



## 1. Introducción

La Directiva sobre Eficiencia Energética en los Edificios (DEEE) de la Unión Europea es uno de los instrumentos básicos que aborda los objetivos fijados para 2020 en la materia. En el artículo 9 de la Directiva DEEE se especifica como uno de los objetivos específicos que todos los edificios nuevos tengan un consumo de energía casi nulo para finales de 2020, además la cantidad de energía requerida deberá proceder en su mayor parte de fuentes de energía renovables. Este objetivo debe ser cumplido con antelación, a finales de 2018 en todos los edificios nuevos propiedad de instituciones públicas y que estén ocupados por ellas. La Directiva dispone que simultáneamente se apliquen políticas para fomentar la adaptación del parque inmobiliario existente a unos niveles de consumo de energía casi nulo. La Directiva de la UE sobre Eficiencia Energética en los Edificios se está revisando en estos momentos (agosto 2016). Los principios de consumo casi nulo se convertirán en la norma a partir del 2020 para los edificios nuevos. En el artículo 9, apartado 4, se prevé la necesidad de una recomendación sobre los Edificios de Energía de Consumo casi Nulo (EECN). A fecha de 29 de julio de 2016 se aprueba la Recomendación para que los estados miembros sigan las directrices contenidas en el anexo. En esta Recomendación al tratar el tema de la ineficiencia del parque inmobiliario existente, se recoge de forma específica la necesidad de reformar gradualmente los edificios existentes, para que adquieran unos niveles de eficiencia similares a los exigidos para los edificios nuevos, es decir, EECN. Para que un edificio pueda calificarse como EECN el nivel de eficiencia energética debe ser muy alto, y se determinará de acuerdo al anexo 1. La cantidad de energía requerida debe estar cubierta en su mayor parte por energía procedente de fuentes de energía renovable, incluidas las energías procedentes de renovables producidas in situ o en el entorno. A partir de esta situación actual, de transición de un modelo energético basado en las energías fósiles a otro que se base en fuentes de energías renovables, respetuosas con el medio ambiente, y las nuevas exigencias normativas respecto a los consumos energéticos, se evalúa la conveniencia de las Redes Energéticas de Distrito como sistema energético necesario en los entornos urbanos para conseguir ciudades con edificios eficientes.

Los Sistemas Energéticos de Distrito, DES, son sistemas centralizados de distribución energética a escala de barrio o distrito, la escala de distrito les confiere la flexibilidad de adaptación al entorno en cuanto facilita la adecuación de su tamaño a la disponibilidad de recursos locales. Estos sistemas distribuyen energía (calor, refrigeración, electricidad, ...) además las canalizaciones de la red pueden ir asociadas a la distribución de otros servicios como recogida de RSU, redes de información, comunicaciones, etc. Por ello actualmente se las denomina DES District Energy Systems, englobando las conocidas hasta ahora como DH, DC, DHC, DHP, con las iniciales en inglés. Estos Sistemas de Energía de Distrito, desarrollan una capacidad de gestión que es fundamental para conseguir edificios de consumo cero por su eficiencia energética combinada con la integración de energías renovables. La capacidad de gestión, control y la flexibilidad, los convierte en sistemas a contemplar cuando se planifica la rehabilitación de un barrio, sistemas que se pueden implantar en el patrimonio inmobiliario existente de una ciudad para actualizar su eficiencia energética a las exigencias normativas de EECN. El sistema actúa a escala de distrito con flexibilidad para conseguir un Distrito de Consumo



Energético casi Nulo y la implantación en gran parte de los distritos de la ciudad conseguirán una Ciudad de Consumo Energético casi Nulo.

Para evaluar estas afirmaciones, nos planteamos una pregunta sobre los Sistemas de Energía de Distrito: ¿son un modelo para conseguir ciudades de balance energético nulo?, con el objetivo de valorar su viabilidad en Madrid valorando las experiencias de otras ciudades. Se eligen París y Milán como ciudades cotejables con Madrid, que cuentan con un área metropolitana. Y se elige el caso de Olot por ser un caso español actual, aplicado a una escala de edificios municipales, como un ejemplo de unidad semilla a partir de la cual se puede desarrollar la implantación de redes de distrito. En ciudades como las españolas, en las que estos sistemas no son habituales, y entendiendo que la normativa europea exige primero a los edificios de la administración su conversión en edificios de consumo cero, la experiencia de Olot puede incentivar esta vía de transición. En el caso de las tres ciudades su apuesta por estos sistemas persigue reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> al reducir el consumo energético y utilizar energías renovables locales.

## 2. Sistemas de Energía de Distrito: Estado del Arte.

La historia nos transmite un patrimonio inmobiliario que en los momentos actuales podemos contemplar como generador energético. Considerar el entorno construido de esta manera nos indica la posibilidad de regeneración urbana, de regeneración del territorio como recurso cuya gestión creará un nuevo paisaje construido, modificando el patrimonio urbano existente, como sistema en evolución en cuanto que gestiona los intercambios que posibilitan la vida urbana. El suministro de calor desde una fuente central no es una idea nueva. Podemos encontrar ejemplos romanos, en Pompeya, siglos después en Chaudes-Aigues Cantal en Auvernia (Francia), el agua caliente se distribuía por conductos de madera que todavía hoy se utilizan. Son ejemplos de cómo el agua caliente circulaba de casa en casa por una red de distribución de agua extendida por los sótanos de los edificios.

En el año 1877 el primer sistema comercial de DH (*District Heating* o Red de Calor) en Estados Unidos de América se establece en Lockport (Nueva York) con 14 clientes, varias fábricas y algunas viviendas nuevas; el sistema de tuberías llegó a alcanzar unos 4,8 km de longitud. A principios del siglo XX, muchas ciudades norteamericanas establecen Sistemas de Redes de Distrito, utilizando el calor residual (en forma de vapor) de las centrales eléctricas próximas a los centros urbanos. En 1893 Hamburgo (Alemania), también aprovecha el calor residual de una central eléctrica para calefactar el edificio del Ayuntamiento. En 1891 Dinamarca construye el primer sistema de DH en Frederiksberg, a las afueras de Copenhague, utilizando el calor de una central eléctrica, daba suministro a un hospital y varios edificios del gobierno. En París desde 1930, la red de CPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain) se halla en servicio hasta hoy. En las antiguas repúblicas socialistas de Europa también se implantaron estos sistemas de DH, que en la actualidad se están renovando.

Después de la Segunda Guerra Mundial, en EEUU el rápido crecimiento urbano y la situación económica incentivan la instalación de grandes centrales eléctricas a las afueras de las áreas urbanas, que hicieron inviables económicamente los sistemas de



DH. En Europa, y en especial en Escandinavia, la escasez de combustibles fósiles, facilitan que se desarrollen DH y centrales de cogeneración para suministrar la demanda creciente de electricidad. A partir de 1970 países como Suecia y Dinamarca inician medidas políticas favorables a los sistemas DH con alternativas energéticas como la incineración de residuos, el uso de calor residual y las energías renovables. La crisis del petróleo de la década de 1970 también favoreció en EEUU una renovación de los antiguos sistemas de DH y algunos estados investigan las ventajas de la aplicación de estos sistemas. En Japón se construyen a partir del año 1970 y hasta los años noventa alrededor de 120 sistemas, la mayoría dan servicio a edificios de oficinas por lo que la producción es en un 40% de frío. En China empezaron a implantarse en los años ochenta y el 50% de las grandes ciudades tienen sistemas de DH, el aumento de la demanda se debe a la existencia de equipos ineficientes y de los frecuentes cortes de suministro eléctrico. También hay sistemas de DH en Corea y de DC en Malasia y Arabia Saudí. Los sistemas comerciales de DC (*District Cooling* o Red de Frío) se desarrollan a partir de las décadas de 1960 y 1970 debido al aumento de las cargas térmicas en los edificios, por el uso de aparatos electrónicos en oficinas y al aumento del nivel de vida.

## 2. 1. Referencias internacionales.

En la actualidad los escenarios urbanos buscan modelos de gestión energética que faciliten la transición a la implantación de las energías renovables con el objetivo puesto en la eficiencia energética. La energía de distrito es una solución energética desarrollada en numerosas ciudades de todo el mundo. En algunas ciudades europeas, como Copenhague, Helsinki y Vilnius, prácticamente el 100% del calor y frío demandado se suministra con redes de distrito. La red de DC de mayor capacidad se encuentra en los Estados Unidos con 16 GWte seguida de una en los Emiratos Árabes de 10 GWte y otra en Japón de 4 GWte. Los modernos sistemas para energía de distrito suministran calor y frío, utilizando diferentes propuestas y tecnologías como la cogeneración, y pueden estar integrados con otras infraestructuras municipales como electricidad, saneamiento, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales, transporte o gestión de basuras. La capacidad de los Sistemas Energéticos de Distrito de integrar energías renovables, supone un nuevo salto en las tecnologías aplicadas en la energía de distrito.

En 2013 UNEP inicia una investigación en las ciudades de todo el mundo para encontrar las claves en los casos de éxito en implantación de la eficiencia energética y las energías renovables para conseguir objetivos de cero emisiones de GEI. El resultado se expone en la publicación de 2015, "District Energy in Cities", con los casos de 45 ciudades que de forma conjunta han instalado más de 36 GW de calefacción de distrito (equivalente al consumo medio de 3,6 millones de viviendas), 6 GW de refrigeración de distrito (equivalente al consumo medio de 600.000 viviendas), y 12.000 km de redes de energía de distrito. En los próximos 10 años las 45 ciudades implantarán o desarrollarán nuevos planes o proyectos de DES. Los Sistemas de Energía de Distrito consiguen que estas ciudades sean más resilientes por su eficiencia energética y bajas emisiones de carbono, demostrando ser uno de los sistemas más económicos y eficientes para reducir las emisiones de GEI y la demanda de energía primaria. La mayoría de estas 45 ciudades utilizan sus políticas de planificación y normativas de regulación para promover el despliegue de la energía de distrito, integrando energías, uso del territorio, infraestructuras, normativa de planeamiento urbano, normativas de conexión y obligaciones de Waste-To-Energy. La



integración de la eficiencia energética y las energías renovables se muestra como el camino a seguir, así como la necesidad de utilizar “sistemas inteligentes” que dirigen la estrategia previamente planificada para obtener los retos propuestos junto a soluciones de almacenamiento.

Algunas ciudades como Dubai (UAE), Munich (Alemania), Tokio (Japón), París (Francia) y Varsovia (Polonia) han invertido más de 150 millones de dólares en sus respectivos sistemas de DH entre 2009 y 2014. La mayoría de las 45 ciudades han realizado evaluaciones, en terrenos y edificios públicos para conexiones o instalaciones de energía de distrito, incluyendo la provisión de préstamos para facilitar la inversión. Las 45 ciudades utilizan proyectos de demostración para elevar la comprensión de la fiabilidad técnica de estos sistemas, los múltiples beneficios, así como demostrar su viabilidad. Los gobiernos locales son los que tienen la clave para hacer avanzar estos proyectos, por sus competencias como reguladores, planificadores y gestores de financiación, así como proveedores de infraestructuras y servicios, (transporte, energía, vivienda, RSU, tratamiento de aguas residuales, ...). La posibilidad de conectar diferentes sectores, residencial, comercial, industrial posibilita el equilibrio entre la producción con los perfiles de las demandas de los usuarios.

Vancouver en Canadá ha desarrollado un proyecto de demostración que captura calor residual del sistema de alcantarillado de aguas residuales, que ha incentivado inversiones del sector privado en otras redes. En China la ciudad de Anshan reduce sus emisiones anuales en 1,2 millones de toneladas al cambiar el uso de carbón como fuente de energía por la utilización de la energía residual (capturando 1 GW) procedente de una planta industrial de acero. Con el principal objetivo de reducir la contaminación se cambia la fuente principal de generación, el carbón, por el calor residual procedente de una planta de acero. Además se mejora la gestión de las 42 redes de distrito existentes intercambiando calor entre ellas, unas con excesos y otras con escasez. En Yerevan (Armenia) la red de District Heating existente hasta 1990 suministraba al 90% de los edificios residenciales y públicos, con energía abastecida por gas y fuel y pérdidas de calor de hasta el 50%. A partir de 2012 un programa de mejora de la eficiencia energética en el suministro municipal de calefacción y ACS, un proyecto piloto en un distrito con 32000 residentes e información ciudadana, se restaura la Red Distrito existente introduciendo cogeneración con la participación estatal que gestiona la electricidad producida, regularizando las tarifas de electricidad y de calor. En Japón las altas eficiencias de las plantas de cogeneración permiten reducir las facturas habituales de gas natural en las empresas. En muchas ciudades como Dubai el uso del DC permite reducir en un 50 % el consumo de electricidad frente a otros sistemas de refrigeración. Algunos países con alta producción de solar y eólica en su mix, como China, Dinamarca y Alemania, han comenzado a usar los sistemas de DH para utilizar el exceso de electricidad renovable durante los periodos de sobreproducción. En Alemania la razón clave que promueve el uso de la cogeneración en las Políticas de Transición Energética es que permite la integración de la energía fotovoltaica en la red eléctrica general. La ciudad de Hohhot, en la región del interior de Mongolia en China, está probando el uso restringido de la eólica en el DH para actuar en los casos de gran aumento de la demanda de calor.



## 2. 2. Referencias españolas.

En España, según el último censo de 2016 elaborado por la Asociación de Redes de Calor y Frío, hay 306 redes censadas, con una potencia instalada de 1219 MW, localizándose más del 60% de la potencia instalada en Madrid y Barcelona. Por Comunidades Autónomas y número de instalaciones destaca Cataluña que acapara el 35% de la potencia instalada en España, seguida de Castilla y León, Navarra, País Vasco y Madrid. El conjunto de todas ellas suma un total de 550 km de red, abastecen 4.030 edificios, generando un ahorro de 180.000 Tn de CO<sub>2</sub> y de un 82% de energías fósiles.

## 2. 3. ¿Por qué las experiencias de París, Milán y Olot?

Después de la revisión de la situación de estos sistemas urbanos a nivel mundial, nos centraremos en el estudio de tres casos que pueden servir para evaluar la aplicación del sistema en Madrid. Los tres casos elegidos, París, Milán, Olot, son representativos los dos primeros de grandes ciudades metropolitanas con un complejo sistema de infraestructuras como puede existir en Madrid. Y en el caso de Olot es una pequeña ciudad española que está implantando actualmente el sistema comenzando por la conexión de los edificios públicos municipales. Olot como ejemplo español en su fase inicial representa un modelo de cómo se puede iniciar la renovación urbana con objetivos de eficiencia energética. París y Milán ejemplifican como se continúa desarrollando esa semilla, iniciada en Olot, en diferentes barrios de una gran ciudad, que luego se conectan y mejoran la viabilidad del sistema al garantizar intercambios energéticos que equilibran el sistema. También todos son ejemplos representativos de la influencia de las normativas, en los tres casos la directiva DEEE con sus nuevas exigencias de EECN impone unos niveles de eficiencia energética que se logran con la utilización de fuentes de Energía Renovables. En los casos de París y Milán con redes de distrito implantadas durante décadas se plantean la introducción de renovables (biomasa, geotérmica, solar térmica, solar fotovoltaica, energías residuales) en el sistema para ir reduciendo la utilización de energías fósiles (fuel, carbón, gas). En el caso de Olot, desde la fase inicial se planea abastecimiento de renovables al 100%, con biomasa, geotérmica y solar. Los tres casos son europeos, por lo que la normativa de referencia en cuanto a eficiencia energética es común en sus parámetros básicos, exigencias de renovables y objetivos de limitación de emisiones de CO<sub>2</sub>; la normativa local específica puede incentivar la implantación y gestión de redes de distrito como veremos en los tres casos de estudio.

## 3. Sistemas de Energía de Distrito: ¿Un modelo para conseguir ciudades de balance energético nulo?

En la revisión de las ciudades que tienen o han utilizado Sistemas Energéticos de Distrito, podemos remontarnos hasta los sistemas de calefacción romanos. La construcción de áreas urbanas o barrios conectados por la red energética, va unida a tipologías arquitectónicas y urbanas ¿o es independiente de las estructuras urbanas? Al contrastar la infraestructura del sistema energético con las infraestructuras de la ciudad podemos encontrar respuestas a la pregunta planteada.



¿Es posible evaluar los flujos energéticos y valorar la sostenibilidad del sistema? En los sistemas históricos podemos entender que no se hacían estas preguntas en cuanto que los objetivos eran otros. Ahora podemos evaluar estas cuestiones por el valor social y económico de la energía. La capacidad de evaluar los flujos energéticos y valorar la sostenibilidad o equilibrio del sistema nos proporcionarán las claves para conocer si estos sistemas son capaces de transformar una ciudad, un entorno urbano existente, en una ciudad de consumo energético casi nulo que se acerca a los objetivos de eficiencia energética según la DEEE. Debemos valorar este objetivo desde dos aspectos, por un lado la eficiencia energética conseguida junto con la valoración económica entre las inversiones requeridas para transformar el entorno construido y el plazo de retorno de la inversión, y por otro la viabilidad técnica de implantación en la estructura urbana existente. La viabilidad económica como factor que contempla la evolución de las tecnologías en el tiempo, la obsolescencia y requerimientos de mantenimiento, es dependiente de la viabilidad técnica de implantación en el patrimonio inmobiliario existente. La Energía de Distrito es un ejemplo práctico de gestión energética urbana a escalas viables, si modificamos las fuentes de alimentación de la central con energías renovables, conseguimos una aproximación al estudio teórico de un ámbito urbano en la gestión de sus recursos locales para su autonomía energética al comparar la demanda y la capacidad de producción en el ámbito urbano estudiado.

El objetivo de la pregunta es determinar todos los parámetros que son clave para calcular la viabilidad de una Central Energética. Se deben identificar y cuantificar los recursos renovables existentes en el entorno, sus características medioambientales, la tipología de las superficies construidas que formalizan la ciudad, tanto de edificios como urbanos. Conocer los perfiles de demanda, como se gestiona la potencialidad energética de cada área, cómo se podría captar y distribuir energía. A continuación veremos estos datos revisando la experiencia de tres ciudades con Sistemas Energéticos de Distrito.

#### 4. Las experiencias de París, Milán y Olot.

La Red de París es casi 4 veces más larga que la de Milán, 480 Km frente a 136 Km para la Red de Calor y 71 km frente a 11 km para la Red de Frío. La red de Olot tiene una longitud total de 280 metros lineales. En los tres casos nos interesa destacar tres temas:

- La Red y la estructura urbana: normativa europea y normativa local.
- Escalas y recursos energéticos locales (Energías Renovables y residuales).
- Gestión de la Red: beneficios y valores aportados a la ciudad.

##### 4.1. El Sistema de Energía de Distrito de París

La Red de Calor de París, una red urbana subterránea de 480 km, en la actualidad es una herramienta que facilita tanto la transición energética como cumplir las exigencias de la Directiva Europea de Eficiencia Energética en los Edificios. La gestión se realiza a través de una empresa, CPCU, Compagnie Parisienne du Chauffage Urbain. La Red facilita la regeneración de los barrios existentes, el desarrollo de ecobarrios y los proyectos de urbanización en nuevos territorios. La trayectoria de la Red de Calor Parisina, de más de 90 años de existencia ha demostrado que es más eficiente en zonas de gran densidad urbana con elevadas demandas energéticas. Como datos claves de la



Red de Calor de París, destacar su origen, debido al deseo de mejorar los problemas de contaminación del aire y el riesgo de incendio, existentes en el centro de París por el consumo de carbón como energía que suministraba calor en la mayoría de las viviendas y edificios. Las concesiones de gestión de las infraestructuras municipales de París, se reparten entre muchas empresas de servicios públicos. En 1927 se desarrolla una concesión privada para la gestión de la Red de Calor, el District Heating, que cumplirá los 90 años de concesión en 2017. El modelo de gestión de la red de calor de París ha evolucionado a lo largo del tiempo. En 1927 una compañía privada, CPCU con un contrato de concesión comienza el desarrollo del DH. Posteriormente CPCU pasa a ser una asociación de empresas público-privada, cuando la ciudad de París compra el 33% de la compañía en 1949. El copropietario mayoritario pasa a ser la compañía ELYO (después será Cofely) en 1991. Hoy CPCU es propiedad de la Ciudad de París en un 33%, del sector privado (Cofely) en un 64% y el 2 % restante cotiza en bolsa. La compañía CPCU produce unos dividendos de 2 millones de euros anuales a la ciudad de París. Por la concesión, la ciudad recauda unas tasas anuales de 7 millones de euros. París estima unos beneficios anuales de 19,5 millones de euros totales generados por la Red de Calor.

Como fuentes de energía la red tiene plantas de generación situadas en diferentes puntos de la ciudad, en las plantas antiguas se cambian calderas por otras más eficientes, y tanto en éstas como en las nuevas, se van introduciendo energías renovables. Actualmente existen 2 plantas CHP (cogeneración) que producen calor y electricidad, cinco plantas con calderas de sólo calor, todas propiedad de CPCU. La Red de Calor usa las reservas geotérmicas de la ciudad con una primera planta instalada en la zona noreste de la ciudad. Además de estas ocho plantas de generación, existen 3 plantas Waste-To-Energy que no son propiedad de CPCU, gestionadas por Sycatom y que evitan la emisión de 800.000 t CO<sub>2</sub> al año. La gestión de las diferentes escalas de redes se completa con 19 bucles de agua caliente, conectados a la red principal de vapor mediante estaciones con intercambiadores de vapor agua. Según los datos publicados por CPCU a fecha de julio de 2015, cerca del 50 % de la energía utilizada es renovable. El District Heating abastece la demanda equivalente de 500.000 hogares, incluyendo casi el 100% de los hospitales de París, el 50% de las viviendas sociales y el 50% de los edificios públicos. La potencia total de 4 GW térmicos se distribuye por la red en forma de vapor, a lo largo de los 480 km de tuberías. La producción anual es de 5,5 TWh de calor y 1 TWh de electricidad. La ciudad de París es propietaria de la Red, las infraestructuras básicas de distribución. Todas las plantas generadoras (incluidos los equipos de producción) son propiedad de CPCU excepto las 3 plantas de Waste-To-Energy. La compañía CPCU se ocupa de todas las gestiones con el cliente, el mantenimiento e inversiones necesarias. La municipalidad nombra 4 de los 10 Directores de la cúpula directiva de CPCU, puede controlar el mix de energías utilizadas para la producción de calor y además tiene la potestad de exigir mayores porcentajes de renovables. Con el objetivo de incentivar las renovables, el contrato de concesión establece una tarifa de calor máxima en función del porcentaje de fuentes de energía renovable utilizadas. La independencia de la gestión de la Red de la gestión municipal, permite que CPCU se autofinancie y que sea más eficiente. La Red de Calor ha aportado y continúa aportando beneficios e ingresos para la ciudad.



## El gobierno local de París actúa en tres frentes:

**Planeamiento y regulación:** establece Zonas de Desarrollo Urbano que desarrollarán conexiones obligatorias con más del 50% de renovables desde el 2015. La estrategia persigue como objetivo un 60% de renovables para 2020.

**Como proveedor y consumidor:** la Red corre a través de parte del sistema de metro. La ciudad es propietaria directa de la red. Establece tarifas máximas de calor y mínimas para viviendas sociales. Préstamos (edificios públicos, hospitales y viviendas sociales).

**Financiación:** Consorcios de inversión con otros municipios. Préstamos directos. Préstamos baratos facilitados por CPCU. A veces se paga por extender la red en una zona nueva.

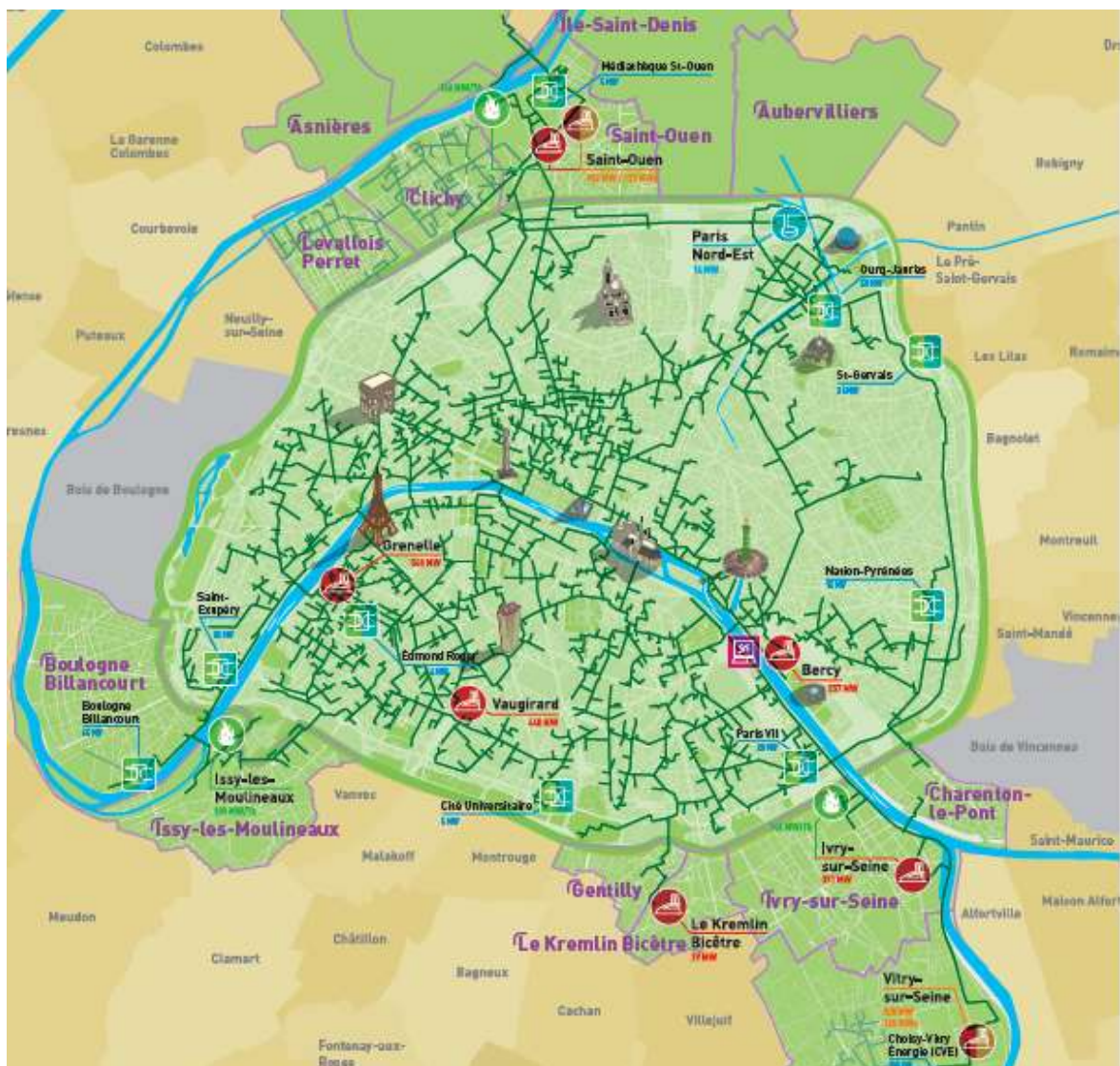


Figura 1: Red de calor de París en línea verde, y situación de plantas de generación. Fuente: CPCU, 2015.





## Paris: la ciudad y la red de District Heating

París es una ciudad densamente poblada con 21900 habitantes por km<sup>2</sup> la mayoría viven en pisos y apartamentos de viviendas colectivas, tiene un gran sector comercial con altas demandas energéticas que a menudo está integrado espacialmente en las viviendas residenciales. La proporción de residencia social es de 1 de cada 5 habitantes viviendo en viviendas sociales, siendo la proporción mayor en algunos suburbios. La conexión de los edificios de vivienda social a una de las redes de DH es más fácil, en cuanto que esas viviendas dependen de la ciudad, la ciudad gestiona las inversiones para actualizar los sistemas de calefacción en esos edificios. La densidad de la población de París crea grandes oportunidades para las redes de gas, electricidad, calefacción y refrigeración. París ha conseguido avances reales en mejoras medioambientales y compromisos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. En 2004 registra unas emisiones de 25 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> que consigue reducir en un 2 % en 2009. Después de la crisis post- financiera la ciudad tiene como objetivo reducir las emisiones para 2020 a 18,8 millones de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, lo que supone una reducción del 25% respecto de los niveles de 2004. La Energía de Distrito históricamente tiene un importante papel en la reducción del consumo de carbón, y actualmente se expande para conectar las viviendas sociales, mejorando la eficiencia energética e incrementando el porcentaje de energías renovables. La energía de distrito puede ayudar a cumplir los compromisos de reducción de carbono, mediante la reducción del consumo de energía primaria y como sistema que facilita la introducción de las energías renovables a gran escala.

MW térmicos de calor producidos conectado a DES	MW eléctricos producidos desde DES conectado a CHP	MW térmicos de frío producidos conectado a DES	MWh de calor producción por año con DES	MWh de frío producción por año con DES	Kilómetros de Red de calor	Kilómetros de Red de frío
<b>&gt;2000 MWth</b>	<b>250 MWe</b>	<b>330 MW</b>	<b>5500 GWh</b>	<b>412 GWh</b>	<b>475 km</b>	<b>71 km</b>

Tabla 1: las redes de París en números. Fuente: CPCU, 2015.

Las ciudades francesas legalmente son propietarias de todas las redes subterráneas que atraviesan su subsuelo (electricidad, agua, telecomunicaciones, calor, frío). Las ciudades pueden administrar y mantener estas tuberías, como hace París con la red de agua, o pueden hacer concesiones a gestores públicos o privados para que administren y mantengan esas redes. París actualmente produce sólo el 3% de su demanda energética, mientras que la región periférica de la Isla de Francia produce el 11%. El Ayuntamiento de París es la autoridad concesionaria de la distribución pública de energía en el área de París y gestiona contratos de concesión para distribución de gas, electricidad, calefacción y refrigeración. La ciudad está obligada a proveer contratos a ErDF (Redes Francesas de Distribución de Electricidad) y GrDF (Redes Francesas de Distribución de Gas) para el mantenimiento y gestión de la red de electricidad y gas. Para las redes de calefacción y refrigeración no existen estas obligaciones. CPCU (Compañía Parisina de Calefacción Urbana) es propiedad en un 33% de la ciudad de París, bajo un contrato de concesión distribuye agua caliente o vapor, mantiene y gestiona la red de



tuberías del DH de la ciudad, y es responsable de aproximadamente un tercio del total del suministro de calefacción de la ciudad, lo que hace de CPCU la mayor red de DH en Francia. El suministro de refrigeración y el mantenimiento de la red se gestionan con una concesión similar a Climespace, una subsidiaria de GDF Suez.

En la actualidad, el objetivo principal de la energía de distrito que figura en el contrato de concesión de CPCU y en los Planes de Acción de Clima de la ciudad, es incrementar la proporción de renovables y energías residuales en el mix energético, y desarrollar redes de energía de distrito en nuevas áreas. Estas acciones serán vitales para que París cumpla sus compromisos de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 75 % para 2050. Este territorio emitió 25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes en 2004 por lo que el proyecto pretende reducir las emisiones de 2050 en 6,25 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes. París ha tenido dos Planes de Acción de Clima, uno en 2007 y otro en 2012 que establecen la estrategia energética y medioambiental de la ciudad, incluyendo objetivos específicos y vías de cómo conseguir estos objetivos. Simultáneamente a estos dos Planes de Acción Climática, la estrategia general y los objetivos de París no cambiaron aunque las vías de cómo conseguirlos se fueron actualizando. La municipalidad reconoció que para catalizar el desarrollo hacia esos objetivos, la ciudad necesitaba ser más ambiciosa y dar ejemplo con los edificios de su propiedad, para los que desarrolla operaciones adecuadas para conseguir objetivos más ambiciosos. Los objetivos genéricos medioambientales y energéticos de París son:

OBJETIVO	EDIFICIOS, TRANSPORTE E ILUMINACIÓN PÚBLICOS PARA 2020	CIUDAD DE PARÍS EN 2020	CIUDAD DE PARÍS EN 2050
Emisiones gases GEI	30 % de reducción comparado con los niveles de 2004	25 % de reducción comparado con los niveles de 2004	75 % de reducción comparado con los niveles de 2004
Consumo energético	30 % de reducción comparado con los niveles de 2004	25 % de reducción comparado con los niveles de 2004	Sin especificar
Renovables +energías recuperadas	30 % del mix energético	25 % del mix energético	Sin especificar

Tabla 2: objetivos energéticos y medioambientales de París. Fuente: Ayuntamiento de París.

**El Plan de Acción climática de París de 2007** desarrolla DES en 4 áreas clave:

**OBJETIVOS:** para la energía de distrito se requiere un 60 % de renovables o energías residuales para 2012 para conseguir reducir el ratio VAT establecido por el Compromiso de Acción Nacional de Vivienda. El objetivo para 2020 era incrementar la participación de renovables o energías residuales al 75 %. Esto está dentro del contexto del Plan de Prevención de Residuos de París que persigue reducir la cantidad de basura incinerada en la ciudad (que en 2013 proporcionó el 39 % del calor de la red de DH).

**REGULACIONES:** Apunta la necesidad de revisar las normativas relacionadas con la copropiedad de los edificios (ley de propiedad horizontal en España) para permitirlos



tener acceso a la red de calefacción local más fácilmente. Además, se debatió la conveniencia de la conexión obligatoria de los edificios a la red de DH en zonas de desarrollo urbano; dejando la conexión obligatoria para zonas concretas de nuevas urbanizaciones.

**ESTUDIOS:** Apunta la necesidad de completar un estudio detallado del potencial de la energía geotérmica y la necesidad de perforaciones para los intercambiadores. Si el potencial fuera significativo, se gestionará un plan de desarrollo de la energía geotérmica. Además de este plan también se podrían crear planes para las energías eólica y solar. El desarrollo de un estudio para conseguir detalles de las 96000 residencias de París, incluyendo espesores de los muros, edad, ganancias solares, materiales de la edificación y un análisis de la eficiencia térmica de cada edificio. Estos estudios estaban diseñados para identificar áreas óptimas para mejoras de eficiencia energética, y podrían ser usados por CPCU en el desarrollo de la red y exponer ineficiencias de la red.

**BONOS POR DENSIDAD:** Las nuevas construcciones pueden tener un coeficiente de uso del terreno un 20% más alto si consiguen altos estándares de eficiencia o están desarrollados con instalaciones de generación con fuentes de energías renovables.

El Plan de Acción climática de París de 2007 planteó las siguientes actuaciones concretas:

- La explotación de la fuente geotérmica en la zona de desarrollo urbano de Claude Bernard (también llamada París Noreste).
- Una nueva extensión de 10 km de DH en el Noroeste de la ciudad.
- La implantación de paneles fotovoltaicos (6300 m<sup>2</sup> desarrollados en 2 matrices).

**El Plan de Acción climática de París de 2012** parte de los logros del Plan de Acción climática de París de 2007 y reitera los compromisos de la mayoría de los objetivos. El objetivo de conseguir el 60% de renovables o energías residuales para 2012 no se consiguió y se modificaron los porcentajes a conseguir en el tiempo. CPCU tiene nuevas redes de calor con el objetivo de lograr el 50 % de renovables o energías residuales para 2015 y llegar al 60% para 2020. El Plan de Acción climática de París de 2012 también priorizó esfuerzos en nuevas zonas de desarrollo urbano, con políticas energéticas específicas aplicadas a estas áreas para estimular las energías renovables, la eficiencia energética e incrementar las conexiones al DH. El Plan puntualiza el interés de la ciudad en la recuperación de calor desde sistemas como las redes de alcantarillado de aguas residuales y el metro, con alto potencial para ser explotado, junto con la energía geotérmica en zonas de desarrollo urbano específico como Cliché-Batignolles y el existente desarrollo geotérmico en París Noreste. El Plan indica que la producción geotérmica se podría doblar en la ciudad durante el periodo 2012 a 2022.

#### **París: Planeamiento y Master Plan de District Heating.**

París utiliza el planeamiento de uso del territorio y zonificación urbana para promover la energía de distrito, así como la eficiencia energética. Además, la ciudad enfoca sus esfuerzos para expandir e interconectar los sistemas de DH, tanto en el interior como en la periferia urbana. París es una ciudad en crecimiento con nuevos desarrollos de viviendas en la periferia, sobre terrenos que fueron industriales como el distrito XIX. En



los nuevos desarrollos es más fácil implementar la energía de distrito, ya que tuberías y redes pueden estar consideradas antes de que la construcción comience, en fase de planificación. Las zonas de desarrollo urbano se utilizan para testar políticas y tecnologías que pueden ayudar a conseguir a largo plazo objetivos energéticos y medioambientales. Estas zonas de desarrollo tienen regulaciones especiales y pueden estar obligadas a conectarse al DH según su situación. Ocasionalmente, la ciudad de París paga para extender la red de DH a una nueva zona para asegurar las conexiones. Esto se consigue mediante la provisión de préstamos de bajo interés por la ciudad para el desarrollo de estas extensiones. Se está estudiando la posibilidad de tener nuevas zonas con obligación de conexión cuando el mix energético del DH tenga más del 50% renovable o de energías residuales. Esta obligación de conexión, figurará como cláusula específica en el documento de planeamiento del área. También se estudiará el potencial de producción energético local dentro de estas nuevas zonas, así como la conexión a las redes de DH de CPCU y de DC de Climespace.

La ciudad de París tiene el control sobre la energía de distrito mediante los contratos de concesión que se formalizan para las redes de calefacción y refrigeración. En julio de 2012, se incluyó un requerimiento para la creación de un “Master Plan de District Heating” en la adenda número 10 del contrato de concesión de la red de calefacción para nuevos desarrollos. Este Master Plan de Calefacción se debe diseñar junto con las autoridades de los barrios, puede solicitar la interconexión con algunas de las redes de calefacción del gran área metropolitana y también puede invertir en instalaciones de producción de calor. La interconexión entre las redes de barrio y las redes generales, puede incrementar la eficiencia equilibrando la demanda y maximizando la carga base entre las redes conectadas. Para el futuro, con la creación de la Metrópolis del Gran París, que incluye París y 123 ciudades periféricas que totalizan alrededor de 7 millones de habitantes, habrá una oportunidad de interconectar más redes y maximizar los recursos regionales. Esto se realizará mediante la creación de un fondo de inversión global, para toda la región metropolitana del Gran París, enfocado específicamente a incrementar la proporción de renovables en el suministro de calor y la interconexión de las redes. Destacan dos objetivos en este Master Plan: la interconexión entre redes y la progresiva introducción de renovables como fórmula para lograr la eficiencia al equilibrar las demandas y utilizar energías no contaminantes.

#### **París: el desarrollo histórico del District Heating. CPCU 90 años de DH**

París utiliza su participación como propietario de CPCU y la concesión de contrato para establecer una tarifa máxima de calor, para establecer una tarifa mínima para residentes de viviendas sociales, y para exigir desarrollo de energías renovables y energías residuales en la red de calor. La Compañía de París de Calefacción Urbana (CPCU) suministra a 16 ciudades en el área metropolitana de París, incluyendo la ciudad de París, con agua caliente y vapor. El calor desde CPCU es en mayor medida usado para la calefacción y agua caliente de edificios, aunque el vapor también se usa en procesos industriales. La progresión de CPCU desde 1927 hasta el día de hoy ha sido la siguiente:

1927: París crea una concesión para el desarrollo de una red de DH de vapor, para edificios de la administración, públicos y nacionales. CPCU, una compañía privada,



comienza el desarrollo del DH bajo un contrato de concesión. La energía de distrito fue una solución para mejorar la calidad de aire de la ciudad ya que la mayoría de las calefacciones estaban descentralizadas con carbón y madera y reducir el riesgo de incendio.

1930: las actividades de CPCU comienzan proporcionando calor para una fábrica, precalentando los trenes de la estación de Lyon, y la conexión a la red de veinte edificios de los barrios periféricos, para tener calor de forma ininterrumpida y segura.

1939: la red se expande a través del centro de París hasta tener 13,5 km de longitud y 190 clientes incluyendo muchos de los grandes edificios administrativos y públicos como el Louvre, el Ayuntamiento, el Palacio Real y muchos almacenes comerciales, bibliotecas y hoteles.

1949: después de la Segunda Guerra Mundial la ciudad de París compra el 33% de las acciones de CPCU transformándola en una compañía público privada. La ciudad compró esta participación para contribuir a la reconstrucción de la red en el periodo de posguerra y ayudar a conectar las nuevas viviendas sociales que se estaban desarrollando en la reconstrucción.

1966: la red se ha expandido a través de las líneas de metro y tuberías existentes, consiguiendo una longitud de tubería de distribución de 120 km y servir a 1700 clientes.

2015: Hoy CPCU es en un 33% propiedad de la Ciudad de París, 64% de Cofely y 2% bonos públicos. En 2013 la red suministró el equivalente de 500.000 hogares, distribuyendo 5,5 TWh de calor a través de 475 km de longitud de tuberías.

La red gestionada por CPCU proporciona el equivalente al calor demandado por 500.000 viviendas, incluyendo casi el 100% de los hospitales, 50% de viviendas sociales y 50% de edificios de propiedad pública. El cliente base de CPCU comprende el 28% de los edificios residenciales privados, 17% de viviendas sociales y el resto lo completan hasta el 100% edificios públicos y oficinas de empresas. La autoridad municipal utiliza sus activos en CPCU para asegurar el abastecimiento y la demanda de servicios de CPCU, lo que incrementa el equilibrio de las cargas en la red. La ciudad también se beneficia de calor procedente de renovables, algo crítico para conseguir los objetivos de renovables en edificios públicos (30% de energías renovables para 2020). La ciudad, como propietaria del 33 % de CPCU, tiene participación directa en la compañía de calor de distrito, lo que facilita la conexión de los proyectos de vivienda social. También utiliza su propiedad para exigir tarifas mínimas para todas estas viviendas sociales, asegurando que estén provistas de calor asequible. CPCU también tiene como objetivo reducir el consumo de energía de sus usuarios con un “Plan de reducción de la demanda de calor”. Este Plan incluye la instalación de contadores individuales, la implementación de aislamiento en los edificios y la reducción de pérdidas de calor en la red de distribución.

CPCU opera bajo concesión de la ciudad de París desde 1927, este modelo ha permitido a París mantener un alto grado de control en el desarrollo de la red, en las tarifas de calor, y 4 de los 10 Directivos de CPCU son nombrados desde la ciudad de París. El contrato de concesión especifica una tarifa máxima de calor que CPCU puede cargar a sus clientes. Esta tarifa máxima de calor está definida según la proporción de fuentes de energía renovable utilizadas, con el objetivo de estimular el cambio a renovables en CPCU. El modelo de negocio también permite a CPCU beneficiarse de la experiencia del



sector privado, Cofely, la empresa copropietaria. Cofely aporta su gran balance y experiencia internacional para mejorar e invertir en las redes de distrito. CPCU aporta significativos retornos a la ciudad con beneficios anuales estimados en 19,5 millones de euros, un dividendo anual para la ciudad de 2 millones de euros y una cuota anual por concesión de 7 millones de euros.

### **Tecnología: Bucles de agua caliente y Mix Energético**

En gran parte, es una red de vapor con intercambiadores individuales de calor en cada punto de conexión, pero también incluye 19 “Bucles de Agua Caliente” que distribuyen agua caliente a través de pequeños barrios, áreas donde llega el calor mediante intercambiadores con la red de vapor principal. El vapor se usa desde 1927 con la tecnología disponible en cada momento. Hoy cuando se desarrollan nuevas áreas, se prefiere la solución de “Bucles de Agua Caliente” por su mayor eficiencia en la distribución de agua caliente (aproximadamente un 95%). Además, el agua caliente puede almacenar calor mejor que el vapor, los “Bucles de Agua Caliente” pueden reducir picos de demanda en la red de vapor, lo que contribuye a disminuir la producción de Carbono, ya que los picos de demanda, son abastecidos normalmente con calderas de combustibles fósiles.

El sistema tiene gran variedad de fuentes de calor que producen vapor para la red de calor de distrito, las proporciones relativas del mix energético han ido variando en el tiempo. La carga base de producción de calor se genera en 3 incineradoras de residuos RSU que proporcionan el 39% del calor de la red y combinadas reducen las emisiones de Carbono por calor en 800.000 tCO<sub>2</sub>. Estas incineradoras de Residuos no son propiedad de CPCU sino de Sycatom, la compañía Metropolitana de Residuos de París. CPCU compra vapor desde las tres incineradoras de residuos que en conjunto tienen una capacidad térmica de 397 MW térmicos (MWth). CPCU es propietaria de 2 plantas de cogeneración, calor y electricidad (CHP), cada una de ellas con una capacidad eléctrica de 125 MWe, produce 1 TW de electricidad por año (aproximadamente 160.000 hogares<sup>1</sup>) para la red de distribución local. Estas dos plantas con calderas de gas y carbón también proporcionan calor, con una capacidad térmica conjunta de 982 MW térmicos. Las otras cinco plantas, con calderas de fuel proporcionan los picos de demanda para la red. En total, todas estas plantas suman una capacidad térmica de 4 GW térmicos, conectada para abastecer la red de calor. Tres de las plantas de fuel están dentro de áreas densas de París, CPCU es una de las pocas compañías industriales que quedan dentro de la ciudad y debe cumplir los estrictos límites de emisiones. Las tres incineradoras de Residuos propiedad de Sycatom están equipadas para reducir las emisiones a la atmósfera muy por debajo de los límites legales. El futuro mix energético para la Red de DH está definido por la estrategia de la ciudad a través de su papel como copropietario de CPCU y mediante el contrato de concesión. Para finales de 2015, el objetivo era conseguir el 50% de energía renovable. Para 2016, el mix energético debería incrementar la proporción de renovables o energías recuperadas hasta el 53%, llegando al 60% para el 2020. CPCU quiere crear grandes plantas de biomasa cerca de la ciudad con una potencia térmica de 200 MW en tanto que la biomasa pueda sustituir el 10 % del mix proporcionado actualmente por el fuel. Sin embargo los retos de la calidad del aire requieren encontrar biomasa de buena calidad para la planta. París tiene un recurso



geotérmico que es particularmente útil para los propósitos del DH a pesar de las dificultades de acceder a este recurso en una ciudad densa. El desarrollo urbano de la zona Noreste de París conseguirá suficiente calor geotérmico como para representar el 1% de la producción de CPCU en 2016. Si CPCU consigue el objetivo del 60% de renovables o energía recuperada para 2020, la reducción neta de emisiones de GEI podría alcanzar alrededor de 350.000 tCO<sub>2</sub> equivalentes. Además, de disminuir el consumo de energía primaria, el objetivo de París es abastecerse con los recursos energéticos regionales y la gestión de residuos.

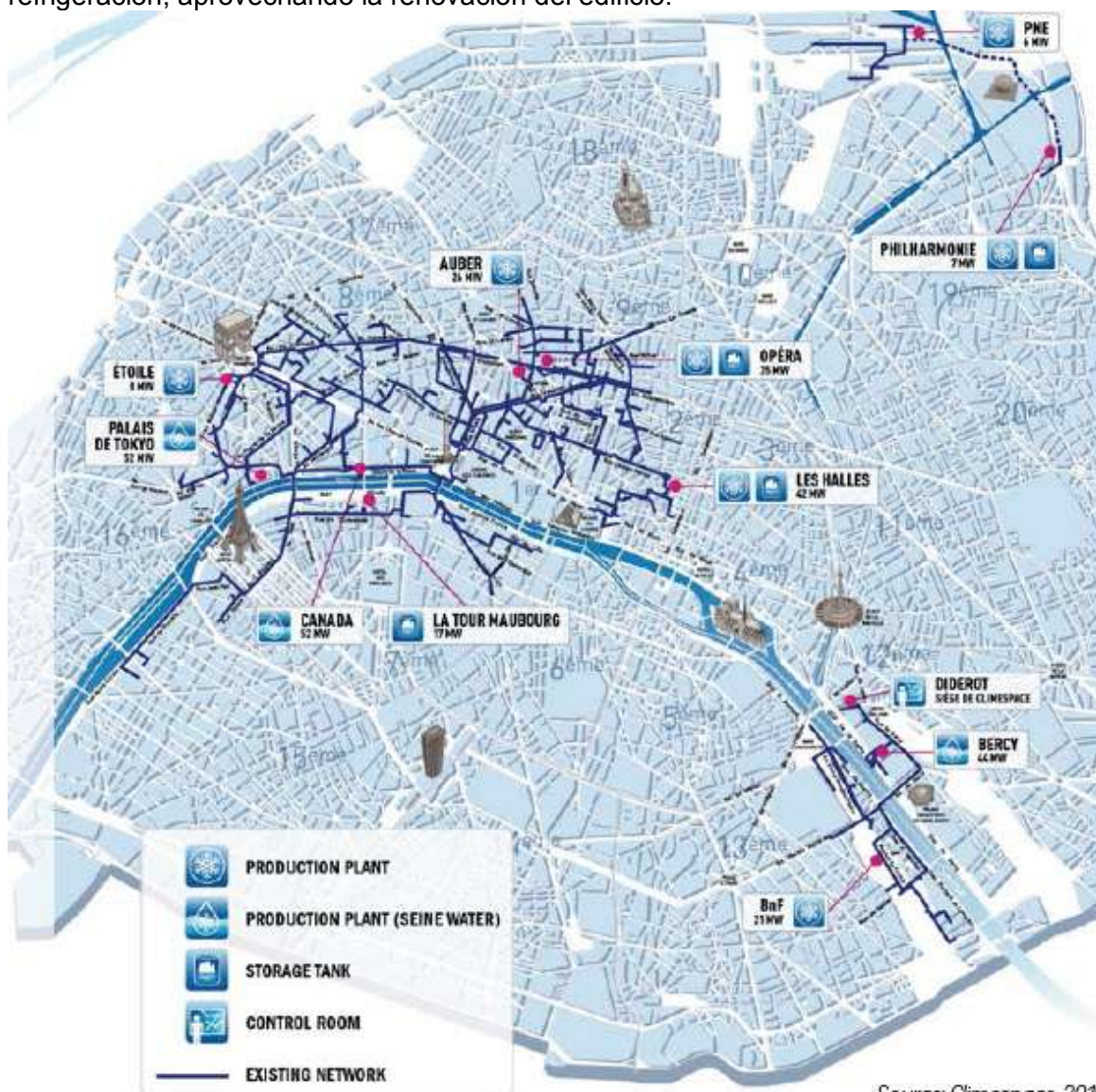
## La Red de Frío de París

El District Cooling en París está gestionado por Climespace desde 1991 bajo una concesión. Fue la primera red de refrigeración en Europa y hoy es la más larga, opera en el centro de París. Aislada de otras redes incluye dos redes de DC en La Défense, una gran red de distrito empresarial en el oeste de París, operada por IDEX y Dalkia. La red, bombeando agua fría alrededor de la ciudad, suministra aire acondicionado y enfriadoras a muchas oficinas, tiendas, hoteles, así como a la mayoría de los más famosos edificios parisinos, incluido el Louvre y el foro de Les Halles. Los consumidores están conectados por muchas razones: el significativo ahorro de espacio, la posibilidad de utilizar el espacio de la cubierta (al no necesitar torres de refrigeración), la mejora de la calificación medioambiental del edificio, la necesidad de reemplazar el equipo existente y a largo plazo, los ahorros que produce el DC. Climespace tiene un rango de consumidores con necesidades variadas de refrigeración incluso en el invierno. Grandes salas de servidores en bancos, así como áreas de almacenamiento en museos y salas de conciertos, todos tienen una demanda significativa de frío a lo largo del año. No están conectados usuarios residenciales, ya que la estación de refrigeración en París para los consumidores residenciales es demasiado corta, aproximadamente dos meses, y la demanda de frío es demasiado baja, ya que muchos parisinos abandonan la ciudad por vacaciones. Sin embargo, Bruneseau y París Noreste son dos zonas de desarrollo urbano que sí han sido contempladas por la expansión de la Red de Frío.

Climespace utiliza los sótanos, cubiertas de edificios existentes, conexiones subterráneas al Río Sena y recorre el 60% de la red a través del sistema de alcantarillado de la ciudad para minimizar costes de desarrollo de la red y el impacto en la ciudad, siendo un ejemplo práctico de integración en el entorno construido. La red supera los 71 km de longitud, la mayoría en el centro de la ciudad y dos redes menores separadas que existen en el Noreste y Suroeste de París. La escala y el rápido crecimiento de la red de DC de París se ha conseguido, en parte, al desarrollar el 60% de la red a través del sistema de alcantarillado existente. En una ciudad densa como es París, esto abarata los costes significativamente y disminuye las interrupciones en las calles, ya que no siempre es necesario excavar para extender la red. En París, cuando las calles tienen que excavar, las autoridades municipales son las responsables de coordinar y reducir estas interrupciones, intentando coordinar con otras instalaciones como las de electricidad, con ErDF, para asegurar que los trabajos en las calles coincidan al mismo tiempo. Si hay demanda de un gran consumidor, la red se extiende para abastecer a este consumidor y conectar otros posibles clientes cercanos a la nueva tubería de distribución. Climespace



tiene más de 570 clientes con una demanda equivalente de 5 millones de metros cuadrados de oficina refrigerada, demanda que está creciendo de forma continuada para conectar la red a unos 25-30 clientes nuevos por año (aproximadamente 14 MW de capacidad de frío). Los clientes que ya están conectados tienen sistemas centralizados de frío y normalmente están reemplazando enfriadoras individuales y torres de refrigeración, aprovechando la renovación del edificio.



Source: Climespace, 2015

**Figura 2:** mapa de la red de Climespace que muestra la red y la situación de las plantas de producción. Fuente Climespace, 2015.

El sistema de DC tiene nueve centrales de producción de agua fría (desde las 5 de 2007) con una capacidad de frío de 330 MW producen 412 GWh anuales de refrigeración. La red de DC utiliza enfriamiento gratuito en las tres centrales de producción que toman





agua fría del Río Sena para preenfriar el agua antes de introducirlo en las enfriadoras eléctricas. De esta manera el consumo de electricidad de las enfriadoras es menor, ahorrando costes, emisiones de CO<sub>2</sub> y consiguiendo gran eficiencia energética. Las tres centrales de producción conectadas al Sena son las centrales con mayor producción de todas las conectadas a la red, totalizan 148 MW. La sala de control de la red de DC trabaja para maximizar el uso de este “free cooling” y utiliza estas tres centrales de producción como suministradoras de la carga base de la red, consiguiendo el 75% de la demanda de frío media anual de la red, permitiendo que la red de DC utilice un 35% menos de electricidad que un sistema de refrigeración centralizada en los edificios. Las otras centrales de producción en la red ayudan a suministrar los periodos con picos de demanda de frío y son enfriadoras eléctricas de alta eficiencia con torres de refrigeración.

La temperatura de suministro de la red es aproximadamente 4° C y la temperatura de retorno puede alcanzar hasta 14° C. La red también tiene tres centrales de almacenamiento de agua fría que pueden suministrar de forma instantánea mayor potencia a la red y también pueden intercambiar la demanda de electricidad entre las diferentes centrales de producción. La red distribuye agua fría mediante estaciones de transferencia de energía, que a menudo se sitúan en el sótano de los edificios, y que contienen intercambiadores de calor para enfriar el sistema interno centralizado de refrigeración del edificio. Estas estaciones de transferencia de energía tienen capacidades diferentes dependiendo de la demanda máxima estimada del edificio y necesitan solamente un espacio pequeño (unos 20 metros cuadrados) comparado con el previo existente en el edificio a base de torres de refrigeración y enfriadoras eléctricas. La red de distribución de Climespace y las centrales de producción son casi todas subterráneas. Esto es una solución económicamente eficiente en el caso de una ciudad densa. Las tres centrales de producción conectadas al Sena son completamente subterráneas y no requieren torres de enfriamiento ya que el agua más caliente se bombea al Sena. Las otras plantas de producción de la red alquilan espacios subterráneos en edificios existentes y tienen torres de enfriamiento en la cubierta del edificio. Por ejemplo, la Filarmónica de París fue construida en coordinación con Climespace, que alquiló un espacio para que, una enfriadora eléctrica, almacenamiento de frío así como una torre de refrigeración, se instalaran durante la construcción del edificio. La red desarrollada será interconectada en el futuro con el desarrollo urbano de París Noreste.

#### **Zona de desarrollo urbano de Bruneseau (Bercy – Bnf)**

El nuevo desarrollo urbano de Bruneseau en el este de París, en la orilla izquierda del Sena, fue desarrollado para cerrar una parte separada existente de la red de Bercy, que tiene una instalación de producción de frío de 44 MW desde el río Sena en su orilla derecha. La ciudad de París se dirigió a Climespace para considerar la conexión del nuevo desarrollo de Bruneseau para mejorar las certificaciones medioambientales del área. Esta conexión requirió una nueva instalación de producción en la orilla izquierda, también se planteó que la tubería de DC existente a través del Sena podría no ser lo suficiente ancha como para suministrar al desarrollo de Bruneseau, lo que podría requerir una capacidad adicional de frío en la orilla izquierda para el verano. Climespace se dirige a la Biblioteca Pública Nacional (Bibliothèque Nationale de France) en la orilla izquierda,



para instalar la nueva central de producción con enfriadoras eléctricas y torres de refrigeración, Climespace alquila un espacio del sótano de la biblioteca de 2000 metros cuadrados. Esto se desarrollará en tres fases con enfriadoras eléctricas añadidas en paralelo según aumente la demanda, la primera fase ya está realizada. El desarrollo de la Zona Urbana de Bruneseau fue un catalizador para continuar con la expansión de la red de Bercy en la orilla izquierda, ahora se requiere un gran nuevo desarrollo que justifique la creación de una nueva instalación de producción en las dos fases restantes.

### **Zona de Desarrollo Urbano Claude Bernard (París Noreste)**

La zona de desarrollo urbano Claude Bernard es un nuevo desarrollo en el Noreste de París que comprende 12000 pisos y 1 millón de m<sup>2</sup> que serán parcialmente abastecidos con calor y frío renovable desde una nueva fuente geotérmica desarrollada simultáneamente al nuevo desarrollo. El proyecto extraerá agua a 60°C desde una fuente perforada en el acuífero Dogger a 1600-1700 metros de profundidad y devolviendo el agua por otra perforación (pozo intercambiador). Esta agua caliente se usará para conseguir parte de la demanda de calor del desarrollo y en verano se usará para producir la refrigeración a través de enfriadoras de absorción. Para este proyecto se estimó un coste de 15 millones de euros y tendrá una décima parte de emisiones de CO<sub>2</sub> comparado con una calefacción de gas. La capacidad de producción de calor de la planta geotérmica será de 11 MW. El costo estimado es de 21 millones de euros para la construcción de la planta geotérmica y de 32 millones de euros para los pozos geotérmicos y el desarrollo de la red de DH. En diciembre de 2013 se creó Géométropole, una nueva compañía, que es en un 44% propiedad de CPCU, 22% propiedad de Climespace y 34% de una institución financiera pública, la Caja de Depósitos y Préstamos. Desde la planta geotérmica se abastece de calor a la red de CPCU en el desarrollo de Claude Bernard y de agua fría a la red de Climespace. El Plan de Acción Climática de París de 2007 promovía el estudio detallado del potencial geotérmico en París. El plan de 2007 también especificaba la zona de desarrollo urbano de Claude Bernard para conseguir requerimientos específicos, incluyendo niveles 20% más bajos de consumo de energía que los determinados en las regulaciones térmicas existentes, un esfuerzo para ser autosuficiente energéticamente, utilizar al menos 25% de energía renovable y conseguir el certificado BBC de Effinergie Rénovation. De esta manera el Plan de Acción Climática ha dirigido el esquema innovador de desarrollo urbano de Claude Bernard.

### **District Cooling en el distrito financiero de La Défense.**

La Défense es un gran distrito empresarial en el oeste de París, situado junto a las ciudades de Puteaux, Courbevoie y Nanterre, ciudades que han formado con sus Departamentos Municipales una Asociación Empresarial, SICUDEF, responsable de sus redes de DC. Los distritos empresariales tienen densas y altas demandas de refrigeración, por lo que son desarrollos ideales para DC. La red, SUC, Sociedad Urbana de Climatización, en la Défense opera bajo concesión de SICUDEF. SUC es propiedad de Dalkia y sirve 70 torres a través de 6 km de red de agua fría, directa o indirectamente, el equivalente a un espacio de 1 millón de metros cuadrados de oficina y hotel, interconectados mediante dos redes adjuntas. La red SUC utiliza "la refrigeración gratuita" del río Sena mediante una conexión al río que suministra gran cantidad de agua



fría, no usa torres de refrigeración, liberando espacio en las cubiertas de los edificios del distrito para otros usos. Las enfriadoras eléctricas son capaces de producir frío adicional, durante los periodos de demanda pico. La red SUC tiene una capacidad de refrigeración de 85 MW proporcionando 80.000 MWh de agua fría al año.

### **París: beneficios del sistema de District Cooling.**

Climespace es 100% propiedad del Grupo GDF Suez a través de su filial Cofely. Las inversiones son financiadas sólo por Climespace, que opera bajo un contrato de concesión de 30 años de la ciudad de París que finalizará en 2021 y entonces será renegociado. Este contrato de concesión especifica tarifas que Climespace puede cargar a sus clientes. Las tarifas varían dependiendo del tiempo de uso y del tamaño de la estación de transferencia de energía que el edificio requiera. Climespace tiene 124 empleados y proporciona unos ingresos anuales para la ciudad de aproximadamente un millón de euros al año con unos movimientos anuales de 74 millones de euros. En comparación con una instalación de capacidad equivalente de unidades individuales, la red de DC es más eficiente económica, estética y medioambientalmente. Los usuarios ahorran espacio, en los edificios no se necesitan lugares para las unidades de aire acondicionado individual o enfriadoras. El uso de enfriadoras de alta eficiencia energética y de refrigeración gratuita desde el Sena permite reducir el consumo de electricidad y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Comparado con un sistema de unidades de refrigeración individual equivalente, los beneficios son:

- 50% de mejora en eficiencia energética.
- 50% menos de emisiones de CO<sub>2</sub>
- 80% menos de productos químicos usados.
- 65% menos de consumo de agua.
- 90% menos de emisiones de refrigerante.
- 35% menos de consumo de electricidad.
- En comparación con otros sistemas de refrigeración húmeda, Climespace, reduce el efecto de isla urbana de calor en cada isoterma de 1 a 2° C.

Muchos clientes están conectados a Climespace porque estas mejoras contribuyen en la etiqueta energética del edificio facilitando la venta o alquiler. Estas etiquetas de energía LEED, HQE y BREEAM, valoran la eficiencia integral, en tanto que ajustan la eficiencia de la envolvente del edificio, una práctica clave para el desarrollo de la energía de distrito.

### **París: Eficiencia Energética en los Edificios y Energía de Distrito.**

París tiene muchas viviendas antiguas, que pueden ser objeto de renovación, mejorando su eficiencia térmica o conectándolas a las redes de DH. Como muchas ciudades, París necesitará conseguir los objetivos de carbono en todos los edificios y viviendas, nuevos y existentes. El desarrollo de la energía de distrito conseguirá que París no siga expuesto a los vaivenes del precio de la energía y mejorará sus emisiones de carbono. París es una ciudad que requiere calefacción, refrigeración y agua caliente, la demanda para refrigeración y agua caliente varía significativamente según el tipo de edificio, sin embargo, la demanda de calor es más constante. Para conseguir los niveles de energía teniendo en cuenta el certificado BBC Effinergie Rénovation (un certificado nacional para la eficiencia energética de los edificios) se requiere que el consumo de energía primaria



para construcción nueva sea menor de 104 kWh/m<sup>2</sup> año en la región Ile de France, mientras que la media de los edificios en París consume 275 kWh/m<sup>2</sup> año.

En 2010 la ciudad de París lanzó un programa de vivienda para mejorar la eficiencia térmica de los edificios, subvencionado por el gobierno. El primer objetivo del programa fue mejorar el aislamiento de edificios con insuficiencias, instalando nuevos aislamientos en fachadas y cubiertas de los edificios, cambiando las calderas de fuel, e instalando ventanas con vidrio doble. El programa también posibilitaba el cambio del calor de electricidad o gas natural por DH. La ciudad de París pagó 100% del diagnóstico térmico y proporcionó el doble de los incentivos nacionales para estas renovaciones. Inicialmente el programa se dirigió a los edificios del distrito 13 (edificios construidos entre 1940 y 1981). Estos edificios ya tienen una proporción alta de calefacción colectiva (56%) y el programa catalizó la creación de asociaciones de copropietarios para buscar reducir la demanda de energía en los sistemas de calefacción colectiva, lo que a veces implica la conexión de la calefacción colectiva a la red de DH. En dos años y medio de programa, 151 copropietarios han gestionado una auditoria energética, 38 copropietarios han acometido un proyecto y 28 (2.236 unidades de viviendas) han votado para aprobar los trabajos para ahorrar 8 GWh/año según la OPATB. Este programa piloto en un área de la ciudad, se desarrolló con éxito, y ahora se despliega por todo París.

El ejemplo de París demuestra la importancia de valorar la energía de distrito, el DH, el DC, como instrumento de las ciudades para mejorar la eficiencia de los edificios. Mejorando la eficiencia mediante el diseño de los edificios y el DH, las ciudades pueden reducir el consumo energético con menos costes. La renovación finalizada en abril de 2015 en el Centro Georges Pompidou de París es un buen ejemplo de cómo la eficiencia de un edificio y la energía de distrito pueden complementarse mutuamente, todo contribuye a que el edificio consiga el certificado HEQ (Haute Qualité Environnementale) de Eficiencia en Edificios.

#### 4.2. El Sistema de Energía de Distrito de Milán

Milán tiene un sistema de District Heating que proporciona más del 5 % de la demanda de calor de los edificios de la ciudad. La ciudad también tiene una pequeña red de District Cooling que da servicio de 800.000 m<sup>3</sup> de demanda de frío. Milán utiliza este sistema para reemplazar el consumo de calor de la ciudad desde, predominantemente calderas de gas y calderas de gasoil, y para reemplazar el consumo de frío desde ineficientes aires acondicionados, por un consumo de calor y frío renovables, generados por residuos desde plantas de generación eléctrica y recursos de aguas subterráneas. En 2011 gracias al District Heating se evitaron cerca de 70.000 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> y para 2020 se espera evitar anualmente 139.000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

##### **Milán: beneficios del District Heating en tres ámbitos.**

Resiliencia:

- Al usar energías renovables y calor procedente de residuos, el DH de Milán fortalece la resiliencia de la ciudad frente a la fluctuación del mercado de precios de los combustibles fósiles.



- Al reducir el número de calderas de gas natural y de gasoil, el DH de Milán mejora la seguridad de la distribución del calor en la ciudad.
- Milán está en una región que es importadora neta de electricidad desde las regiones del sur, lo que puede exigir altas necesidades de la Red en el sistema nacional de transmisión de la electricidad. Incrementando la producción local de electricidad desde la planta de cogeneración y las plantas alimentadas de Residuos Sólidos Urbanos (Waste-To-Energy), Milán contribuye a reducir las necesidades de la red y puede reducir la demanda pico de electricidad a través del uso del almacenamiento térmico.

#### Economía:

- Respecto de los costes de calefacción en la economía de residentes, empresas y otros edificios de la ciudad, el sistema de DH es menos caro que la calefacción de gasóleo y tiene precios comparables a la calefacción de caldera de gas individual.
- En 2011 el DH ahorró a Milán, los gastos equivalentes en energía a 20.000 toneladas de petróleo.
- La ciudad de Milán cuenta con ingresos anuales por ser propietaria parcial de su sistema de DH, que proporciona dividendos compartidos con el concesionario.

#### Medio Ambiente:

- La integración de sistemas, el uso de cogeneración, de almacenamiento de calor, de las bombas de calor y calderas contribuye a equilibrar el sistema nacional de electricidad. Esto incrementa la capacidad de Italia de incorporar mayores porcentajes de electricidad renovable ahora y en el futuro, por ejemplo mayores niveles de solar fotovoltaica y eólica.
- El sistema de DH permite acelerar la sustitución de las calderas de gasóleo que todavía existen en la ciudad, mucho más contaminantes que las calderas de gas.
- DH permite integrar generación procedente de renovables y energías residuales para calefacción, lo que no podría ser viable en edificios de otra manera.
- Al conseguir mayor eficiencia e integración de renovables, la red de DH de Milán en 2011 evitó la emisión de 2,5 toneladas de partículas, 70.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, 50 toneladas de NO<sub>x</sub> y 25 toneladas de SO<sub>2</sub>.

MW térmicos de calor producidos conectado a DES	MW eléctricos producidos desde DES conectado a CHP	MW térmicos de frío producidos conectado a DES	MWh de calor producción por año con DES	MWh de frío producción por año con DES	Kilómetros de Red de calor	Kilómetros de Red de frío
<b>622MWth</b>	<b>113MWe</b>	<b>17.5MW</b>	<b>642,0MWh</b>	<b>7,492MWh</b>	<b>136 km</b>	<b>11 km</b>

Tabla 3: las redes de Milán en números. Fuente: A2A Calore & Servizi, 2015.

#### Milán: gobierno local como planificador y regulador.

La Política energética de Milán tiene dos objetivos estratégicos prioritarios:

- Objetivos de tasas de CO<sub>2</sub> y reducción de emisiones de efecto invernadero, lo que conlleva reducir el consumo de energías fósiles, aumentar la eficiencia energética y energías renovables. La estrategia energética vincula los beneficios de la energía de distrito con la amplitud de los objetivos políticos.



- Estudiar las posibilidades para el futuro: desde una combinación de DHCP, la energía de distrito comparte entre edificios específicos (por ejemplo, edificios públicos), o puede compartir entre numerosos edificios conectados, facilitando lograr los objetivos. Como miembro de la Unión Europea, Italia debe asumir los objetivos establecidos para 2020 en cuanto a cambio climático y energía: reducir 20% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto de los niveles de 1990, 20% de los consumos de energía deben proceder de fuentes renovables, mejorar la eficiencia energética en un 20%. En 2009 Milán elabora un plan, Sustainable Energy and Climate Action Plan (SEAP) que recoge el camino a seguir para reducir las emisiones un 20% en 2020, incluyendo un programa de eficiencia energética en edificios, generación energética con plantas de Waste-To-Energy y DH. Para fijar las estrategias energéticas se analizaron específicamente los sectores de calefacción y refrigeración, identificando que sólo el DH podría contribuir con casi un 10% de los objetivos de la ciudad para 2020, al disminuir un 20 % las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Sustainable Energy Action Plan (SEAP)**

Desde la administración municipal se diseñan acciones en coherencia con los objetivos 2020 marcados por Europa. Milán decide conseguir esos objetivos desarrollando un DH que sea coherente con la legislación europea y nacional en los requerimientos de alta eficiencia energética y medioambiental. También investiga la incorporación de nuevas fuentes de energía, como calor procedente de residuos de instalaciones industriales, que puedan incrementar la eficiencia del sistema. El Plan SEAP elaborado por Milán en 2009, detalla el camino a seguir para reducir las emisiones un 20% por debajo de los niveles de 2005 en 2020, analizando las contribuciones potenciales desde los diferentes sectores de la ciudad. El Plan sólo considera el CO<sub>2</sub> por constituir la mayoría de las emisiones en la ciudad (92%) y la reducción de los otros gases de efecto invernadero está incluida en las políticas regional y nacional. En 2005 las emisiones fueron 7418 ktCO<sub>2</sub> y en 2020 se deben reducir a 5935 ktCO<sub>2</sub>. Las futuras mejoras en la extensión de la red de DH se espera que contribuyan en la reducción de 139 ktCO<sub>2</sub> de emisiones. Las mejoras de la red de DH incluyen alargar la red, con un incremento de calor distribuido desde los actuales 642 GWh/año a los esperados 1180 GWh/año.

### **Planificación energética integral.**

Milán usa varias herramientas de mapeo y estudia el desarrollo de la energía de distrito directamente en las áreas de demanda óptimas, para conseguir identificar rutas de interconexión y dónde existen potenciales fuentes de calor que pueden ser conectadas. Por ejemplo, Milán ha desarrollado varios estudios y planes para evaluar el potencial de utilizar aguas subterráneas para calefacción. Milán tiene un gran recurso térmico en un acuífero profundo que se puede explotar para usos de calefacción en la ciudad mediante el uso de bombas de calor conectadas a las fuentes para la extracción. Actualmente se investiga como conectar estas fuentes de agua subterránea en el sistema de DH y con los edificios individuales. Previamente, se desarrolló un estudio financiado con fondos públicos para identificar el potencial de las bombas de calor necesarias para utilizar el agua subterránea en edificios públicos. Con este estudio, la ciudad valora la utilización potencial de calor del agua subterránea evaluando la proximidad existente entre la extracción de agua de la fuente del acuífero y la demanda de la ciudad. Estas fuentes



existentes, permiten extraer permanentemente agua del acuífero, con una buena conexión a las bombas de calor, con el objetivo de controlar y mantener el nivel del agua en el acuífero. Los ejercicios de mapeo identifican la relación espacial entre el suministro y la demanda, guiarían el desarrollo del DHC conectado con las fuentes existentes, o el desarrollo de nuevas fuentes (pozos) que podrían estar mejor situadas, cerca de las áreas de alta demanda de calor. Los Mapas de energías reflejan la demanda local de calor y frío sobre un mapa de la ciudad para comprender el uso energético, la infraestructura, las emisiones así como las fuentes y recursos disponibles.

Como operador y desarrollador del DHC de Milán, la empresa A2A Spa trabaja en coordinación con el municipio, con los instrumentos urbanos de planeamiento como el Master Plan Urbano. A2A Spa comparte sus planos del DHC con la administración municipal y el resultado es que los futuros desarrollos serán compartidos en el PUGGS (el Plan de Servicios Subterráneos). El Plan de Servicios Subterráneos, PUGGS se desarrolló como resultado de las exigencias de la legislación regional a las municipalidades, de planes específicos para las redes subterráneas. El Plan refleja los cambios en la distribución de la población y coordina diferentes desarrollos de infraestructuras para minimizar los impactos en la ciudad. La visión de futuro de la Red de DHC está descrita en PUGGS y a largo plazo las múltiples redes serán interconectadas para crear una gran Red que forme un anillo alrededor del centro de la ciudad. Esto es un Plan de Energía Integral, específico para la red desarrollada, que configura el desarrollo futuro de las redes subterráneas, incluyendo la energía de distrito y otras redes energéticas como gas y electricidad. Se opta por un plan energético holístico que integre la energía en la planificación de la ciudad, combinando todas las herramientas y recursos. La ciudad tiene participación minoritaria en la asociación A2A Spa, lo que conlleva no poder dirigir con exactitud los planes de la expansión del DHC, pero Milán sí puede exigir que el operador asegure que las líneas de desarrollo respeten la planificación urbana y los objetivos de CO2 de la ciudad.

### **Políticas de conexión a la red y de Eficiencia Energética en Edificios.**

Las políticas de conexión municipales, estimulan e incentivan la conexión dónde es económica y técnicamente factible y están dirigidas a minimizar los riesgos. La zonificación urbana conlleva normativas que permiten, estimulan o requieren desarrollos de energía de distrito. Milán ha utilizado su planificación para desarrollar un código de construcción que promueve activamente la energía de distrito al requerir mayores niveles de eficiencia energética que los estándares nacionales e incorporando el sistema de DH dentro de la evaluación de la eficiencia energética de los edificios. Milán no tiene una política de conexión obligatoria que requiera la conexión de los edificios a las redes de energía de distrito, sin embargo la legislación existente, el nuevo código de la edificación aprobado en 2014, promueve la conexión a un DH de forma efectiva en algunas zonas. El código de la edificación estipula requerimientos mínimos específicos de eficiencia energética para edificios nuevos y existentes. En la práctica, esto afecta a cualquier edificio nuevo y cualquier edificio existente que requiera una renovación significativa. Estos requerimientos de eficiencia energética no sólo afectan al edificio sino también a infraestructuras urbanas como el abastecimiento de agua caliente y ACS. Así, los edificios están estimulados mediante el código de la edificación de la ciudad a conectarse



al DH y a otras medidas de eficiencia constructivas. Además, el nuevo código de la edificación permite que los nuevos edificios excedan los requerimientos de las condiciones estándar de tamaño, según planeamiento, si consiguen mayores condiciones de eficiencia energética que los niveles mínimos exigidos. Son pluses para que los desarrolladores consigan edificios con alta eficiencia, y además se estimula la conexión al DH. Un prerequisite para conseguir los estándares del código de la edificación es que el edificio no tenga una caldera de gasoil, eliminando esta tecnología de calefacción en todos los edificios nuevos y los existentes renovados. El código de la edificación municipal tiene un umbral mayor de eficiencia energética que los estándares nacionales, porque en Italia, las ciudades pueden adoptar medidas relativas a la energía y el clima en sus instrumentos de planeamiento. El gobierno local de Milán, como gestor incentiva acciones como:

Evaluaciones de la energía de distrito en la ciudad:

- El uso de propiedades, edificios o terrenos del gobierno local para las instalaciones de la energía de distrito, conexiones o acometidas (alquileres, ventas, permisos).

Incentivos fiscales y financieros:

- Garantías de préstamos, provisión de deuda y bonos, fondos de retorno financiados por la ciudad.
- Préstamos de bajo interés, descuentos, primas, subsidios.
- Créditos y exenciones en algunas tasas o impuestos,

Proyectos de demostración:

- Proyectos pilotos, proyectos para testar tecnologías emergentes, a veces híbridas como pueden ser la recuperación de calor residual procedente del alcantarillado o del metro, integración de energías renovables y almacenamiento.
- Proyectos piloto de nuevas políticas para sistemas de energía de distrito.

Las autoridades de la ciudad juegan un papel importante en el apoyo al desarrollo financiero de la energía de distrito. La red de DH de Milán es extensiva, gestionada por la compañía A2A Spa, que es la mayor compañía italiana en el sector de DH. La municipalidad Milán participa en A2A Spa como copropietaria. La fortaleza económica de A2A Spa no requiere grandes inversiones por parte del municipio de Milán para el desarrollo de la energía de distrito, pero la ciudad aporta incentivos financieros específicos, directos e indirectos, que apoyan el modelo de negocio de la energía de distrito. En 2008, Milán permitió una reducción de las tasas por infraestructuras para edificios nuevos y edificios renovados, respecto de los estándares fijados en eficiencia energética y fuentes de energía renovable, incluyendo la conexión al DH. La conexión al DHC no representa un requerimiento obligatorio para reducir las tasas por infraestructuras, pero puede representar uno de los elementos que permiten conseguir los estándares de eficiencia fijados. La no utilización de gasoil en calefacción es una precondition para beneficiarse de los incentivos proporcionados por la medida de reducción de las tasas por infraestructuras, y el cambio de las calderas de gasoil por otras fuentes como DH es subvencionado de forma indirecta. Además, Milán previamente proporciona incentivos para DH como subvenciones directas a los edificios que cambien las calderas de gasoil por DH, pagando los costes iniciales. Sin embargo, el periodo de





retorno de este cambio es hoy sólo de 4 a 5 años, por lo que la ciudad no necesita aumentar los incentivos para que los propietarios se conecten.

### Estrategias del gobierno local.

La ciudad propietaria o gestora de las instalaciones, actúa mediante:

- Políticas de interconexión e incentivos.
- Regulación de la tarifa de calor residual y políticas de protección al consumidor.
- Inversión o coparticipación en otras instalaciones.
- Las inversiones en energía de distrito para edificios del gobierno, escuelas, transporte público. Compra o compra asociada de DHCP (cogeneración) con otras ciudades. Gasto publico en inversión verde.

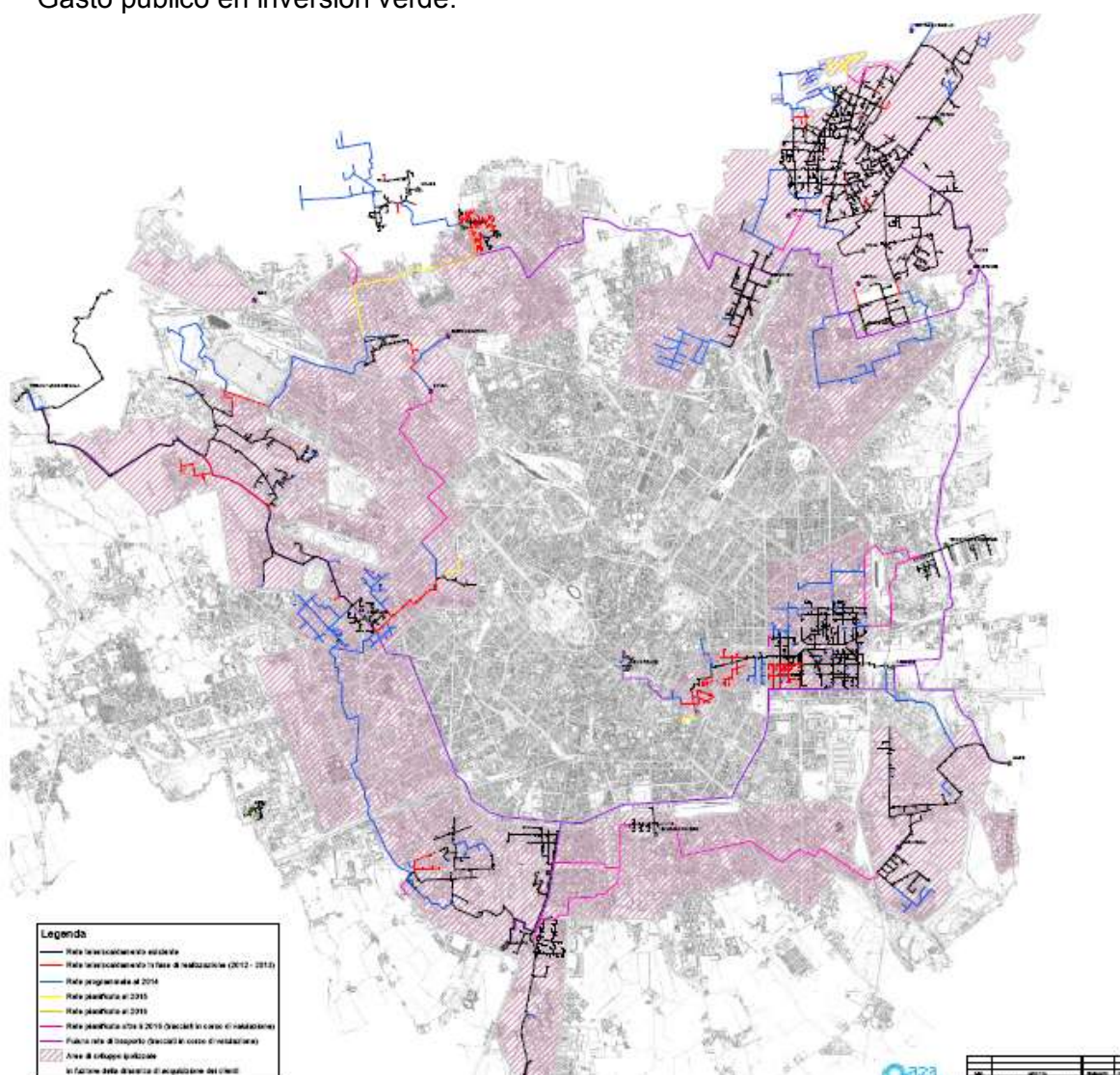


Figura 3: Desarrollo de la Red de Milán desde 2012. Líneas rojas, negras y azules muestran el desarrollo de la red hasta 2014. Líneas amarillas el desarrollo en 2015. Líneas naranjas y púrpura muestran los desarrollos futuros. Fuente: Municipalidad de Milán. A2A Calore & Servizi



Como proveedor de infraestructuras y servicios, una ciudad puede formalizar acciones bajas en Carbono para estos servicios, capturar sinergias a través de diferentes empresas y dirigir la estrategia local de la energía de distrito hacia objetivos sociales y económicos. Milán es propietaria del 27,2% de la compañía A2A Spa que proporciona calor y frío en la ciudad, además de gas y electricidad. A2A Spa opera independientemente en la ciudad, Milán utiliza su participación como copropietaria para que la estrategia de la compañía esté alineada con los objetivos de la ciudad en reducción de carbono y mejorar los niveles de eficiencia y de renovables. Los gobiernos locales pueden integrar y extender las redes de energía de distrito mediante la planificación de redes de conexión. Milán tiene un plan ambicioso para conectar sus redes nodales segregadas, dentro de una gran red con un anillo de transmisión que rodee la ciudad. Esto es imposible sin el apoyo de la municipalidad, y la parcial copropiedad de A2A Spa por Milán, puede facilitar que se consiga este ambicioso plan de interconexión. Hay cinco redes principales en Milán, Milán sur, Gallaratese/ San Siro, Ciudad Studi/Tribunales, Santa Julia Mecenate y Bicocca. El calor distribuido por la red del DH dentro de la ciudad de Milán casi se doblará desde 2014 a 2020 por encima de 1 TWh por año y el calor demandado en la red entera incluye municipios de barrios periféricos que se incrementarán en un 60 % para 2020. Los incrementos de la demanda de calor serán posibles por la interconexión de redes que la ciudad de Milán apoya mediante su participación en A2A Spa.

La red será lentamente interconectada al crear tres grandes redes desde cinco: la primera interconecta Milán Sur y Gallaratese/ San Siro para producir Milán Oeste completada en 2015, la segunda cubre la parte este del territorio, conectando Santa Julia y Ciudad Studi y la tercera extiende Bicocca en el norte de la ciudad. Esta interconexión permitirá que la ciudad utilice las plantas más eficientes (CHP y Waste To Energy) además de fuentes de energía renovable y calor residual dónde esté disponible, y utilizar calderas sólo para cubrir las cargas pico y como reserva de seguridad en caso de avería. La visión a largo plazo es crear una única gran red interconectando las tres redes grandes dentro de una estructura en anillo alrededor del centro de la ciudad.

### **Milán: la ciudad como productora, proveedora y consumidora.**

Milán ha facilitado la inversión en bombas de calor para utilizar el agua subterránea, permitiendo a A2A Spa el libre uso para la extracción en las fuentes de la Provincia de Milán, que son usadas actualmente para mantener el nivel del acuífero en un nivel que evite futuras inundaciones. Optimizar los sistemas de energía de distrito para asegurar el uso eficiente de los recursos y conseguir beneficios diversos requiere trabajar con varios agentes externos, buscar un nuevo modelo de coordinación. La participación de Milán como propietario de A2A Spa, que también es responsable de electricidad, gas e instalaciones de telecomunicaciones, permite un modelo empresarial de energía de distrito desde múltiples instalaciones. En particular, el desarrollo de la red en la ciudad está coordinado con las otras instalaciones dentro del grupo A2A Spa para, simultáneamente, minimizar interrupciones por los trabajos subterráneos y reducir costos en la red de distribución por los desarrollos de las redes. También, A2A Spa es capaz de optimizar estratégicamente el desarrollo de las redes de gas y DH. La ciudad también ha usado su propio edificio de almacenamiento para acelerar la expansión de la red y en



2013 la administración de la ciudad aprobó la decisión de conectar alrededor del 10 % de sus edificios a la red de DH. Los trabajos, operación y mantenimiento están confiados a A2A, en coherencia con los contenidos de la concesión.

### **Milán: el gobierno local como coordinador e impulsor.**

Conocer los beneficios y principios de trabajo de la energía de distrito, es a menudo una solución “invisible” en gran medida, entre la sociedad en general. Ciudades y organizaciones son esenciales para catalizar las discusiones de los sistemas de energía de distrito y para abogar por su incorporación en las estrategias de la ciudad. Milán, tiene una Oficina municipal de apoyo a la gestión de la Energía que promueve el cambio de gasoil, proporciona información técnica y financiera sobre eficiencia energética y renovables, y promociona el DH entre los consumidores. En Milán, muchos edificios existentes ya tienen un sistema de calefacción centralizada. En estos casos, sólo es necesario sustituir la caldera existente por un intercambiador de calor y la conexión a la red, no se necesita ninguna otra infraestructura.

Los suministradores de energía ofrecen la renovación mediante los contratos del servicio de energía. Sin embargo, la comunicación es un ingrediente clave para obtener unos servicios energéticos satisfactorios. Los propietarios del edificio actual necesitan conocer los beneficios de ser un consumidor de un sistema de energía de distrito. Esto está promocionado por la municipalidad a través de las Oficinas de Apoyo Energético (EHDs), así como el cambio de combustible de las calderas de gasoil es una de las prioridades de la corporación municipal, debido en gran parte a las mejoras en los resultados de calidad de aire. EHDs están funcionando y proporcionan un servicio de información sobre los temas energéticos a los residentes y usuarios finales. Los expertos en energía están en las oficinas institucionales de los distritos de la ciudad, para resolver cualquier pregunta y proporcionar información de intervenciones potenciales, incentivos disponibles e instrumentos de financiación en DH, eficiencia energética y energía renovable. Una nueva oficina central se abrió en septiembre de 2014. Desde su concepción, la energía de distrito se ha promovido mediante campañas de información sobre los beneficios medioambientales. Además de las EHDs, el Departamento de Políticas Medioambientales de Milán, el Servicio de Desarrollo de Sostenibilidad y Energía, se encargan de las políticas de desarrollo energético y se coordinan con otras unidades de la ciudad encargadas de temas relacionados con la energía, generalmente para avanzar políticas integradas. La municipalidad de Milán creó la Agencia de Movilidad, Medioambiente y Territorio (AMAT) como una empresa pública que apoya las actividades de planeamiento local concernientes a la mitigación del cambio climático, eficiencia energética y energía renovable, así como acometer evaluaciones medioambientales, almacenamiento de datos y desarrollo de indicadores.

### **Milán: el sistema de District Heating de Milán**

Milán tiene un gran sistema de DH que sirve tanto a Milán como a los municipios de los barrios periféricos. La red opera desde 1997 y ha sido desarrollada en redes segregadas que serán interconectadas en el futuro. La red conecta aproximadamente el 5,3% de los edificios existentes dentro de la City de Milán. En 2013, el sistema distribuyó 590 GWh de



calor a los consumidores de la ciudad desde plantas de Waste-To-Energy, CHPs de gas, bombas de calor y calderas de gas. El total de la red, incluyendo las conexiones a los municipios de los barrios periféricos, es de aproximadamente 238 km de longitud y sirve alrededor de el equivalente a 166.000 pisos (considerando 1 piso medio de 80 m<sup>2</sup>). La red consiste en cinco redes de distribución principales y 6 redes menores que crean nodos individuales de DH. Algunas de las redes de distribución principales cubren parte del territorio de los barrios periféricos, los cuales pueden tener su propia red adicional. Milán tiene una red nodal construida sobre redes individuales en áreas de gran potencial. Estas redes individuales serán interconectadas por líneas de transmisión en el futuro para crear una gran red. Desarrollando las redes iniciales individuales en áreas de alto potencial, las ciudades pueden asegurar en las etapas iniciales de desarrollo de la energía de distrito un menor riesgo y la ciudad es capaz de testar las políticas y las tecnologías apropiadas en cada área. Una vez las redes iniciales han sido establecidas, algo del capital desembolsado liquidado y desarrollada la capacidad del gobierno local, las ciudades pueden comenzar a expandir estas redes y eventualmente interconectarlas. La expansión de las redes permite mayores plantas energéticas como CHPs y plantas WTE para tener suficiente factor de carga. La interconexión de redes agrega demandas de calor, reduce el ratio de la carga base pico, lo que reduce el uso de calderas.

El desarrollo del sistema de DH de Milán ha sido nodal con pequeñas redes múltiples desarrolladas. La primera gran planta construida en Milán fue Tecnocity en la red Bicoca en el norte de Milán, y Famagusta en la Red Sur de Milán, ambas plantas son de gas CHP (en Famagusta se instaló después una bomba de calor de agua subterránea). Más tarde se añadió en el Oeste de Milán "Silla 2" en el área de Gallarate, ésta es una planta Waste-To-Energy, que incinera Residuos Sólidos Urbanos de Milán y de la región que la rodea. El DH en el Este de Milán fue implementado con la planta Canavese, una planta de bomba de calor CHP progresiva. Canavese es una planta de cogeneración, CHP en el Este de Milán que utiliza gas natural para producir calor y electricidad. Según las demandas relativas de calor y electricidad, la electricidad de Canavese se puede utilizar para activar las bombas de calor conectadas al acuífero existente bajo Milán. En combinación con el almacenamiento de calor y las calderas de gas auxiliares, la planta de Canavese es capaz de producir la demanda pico para la red en el este de Milán. La planta Canavese fue galardonada con un Certificado de Mérito por la Agencia Internacional de la Energía y Euroheat and Power en 2011. El objetivo de futuro es lograr un aumento de la demanda de DH en Milán, lo que requiere incrementar la capacidad de calor. Para 2020 al menos el 70% del calor se producirá desde plantas Waste-To-Energy, CHPs de gas, renovables y una tercera parte de energía residual, el 30% restante mediante calderas de gas. Milán tiene un potencial significativo en sus recursos de aguas subterráneas, por lo que se prevé su uso para DH. Actualmente ya se extrae agua de varias fuentes del acuífero para evitar que el nivel freático sea demasiado alto en la ciudad. La ciudad estudia cómo combinar estas fuentes existentes con bombas de calor para capturar la energía térmica de estas aguas subterráneas. Se utilizan mapas espaciales para comprender la relación espacial entre las fuentes y la demanda, cómo se podría conectar el potencial del agua subterránea para cargar el DHC o explotar las fuentes existentes para la calefacción de los edificios cercanos a las fuentes. El sistema de DH de Canavese se ha diseñado específicamente para intensificar y potenciar la



utilización de la energía geotérmica procedente del agua subterránea, una fuente de energía renovable que es abundante en el área de Milán.

### **Milán: el Sistema De District Cooling de Milán**

Actualmente sólo existe una red de DC en Milán, está en CHP Tecnocity en el área de Bicocca de Milán. La red de DC utiliza enfriadoras de absorción y enfriadoras eléctricas con una potencia total de 17,5 MW. Lo habitual en Milán, es que los edificios residenciales no tengan sistemas centralizados de refrigeración, limitando la expansión de la red a los desarrollos residenciales existentes. Sin embargo, futuros desarrollos de la red de DC tienen como objetivo conectar edificios existentes del sector terciario como oficinas y nuevos desarrollos que podrían incluir edificios residenciales con refrigeración centralizada.

### **Milán: modelo de negocio para energía de distrito**

Como un modelo de negocio similar al de París, las instalaciones de Milán operan bajo un contrato de concesión desde la ciudad que incluye gas, electricidad, y las redes de DH y DC. La construcción y operación de los sistemas de DH y DC de Milán, que incluyen 5 redes principales de distribución y 6 redes menores, es gestionado por A2A Calore & Servizi, una compañía subsidiaria de A2A Spa. En la actualidad, A2A Spa es una compañía público privada, responsable de varias instalaciones para la distribución de gas y electricidad en Milán y otras ciudades cercanas, planificación de DHC. A2A Spa es la mayor compañía del sector de DHC en Italia. La ciudad de Milán mantiene el control del desarrollo del DHC mediante el contrato de concesión para el DH y la aprobación de políticas y la planificación local. La red de distribución de gas se saca a oferta pública para una pronta concesión de contrato y la concesión del DH se actualizará en coherencia con el Plan de Redes Subterráneas PUGGS.

Los sistemas de DHC de Milán estaban desarrollados inicialmente por AEM Milán que originalmente era propiedad entera de la ciudad de Milán y operó como compañía energética desde 1910. AEM Milán se reconvirtió en la compañía AEM Spa Milán en 1996 que se lanzó la Milán Stock Exchange dónde la ciudad vendió el 49% de sus participaciones. En 1996 la ciudad de Milán firmó un contrato de concesión con AEM Spa Milán para el desarrollo de las redes de DH y de gas, la de DH comenzó en 1997. En 2004 se vendió parte de la compañía y la ciudad de Milán quedó como propietaria del 33,4% de AEM Spa Milán. La compañía entonces se fusionó con ASM Spa Brescia en 2007 para formar A2A Spa, una compañía de la que hoy Milán es propietaria en un 27,2% de sus acciones y la cercana ciudad de Brescia también en un 27,2 %. A2A Spa también incorpora Amsa, la compañía de recogida de basuras de Milán y de otras ciudades y Ecodeco.

### **4.3. El Sistema de Energía de Distrito Olot**

La construcción de un nuevo mercado municipal se aprovecha para impulsar la red de climatización DHC en Olot. Una vez redactado el estudio de viabilidad técnica y



económica del Proyecto, es aprobado por el pleno del ayuntamiento de Olot el 21 de noviembre de 2013. La red de calor y frío se planifica con las energías renovables disponibles en el entorno, Geotermia, Fotovoltaica y Biomasa. El pleno del Ayuntamiento de Olot aprueba el 4 de julio de 2014 adjudicar la concesión del proyecto a la UTE formada por Gas natural y Wattia por 163.274,52 euros por año y una duración de 13 años. El contrato de concesión de obra pública incluye 4 prestaciones obligatorias y una opcional: Gestión Energética, Mantenimiento, Mantenimiento con Garantía total, Obras y la opción de Mejoras. La inversión es de 935.084,96 euros y los trabajos se inician en la sala de máquinas en agosto de 2015.

Desde la administración se aborda el proyecto con 4 bases estratégicas:

- Mejorar la eficiencia energética de los edificios municipales.
- Mejorar la gestión y el mantenimiento de los bosques de la comarca de la Garrocha.
- Consolidar una empresa de reinserción laboral en torno al aprovechamiento de un recurso local, la biomasa.
- Crear un sector profesional puntero en gestión y control de sistemas energéticos de la comarca.

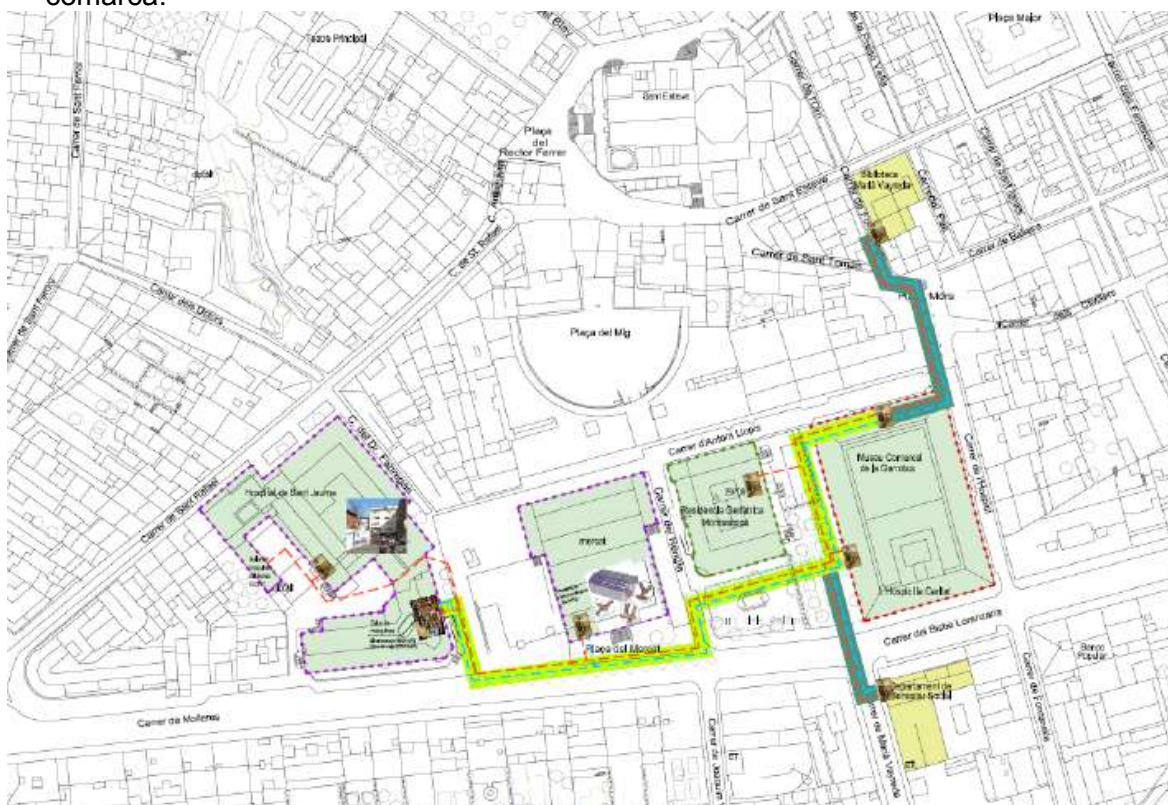


Figura 4: la Red de Olot conectando edificios públicos. Fuente: Ayuntamiento de Olot.

En esta fase 1 el objetivo es dotar de calor y frío a 5 edificios públicos, el Hospital San Jaime de Olot con 9.000 m<sup>2</sup> (1.517.911 kWh); el Mercado de Olot, 1.500 m<sup>2</sup> (92.702 kWh); el Geriátrico Montsacopa, 6.000 m<sup>2</sup> (547.780 kWh); el Museo Comarcal de la garrotas, 2.700 m<sup>2</sup> (395.883 kWh) y el Geriátrico la Caritat, 2.700 m<sup>2</sup> (354.438 kWh). En total suman 21.900 m<sup>2</sup> abastecidos con 2.908.714 kWh. El museo comarcal tiene una



demanda de frío de 4.800 kWh, mientras que el mercado de Olot tiene prevista una demanda de frío de 67.500 kWh. La sala de máquinas del sistema se instala en el edificio EspaiZero, construido con carácter emblemático “como (la semilla generadora – prototipo) el ADN” del District Heating and Cooling de Olot en esta fase de inicio.

#### **Olot: las Fuentes de Energía utilizadas y el Sistema de Distribución**

Olot se sitúa en la comarca de Cataluña con mayor superficie forestal. La elevada concentración de boques en la comarca, el 74,47% del territorio, 54.670 hectáreas, supone un recurso local con una capacidad de producción de 25000 toneladas anuales de biomasa explotables de forma sostenible. El ayuntamiento de Olot ha establecido un acuerdo de colaboración con una cooperativa local de biomasa para proveer recursos al DHC. Los otros recursos locales utilizados como fuentes energéticas son los recursos geotérmicos y fotovoltaicos. Como sistema de reserva se instalan 4 calderas de gas natural (1.454 kW) que se prevé no se usarán y no tendrán consumo. En conjunto las emisiones ahorradas de CO<sub>2</sub> al año serán de 570 toneladas equivalentes.

El sistema que gestiona biomasa cuenta con 2 calderas de 300 kW (total 600 kW), 3 acumuladores de 5.000 litros (equivalen a 350 kW extras) y un consumo de biomasa de 620 tn/año. Para la geotermia se cuenta con 3 bombas de calor de 60 kW (total 180 kW), 2 acumuladores de 2.000 litros, un campo de captación de 24 pozos verticales de 100 m (un total de 2.400 m de longitud de intercambiadores) que utilizan un sistema de 4 tubos para poder disponer de forma independiente de calor y de frío. En dos de los pozos geotérmicos se han instalado sondas de temperatura para monitorizar la instalación del campo de captación hasta la entrega final a los edificios. Son sondas de temperatura PT1000 recubiertas con una vaina metálica y resistente a altas presiones (160 bar). El sistema que gestiona fotovoltaica consta de 120 unidades de 240 Wp (un total de potencia 25kW y 28,8 kWp) con una producción de 42.040 kWh que se puede utilizar tanto para el consumo eléctrico del sistema de geotermia (31.753,44 kWh) como para el consumo eléctrico de las bombas de DHC (62.330,00 kWh).

La red transporta la energía desde la sala de máquinas, el edificio EspaiZero, a las subestaciones de cada edificio. La longitud total de la red en la Fase 1 es de 280 metros lineales. La distribución se realiza con 4 tubos, 2 para alta temperatura y dos para baja temperatura. Se utiliza un sistema de 4 tubos para poder disponer de forma independiente de calor y de frío. Las subestaciones de transferencia enlazan la Red general con la red de distribución interior de los edificios. Sustituyen las tradicionales salas de calderas por elementos intercambiadores de energía y contadores. El funcionamiento óptimo precisa que la instalación tenga un salto térmico mínimo para aminorar la necesidad de bombas e intercambiadores en la subestación de cada edificio. En cada edificio hay un ahorro de espacio respecto de una sala de calderas habitual y un mantenimiento más fácil.

#### **5. Conclusiones: adecuación a la ciudad, oportunidades y viabilidad.**

La densidad de la demanda de calor y frío es un factor determinante para la viabilidad de una red de distrito. En general, puede considerarse que la viabilidad disminuye cuando



disminuye la densidad de edificación y de demanda energética. La inversión específica por unidad de superficie por climatizar ( $\text{€/m}^2$ ) aumenta a medida que disminuye la densidad de la demanda. No se puede proporcionar con suficiente fiabilidad un ratio de densidad mínima para que un proyecto de red sea atractivo, ya que en la rentabilidad del proyecto intervienen factores adicionales (tarifas, derechos de conexión, etc.). La red de distribución representa a menudo la parte más importante de la inversión, especialmente en casos de baja densidad. Junto con la densidad de la demanda, la demanda mínima de la red es uno de los factores importantes en la rentabilidad de los proyectos. Son adecuados los perfiles constantes de la demanda, por lo que es conveniente hacer un estudio previo de demandas mínimas de calor y frío en el área. Existen usos que son especialmente atractivos para un DHC como los hoteles, las piscinas, los centros de servidores, ya que tienen una demanda importante por punto de conexión a la red y, además, se trata de un consumo bastante estable. También se puede hallar una combinación de viviendas y centros de trabajo que compensen la curva de demanda.

La integración de las fuentes de calor residual consigue que las Redes de Distrito sean sistemas energéticos con menos emisiones de gases contaminantes y de GEI que otros sistemas. La energía residual, en inglés Waste-To-Energy, engloba los recursos energéticos que se generan como calor residual en procesos industriales o en el entorno, así como la valorización energética de RSU. La utilización de fuentes de energía residual, de fuentes de energía renovables, y de tecnologías de alta eficiencia como la cogeneración hacen que los sistemas centralizados sean competitivos a nivel económico y medioambiental.

La centralización de las instalaciones energéticas permite que la eficiencia de transformación de los equipos sea superior, a pesar de que existen pérdidas de distribución del calor y del frío, el sistema global es más eficiente. Las instalaciones centralizadas comparadas serían de la misma tecnología pero con un rendimiento superior a causa de una dimensión y una capacidad de inversión mayores. Si además de centralizar el calor se añaden las ventajas de la cogeneración, se puede llegar a un 25% de ahorro energético. La utilización de infraestructuras comunes para el calor, frío y la electricidad, pueden mejorar la eficiencia energética de edificios nuevos y existentes. La normativa de referencia europea y la normativa local específica pueden incentivar la implantación y gestión de redes de distrito. Estudios concretos de algunas ciudades como Frankfurt (cuando evaluó 12.000 edificios con fachadas históricas) y Róterdam, demuestran la conveniencia de estudiar la viabilidad de la energía de distrito junto a la renovación de los edificios para conseguir una eficiencia energética óptima.

## Referencias y Bibliografía

- A2A (2011). Detailed History of AEM. Available from: [www.a2a.eu/en/company/history/details\\_aem.html](http://www.a2a.eu/en/company/history/details_aem.html)
- Ayuntamiento de Olot, Espaizero 2015
- Cascade (2012). City profile Milan. January. Available from [www.cascadecities.eu](http://www.cascadecities.eu)
- Climespace (2015). Available from: <http://www.climespace.fr/>
- CPCU (2015). Available from: <http://www.cpcu.fr/>





DRIEA IF (2013) Situation de l'ÎledeFrance au regard des principaux indicateurs de développement durable. Available from: [http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Brochure\\_CS\\_IDDT\\_DRIEA\\_avril\\_2013\\_cle0b14f8.pdf](http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Brochure_CS_IDDT_DRIEA_avril_2013_cle0b14f8.pdf)

EuroHeat and Power, A2A Calore & Servizi (2011) Development of DH in Milan and A2A experience in Canavese plant. Brussels, Belgium. November. Available from: [www.euroheat.org/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FPresentations%2F201111\\_21\\_DHCWORKSHOP%2FLorenzo.pdf](http://www.euroheat.org/Admin/Public/Download.aspx?file=Files%2FFiler%2FPresentations%2F201111_21_DHCWORKSHOP%2FLorenzo.pdf)

Mairie de Paris (2007) Paris Climate Protection Plan. Paris

Mairie de Paris (2012) Plan Climat Énergie de Paris. Paris

Municipality of Milan (2009) Sustainable Energy and Climate Action Plan Executive Summary. Milan, Italy. December. Available from: [mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/261\\_534\\_1304094182.pdf](http://mycovenant.eumayors.eu/docs/seap/261_534_1304094182.pdf)

Pino, Di Paolo "Lo sviluppo del teleriscaldamento a Milano", A2A Calore & Servizi

UNEP (2015). District Energy in Cities: Unlocking the potential of energy efficiency and renewable energy. Paris. Available from: [unep.org/energy/des](http://unep.org/energy/des);

UNEP (2015). DES of Milan, June 2015; DES of Paris, October 2015.

World Energy Council (2014). Enerdata. Available from: [www.worldenergy.org/data/](http://www.worldenergy.org/data/)

#### Acrónimos utilizados

A2A Calore & Servizi: compañía subsidiaria de A2A Spa que gestiona DHC de Milán.

A2A Spa: compañía público privada, la mayor del sector DHC en Italia.

BREEAM: Building Research Establishment environmental Assessment Methodology.

CHP: *Combinated Heating and Power (planta de cogeneración)*.

CPCU: Compagnie Parisienne du Chauffage Urbain.

Climespace: compañía que gestiona la Red de Frío de París.

DES: *District Energy Systems (Sistemas de Energía de Distrito)*

DH: *District Heating (Red de Calor o Calefacción de Distrito)*

DC: *District Cooling (Red de Frío o Refrigeración de Distrito)*

DP: *District Power (Red de Electricidad, Electricidad de Distrito)*

DHCP: District Heating, Cooling and Power (Red de Calor, Frío y Electricidad)

HQE: Haute Qualité Environnementale.

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design.

PUGGS: Plan de Redes Subterráneas de Milán.

WTE: *Waste To Energy (Revalorización Energética de RSU y Energías Residuales)*.

<sup>i</sup> Se considera como media del consumo de electricidad por año de una vivienda (media por año 2010) 6343 kWh. Fuente: World Energy Council, 2014