 6. Colegio | 9. Edificio administrativo | 12. Propuesta DHC |

Fig. 27 Volúmenes edificatorios en el sector BEV estudiado - Elaboración propia

Para el resto de edificios no residenciales situados en el ámbito, el proceso de cálculo de las demandas se realizará con las superficies a climatizar de cada edificio al que se le aplica un ratio energético de los ya estudiados en los diferentes anexos.

Puesto que se trata de un estudio teórico, se da por supuesto que todas las viviendas y edificios no residenciales, en caso de obtener resultados positivos, se añadirían al sistema de red centralizada lo más pronto posible.

RESULTADOS DE POTENCIA

Como resultados del cálculo se obtiene que para climatizar un total de 974 viviendas con una superficie total de 71.820 m² y los 14.558 m² de equipamientos públicos, es necesario una potencia de 10,81 MW para calor y 11,06 MW para frío.

Respecto a la demanda de calor de ACS, sin tener en cuenta los equipamientos públicos, se necesita una potencia de 19,32 MW de producción de calor.

Estas potencias obtenidas representan las necesidades energéticas de la instalación individual actual, suponiendo tal y como se incluye en el anexo de cálculo, generación instantánea en las viviendas de los bloques pequeños y con acumulación en torre y bloque lineal.

| | Potencia | | Demanda | | |
|---------------------------|---------------|---------------|------------------|-----------------|-------------|
| | Calor T Kw | Frío T Viv | Demanda Calef | Demanda Frío | Demanda ACS |
| Torre | 513,532 | 9,41 | 368938,08 | 298809 | 76032,00 |
| EV30A Viv | 32,13 | 7,64 | 8566,56 | 5409,36 | 1494,22 |
| EV40A Viv | 31,83 | 9,55 | 7279,92 | 7775,28 | 1494,22 |
| EV31A Viv | 30,75 | 8,78 | 6793,2 | 6467,76 | 1494,22 |
| Bloque lineal alto | 594,199 | 9,57 | 329155,2 | 691764,48 | 312971,76 |
| Equipamientos | 2038,12 | 2146,55 | 1838502,40 | 2272815,00 | |

En el caso del District Heating, las demandas de climatización son las mismas, sin embargo, puesto que se instala un depósito de agua caliente en la central, la demanda y potencia necesarias son menores para ACS, resultando una potencia necesaria de 4 MW de calor.

| Sector | Res Equip | Potencia | | Demanda | | |
|--------|--------------|----------|----------|------------------|-----------------|-------------|
| | | Calor | Frío | Demanda Calef | Demanda Frío | Demanda ACS |
| | | 14812,81 | 11056,75 | 7133162,40 | 7663194,00 | 2546902,756 |
| | | | | 1838502,40 | 2272815,00 | |

ESTUDIO CONSUMO

Para suplir estas demandas con un sistema convencional individual como el que tienen ahora instalado estos edificios, se necesitan calderas individuales de gas en los bloques longitudinales, mientras que en las torres y el otro bloque en altura disponen de una solución centralizada de gas o gasoil. Se entiende que para el resto de edificios no residenciales se dispone un sistema centralizado para cada edificio.

En el caso convencional:

| | | Consumo/Viv | Consumo T/Tipología | Consumo T Sector | |
|--------------------|--------------------|-------------|---------------------|------------------|-----------------------------|
| Individual | EV30A Viv | 21029,10 | 3364655,53 | 20215634,92 | kWh/año sector GAS |
| | EV40A Viv | 18169,90 | 10538540,3 | | |
| | EV31A Viv | 17088,30 | 1879712,677 | | |
| Acumulación | Torre | 15322,66 | 674197,09 | | |
| | Bloque lineal | 12161,50 | 972919,63 | | |
| | Equipamientos | 2785609,697 | | | |
| Frío | Torre | 99603 | 99603 | 3116667,36 | kWh/año sector ELECTRICIDAD |
| | EV30A Viv | 1803,12 | 288499,2 | | |
| | EV40A Viv | 2591,76 | 1503220,8 | | |
| | EV31A Viv | 2155,92 | 237151,2 | | |
| | Bloque lineal alto | 230588,16 | 230588,16 | | |
| | Equipamientos | 757605 | | | |

En el caso DHC:

| | |
|--------------|----------------------------|
| Total | 26237816,51 kWh/año sector |
|--------------|----------------------------|

Apoyos energéticos

| | | |
|---------------------|-----|--------------------|
| Apoyo Solar | 20% | 5247563,30 kWh/año |
| Cogeneración | 30% | 7871344,95 kWh/año |

| | |
|------------------------|---------------------|
| Consumo Biomasa | 13118908,25 kWh/año |
|------------------------|---------------------|

A estas demandas de cálculo obtenidas, se les ha añadido un porcentaje de pérdidas por distribución a través de la red y de los propios sistemas de regulación.

Gracias a los apoyos energéticos de la energía solar térmica y la cogeneración propuestas, y a pesar del peor rendimiento de las máquinas de absorción, se consigue reducir el consumo de energía primaria un 45%.

ESTUDIO COSTES

- Se supone un apoyo económico de la Administración de un 15% de la inversión inicial perteneciente a las viviendas, un coste fácilmente asumible y al que se incluye el coste derivado de la inversión perteneciente a los equipamientos públicos (25%).
- La inversión resultante por tanto queda $0,6 \cdot 14300000 = 8580000$ € que podría asumir la empresa explotadora del sistema.
- SISTEMA CONVENCIONAL
 - o Factura anual para toda la edificación residencial de consumo de gas, electricidad y cuestiones de mantenimiento = 1350700 € anuales (Descontando costes de equipamientos), que dividido entre las 974 viviendas, supone una factura por vivienda de 1400 € anuales.
- SISTEMA DHC
 - o Factura anual residencial biomasa = 556214,34 €
 - o Factura anual residencial mantenimiento 214500 €

La suma de ambas facturas resulta de 770715 € anuales, un total de 790 € por vivienda anuales
- Si comparamos la factura convencional con la factura DHC se observa un ahorro anual de 600 €
- Para conseguir un retorno aproximado a 17 años, se propone una factura anual de 1300 € por vivienda para que la empresa explotadora del sistema obtenga un ingreso anual de 495500 €.
- Si se compara la inversión inicial después de la aportación pública de 8580000 con la cifra de ingresos anuales, el retorno económico se completaría en $8580000/495500 = 17$ años ya que la parte de mantenimiento del sistema ya se había incluido en la factura residencial.

El periodo de retorno económico como se observa en los resultados obtenidos, depende en gran medida de la inversión de la Administración/Subvenciones, de la tecnología empleada y del desarrollo temporal.

ESTUDIO AMBIENTAL Y EMISIÓN DE GASES

Se realiza un balance energético anual que permite calcular el ahorro de energía primaria y por tanto de emisiones, de la solución propuesta frente a una solución convencional individual.

Observando las diferencias de consumo de energía primaria, que engloba no sólo la cantidad de energía necesaria sino también las distintas fuentes de energía primaria, se obtienen resultados muy significativos en emisiones de gases contaminantes.

Para el caso convencional que está instalado actualmente en el barrio, se utilizan combustibles fósiles como el gas o el gasoil como energía primaria, la emisión de gases contaminantes es del 100% de la demanda. Mientras tanto, para la solución central, se utilizan diferentes fuentes de energía renovable como la solar térmica, la biomasa o la cogeneración, disminuyendo la emisión de gases totalmente.

El consumo de combustible para la solución convencional es de 20.215.634,92 kWh/año de GAS y 3.116.667,36 kWh/año de electricidad.

| Energía suministrada (térmica) | Emisiones de CO ₂ , gr CO ₂ /kWh |
|--------------------------------|--|
| Gas natural | 204 |
| Gasóleo C | 287 |
| GLP | 244 |
| Carbón uso doméstico | 247 |
| Biomasa | Neutro |
| Biocarburantes | Neutro |
| Solar térmica baja temperatura | 0 |

| Energía suministrada (eléctrica) | Emisiones de CO ₂ , gr CO ₂ /kWh |
|--|--|
| Electricidad convencional peninsular | 649 |
| Electricidad convencional extra-peninsular (Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla) | 981 |
| Solar Fotovoltaica | 0 |
| Electricidad convencional horas valle nocturnas, para sistemas de acumulación eléctrica peninsular | 517 |
| Electricidad convencional horas valle nocturnas, para sistemas de acumulación eléctrica extra-peninsular | 981 |

Fig. 28 Tablas de emisiones de CO₂ por combustible consumido: Fuente: IDAE. "Guía técnica. Contabilización de consumos", 2007.

Aplicando la emisión de CO₂ respecto al consumo, se obtienen unas emisiones totales de 4123,98 Tn/año por consumo de gas y 2022,72 Tn/año por consumo de electricidad.

Puesto que el DHC se plantea desde el principio a base de energías renovables, se obtiene un ahorro de emisiones de CO₂ de 6150 Tn/año.

10 CONCLUSIONES

Importancia del apoyo de la Administración

En una instalación de red energética centralizada es fundamental la ayuda que se pueda recibir por parte de la Administración, no sólo económicamente sino a nivel de concienciación y promoción del sistema. Frente a otros ejemplos en España de buen funcionamiento de estas soluciones como es el caso del barrio 22@ de Barcelona, en Zaragoza parece ser que los grandes proyectos urbanos con un carácter tecnológico y bioclimático no terminan de funcionar debidamente.

La ciudad está llena de ejemplos de proyectos sostenibles o con intención de serlo que pasan inadvertidos. Es el caso que se ha comentado del CIEM situado en el proyecto de Milla Digital, un edificio cuya función principal es dar a conocer el funcionamiento e integración de los sistemas de energías renovables en un edificio para lograr un horizonte de emisiones cero y autoabastecimiento energético, y que por falta de promoción desde el ayuntamiento ha quedado reducido a un edificio de oficinas de alquiler situado en medio de un terreno sin urbanizar.

En cuanto a lo que redes energéticas se refiere, en Zaragoza se puede considerar que sólo existe la red que se instaló para la Expo Zaragoza 2008. Esta red se decidió llevar a cabo en un ambiente sostenible inspirado por la propia Exposición Universal, y a día de hoy, de nuevo por una falta de promoción por parte del Ayuntamiento para darla a conocer e intentar que las nuevas construcciones de los últimos años se conectaran a ella, se encuentra a un 30% de su capacidad de generación térmica. La tasa interna de retorno estudiada deja de cumplirse, haciendo que esa inversión inicial que se aporta no se recupera en los plazos acordados o no se llega a recuperar, haciendo inviable el proyecto. Tras un proyecto de este tipo fallido en cuanto a su correcto funcionamiento, es difícil que se vuelva a realizar inversiones en futuros proyectos similares.

Frente al mal funcionamiento de la solución central en Zaragoza, se encuentran proyectos como el llevado en el barrio de 22@ de Barcelona, una red que ha sabido gestionar y promover hasta tal punto que se ha ido ampliando, llegando a potencias de casi 70 MW en frío y 50 MW en calor, que se distribuyen a través de una red de más de 10 Km. En el cálculo realizado en este trabajo para Balsas de Ebro Viejo, se ha supuesto una inversión del 15% sobre la repercusión en el coste para las viviendas por parte de la Administración. Este apoyo se puede beneficiar de subvenciones por parte de la Comunidad Europea, al implementar reducciones de emisiones de CO₂ hacia un objetivo 2050. En función del apoyo por parte de la Administración estos proyectos resultan más (o menos) viables, de modo que con una inversión del 25% en la propuesta de este trabajo, se podría reducir el periodo de retorno 3 años.

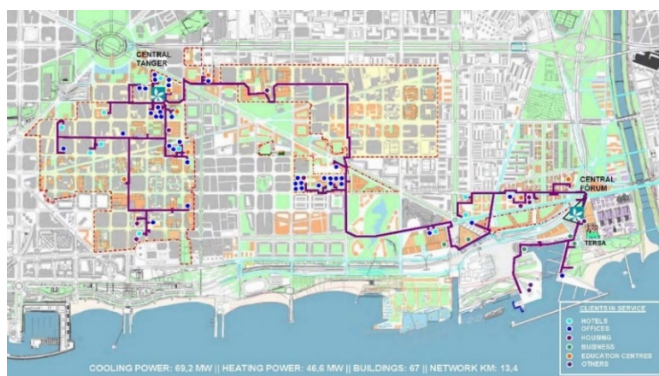


Fig. 29 Red de distribución en el barrio 22@ de Barcelona - Fuente: Districlima

Mentalidad y conocimiento

Otra cuestión, muy relacionada con la anterior, es que vivimos en una sociedad muy individualista en la que a grandes rasgos prima el bien propio frente al bien común. Esta mentalidad confronta totalmente con el sistema de red centralizada, en la que se propone una solución común para unos usuarios que posiblemente posean diferentes necesidades, y que se muestran recelosos de unirse a una solución intangible que se escapa de su conocimiento y no controlan.

En los países nórdicos, en cambio, reina una mentalidad colectiva que propicia la instalación de estas soluciones, como así se está reflejando en Dinamarca donde se espera que en el año 2060 toda su energía provenga de soluciones renovables y a escala urbana.

El desconocimiento de este sistema es un gran inconveniente para su implantación y es aquí donde se encuentra un buen punto de partida para su futuro, donde el Ayuntamiento y otras instituciones como la Universidad de Zaragoza juegan un papel fundamental en la promoción y la concienciación social de las personas. Es importante que la posición sostenible que la ciudad de Zaragoza asegura tener como se ha visto en capítulos anteriores, llegue a los ciudadanos y se reflejen en las próximas actuaciones y desarrollos a escala urbana.

Susceptibilidad al contexto

Como ya se ha visto en capítulos anteriores, el contexto donde se desarrolla el proyecto de red centralizada es uno de los factores decisivos en su buen funcionamiento.

Por ejemplo como ya se ha comentado, Valdespartera habría sido un lugar idóneo para instalar este sistema, no sólo por el contexto económico, sino también por su rápido desarrollo urbano, ya que habría favorecido un retorno de la inversión más rápido y por tanto un proyecto más seguro y viable para los inversores.

Por el contrario, en el caso de Expo se ha visto que la falta de desarrollo de la zona y los problemas de promoción ya comentados, en la actualidad han transformado un proyecto viable en un resultado totalmente inviable.

En el caso de Balsas de Ebro Viejo, en un principio al tratarse de un sector ya urbanizado sería más fácil que resultara viable una solución central. Sin embargo, habría que sopesar la posibilidad de que los usuarios no quisieran invertir en instalar este sistema colectivo cuando ya disponen de una solución individual funcionando, y por tanto sería necesario dar a conocer las ventajas del sistema hacia los usuarios, que tienen menor gasto, reciben apoyo de la Administración y se pueden conseguir retornos económicos de menos de 20 años o incluso menos, dependiendo del apoyo recibido por las entidades públicas. Al realizarse una propuesta teórica, en el cálculo se ha supuesto una conexión total y lo más rápida posible, calculando un retorno a 17 años con una rebaja en la factura de los usuarios y sólo un apoyo económico del 15% por parte de la Administración.

Isla de calor

Con este tipo de propuestas se pueden disminuir los efectos de la isla de calor, que es un fenómeno que se produce generalmente en las grandes ciudades por la misma existencia de la vida urbana y la cantidad de materiales absorbentes de calor como el hormigón.

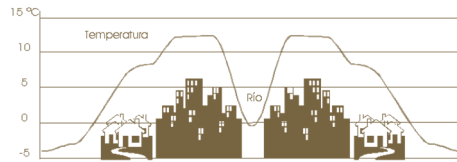


Fig. 30 Isla de calor - Fuente: Santiago Pastrana, La Enciclopedia Libre

En las horas nocturnas estos materiales devuelven a la atmosfera todo el calor que han absorbido a lo largo del día, haciendo difícil que se disipe el calor dentro del perímetro urbano, mientras que en el resto de zonas no urbanas sí que se produce dicho enfriamiento de la atmosfera. Además, los medios de transporte y las empresas en su proceso industrial generan una carga importante de calor residual que se expulsa a la atmosfera. En el barrio de Balsas de Ebro Viejo existen muchos aparatos de aire acondicionado que podrían estar favoreciendo este efecto, ya que para enfriar el interior calientan el exterior, por lo que se supone que una solución central de barrio ayudaría notablemente a la percepción térmica en días calurosos de verano.

Como tecnología renovable que dé solución a este fenómeno de manera más específica surge la idea de la trigeneración. A través de una máquina de absorción se puede captar todo ese calor residual procedente de los procesos industriales como la generación de energía eléctrica o la combustión de residuos para producir energía y transformarlo en frío.

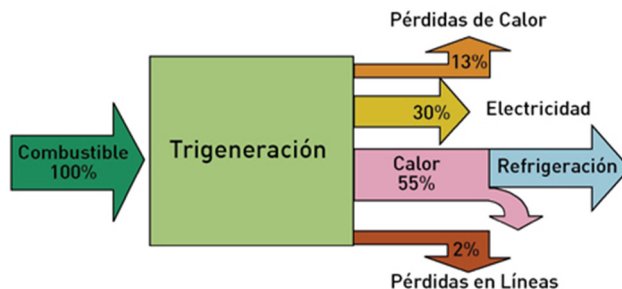


Fig. 31 Esquema básico de trigeneración - Fuente: www.empresaeiciente.com

En el entorno de Balsas de Ebro Viejo se encuentra una de las fábricas de SAICA, además de otras empresas como Hierros Alfonso S.L., que podrían favorecer mediante el abastecimiento energético de la red propuesta en este trabajo para el barrio. El valor de cálculo que se ha otorgado a esta tecnología es de un 30% del consumo energético del barrio, puesto que la empresa SAICA que ya dispone de cogeneración de hasta 49 MW, cede a la red eléctrica la energía que no utiliza para consumo propio.

Con esta solución se pueden sustituir las máquinas de aire acondicionado que expulsan calor al exterior para producir frío al interior, por unas máquinas de absorción que utilizar el calor para producir frío.

Arquitectura

En este trabajo se ha realizado una investigación sobre este sistema de climatización desde el punto de partida de las ventajas que pudiera aportar al diseño arquitectónico.

Puesto que las máquinas de generación de energía se separan del objeto arquitectónico, se entiende que dicho objeto queda libre de ciertas condiciones de diseño impulsadas por el CTE respecto a los elementos de seguridad necesarios y a la necesidad de instalar un porcentaje de generación solar térmica.

Se consigue liberar la arquitectura de ciertas cargas y elementos constructivos. Puesto que las calderas y la acumulación se sustituyen por unos elementos intercambiadores, se eliminan elementos pesados que influyan en la estructura del edificio y que ocupan más espacio interior, además, puesto que no hay combustión en el interior del edificio, se eliminan elementos como chimeneas que a menudo tienden a ser artefactos añadidos posteriores al diseño arquitectónico.

Por otro lado se disminuye el mantenimiento necesario de la instalación a la vez que los gastos puesto que suelen correr a cargo de la empresa instaladora. También se evitan problemas de higiene y salud, puesto que la contaminación y los riesgos de legionela por torres de refrigeración que antes se generaba en el edificio ahora se genera en el exterior.

Tecnología sostenible

El mayor reclamo para desarrollar este sistema es que se trata de una solución amable con el medio ambiente frente a otras soluciones convencionales e individuales.

Por lo general se consigue un menor consumo de combustible primario, puesto que al recoger la misma demanda en una sola instalación permite introducir máquinas de mayor tamaño y por tanto con un rendimiento mucho mayor a las pequeñas máquinas individuales. Esto se traduce en una reducción de costes de consumo y una reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera independientemente del combustible empleado.

Si a esto se le añade la posibilidad de implementar fuentes de energías renovables como las mostradas en este trabajo, aún se puede reducir más el consumo del combustible primario no renovable o incluso asumir toda la demanda de energía sólo con energías renovables, reduciendo la emisión de gases contaminantes a valores cercanos a cero. Si se consigue combinar las fuentes de energía renovable más convencionales con procesos combinados de cogeneración o trigeneración sería mucho más factible llegar a la emisión cero, y poder crear excedentes energéticos que vender a la red, que una vez devuelta la inversión inicial, generar ingresos a la empresa o al barrio.

En la propuesta calculada, se llegan a obtener ahorros en emisiones de CO₂ de hasta 6.000 Tn al año, lo que supone una cifra muy significativa que presentar a las directivas europeas.

Con este reclamo, se pueden obtener ayudas de la Unión Europea como ha sido el caso del proyecto presentado por Zaragoza Vivienda para Balsas de Ebro Viejo, facilitando el apoyo económico de la Administración y por tanto consiguiendo que estas soluciones a escala urbana resulten más viables.

11 BIBLIOGRAFÍA

AA.VV. "ESTUDIO DE POSIBLES SUMINISTROS DE ENERGÍA TÉRMICA, PARA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA ACTUACIÓN URBANÍSTICA DE VALDESPARTERA" (BORRADOR), 2002.

ADHAC. "Censo septiembre 20014", 2014.

ADHAC. "Presentación Censo septiembre 2014", 2014.

AYTO. ZARAGOZA. "Rendimiento energético", Premio Capital Verde Europea 2016, 2013.

AYTO. ZARAGOZA. "ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LA ENERGÍA EN ZARAGOZA. HORIZONTE 2010-2020", 2012.

AYTO. ZARAGOZA. "Trabajando para una ciudad sostenible en el siglo XXI", Agenda 21, 2011.

AYTO. ZARAGOZA. "Zaragoza hacia la sostenibilidad, en el siglo XXI", Agenda 21, 2011.

AYTO. ZARAGOZA. "Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire", Agenda 21, 2011.

BENONYSSON.A, BOHM.B, RAVN.H.F. "Operational optimization in a district heating system", Energy Conversion and Management, 1995.

COFELY (GDF SUEZ). "GUÍA INTEGRAL DE DESARROLLO DE PROYECTOS DE REDES DE DISTRITO DE CALOR Y FRÍO", 2012.

"Denmark faces a significant Upswing of Large-Scale Solar District Heating Plants", Solar District Heating, 2011.

ELYO IBÉRICA. "ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD TECNO-ECONÓMICA PARA UN PROYECTO DE DHC PARA EL ENTORNO DE LA ESTACIÓN INTERMODAL LAS DELICIAS EN ZARAGOZA", 2007.

FEMP, Red Española de Ciudades por el Clima. "CLIMATIZACIÓN URBANA en las Ciudades Españolas", 2012.

FENERCOM. "Guía de la cogeneración", Comunidad de Madrid, 2010.

IDAE. "Energía de la biomasa", Manuales de energías renovables, 2007.

IDAE. "Energía solar térmica", Manuales de energías renovables, 2006.

IDAE. "Energía eólica", Manuales de energías renovables, 2006.

IDAE. "Biomasa: Climatización", 2008.

IDAE. "Guía técnica. Contabilización de consumos", 2007.

IDOM. "Estudio preliminar de viabilidad técnico económica de un proyecto de DHC para el área G-44-2 de Zaragoza. Revisión 1. ZAV.", 2007.

LLOPIS TRILLO.G, RODRIGO ANGULO.V, FENERCOM. "Guía de la energía geotérmica", Comunidad de Madrid, 2008.

LOGSTOR. "Distribución eficiente en District Heating & Cooling", 2013

LUND.H, MÖLLER.B, MATHIESEN.B.V, DYRELUND.A. "The role of district heating in future renewable energy systems", Energy, 2010

MINISTERIO DE VIVIENDA. "Libro Blanco de la Sostenibilidad en el Planeamiento Urbanístico Español", 2010.

PÉREZ DE LEMA.M. "Desarrollo de los District heating en España", energética XXI, 2012.

RENEDO ESTÉBANEZ.C.J. "Sistemas a Escala Urbana: District Heating y District Cooling", UC, 2009.

RUIZ DE TEMIÑO.E. "LA REDACCION DEL PROYECTO, EJECUCION, FINANCIACION, MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA TERMICA PARA CALEFACCION, AGUA CALIENTE SANITARIA Y REFRIGERACION EN EL AMBITO DE LA EXPOSICION INTERNACIONAL DE ZARAGOZA 2008", 2006.

SOCIEDAD MUNICIPAL DE REHABILITACIÓN URBANA DE ZARAGOZA. "Propuesta de intervención de rehabilitación Balsas de Ebro Viejo", Estudios y propuestas de intervención en 21 conjuntos urbanos de interés en Zaragoza, 2005.

SOCIEDAD MUNICIPAL ZARAGOZA VIVIENDA. "Plan de renovación y revitalización del barrio del Picarral. Zaragoza", 2009.

TURÉGANO.J.A, HERNÁNDEZ.M.A, GRUPO DE ENERGÍA Y EDIFICACIÓN, UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, ENRICH.M. "La experiencia en Parque Goya", 2003.

WHITEHEAD.F. "Lessons from Denmark: how district heating could improve energy security", The Guardian, 2014.

ENTREVISTAS:

- Joaquín Bernad (Sers, consultores en Ingeniería y Arquitectura S.A.): Valdespartera.
- Octavio Cabello (Zeroaplus, Eficiencia energética): CIEM, Centro de Innovación Empresarial.
- David Munarriz (DKV, Responsable Unidad de Mantenimiento): DKV.
- Expo, Ignacio Cortazar (Districlima, Responsable Mantenimiento DHC EXPO): DHC ExpoZaragoza.
- Juan Rubio (Zaragoza Vivienda): Proyecto B MY CITY Balsas de Ebro Viejo.
- José Francisco Bandrés (Giroa): Proyecto B MY CITY Balsas de Ebro Viejo.
- Ángel Martínez López (GEEZAR, Dpto. Eficiencia Energética): URSOS.

TABLA DE FIGURAS MEMORIA

| | |
|--|----|
| Fig. 1 Esquema de climatización urbana - Fuente: Climatización urbana en ciudades españolas | 5 |
| Fig. 2 Componentes de una red de distrito - Fuente: Climatización urbana en ciudades españolas | 5 |
| Fig. 3 Generación térmica urbana - Elaboración propia | 6 |
| Fig. 4 Centrales de distrito solares a gran escala en Dinamarca - Fuente: Denmark faces a significant Upswing of Large-Scale Solar District Heating Plants | 10 |
| Fig. 5 Evolución de las redes de distrito censadas en España – Elaboración propia... | 11 |
| Fig. 6 Distribución de las redes de distrito en España - Elaboración propia..... | 11 |
| Fig. 7 Redes y potencias instaladas según el tipo de energía suministrada - Elaboración propia..... | 12 |
| Fig. 8 Plano de Zaragoza y sus cinturones - Elaboración propia | 13 |
| Fig. 9 Mapa estratégico para el cambio climático y la calidad del aire - Fuente: Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire | 14 |
| Fig. 10 Actuaciones urbanas analizadas en Zaragoza - Elaboración propia | 16 |
| Fig. 11 Posibilidades de distribución de la trama urbana según la sombra proyectada - Fuente: La experiencia en Parque Goya | 17 |
| Fig. 12 Distintas soluciones formales - Fuente: La experiencia en Parque Goya..... | 18 |
| Fig. 13 Abertura de huecos en fachada norte frente a fachada sur - Fuente: La Experiencia en Parque Goya | 18 |
| Fig. 14 Plano del Plan Parcial de Valdespartera - Fuente: SERS..... | 19 |
| Fig. 15 Vista del espacio urbano - Fuente: http://www.casabioclimatica.com | 19 |
| Fig. 16 Fotografía aérea Valdespartera - Fuente: SERS | 20 |
| Fig. 17 Estación de Telemando - Fuente: Objetivo 2: Mejorar la calidad del aire | 20 |
| Fig. 18 Folleto actuación Milla Digital - Fuente: Zaragoza Alta Velocidad | 21 |
| Fig. 19 Plano de Urbanización Barrio del Ave - Fuente: Zaragoza Alta Velocidad..... | 21 |
| Fig. 20 Esquemas de funcionamiento climático en invierno y verano (CIEM) - Fuente: Zeroaplus | 22 |
| Fig. 21 Plano ExpoZaragoza y Parque del agua - Fuente: Batlle i Roig | 23 |
| Fig. 22 Instalación DHC ExpoZaragoza 2008 - Fuente: Districlima | 24 |
| Fig. 23 Vista de Balsas de Ebro Viejo - Fuente: Google Earth..... | 25 |
| Fig. 24 Plano área de intervención B MY CITY - Elaboración propia | 26 |
| Fig. 25 Esquemas de principio de conexión - Elaboración propia | 26 |
| Fig. 26 Plano de Fases de ejecución - Elaboración propia | 27 |
| Fig. 27 Volúmenes edificados en el sector BEV estudiado - Elaboración propia..... | 28 |
| Fig. 28 Tablas de emisiones de CO2 por combustible consumido: Fuente: IDAE. "Guía técnica. Contabilización de consumos", 2007. | 32 |
| Fig. 29 Red de distribución en el barrio 22@ de Barcelona - Fuente: Districlima..... | 33 |
| Fig. 30 Isla de calor - Fuente: Santiago Pastrana, La Enciclopedia Libre | 35 |
| Fig. 31 Energías renovables - Elaboración propia | 42 |

