

# Redes de Calor "District Heating" alimentadas con biomasa y su aplicación en municipios rurales.

---

Sergio Casero Palomares  
Director ATG Enginyers  
Ingeniero Civil

---

## En primer lugar, ¿qué es una red de calor?

Una red de calor es un tipo de red de distrito. Las redes de distrito distribuyen el calor y/o el frío y tienen como objetivo ofrecer un servicio de climatización (frío y calor) y agua caliente sanitaria a los ocupantes de los distintos edificios de la zona a través de una red, mejorando la eficiencia energética y la calidad del servicio respecto a las obtenidas con instalaciones individuales.

Concretamente se trata de la producción centralizada de calor, que mediante un sistema de redes que transportan fluidos térmicos, normalmente agua, satisfacen la demanda de calefacción y agua caliente sanitaria de los usuarios conectados a la red.

## ¿Por qué resulta interesante su instalación en municipios rurales?

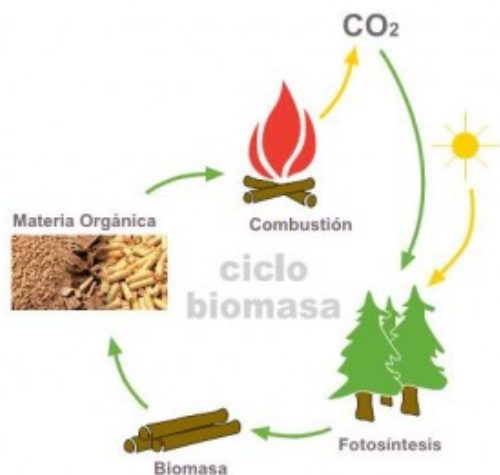
Uno de los grandes problemas que existen en la actualidad en España es la **despoblación**. De los 8.124 municipios existentes, 4.979 tienen menos de 1.000 empadronados y de ellos 3.972 subsisten con menos de 500. La mayor parte del territorio está afectado por la despoblación con mayor o menor severidad.

Una de las consecuencias de la despoblación es el **abandono de las zonas de cultivo**, con lo que la superficie forestal, al contrario de la creencia generalizada, está aumentando en las últimas décadas en España. Pero se trata de un crecimiento desordenado y con una nula gestión de los bosques, cuyo resultado es la creación de superficies boscosas con una gran espesura que constituyen auténticos **polvorines**.



Fotografía 1. Vista municipio de Todolella (Castellón).

Si además nos encontramos en un contexto de **cambio climático**, en el que debemos buscar alternativas a los combustibles fósiles, la biomasa se convierte en una excelente alternativa. Se trata de una **fuentes de energía de origen renovable**, se puede regenerar de forma natural.



La utilización de la biomasa por el ser humano es una práctica ancestral. Si imaginamos una chimenea echando humo por la quema de leña resulta difícil pensar en la biomasa como una energía limpia. Sin embargo, es un combustible prácticamente neutro en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> puesto que las emisiones que emanan con su quema son reabsorbidas de nuevo mediante la fotosíntesis de plantas y árboles. Nada que ver con los combustibles fósiles que emiten CO<sub>2</sub> que lleva millones de años almacenado bajo tierra y que no es vuelto a captar.

En el tema económico la utilización de una red de calor siempre representa un ahorro de energía y por tanto para la economía de los usuarios. En redes de calor alimentadas con astilla de pino (biomasa), el ahorro se encuentra entre el 50-60%. Un ejemplo de este ahorro sería el siguiente: para una vivienda tipo unifamiliar situada en una zona fría, Portell de Morella (1.074 msnm), con un gasto anual de calefacción de 2.000 € con caldera de gasoil, tras la instalación de la red de calor la factura baja hasta los 750-800 €.

Por tanto la instalación de redes de calor alimentadas con biomasa supone una decisión interesante por las siguientes ventajas principalmente, entre muchas otras:

- Previene la despoblación, al dotar al municipio de un servicio que mejora las condiciones de vida de los vecinos y crea puestos de trabajo (construcción red de calor, limpieza de monte, producción de astilla, mantenimiento de la red,...), asentando la población.
- Se mantienen las zonas boscosas, la explotación de la biomasa con un adecuado plan de gestión forestal mantiene el bosque "limpio" y evita en gran medida la propagación de grandes incendios forestales.
- Se trata de una energía renovable, con lo que se evita la utilización de combustibles fósiles y se ayuda a la reversión del cambio climático.
- Supone un ahorro económico importante para los vecinos del municipio.

### **El funcionamiento de la red de calor, implantación en pequeños municipios (Portell de Morella y Todolella).**

Se trata de dos pequeños municipios del interior de Castellón de 200 y 147 habitantes respectivamente, limítrofes con la provincia de Teruel, situados en la zona climática más fría de la Comunidad Valenciana y rodeados por grandes extensiones de bosque mediterráneo.

Los dos municipios tienen un problema principal, la despoblación, si no se toman medidas a corto plazo estos dos municipios al igual que muchos otros de las zonas más despobladas de España están condenados a la desaparición. Con la instalación de las redes de calor, se pretende revertir en la medida de lo posible esta situación, contribuyendo al asentamiento de la población principalmente con dos medidas concretas:

- Mejora de las condiciones de vida en los municipios.

- Creación de puestos de trabajo, durante la construcción de las redes, para su mantenimiento, explotación y obtención de biomasa con la gestión de los bosques.

Se trata de redes de un tamaño medio y que alimentan a la totalidad de los edificios públicos y viviendas particulares que han decidido conectarse. Son dos actuaciones pioneras, ya que se trata de los dos primeros municipios de la Comunidad Valenciana que suministran calor (calefacción y ACS) a la totalidad de sus cascos urbanos por medio de redes de calor.

A continuación, describiremos las partes esenciales de una red de calor y particularizaremos para el caso de Portell de Morella y Todolella que son muy similares.

- Producción: la central de generación de calor.
- Distribución: la red.
- Intercambio: las subestaciones.
- Utilización: la instalación interior.

### **Producción: la central de generación de calor.**

Aquí se ubican las calderas de alta eficiencia y mínimo impacto medioambiental. En la central también están instalados los sistemas de control e impulsión del agua caliente a la red de distribución.



**Fotografía 2.** Central de generación de calor de la red de calor de Todolella.

En nuestro caso hemos instalado dos calderas que utilizan como combustible la astilla de pino y con una potencia cada una de 200 kW, se ha previsto el espacio suficiente para una ampliación con una tercera caldera de potencia 200 kW o superior. Siempre es aconsejable la instalación de varias calderas que sumen el total de la potencia necesaria en lugar de sólo una. El motivo es que nos da capacidad de respuesta ante la avería de alguna de las calderas, y permite el funcionamiento en cascada de las calderas para poder adaptarnos a las diferentes demandas de calor de la red.



**Fotografía 3 y 4.** Sala de calderas y detalle quemador caldera. Red de calor de Portell de Morella.



**Fotografías 5 y 6.** Silo central generación de calor y descarga de astilla directa. Red de calor de Todolella.

**Distribución: la red.**

Sistema de tuberías pre-aisladas térmicamente, que transporta ENERGÍA desde la central hasta los puntos de consumo, edificios.



**Fotografía 7 y 8.** Tuberías de distribución de calor marca "Rehau"

En nuestro caso se trata de conducciones realizadas con un tubo interno que transporta el agua, fabricado con polietileno reticulado de alta presión PE-Aa. El aislamiento puede consistir en paneles de espuma reticulada PEX o espuma de PU espumada con pentano o CO<sub>2</sub>. Envolviendo los tubos internos y el aislamiento existe una cubierta corrugada realizada con PE-LLD.

Las redes de calor tienen una tubería de impulsión, por donde circula el agua bombeada desde la central de generación de calor hasta las subestaciones de las viviendas, y otra tubería de retorno por donde regresa el agua de vuelta a la central de generación de calor, después de haber realizado el intercambio de calor en las subestaciones.

Estas dos tuberías, impulsión y retorno, van en paralelo, en diámetros pequeños ambas tuberías pueden suministrarse en una única conducción. Esta solución disminuye tanto los costes de material como de instalación. En diámetros más grandes es necesario la instalación de cada una de las tuberías de forma independiente.



**Fotografías 9 y 10.** Instalación tubería. Red de calor Todoilella.

Las uniones de las tuberías entre sí, en los nodos y en las acometidas pueden realizarse mediante casquillo corredizo o manguitos electrosoldables.



**Fotografía 11.** Unión mediante casquillo corredizo. Fuente fotografía Rehau.



**Fotografía 12.** Manguito y codo electrosoldable. Fuente fotografía Rehau.

Una vez realizadas las uniones y para que estos puntos dispongan del mismo aislamiento que el resto de la tubería se utilizan manguitos exteriores. Los manguitos están fabricados en un PE-HD. Para estanqueizar los manguitos respecto a la tubería se utilizan folios termorretráctiles que disponen de una cara interior recubierta con un adhesivo termofusible. Finalmente el interior de los manguitos se rellena con una espuma de PU bicomponente, consiguiendo un aislamiento térmico de la unión muy alto.



**Fotografía 13.** Acometida domiciliaria.



**Fotografía 14.** Unión mediante casquillo corredizo.



**Fotografía 15.** Acometida domiciliaria.



**Fotografía 16.** Instalación manguitos exteriores en unión acometida.

**Intercambio: las subestaciones.**

Es el sistema que permite entregar la energía térmica a la instalación interior del usuario y donde se realiza la medición de la misma.



## Fotografías 17 y 18. Estación energética marca Lovato.

Para una vivienda tipo de unos 140 m<sup>2</sup> distribuida en dos plantas, es suficiente con una estación energética de 20kW que tiene una dimensiones similares a las de un calentador de gas (70x55x30 cm).

Una subestación dispone de dos intercambiadores de calor, uno se encarga de suministrar el calor necesario para la calefacción de la vivienda, el otro suministra el agua caliente sanitaria instantánea. La estación dispone de mecanismos que dan prioridad a uno u otro intercambiador según la necesidad.

Las estaciones disponen de un contador energético que permite la lectura entre otros parámetros, del consumo de energía. Esto permite gestionar el cobro a cada una de las viviendas por parte del Ayuntamiento o la empresa encargada de la explotación.

### Utilización: la instalación interior.

Instalaciones de la vivienda que distribuyen la energía entregada en la subestación: radiadores, ventiloconvectores, etc.,



Foto 19 y 20. Ventiloconvectores instalados en el polideportivo de Todoella.

## Ventajas del sistema.

### Medioambientales.

- Reducción emisión gases de efecto invernadero. Es una solución más eficiente energéticamente.
- Se utilizan energías renovables.
- Disminución de ruidos, vibraciones, olores, molestias en general de los usuarios conectados al sistema.
- Aumento seguridad. No explosiones, no gases.

### Económicas.

- Importante ahorro en la factura energética del usuario.
- Al eliminar las calderas individuales se gana espacio en las viviendas.
- Valor añadido para casas rurales, hotel, etc.,
- Facilidad en la previsión de la facturación energética.
- Asentar población, puestos de trabajo: mantenimiento, obtención combustible.

## Proyectado y dimensionado de redes de calor

Se pueden utilizar diferentes fuentes de calor: combustibles fósiles, aprovechar el calor residual de diferentes procesos industriales, y lo que resulta más interesante, la alimentación de las

calderas con una fuente de energía renovable como es la biomasa, concretamente la astilla de madera o pellets.

Las redes de calor se realizan principalmente con sistema bitubo (impulsión/retorno). El agua calentada por la central de calefacción es transportada en la impulsión hasta los puntos de consumo. El agua enfriada vuelve a la central de calefacción por el retorno.

#### Diferente topologías.

La forma de la red de calor viene determinada principalmente por los condicionantes constructivos (trazado de las calles, situación espacial de las casas a conectar, etc.), por el tamaño de la red, y por la existencia de más de una central de generación de calor.

Existen tres topologías:

#### - Redes radiales.

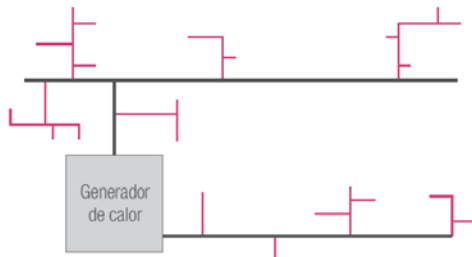
Son las utilizadas en las redes de calor de menor tamaño. Los recorridos cortos de las tuberías y los pequeños diámetros se traducen en costes de construcción bajos y pocas pérdidas de calor. Las ampliaciones sólo son posibles a pequeña escala debido a la reducida capacidad de la red.

Ventajas:

- Proyecto de red simple.
- Esta topología siempre es realizable.

Desventajas:

- Las ampliaciones posteriores sólo son posibles a pequeña escala.



#### - Redes en anillo.

Para actuaciones de mayor tamaño, con una o más centrales de generación de calor se presta a menudo la topología de red en anillo. Gracias a la topología anular se pueden integrar varias centrales de generación de calor y se garantiza una mayor seguridad de suministro, porque frente a la rotura de alguna de las tuberías se puede continuar con el suministro a los diferentes consumidores.

La longitud de la tubería utilizada es mayor que en la red radial, de manera que los costes de inversión y pérdidas de calor son mayores. Estos sobrecostes se pueden minorar gracias al efecto del factor de simultaneidad.

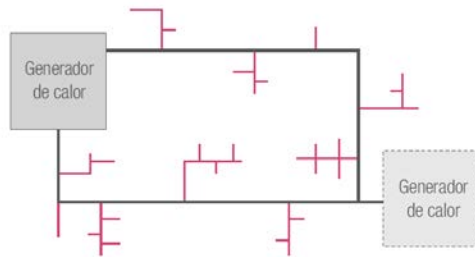
Ventajas:

- Integración de varias CGC.
- Mayor seguridad de suministro.

Desventajas:

- Sólo es posible cuando la topología de la red es apropiada.





- Redes malladas.

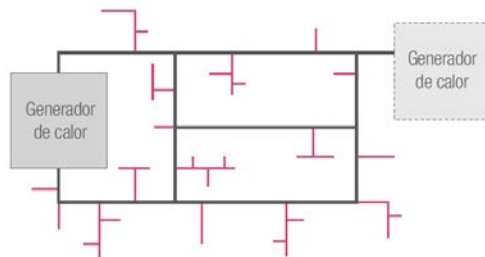
Proporcionan una seguridad de suministro óptima y mayores posibilidades de ampliación. Es la topología con un mayor coste de inversión. Es la utilizada principalmente en las redes de calor municipales.

Ventajas:

- Seguridad de suministro óptima.
- Integración de varias CGC.
- Es ampliable.

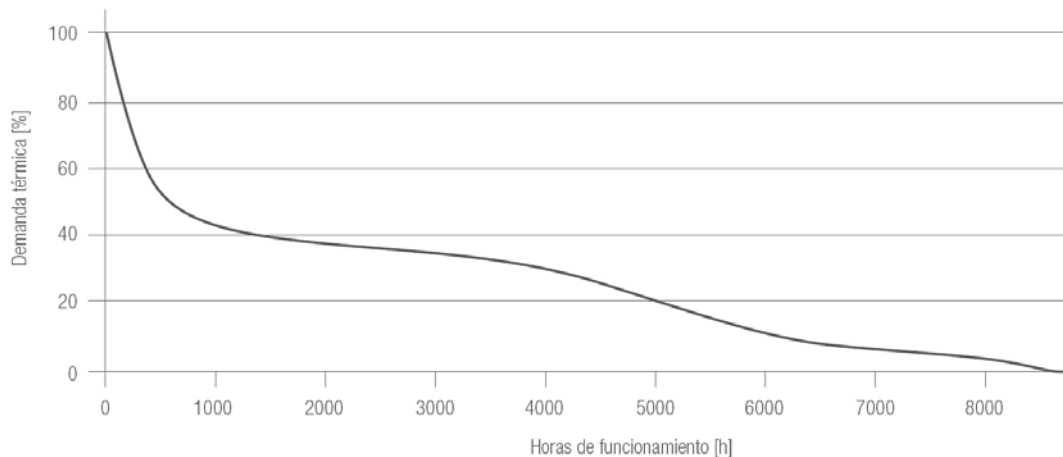
Desventajas:

- Costes elevados, principalmente para redes de calor grandes.



### Dimensionamiento de la red

Las redes de calor están en servicio generalmente todo el año, suministran calor tanto para la calefacción como para el agua caliente sanitaria. Se dimensionan para soportar la carga pico del invierno. La mayor parte del año la red de calor funciona sólo a carga parcial y la potencia máxima se precisa muy pocas horas al año. Esto se puede apreciar en la curva típica de demanda anual de una red de calor.



**Figura. 1** Curva típica demanda anual de una red de calor.

El proyecto y dimensionado de la red de calor es la base para que sea técnicamente realizable y viable económicamente. Para ello se deben seguir necesariamente los siguientes pasos:

1. Determinación de los usuarios que se conectarán/cálculo de la demanda de calor.
2. Elección sistema de generación de calor y de acumulación de inercia.
3. Diseño del trazado y ubicación central generación de calor.
4. Cálculo del factor de simultaneidad.
5. Cálculo de calderas y depósitos de inercia (Central de generación de calor).
6. Cálculo del caudal volumétrico y de la diferencia de temperaturas requerida.
7. Dimensionado de la tubería de distribución/determinación de la ruta crítica.
8. Diseño del equipo de bombeo.

### **1. Determinación de los usuarios que se conectarán/ cálculo de la demanda de calor.**

Se debe confeccionar un trazado aproximado basado en consultas a los posibles usuarios, para estimar la rentabilidad.

La rentabilidad de una red de calor aumenta, por regla general, a medida que crece el número de usuarios y se reduce la longitud de la conducción.

A continuación, hay que calcular la potencia nominal o la demanda térmica de cada uno de los consumidores. Un buen conocimiento de la demanda térmica es imprescindible para un diseño eficiente y rentable. Sin este dato se tiende a sobredimensionar la red de calor.

Existen diferentes métodos para el cálculo de la demanda de calor, pero hemos comprobado que los dos más útiles son:

- Recopilación de los datos de consumo de energía de los años anteriores.
- Índice de consumo de energía (la demanda térmica referida a la superficie de vivienda a la que se suministra calor).

### **2. Elección sistema de generación de calor y de acumulación de inercia.**

Este es un punto que hay que decidir en las primeras fases del proyecto de una red de calor.

Normalmente se realiza la generación de calor de forma centralizada y se distribuye desde la central a través de la red a los diferentes usuarios, pero también es posible la generación de calor en diferentes puntos de la red.

Otro punto importante es la gestión de la acumulación de inercia. La demanda térmica de la red de calor no sólo es estacional, también sufre grandes fluctuaciones a lo largo del día, por esto es muy recomendable la instalación de depósitos de inercia que permiten desacoplar temporalmente la generación de calor y la demanda térmica.

En una red de calor la principal acumulación de inercia se encuentra en el interior de la red de tuberías de distribución, se trata de miles de litros de agua que se mantienen a una temperatura fijada desde la central de generación de calor.

Los depósitos de inercia suelen instalarse en la central de generación de calor, de esta manera se pueden controlar de forma centralizada. Otra posibilidad es la instalación de depósitos de inercia en los usuarios finales, lo que permite reducir la dimensión de las tuberías de distribución. Esta última solución no suele utilizarse para evitar la instalación de elementos de la red en el interior de viviendas particulares, a excepción de grandes consumidores como pueden ser hoteles, colegios, etc.,



**Fotografía 21.** Depósito inercia. Red de calor Portell de Morella.

### **3. Diseño del trazado y ubicación central generación de calor.**

Al mismo tiempo que se realizan los pasos anteriores hay que fijar un trazado de la red. Esto es necesario para poder calcular la simultaneidad de los diferentes trazados. Hay que tener en cuenta la distribución de los viales existentes, la existencia de otros servicios instalados, la ubicación de los principales consumidores, etc.,

La ubicación de la central de generación de calor es tema de vital importancia en el diseño de una red de calor, por razones de eficiencia es importante instalarla lo más próxima a los usuarios a abastecer, pero por razones de logística (descarga combustible en los silos) es necesario encontrar una zona donde los camiones tengan espacio para maniobrar y descargar rápidamente. Existen casos de redes de calor que han fracasado por la instalación de la central en puntos de muy difícil acceso o donde el llenado de los silos debía realizarse por métodos que encarecían el precio final del combustible (descarga manual, descarga neumática, etc.,).

### **4. Cálculo del factor de simultaneidad.**

Las distintas curvas de demanda de potencia de los consumidores individuales producen una dispersión temporal de los picos de potencia. Esto se conoce como simultaneidad y es por este motivo que la potencia total realmente requerida es menor que la suma de las potencias máximas individuales.

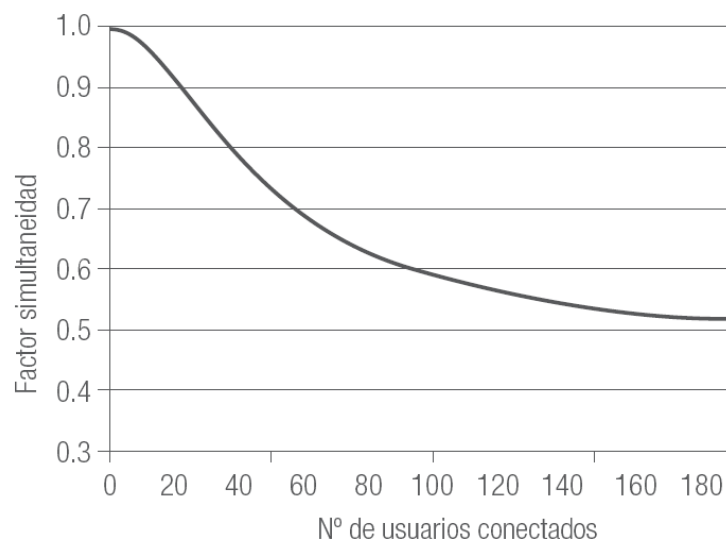
$$FS = \frac{Q_{max.precisada}}{\sum Q_{nom}}$$

FS:	Factor de simultaneidad.
Q <sub>max.precisada</sub> :	potencia total máxima realmente precisada.
ΣQ <sub>nom</sub> :	Suma de la potencia nominal de todos los usuarios conectados.

La simultaneidad influye en la generación de calor y en la red de calor en sí. Esto permite dimensionarla de forma más ajustada y eficiente.

A medida que aumenta el número de consumidores la simultaneidad disminuye. La potencia total máxima realmente requerida de la central de generación de calor, en relación con la suma de las potencias máximas individuales, desciende a medida que aumenta el número de consumidores.

En función del número de consumidores se obtiene un factor de simultaneidad con valores teóricos entre 0,5 y 1.



**Figura. 2** Representación esquemática. Simultaneidad de la demanda térmica total en función del número de consumidores (para consumidores homogéneos).

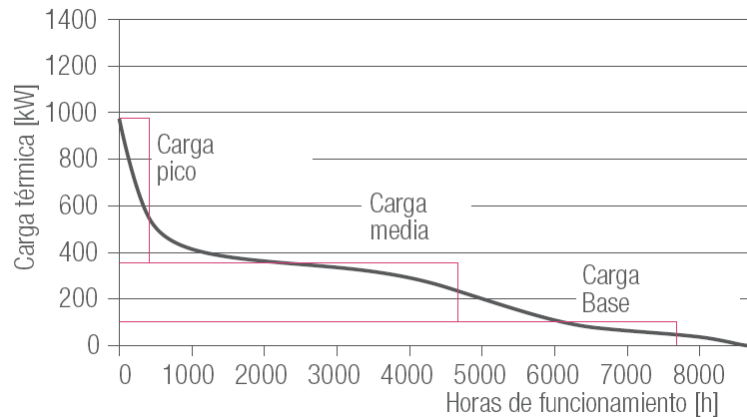
La simultaneidad no depende únicamente del número de usuarios conectados, también de su potencia nominal, de la tipología de los edificios y del sistema de depósitos de inercia. Si los depósitos de inercia se encuentran distribuidos es necesario cambiar la forma de cálculo, los picos de carga producidos son absorbidos en parte por el depósito de inercia, alisando la curva de demanda.

El factor de simultaneidad depende de varios factores y no existe un valor único para redes de calor. Es necesario realizar el cálculo para cada tubería o ramal individual. Generalmente la tubería principal que parte de la central de calefacción presenta el factor de simultaneidad más bajo y este va aumentando a largo de la red hasta llegar a las acometidas de los consumidores.

### 5. Cálculo de calderas y depósitos de inercia (Central de generación de calor).

La potencia máxima precisada por la red de calor es determinante para el diseño de las calderas y los depósitos de inercia. Generalmente se instalan varios generadores de calor.

Se habla de un reparto modular de potencia cuando, en función de la demanda, se ponen en funcionamiento diversas calderas, que pueden trabajar en regímenes óptimos para cada caso:



**Figura. 3** Curva monótona anual con una central de generación de calor modular.

La selección del tipo de caldera o fuente de calor (podría utilizarse el calor sobrante de una planta de cogeneración de biogás próxima) se debe adaptar a los recursos disponibles localmente.

Para minimizar aún más los ciclos de arranque y parada de las calderas (carga media y carga pico) se utilizan depósitos de inercia. El dimensionado de los depósitos debe estar adaptado a las calderas, la variación de la demanda térmica y al espacio disponible en la central de generación de calor.

### 6. Cálculo del caudal volumétrico y de la diferencia de temperaturas requerida.

Una vez conocido el trazado de la tuberías y las diferentes demandas térmicas, se pueden calcular los caudales volumétricos necesarios para el dimensionamiento de las tuberías de la red de calor.

En primer lugar hay que definir la diferencia objetivo entre la temperatura de la impulsión y la temperatura del retorno.

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{c_p \cdot (\vartheta_V - \vartheta_R) \cdot \rho}$$

$\dot{V}$  Caudal volumétrico [l/s]

$\dot{Q}$  Flujo de calor [kW]

$c_p$  Calor específico del agua [kJ/kg·K]

$\vartheta_V$  Temperatura en la impulsión de la red [°C]

$\vartheta_R$  Temperatura en el retorno de la red [°C]

$\rho$  Densidad [kg/l]

Las temperaturas típicas en las redes de calor suelen ser entre 65 - 85 °C en la impulsión y entre 45 - 65 °C en el retorno. Generalmente se utiliza una diferencia de temperatura entre impulsión y retorno de 20° C. El objetivo es obtener las diferencias de temperatura lo más grandes posibles, porque en este caso se reduce el caudal volumétrico manteniendo constante la potencia requerida. Se debe intentar mantener las temperaturas de la red de calor lo más bajas posibles para no tener pérdidas de calor innecesarias.

### 7. Dimensionado de la tubería de distribución/determinación de la ruta crítica.

Para el dimensionado se toman los caudales máximos requeridos de los trazados individuales.

Los costes de inversión y los costes por pérdidas de calor aumentan a medida que se incrementa el diámetro de los tubos. Por contra los costes por consumo eléctrico de las bombas disminuyen gracias a las menores pérdidas de carga. El dimensionamiento óptimo minimiza los costes totales.

Se debe realizar un dimensionamiento previo cuyo objetivo es identificar el ramal de tubería más desfavorable y su pérdida de carga en el contexto de la red completa.

A continuación, se trata de optimizar dicho ramal de tubería para la pérdida de carga total de la red mediante dimensionamiento adecuado de los diferentes ramales parciales.

#### **8. Diseño del equipo de bombeo.**

Una vez tenemos la totalidad de la red proyectada solo queda diseñar el equipo de bombeo que vendrá definido por la altura de elevación y el caudal máximo a transportar. Para conseguir una mayor eficiencia es recomendable utilizar bombas reguladas electrónicamente.



**Fotografía 22.** Equipo de bombeo. Red de calor Portell de Morella

#### **Importante papel del ingeniero en la implantación de redes de calor.**

Los ingenieros en nuestro papel de técnicos municipales y/o asesores de los municipios en la toma de decisiones para el desarrollo municipal, tenemos un papel importante y debemos apostar por la implantación de soluciones eficientes y que a la vez sean respetuosas con el medioambiente.

De esta manera, en ATG Enginyers, hemos trabajado en el desarrollo de los proyectos y la construcción de las dos primeras redes de calor de la Comunidad Valenciana que dan servicio a la totalidad del casco urbano. Se trata de dos municipios situados en la comarca dels Ports de la provincia de Castellón: Todolella y Portell de Morella.

En 2017 el proyecto de la Red de Calor de Todolella fue seleccionado por el IVACE para competir en la categoría de "*Mejor actuación relacionada con las energías renovables y la eficiencia energética desarrollada en ayuntamientos de menos de 20.000 habitantes*", siendo reconocido por parte de la Asociación Española de Agencias de Energía (EnerAgen) con la mención de honor.



Fotografías 23 y 24. Entrega premios Eneragen 2017

En 2018 el proyecto de Red de Calor "District Heating" y cogeneración alimentado con calderas de biomasa, en Portell de Morella, fue avalado por el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. El jurado consideró que se trata de un proyecto "ejemplarizante y altamente replicable" y le otorgó El Premio Nacional de Energía 2018 en la categoría de "Mejor actuación en materia de Energías Renovables y/o Eficiencia Energética promovida por ayuntamientos de menos de 20.000 habitantes".



Fotografías 25 y 26. Entrega premios Eneragen 2018

**Referencias:**

- **Rehau.** *Sistemas para el abastecimiento de energía térmica.* REHAU. 2014.
- **Aiguasol.** *Guía básica de redes de distrito de calor y frío.* ADHAC. 2011.