

Instalaciones de District Heating & Cooling

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

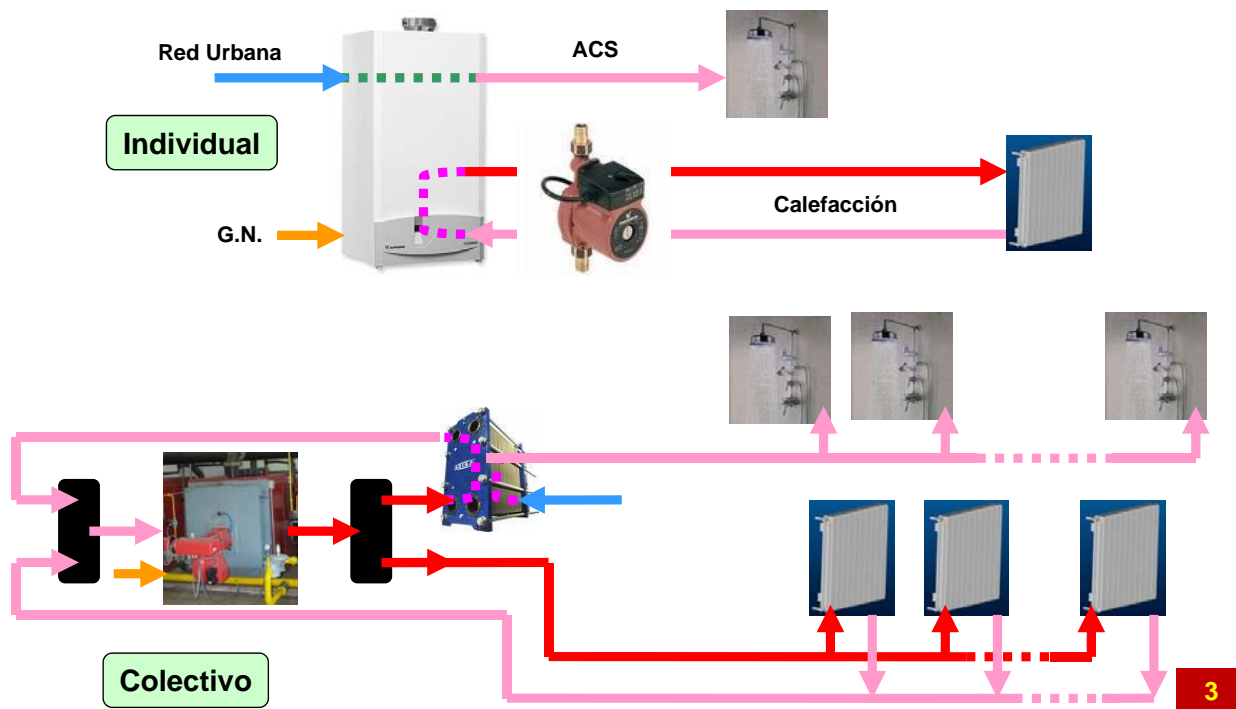
Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

1

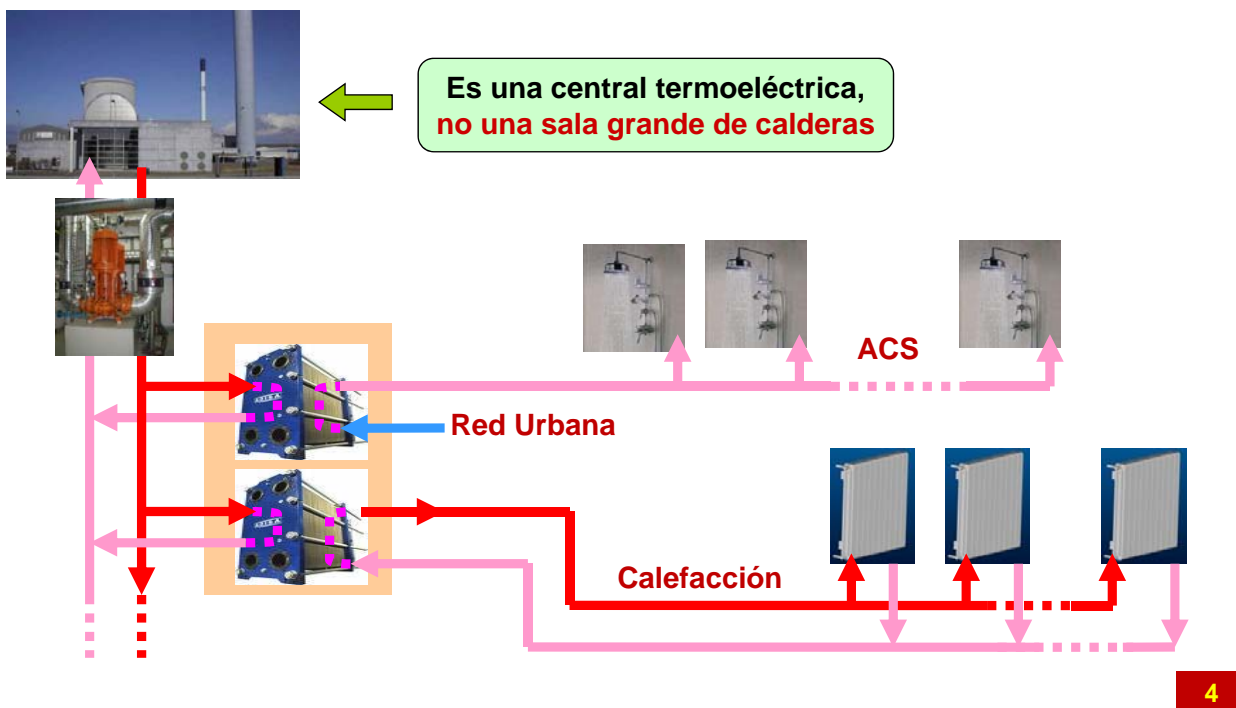
Distribución a amplias zonas de energía térmica para usos industriales, calefacción, ACS y HVAC

2

Sistema de Calefacción y ACS



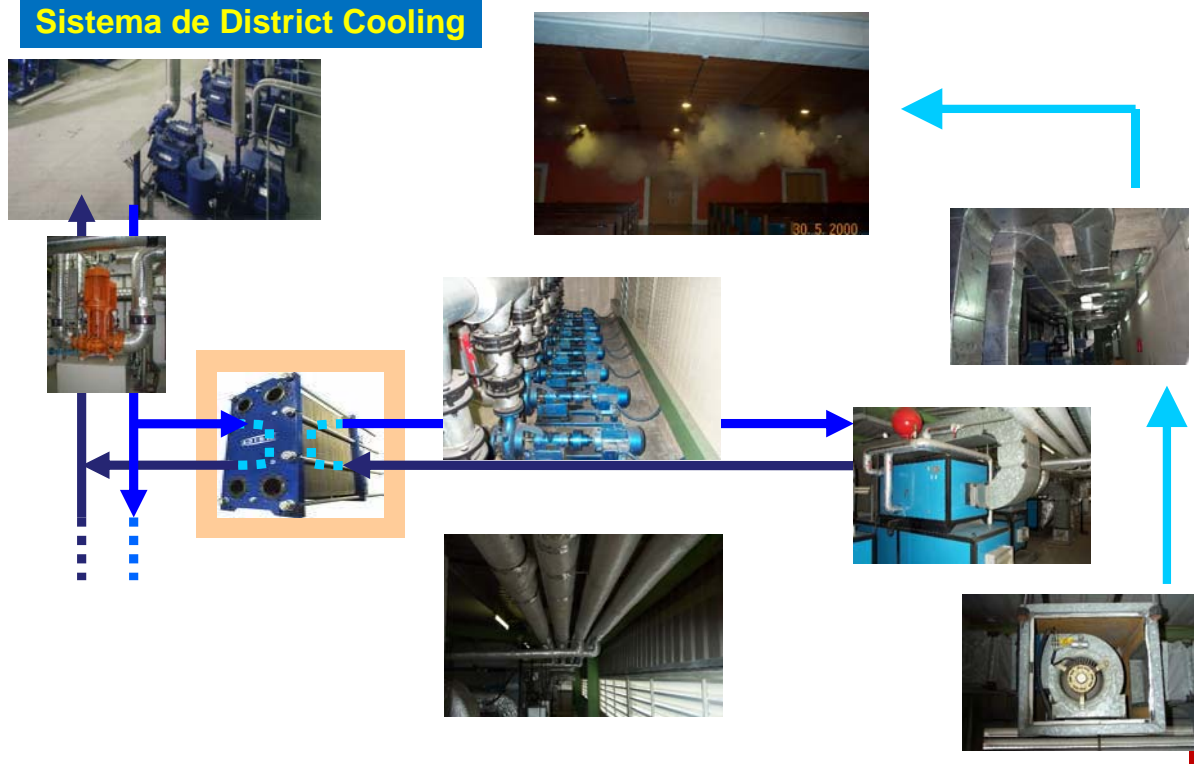
Sistema de District Heating



Sistema de Aire Acondicionado

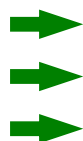


Sistema de District Cooling





- Sustitución de la producción térmica (calor y/o frío) local o central por producción térmica a gran escala (✳)
- Gran red de tuberías de distribución de agua (caliente y/o fría)
- Conexión de los usuarios al suministro térmico a través de intercambiadores de calor



VENTAJAS:

- **Combustible** (cambio, precios, distribución, potencia, ...)
- **Rendimiento** (aumenta utilización, fuentes energéticas locales, acumulación térmica, cogeneración, ...)
- **Ecológicas** (reduce emisiones, cantidad de refrigerante, refrigerantes menos seguros, ...)
- **Usuarios** (inmunes a averías [capacidad de reserva], menos ruido, menos mantenimiento, menos espacio)
- **Sociales** (empleo de calidad, servicio)

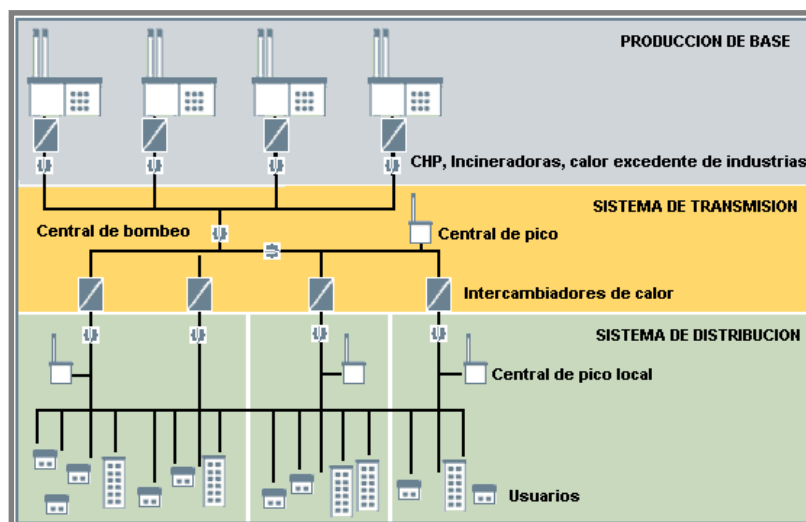
INCONVENIENTES:

- **Coordinación en la generación** (térmica y eléctrica)
- **Requieren de almacenamientos energéticos** (térmicos)
- **Planificación inicial** (demanda actual y futura)
- **Uso correcto de los usuarios** (caudales reducidos y gran salto térmico)

9

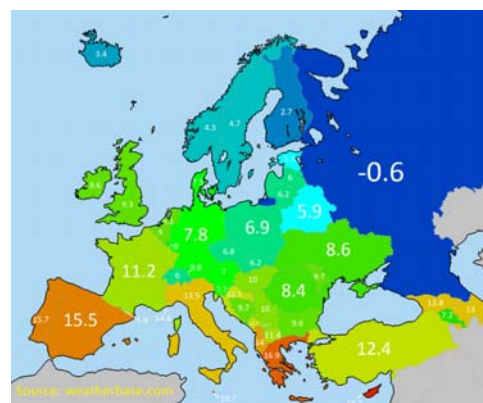
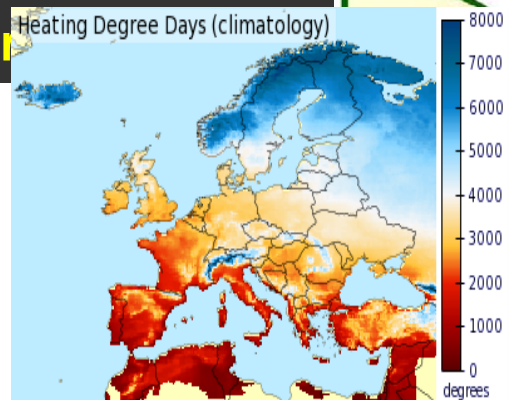
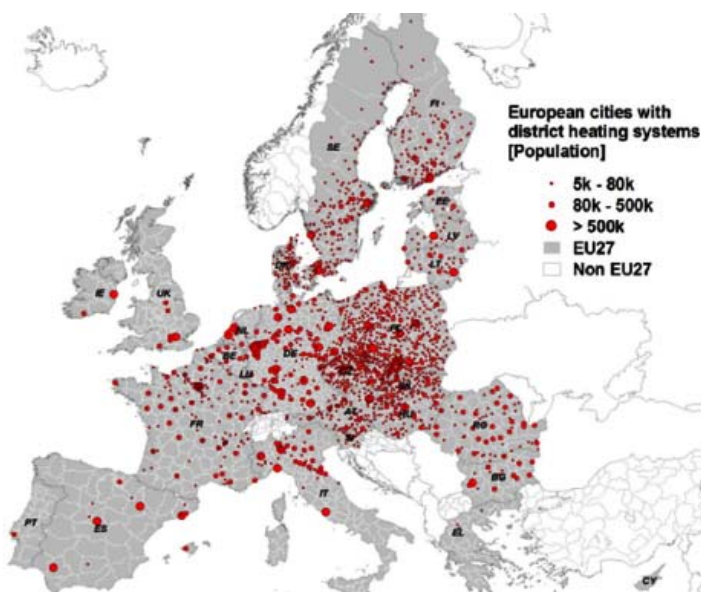
Las partes fundamentales de un sistema DH son:

- La central térmica (base / pico; solar / cog. / inciner./ calderas ...)
- Las redes de distribución
- Las centrales de intercambiadores
- Los sistemas de los usuarios

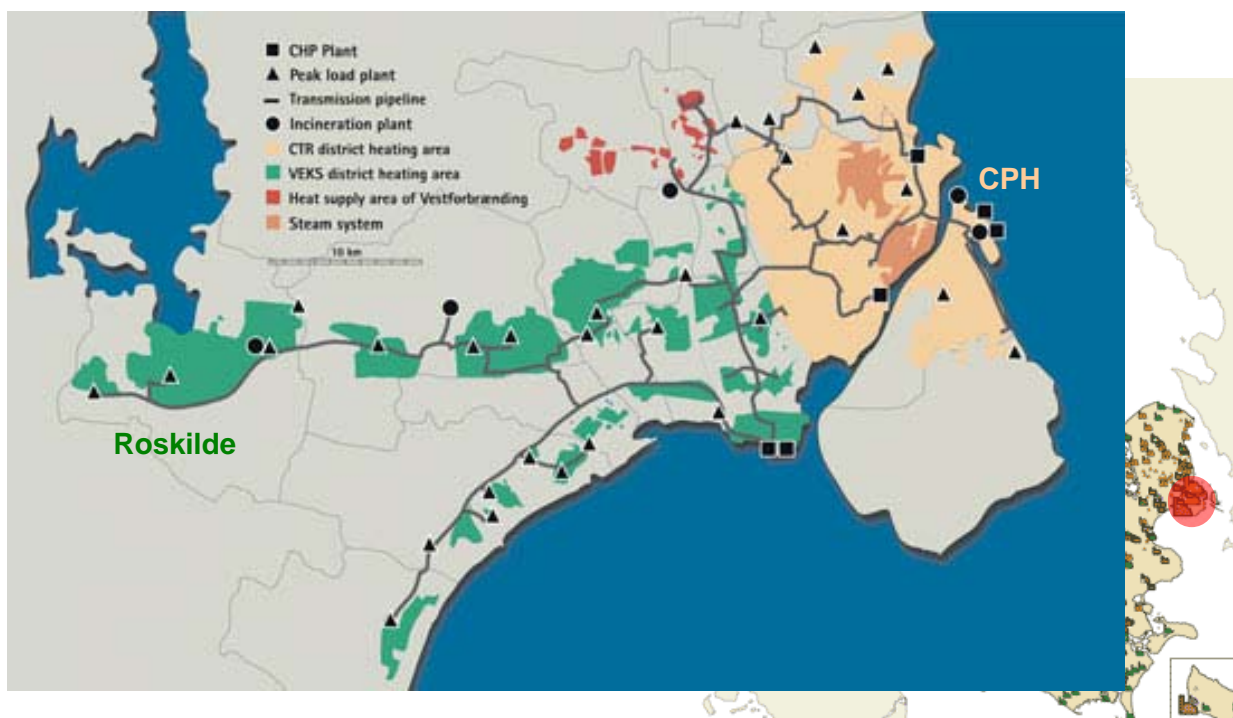
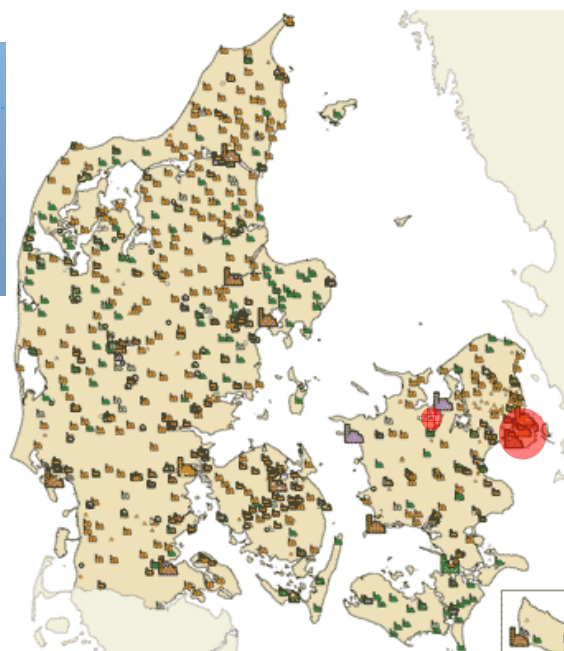
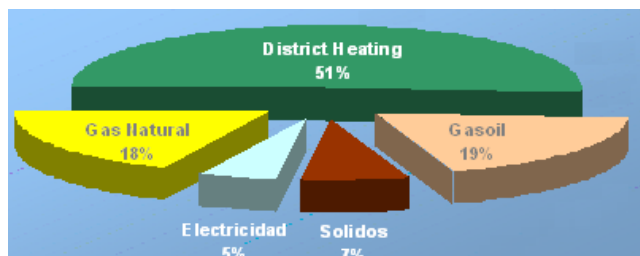


Alemania	Austria	Dinamarca	Finlandia	Bulgaria
12 %	14 %	51 %	50 %	20 %
17.500 km	2.600 km	24.000 km	8.000 km	Estonia
54.000 MW	6.000 MW	25.000 MW	14.000 MW	52 %
Eslovenia	Holanda	Hungría	Italia	Gran Bret.
15 %	3 %	16 %	1,5 %	1 %
700 km	320 km	2.000 km	1000 km	Portugal
2.000 MW	2.000 MW	8.000 MW	3.000 MW	8 %
Lituania	Polonia	Suecia	Islandia	Rep. Chec
68 %	52 %	42 %	90 %	22 %
3.000 km	16.000 km	11.000 km		
9.000 MW	23.000 MW	23.000 MW		

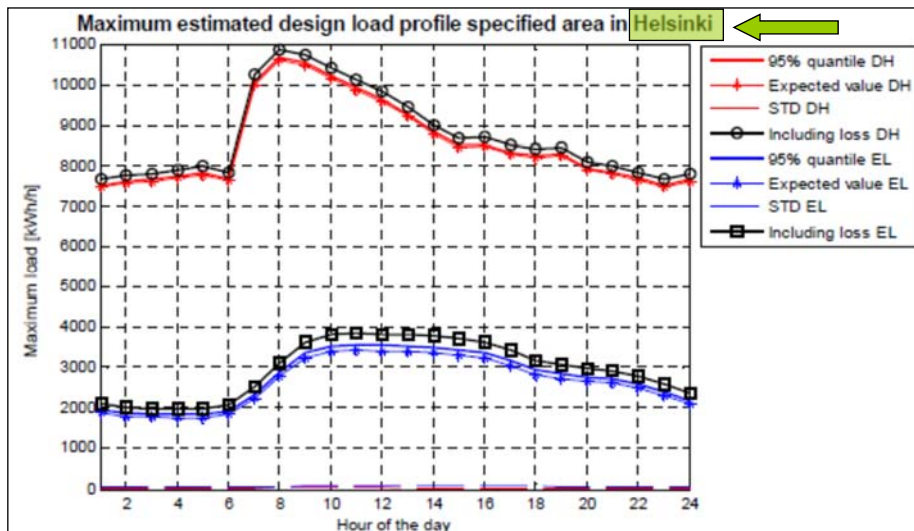
DISTRICT HEATING en Europa



DISTRICT HEATING en Dinamarca

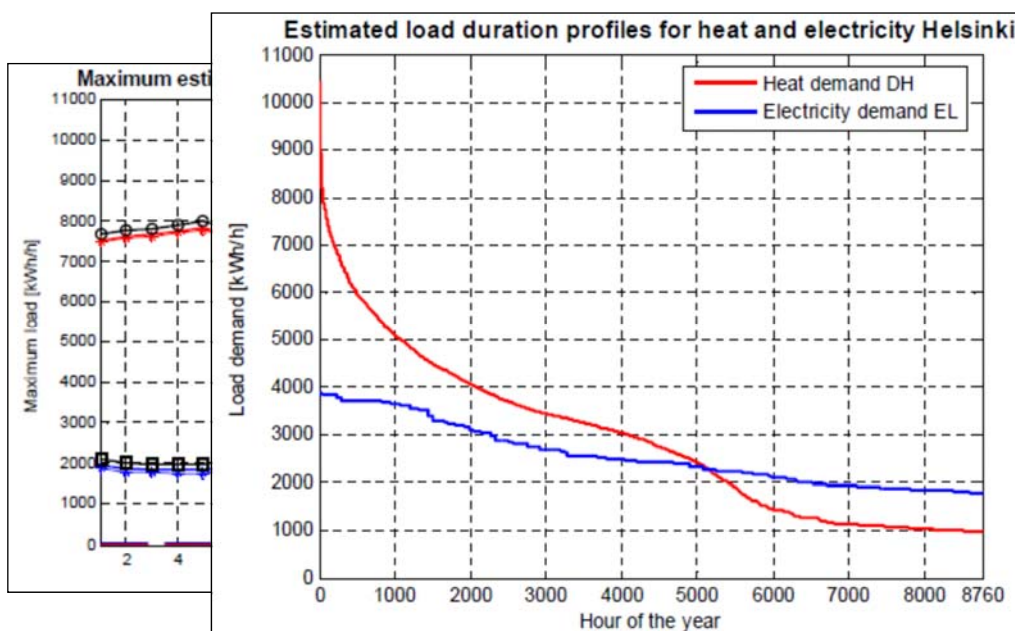


Demanda Energética de las Ciudades



15

Demanda Energética de las Ciudades



16

Requisitos para el Funcionamiento de DH Ciudades

- Reducir costes del sistema de DH tuberías pequeñas
- Reducir pérdidas térmicas reducir temperaturas
- Mejorar costes de operación maximizar producción eléctrica

- ⇒ Reducir caudales
- ⇒ Disminuir T de suministro
- ⇒ Gran enfriamiento en el agua

$$Q \propto M_{\text{agua}} (T_{\text{suministro}} - T_{\text{retorno}})$$

$$100 (95 - 85) = 50 (95 - 75) = 25 (95 - 55) = 25 (85 - 45)$$

$$\Phi (95 - 85) = \frac{\Phi (95 - 75)}{71\%} = \frac{\Phi (95 - 55)}{50\%} = \frac{\Phi (85 - 45)}{50\%}$$

“nos gordos”

$$\text{Pérdidas Térmicas} \propto \text{Perímetro}_{\text{Tubo}} \cdot (T_{\text{agua}} - T_{\text{suelo}})$$

$$T_{\text{suelo}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$\text{P.T.} (95, 85) = \frac{\text{P.T.} (95, 75)}{67\%} = \frac{\text{P.T.} (95, 55)}{42\%} = \frac{\text{P.T.} (85, 45)}{36\%}$$

17

Requisitos para el Funcionamiento de DH Ciudades

- Reducir costes del sistema de DH tuberías pequeñas
- Reducir pérdidas térmicas reducir temperaturas
- Mejorar costes de operación maximizar producción eléctrica

- ⇒ Reducir caudales
- ⇒ Disminuir T de suministro
- ⇒ Gran enfriamiento en el agua

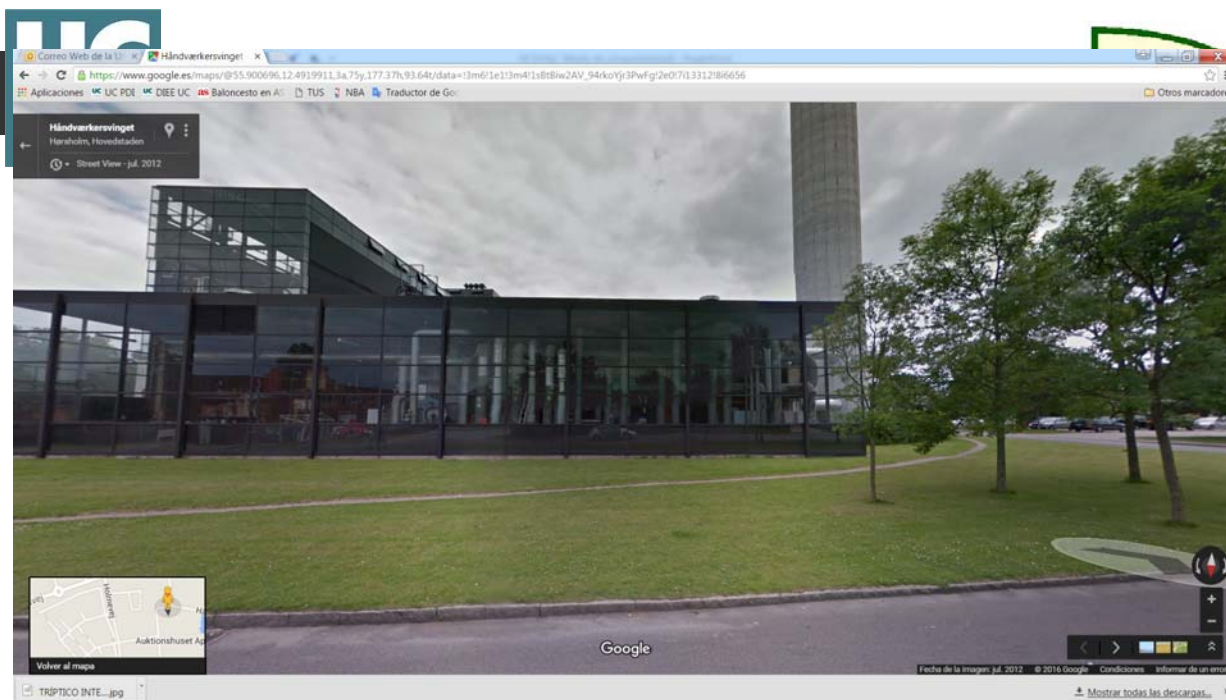
“nos gordos”

°C	Caso 1		Caso 2		Caso 3		Caso 4	
	T sum	T ret	T sum	T ret	T sum	T ret	T sum	T ret
	95	85	95	75	95	55	85	45
Caudal (%)	100		50		25		25	
Perímetro (%)	100		71		50		50	
Perd. T. (%)	100		67		42		36	

18

Centrales Térmicas

- Centrales de base (cogeneración, incineradoras, calores residuales, centrales solares, geotérmicas)
- Centrales de pico (salas de calderas)



Red de Tuberías

- **Sistemas de tuberías preaisladas**
reduce costes de instalación
disminuye pérdidas térmicas

Tuberías:

- ⇒ Rígidas: hasta 20 m
- ⇒ Flexibles: rollos de hasta 200 m

Tres capas:

- ⇒ Tuberías; acero, cobre o polietileno reticulado (PEX)
- ⇒ Aislamiento; espuma del poliuretano (PUR)
- ⇒ Forro; polietileno de alta densidad (HDPE)

Pair of pipes



Twin pipes:



Double pipes,
district heating:



Supply

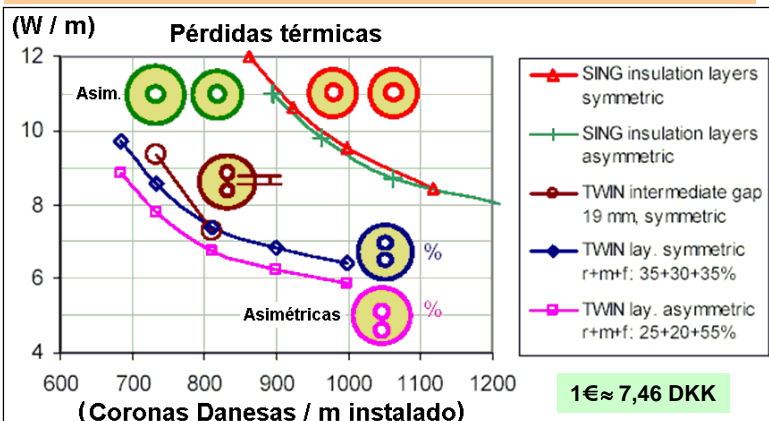
Return

PEX problema con golpe de ariete y altas T

21

Red de Tuberías

- **Sistemas de tuberías preaisladas**
reduce costes de instalación
disminuye pérdidas térmicas



Pair of pipes



Twin pipes:



Double pipes,
district heating:



Supply

Return

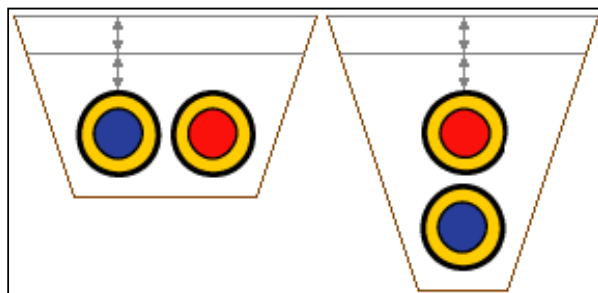
do (PEX)

PEX problema con golpe de ariete y altas T

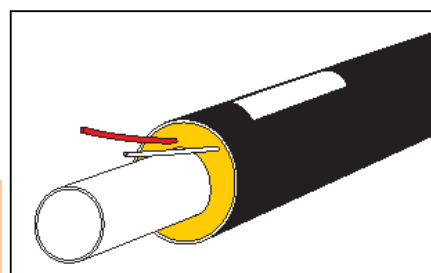
22

Red de Tuberías

- Disposición vertical u horizontal en la zanja suministro encima



- Detección de fugas
pérdida del nivel de aislamiento
sensores térmicos en el aislamiento



Red de Tuberías



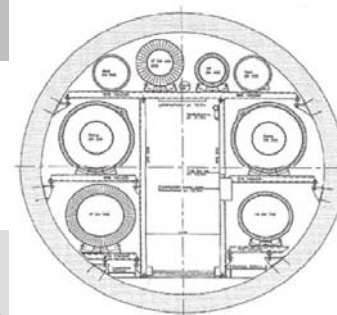
Red de Tuberías



Problema con deposiciones de cal por las altas T tratamiento del agua



Red de Tuberías



4,2 km
4,2 m de radio
42 m profundidad
8 tuberías, (6 agua, 2 vapor)



Estaciones de Intercambiadores de Calor

- Seguridad de suministro
seguridad de funcionamiento, 2 en paralelo del 70%
- Favorecer el funcionamiento del sistema
gran enfriamientos en el agua de retorno
bajo caudal primario

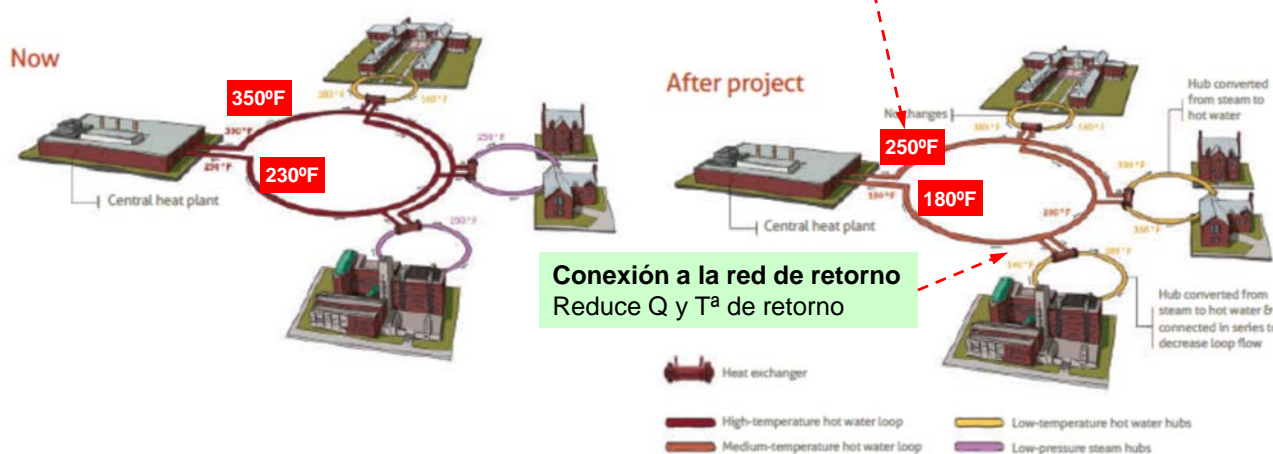


27

Estaciones de Intercambiadores de Calor

Modificaciones de una red de DH

FIGURE 1. Before and after the Thermal Efficiency Project: Brown University's district energy system.



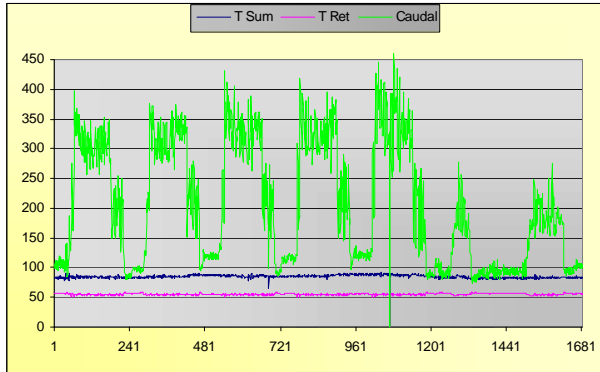
Source: Ecosystem Energy Services.

Estaciones de Intercambiadores de Calor

- Bombeo con bombas gemelas
- Filtración parcial

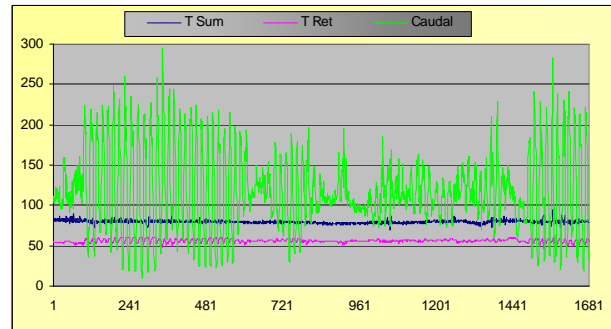


Demanda típica



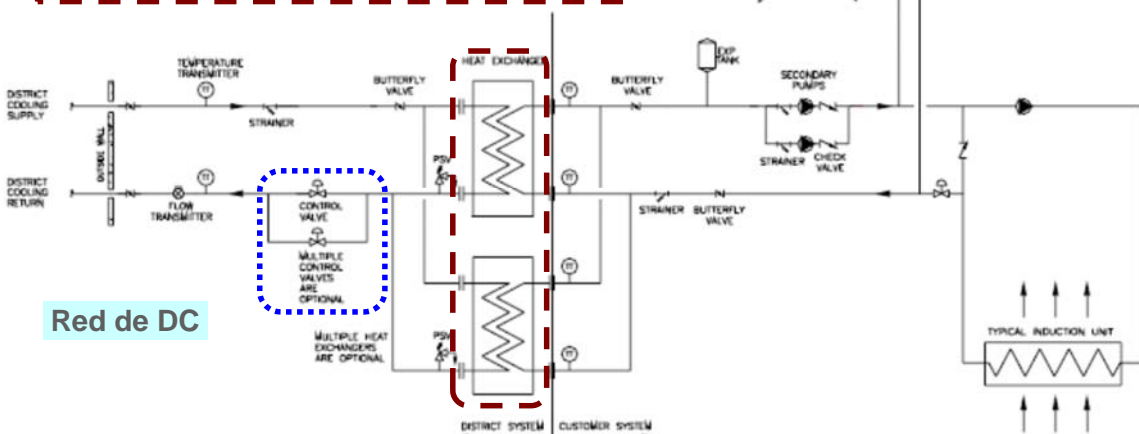
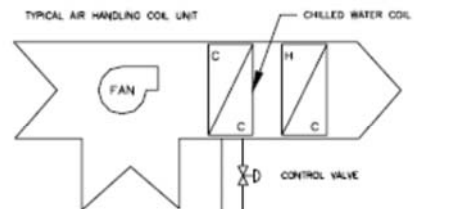
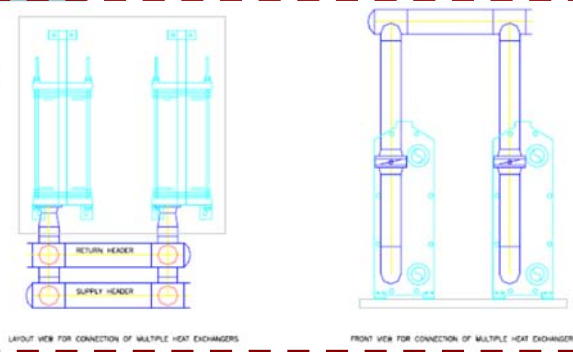
Dos controles en paralelo:
0-1/3 y 1/3-Total

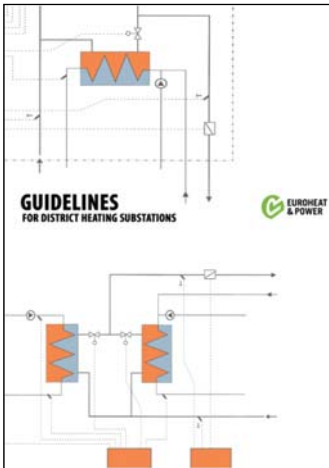
Control inestable



E

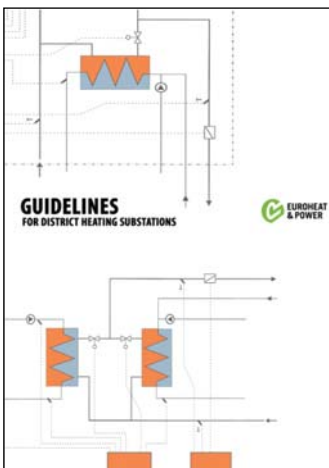
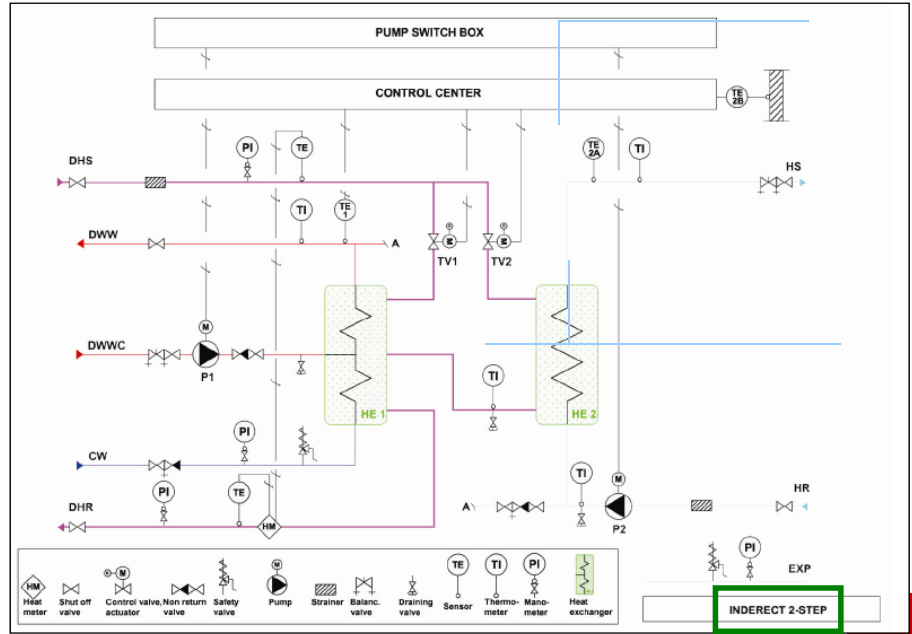
Estaciones de Calor





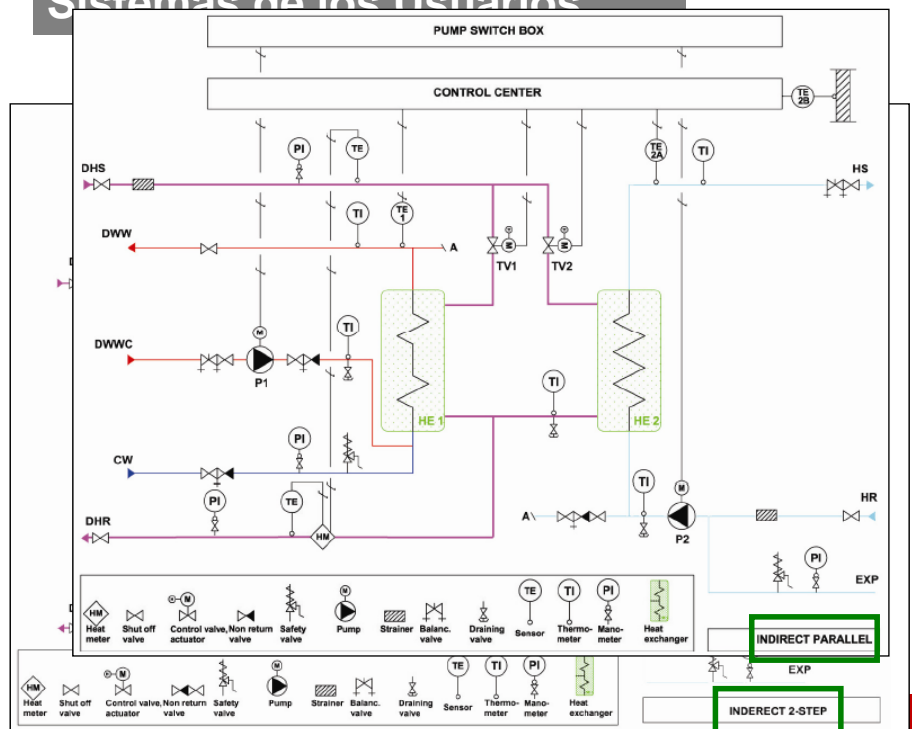
- Domestic Warm Water
- Domestic Warm Water Circulation
- Space Heating
- District Heating
- District Heating Supply
- District Heating Return
- District Heating water
- Cylinder or accumulation vessel

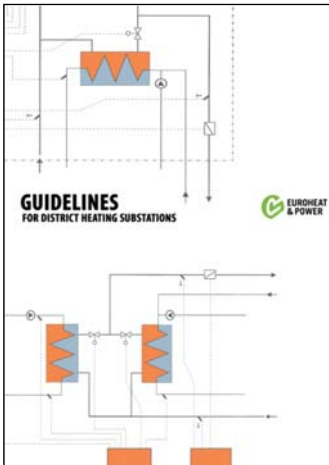
Sistemas de los Usuarios



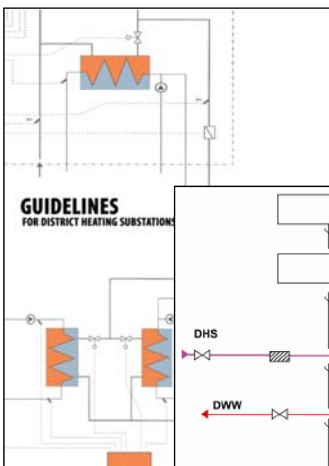
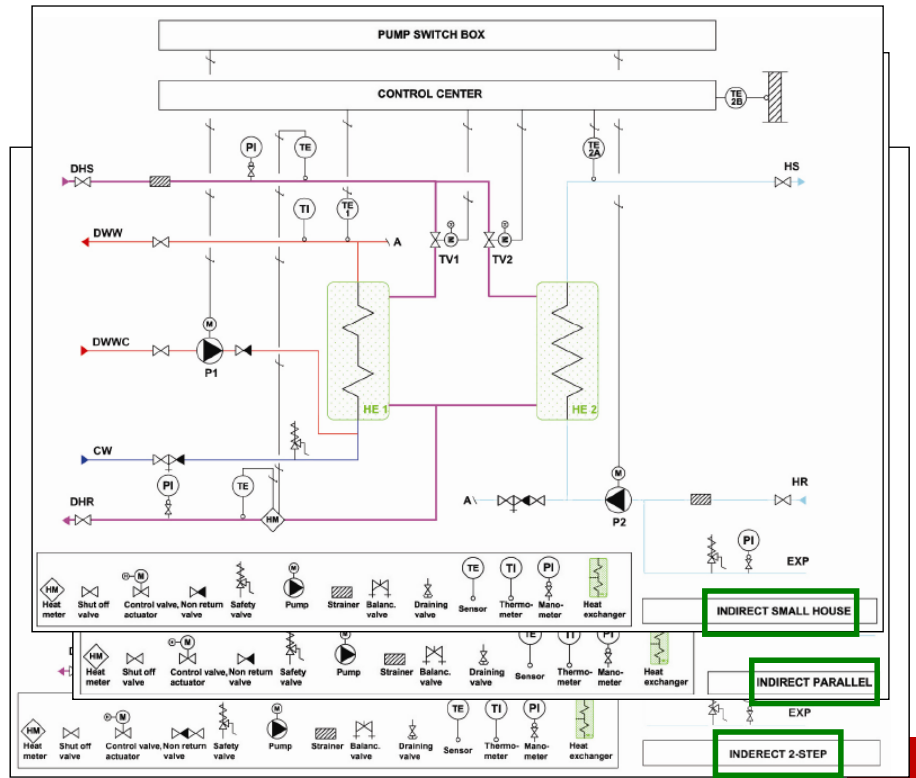
- Domestic Warm Water
- Domestic Warm Water Circulation
- Space Heating
- District Heating
- District Heating Supply
- District Heating Return
- District Heating water
- Cylinder or accumulation vessel

Sistemas de los Usuarios

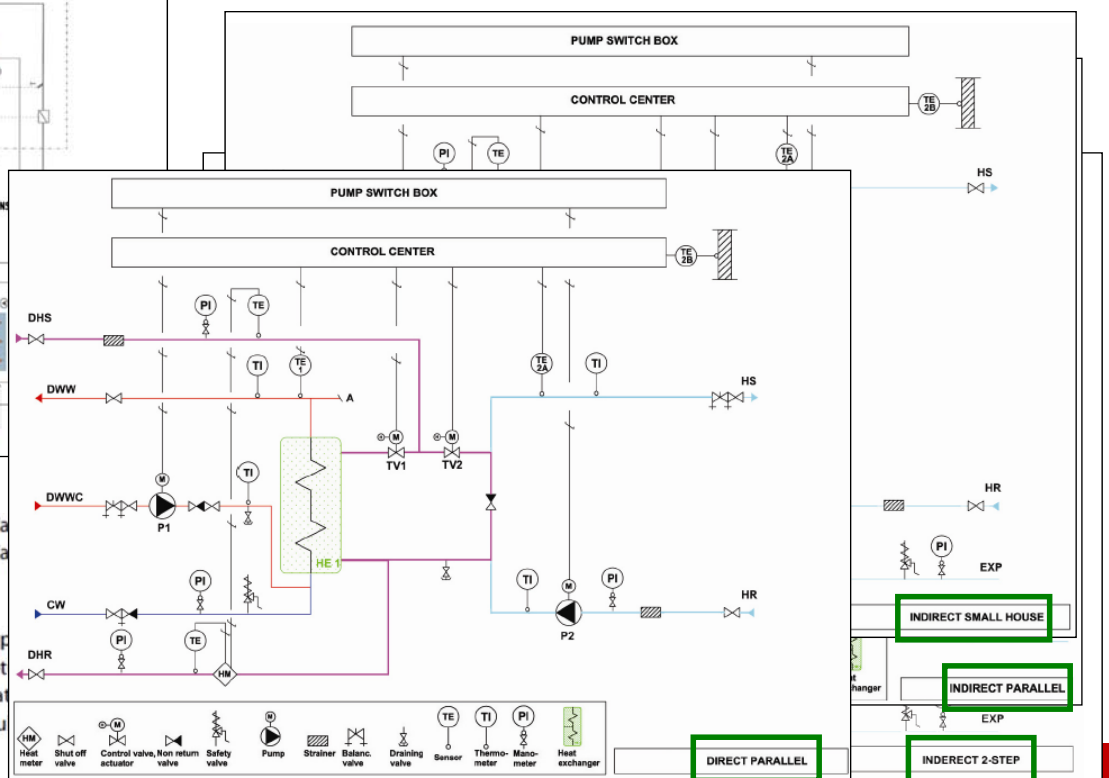


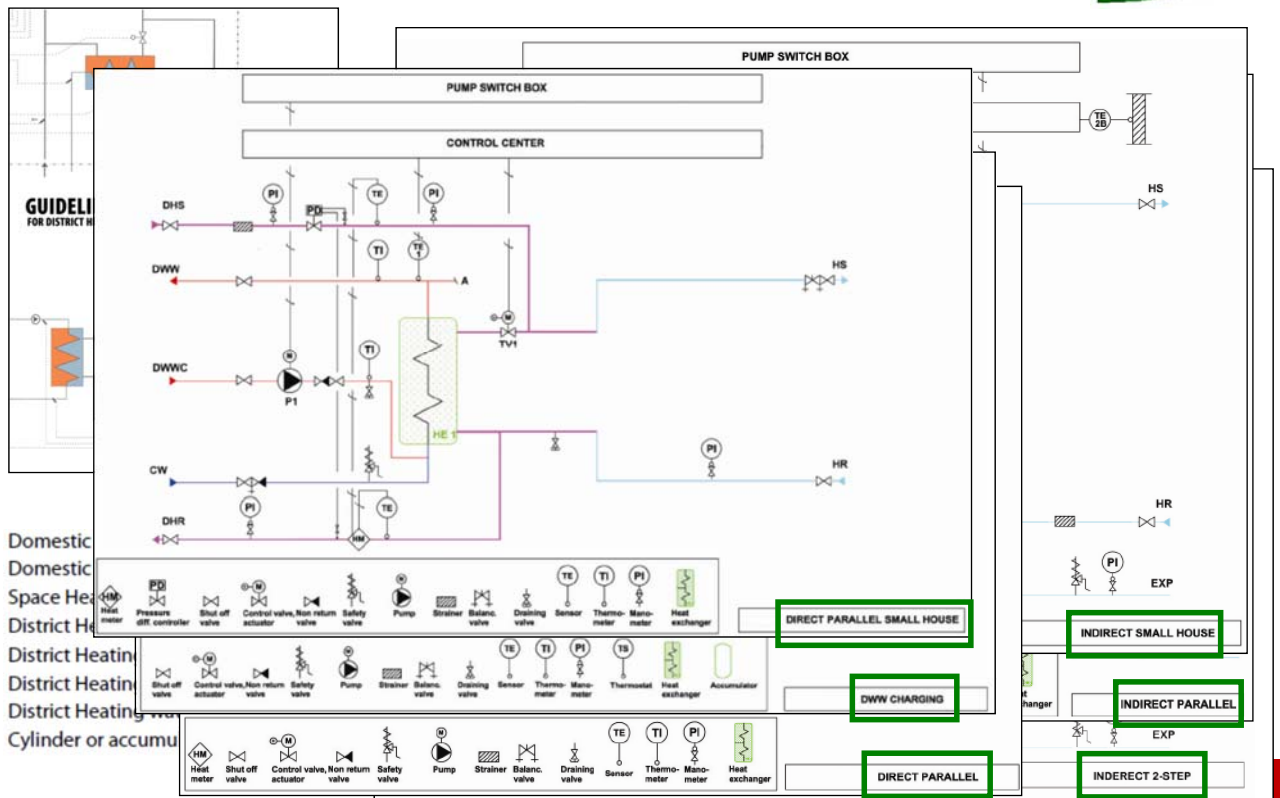
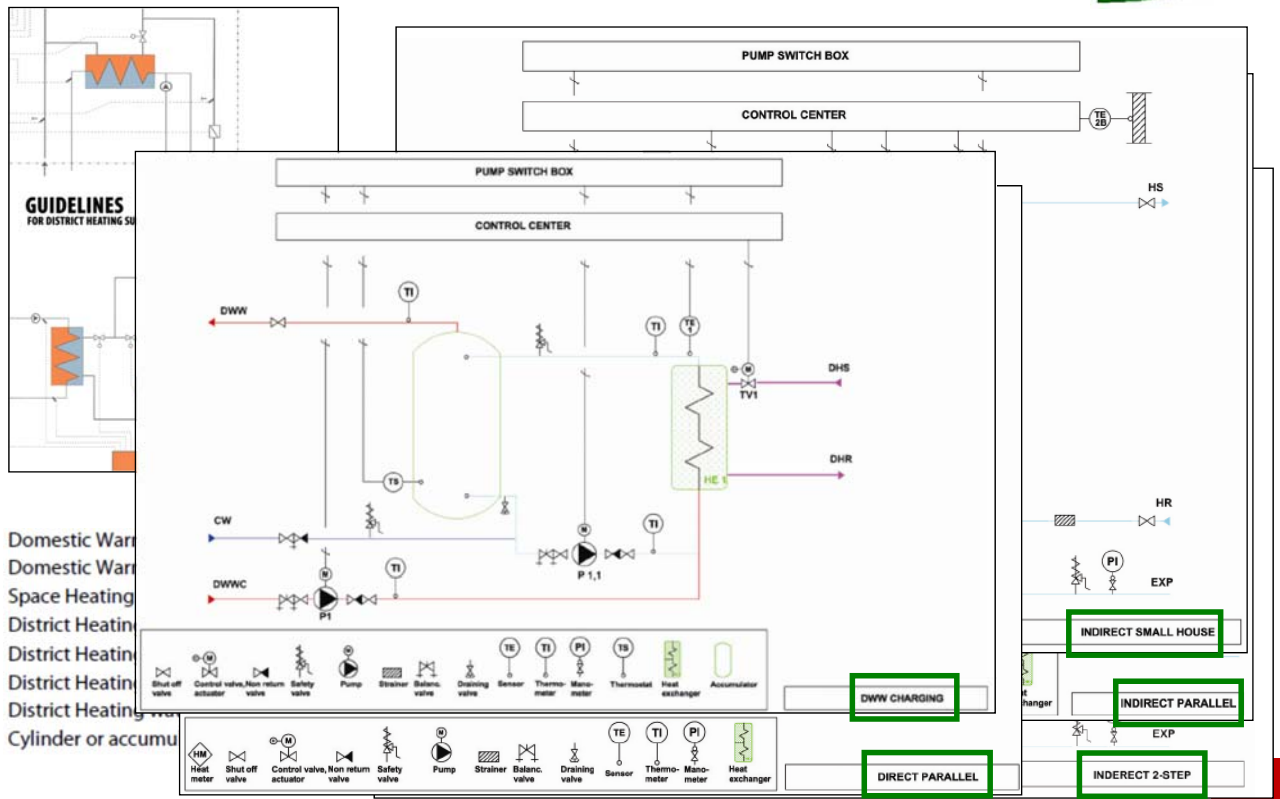


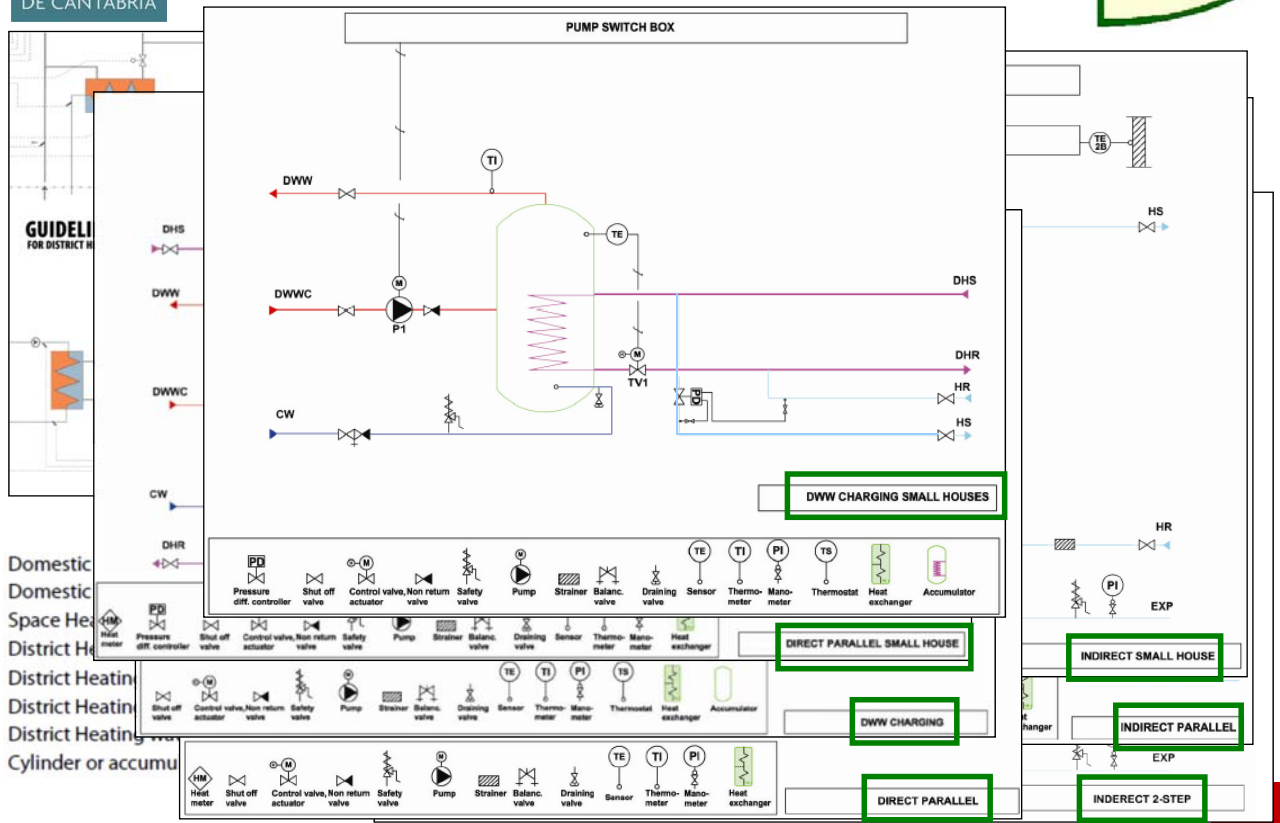
- Domestic Warm Water
- Domestic Warm Water Circulation
- Space Heating
- District Heating
- District Heating Supply
- District Heating Return
- District Heating water
- Cylinder or accumulation vessel



- Domestic Warm Wa
- Domestic Warm Wa
- Space Heating
- District Heating
- District Heating Sup
- District Heating Ret
- District Heating wa
- Cylinder or accumu



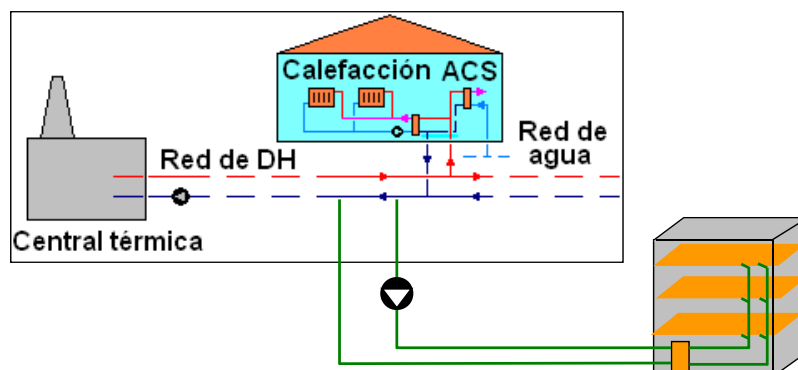




Otros Aspectos

Los sistemas que funcionan con temperaturas bajas se pueden conectar a la tubería de retorno ($\downarrow T_{cond}$ en la central $\Rightarrow \uparrow \eta_{Elec}$)

- Sistemas radiantes, de fan-coils, ...
- Calefactor calles, ...



Otros Aspectos

Los sistemas que funcionan con temperaturas bajas se pueden conectar a la tubería de retorno ($\downarrow T_{cond}$ en la central $\Rightarrow \uparrow \eta_{Elec}$)

- Sistemas radiantes, de fan-coils, ...



Consumos y Tarifas

Medida del caudal

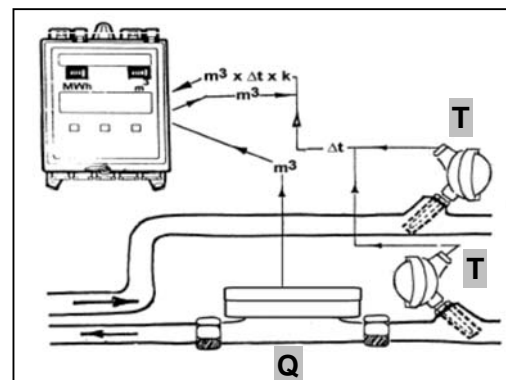
Medida de temperatura

Medida de energía

Medida de temperaturas de suministro y retorno

Penalizar:

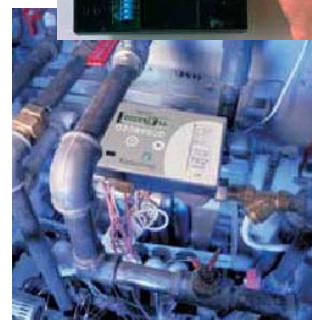
altas T de retorno,
consumo de caudal sin energía



Consumos y Tarifas

- Medida del caudal
- Medida de temperatura
- Medida de energía
- Medida de temperaturas de suministro y retorno

Telemedida



DISTRICT COOLING (I)

Suecia
550 MW
Estocolmo
350 MW

Francia
550 MW
Paris
240 MW

G Bretaña
80 MW
Hethrow
35 MW

Alemania
130 MW

España
8 MW
Barcelona
6 MW

Malasia
130 MW
K. Lumpur
80 MW

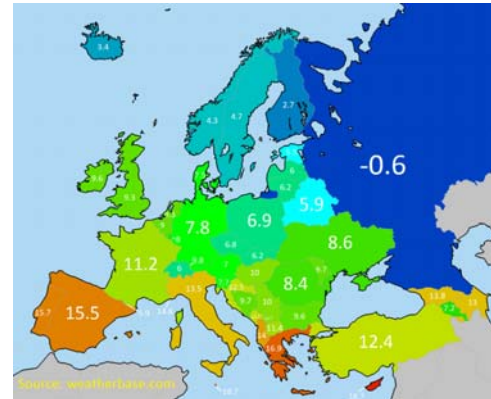
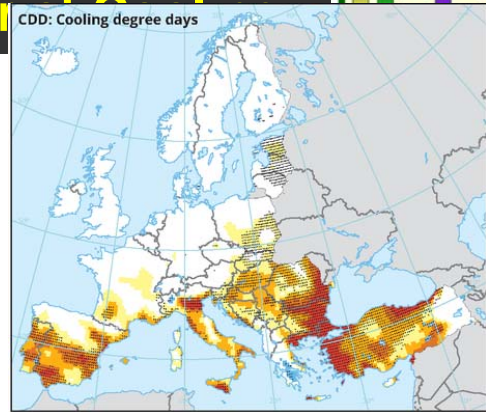
Korea
100 MW
Seul
70 MW

Japón
1000 MW
Tokyo
230 MW

A. Saudi
360 MW
Ryad
210 MW

USA
2500 MW
New York
170 MW

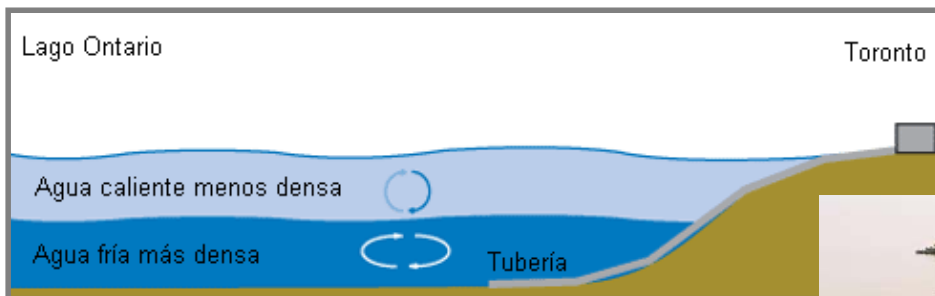
DISTRICT Cooling en Europa



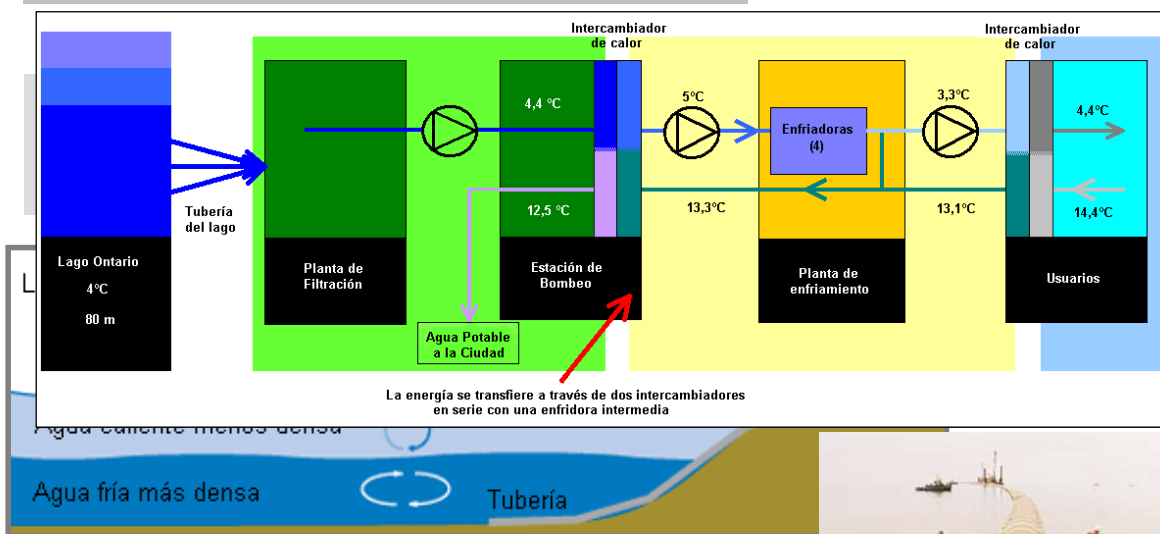
DISTRICT COOLING (II)

DC, sistemas menores (centro ciudades)

- Sistemas autónomos (compresión o absorción [asociados a DH])
- Sistemas singulares



DISTRICT COOLING (II)



5

DISTRICT COOLING (III)

DC en Copenhague

El Sistema está basado en agua de mar como medio de condensación de las enfriadoras

En épocas intermedias del año realiza free-cooling bombeando agua de mar a través de intercambiadores de calor para transferir el frío a la red de DC

System snapshot: HOFOR District Cooling	
	Chilled-water system
Startup year	2010
Number of buildings served	62
Total square footage served	1.1 million sq m (11.84 million sq ft)
Total plant capacity	52 MW thermal (2 plants)
Number of chillers	13 (12 compressors, 1 absorber)
Fuel types	Electricity, steam
Distribution network length	18 km (11.2 miles)
Piping type	Steel, plastic
Piping diameter range	65 to 900 mm (2.56 to 35.4 inches)
System pressure	Up to 20 bar (Up to 290.08 psig)
System temperatures	6 C supply/16 C return (42.8 F supply/60.8 F return)
System water volume	5,000 cu m (1.32 million gal)

Objetivo: 85 MW en 2020

46

Bombeo de agua de mar



En épocas intermedias, el free-cooling bombea agua de mar a través de intercambios de calor para transferir el frío



Compresor de tornillo

8 F return)



Distric Heating & District Cooling



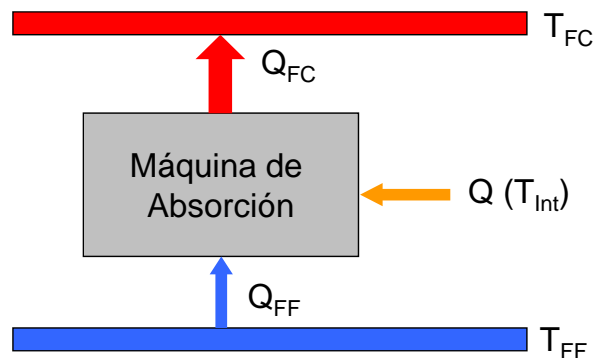
DISTRICT COOLING (IV)



Almacenamiento de Agua Fría en Doha, Catar

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (I)

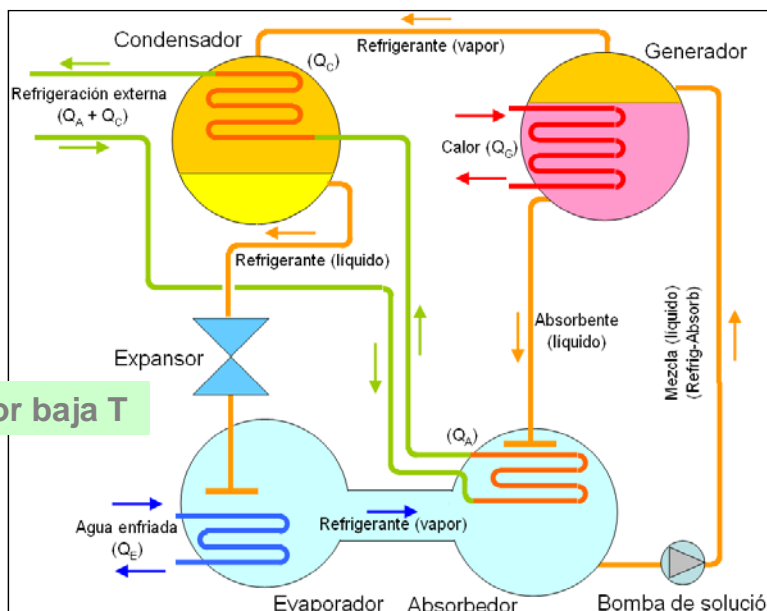
La producción de frío se realiza con máquinas de absorción



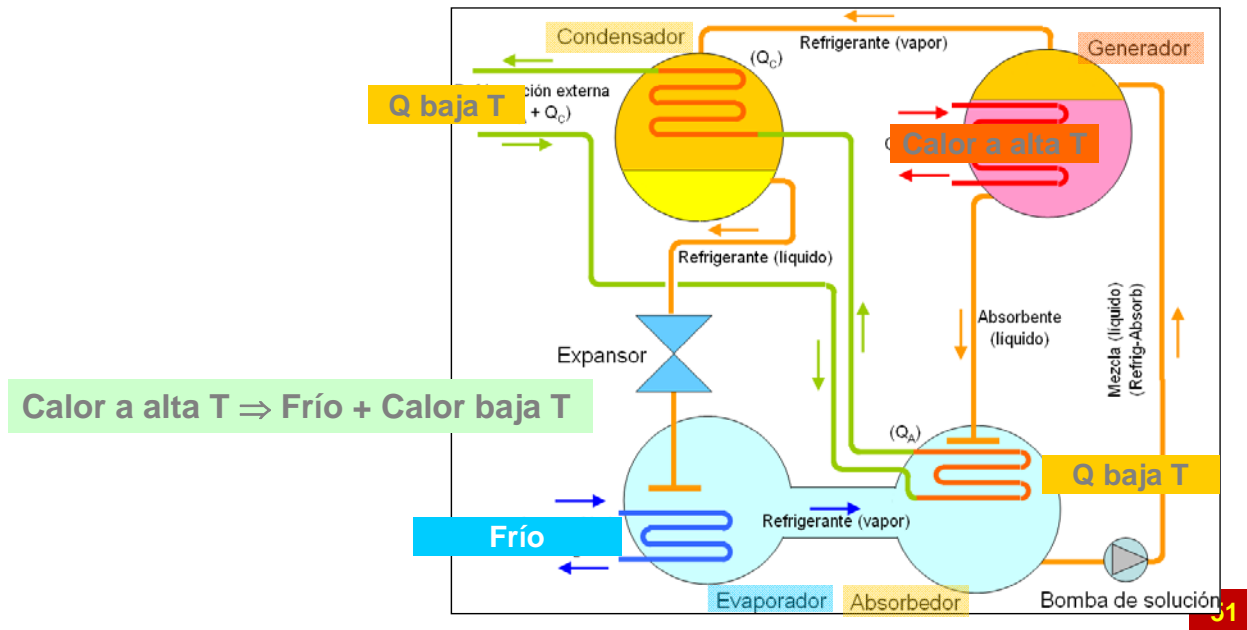
Calor a alta T \Rightarrow Frío + Calor baja T

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (II)

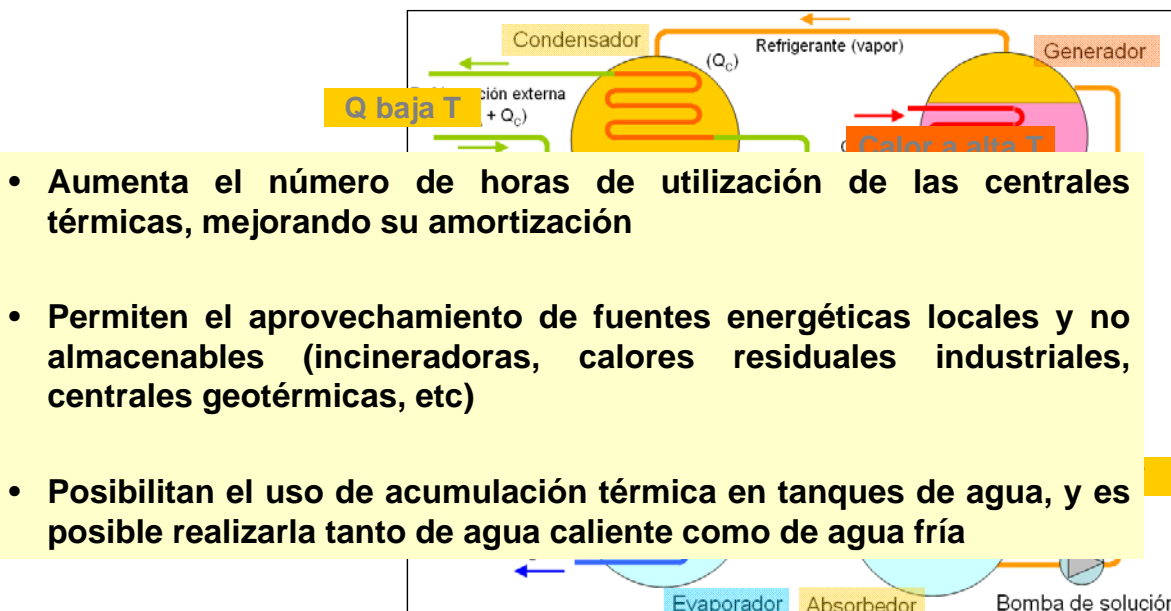
Calor a alta T \Rightarrow Frío + Calor baja T



SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (II)



SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (II)



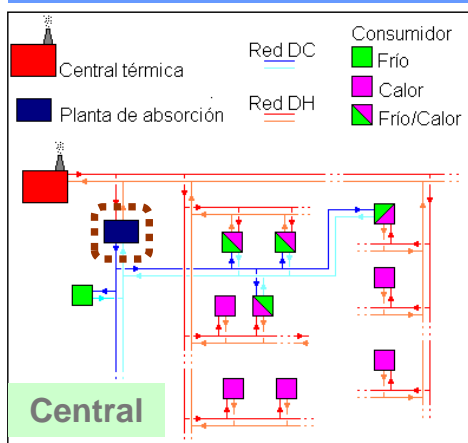
- Aumenta el número de horas de utilización de las centrales térmicas, mejorando su amortización
- Permiten el aprovechamiento de fuentes energéticas locales y no almacenables (incineradoras, calores residuales industriales, centrales geotérmicas, etc)
- Posibilitan el uso de acumulación térmica en tanques de agua, y es posible realizarla tanto de agua caliente como de agua fría

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (III)

Combinar DH y DC con máquinas de absorción de LiBr-Agua

Se permite el funcionamiento de las centrales térmicas de DH en verano con una carga elevada

La absorción sólo es rentable con gran número de horas anuales de funcionamiento



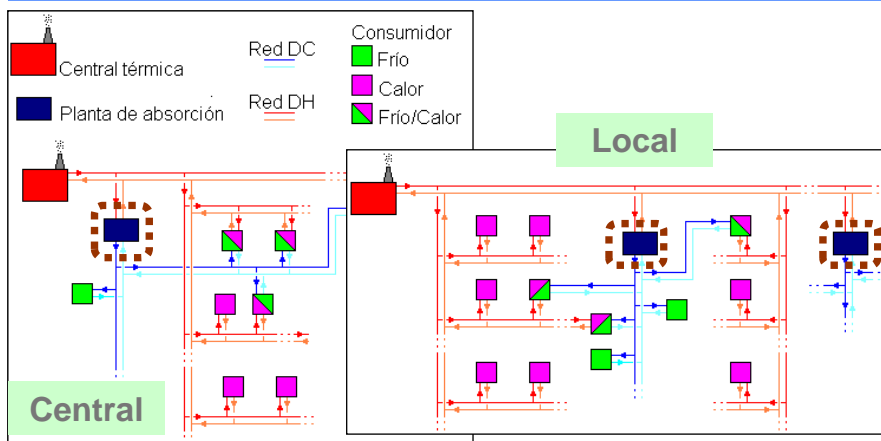
53

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (III)

Combinar DH y DC con máquinas de absorción de LiBr-Agua

Se permite el funcionamiento de las centrales térmicas de DH en verano con una carga elevada

La absorción sólo es rentable con gran número de horas anuales de funcionamiento



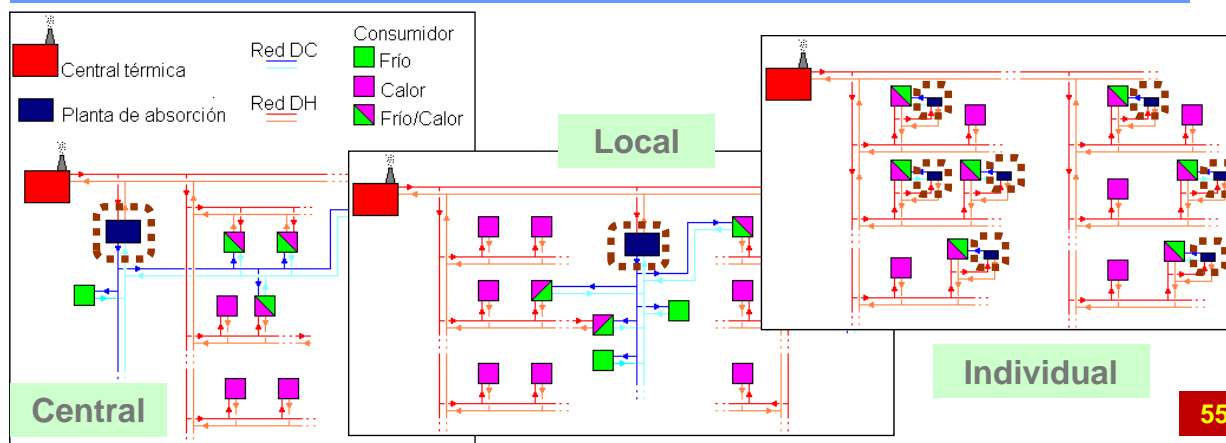
54

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (III)

Combinar DH y DC con máquinas de absorción de LiBr-Agua

Se permite el funcionamiento de las centrales térmicas de DH en verano con una carga elevada

La absorción sólo es rentable con gran número de horas anuales de funcionamiento

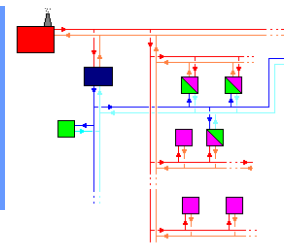


55

SISTEMAS DE DISTRICT HEATING AND COOLING (IV)

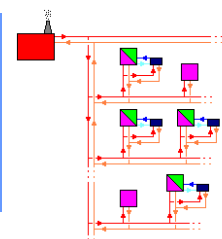
Central:

- mejor control de la central térmica
- menor potencia frigorífica instalada
- seguridad de suministro
- mantenimiento menos costoso



Individual:

- menor inversión inicial, elimina "red de DC"
- permite crecer fácilmente a partir de una red DH
- aprovecha la red de DH en verano
- requiere alta T de suministro de DH en verano



Local:

- mixto entre los otros dos

56

TUBERIAS EN SISTEMAS DH&C

El diseño de las tuberías de DC no difiere con el de las de DH

No siempre se aíslan cuando van enterradas (retorno)

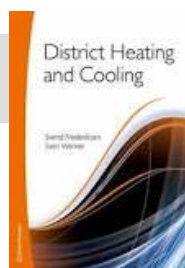
Se debe prevenir la condensación superficial; y barrera de vapor

Con agua fría no hay problemas de deposiciones calcáreas

Cuidado con congelaciones en válvulas, intercambiadores, ...

57

Bibliografía



District Heating and Cooling
S. Frederiksen and S. Werner



District Cooling Handbook, A. Vadrot, J. Delbés,
Ed European Marketing Group DHC, 1999



District Heating: una Tecnología por Descubrir,
mayo 2003

Las Centrales Térmicas en los Sistemas de District Heating, julio/agosto 2003



District Heating: Estaciones de Intercambiadores de Calor e Instalaciones de los Usuarios, noviembre 2003


Sistemas de Frío en Instalación Central: District Cooling, junio 2005



58

← → ↻ www.dbdh.dk/default.asp ☆

Danish Board of District Heating · Stæhr Johansens Vej 38 · DK-2000 Fredenksberg · Denmark · Phone: +45 3818 5440 · info@dbdh.dk DBDH | Sitemap

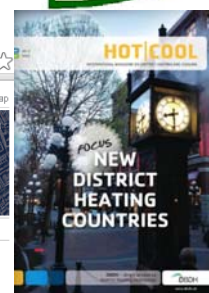


DBDH - Sustainable energy

www.ecopolis.danfoss.com

MEMBERS ONLY · DBDH · HOT|COOL · DISTRICT HEATING · PRESENTATIONS · LINKS · MEMBERS · CONTACT · IN DANISH · search

<http://www.dbdh.dk/>



CHP -an effective and clean solution for energy production
Combined Heat and Power

About this site	What is CHP	Benefits	Techniques	Research & Development	Statistics	Policies & Promotion	Country by Country	Publications
-----------------	-------------	----------	------------	------------------------	------------	----------------------	--------------------	--------------

<http://www.chp-info.org>

Home	Research Projects	Reports	The IEA DHC/CHP	DHC/CHP Case Studies	Why DHC/CHP	Contacts	Search	Links
----------------------	-----------------------------------	-------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	--------------------------	------------------------	-----------------------



IEA District Heating and Cooling including CHP

<http://www.iea-dhc.org>