

Demanda de energía térmica y frigorífica de los edificios

Módulo 2.5 Subestación y control

SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

Erasmus+ KA220-HED: Alianzas de cooperación en la educación superior

Institución responsable: Mines Paris – PSL

Autor: Dr. Antoine Fabre

Fecha: marzo de 2026

Versión 1.0



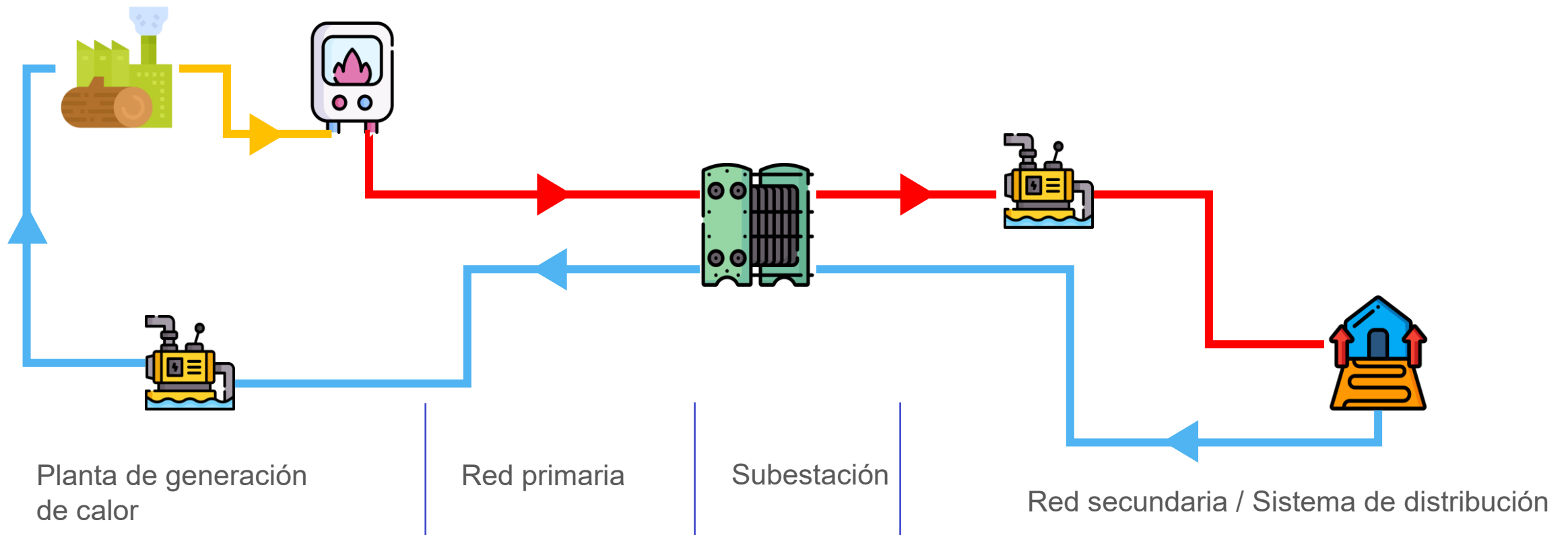
SHaKE

Sharing Knowledge on Energy Communities



1. Introducción

Una vez determinado el consumo de los edificios y dimensionada la red secundaria, es necesario elegir y dimensionar la subestación



2. Componentes de la subestación

La subestación es el elemento que actúa como interfaz entre las redes primaria y secundaria. Permite separar hidráulicamente los dos lados de una red de calefacción. También es el lugar donde se calcula el consumo de energía

Una subestación se compone de uno o varios:

Intercambiador de calor de placas



Válvula de control



Sensores y controlador



Contadores de calor

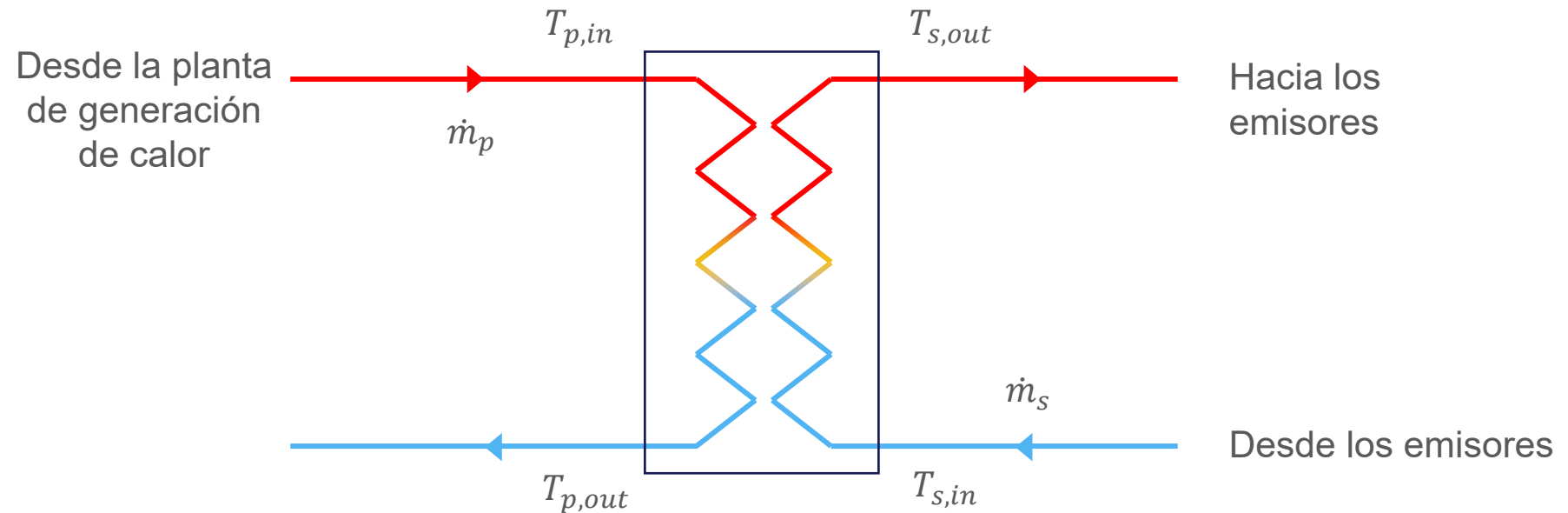


2. Componentes de la subestación

Intercambiador de calor de placas



El intercambiador de calor de placas es el elemento más importante de la subestación. Permite separar y facilitar la transferencia de calor entre el lado primario y el secundario



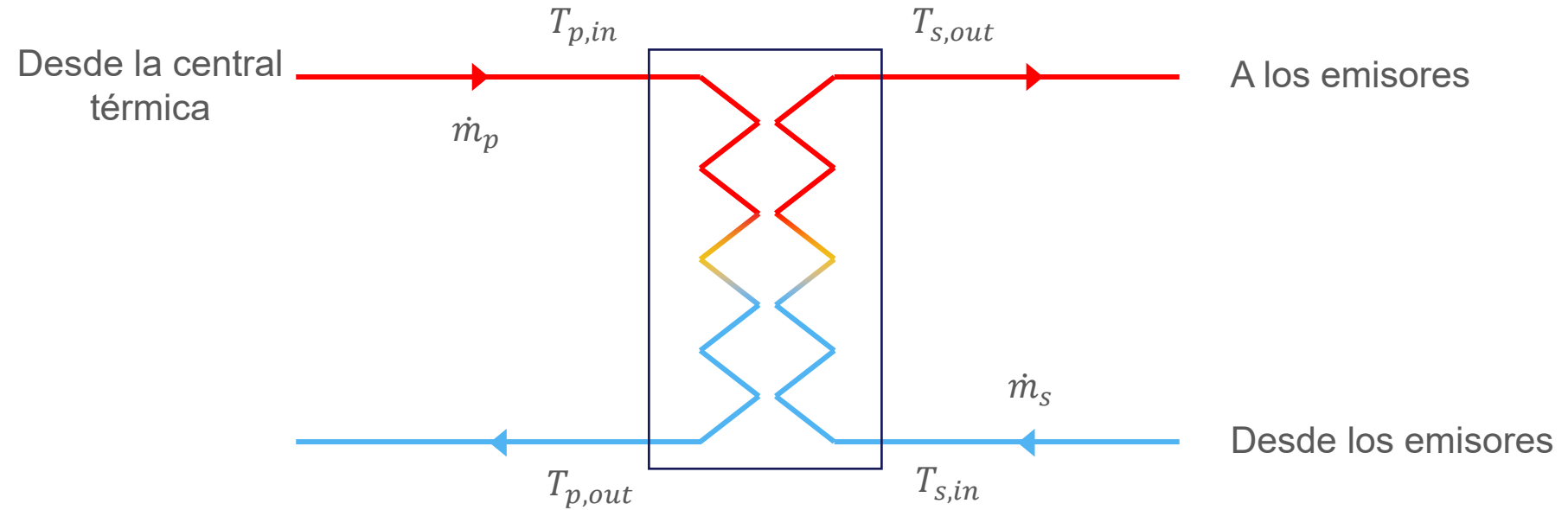
$$\dot{Q} = \dot{m}_s C_p (T_{s,out} - T_{s,in})$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_p C_p (T_{p,in} - T_{p,out})$$

$$E = \frac{\dot{Q}}{\min(\dot{m}_p C_p; \dot{m}_s C_p) (T_{p,in} - T_{s,in})}$$

2. Componentes de la subestación

Intercambiador de calor de placas



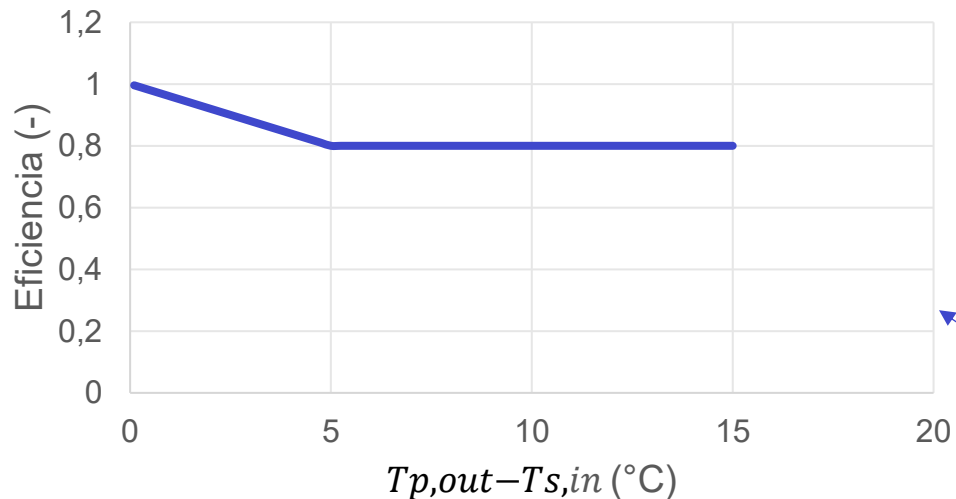
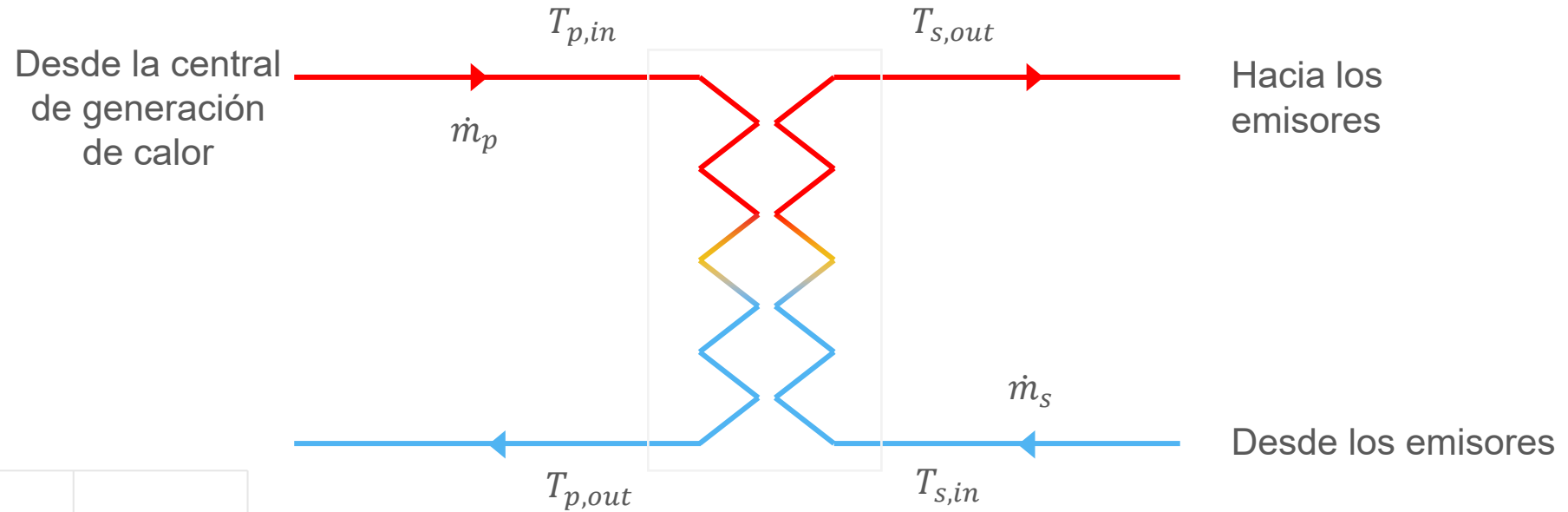
Para garantizar el mejor rendimiento del DHN, la temperatura de retorno primaria debe ser lo más baja posible. Por lo tanto, el «pinch» del HEX debe ser el más bajo posible

Queremos que $Pinch = \Delta T_{min} = T_{p,out} - T_{s,in} < 1^\circ C$

Si $T_{p,in} - T_{s,out} > 1^\circ C \rightarrow \dot{m}_p < \dot{m}_s \text{ for } P = cst$

2. Componentes de la subestación

Intercambiador de calor de placas

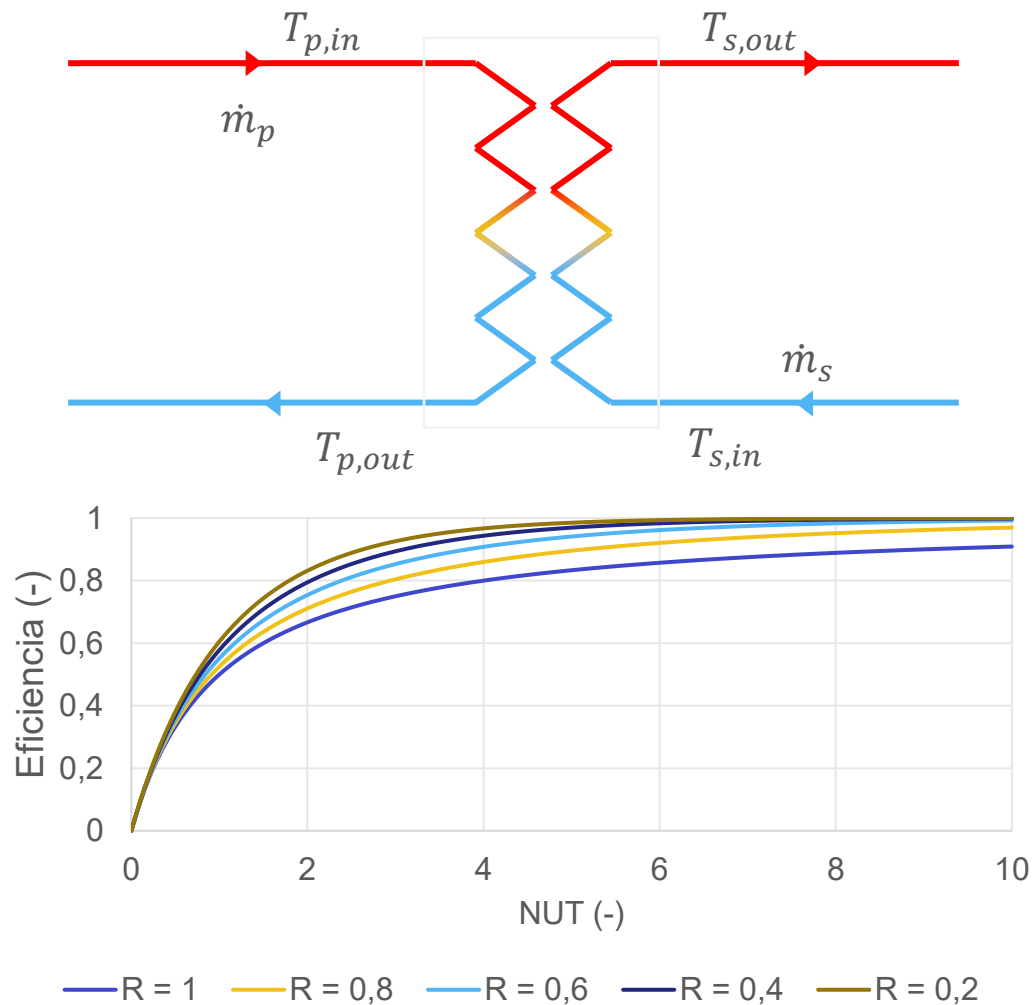


Queremos que tenga el «pinch» en la salida primaria

Y queremos que $Pinch = \Delta T_{min} = T_{p,out} - T_{s,in} < 1^{\circ}\text{C}$

Para $T_{p,in} = 85^{\circ}\text{C}$, $T_{s,out} = 80^{\circ}\text{C}$, $T_{s,in} = 60^{\circ}\text{C}$, $\dot{Q} = cst$, $\dot{m}_s = cst$

2. Componentes de la subestación



$$\dot{Q} = UA \Delta TLM = UA \frac{T_a - T_b}{\ln(T_a/T_b)}$$

$$T_a = \max(T_{p,in} - T_{s,out}; T_{p,out} - T_{s,in})$$

$$T_b = \min(T_{p,in} - T_{s,out}; T_{p,out} - T_{s,in})$$

$$R = \frac{\min(Cp \dot{m}_p; Cp \dot{m}_s)}{\max(Cp \dot{m}_p; Cp \dot{m}_s)} \quad NUT = \frac{UA}{\min(Cp \dot{m}_p; Cp \dot{m}_s)}$$

$$E = \frac{1 - \exp((R - 1)NUT)}{1 - R \exp((R - 1)NUT)} \quad \text{Para un HEX de contracorriente}$$

Al aumentar la superficie del HEX manteniendo constante el NUT, se reduce el pinch y, por lo tanto, se incrementa la eficiencia tanto del HEX como de la red de calefacción. Sin embargo, cuanto mayor es el HEX, mayor es su coste

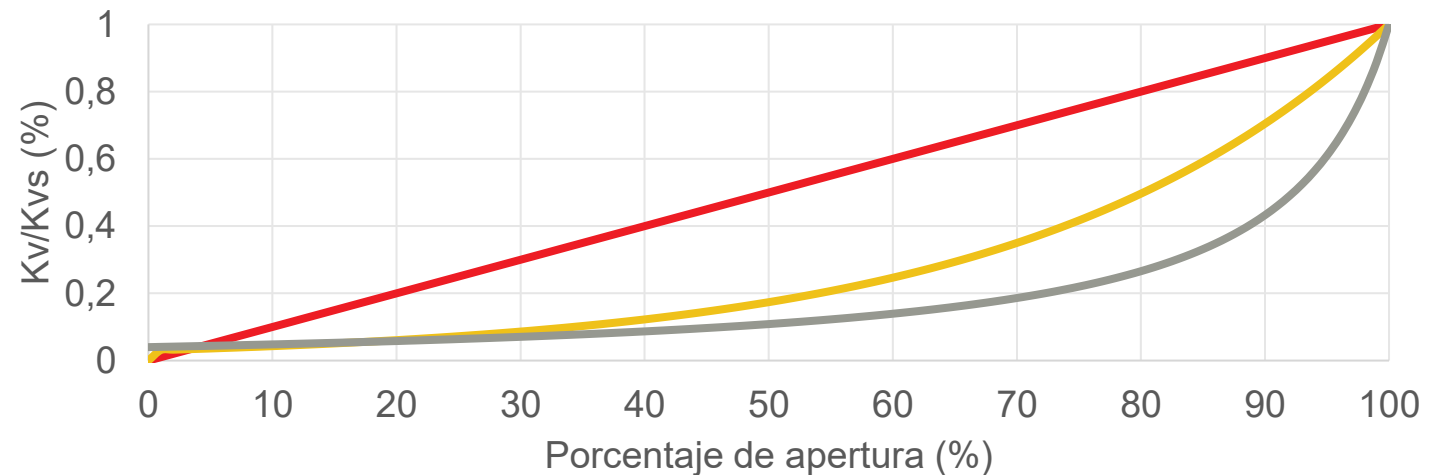
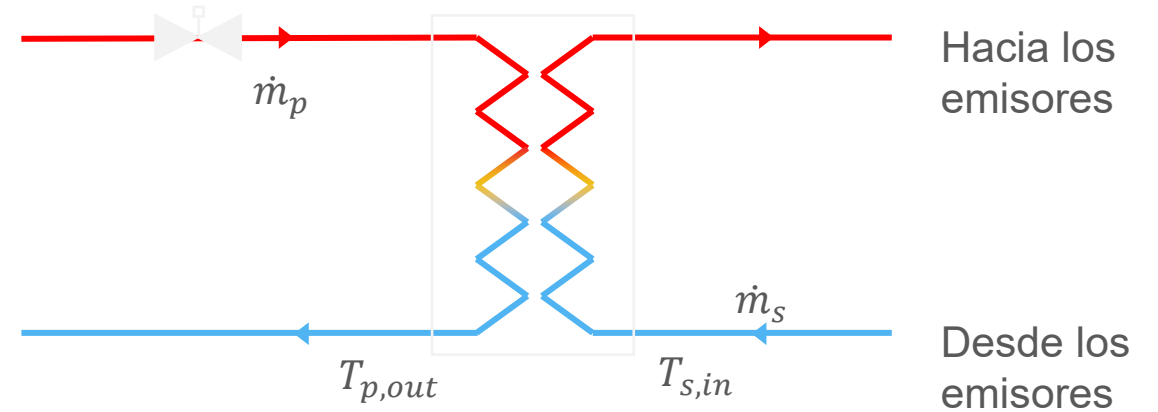
2. Componentes de la subestación

Válvula de control



La válvula de control permite regular el caudal másico en el lado primario. Debe ir acoplada a un sensor y a un controlador

Desde la central
térmica



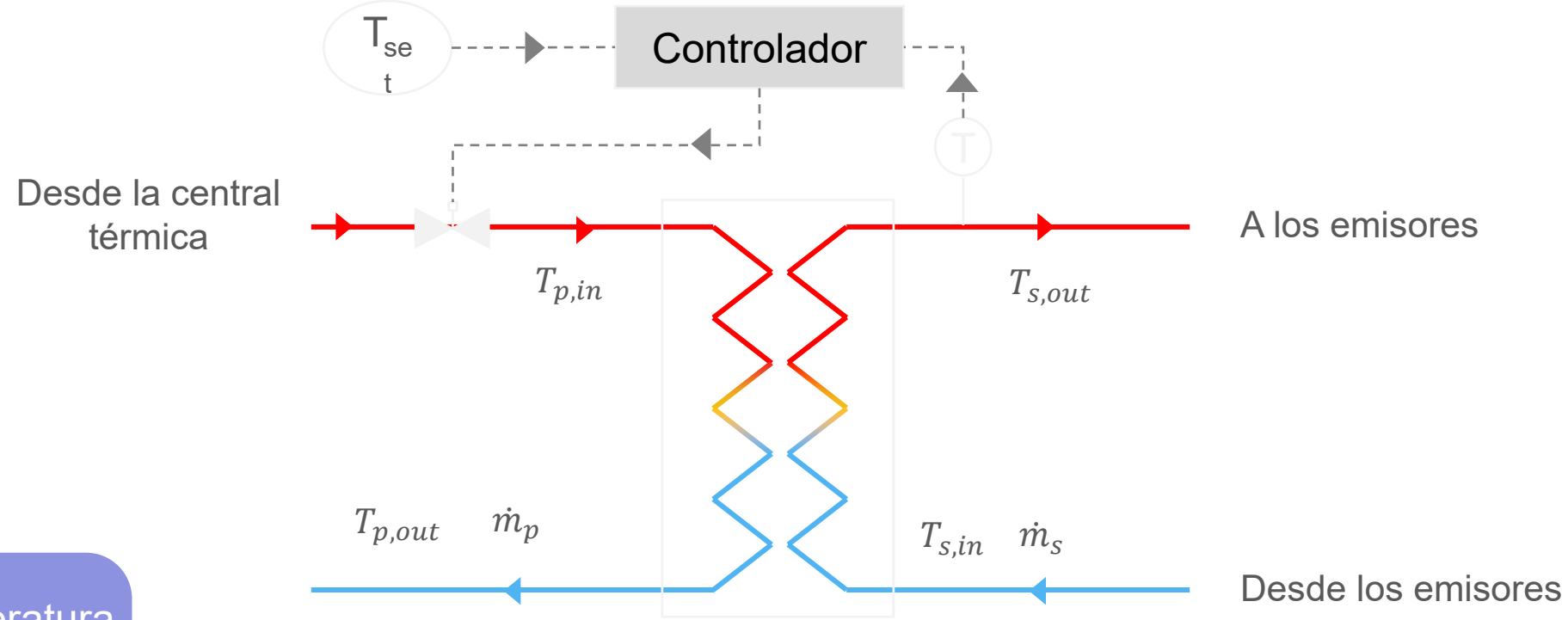
— Válvula lineal — Válvula de porcentaje igual — Válvula de porcentaje igual

2. Componentes de la subestación

Sensores y regulador



El regulador compara la temperatura de consigna con la temperatura medida y envía una señal de apertura a la válvula



$$T_{set} = a T_{ext} + b \quad a = \frac{T_{emitters,max} - T_{ext,unheated} + T_{ext,min}}{T_{ext,min} - T_{ext,unheated}}$$

$$\text{Para } T_{ext} = T_{ext,min} \Rightarrow T_{set} = T_{emitters,max}$$

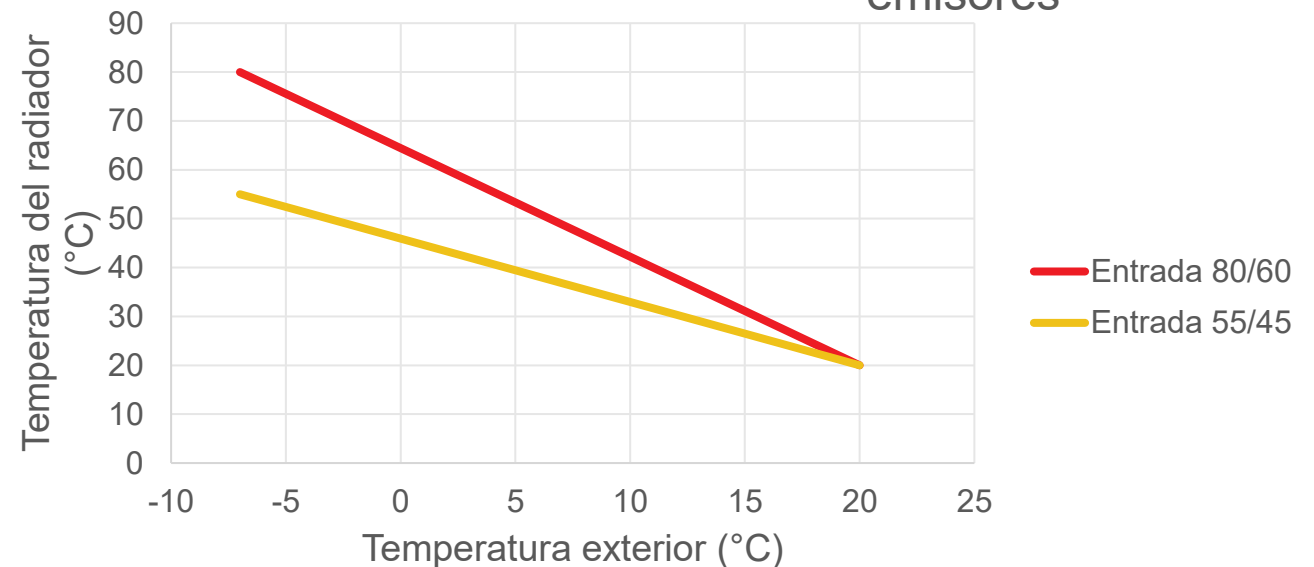
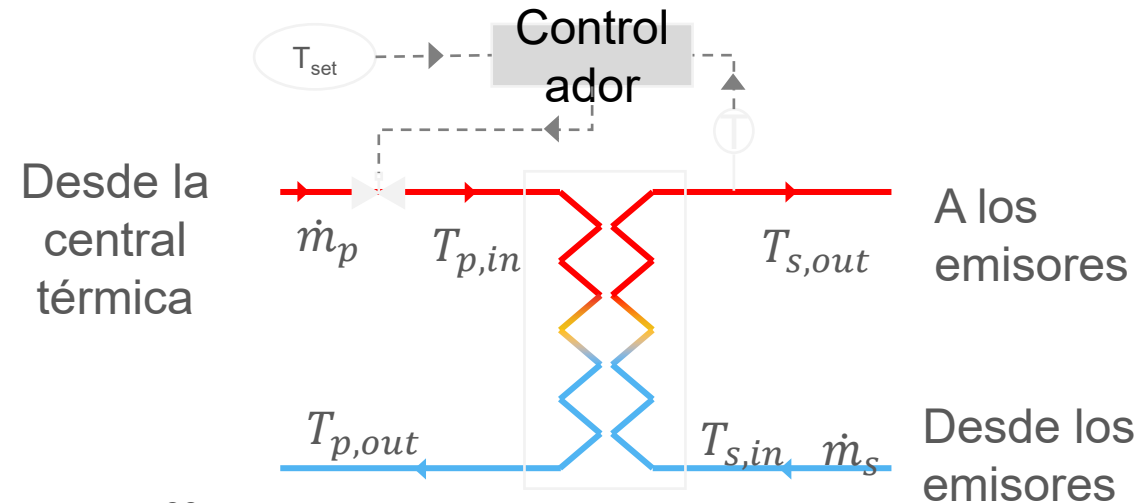
$$\text{Para } T_{ext} = T_{ext,unheated} \Rightarrow T_{set} = T_{ext,unheated} +$$

2. Componentes de la subestación

Sensores y regulador



El regulador compara la temperatura de consigna con la temperatura medida y envía una señal de apertura a la válvula

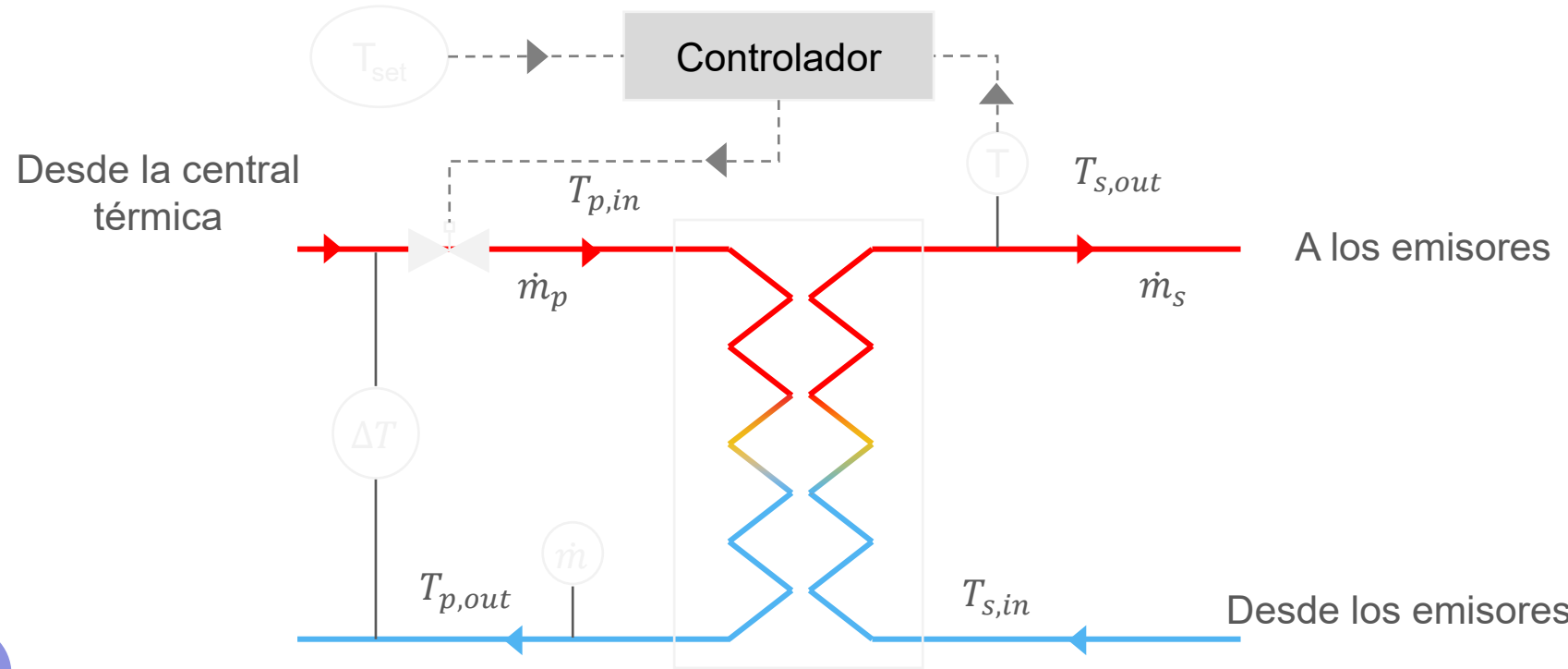


2. Componentes de la subestación

Contadores de calor



El contador de calor mide las temperaturas de ida y vuelta y el caudal en el lado primario para calcular la energía consumida por el SST



Incertidumbre en el caudal

Norma EN 1434

$$E_f = \pm \left(2 + 0,02 \frac{q_{max}}{q} \right)$$

$$Q = \int_0^V \rho C_p \Delta T dV$$

$$E_t = \pm \left(0,5 + 3 \frac{\Delta T_{min}}{\Delta T} \right)$$

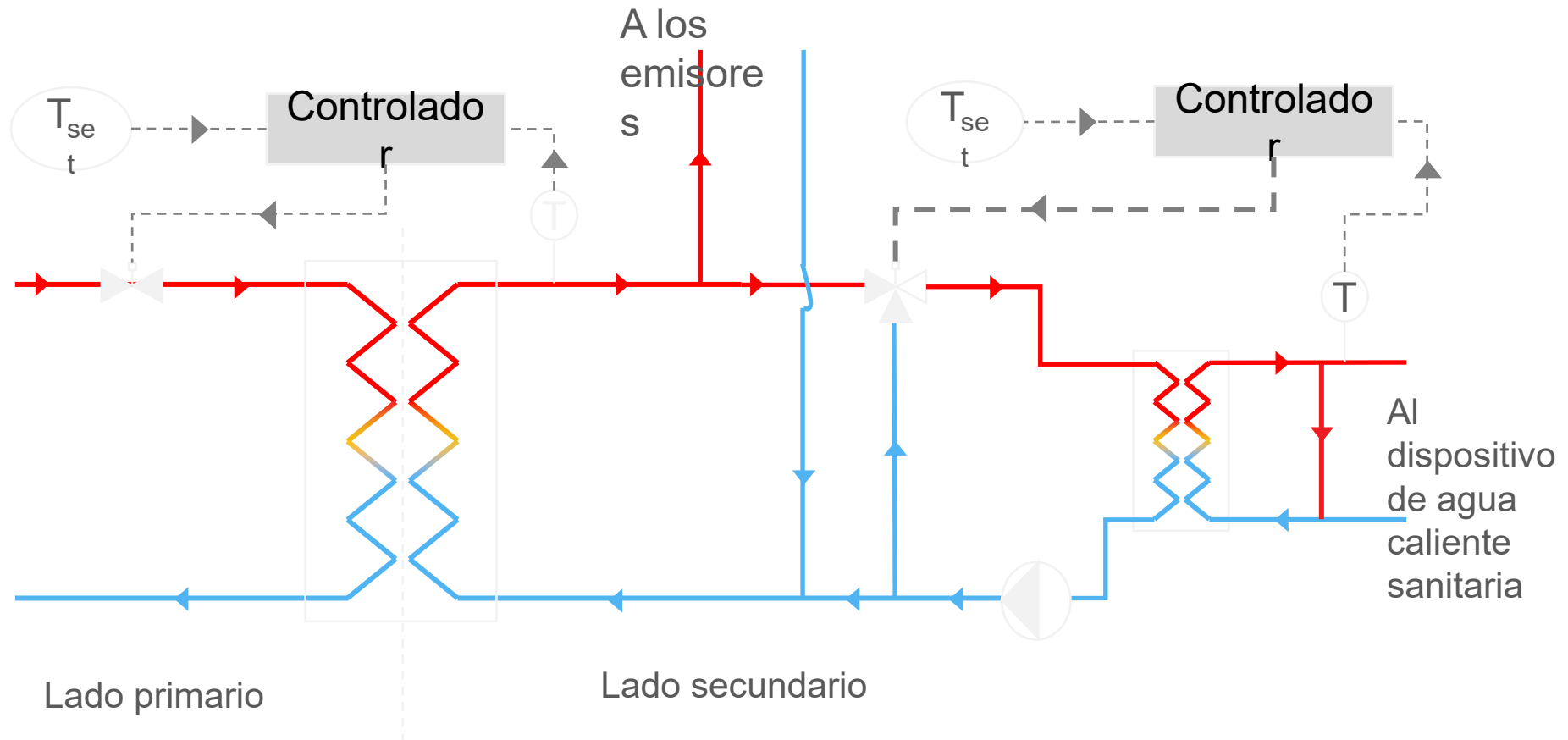
Incertidumbre sobre la diferencia de temperatura

2. Componentes de la subestación

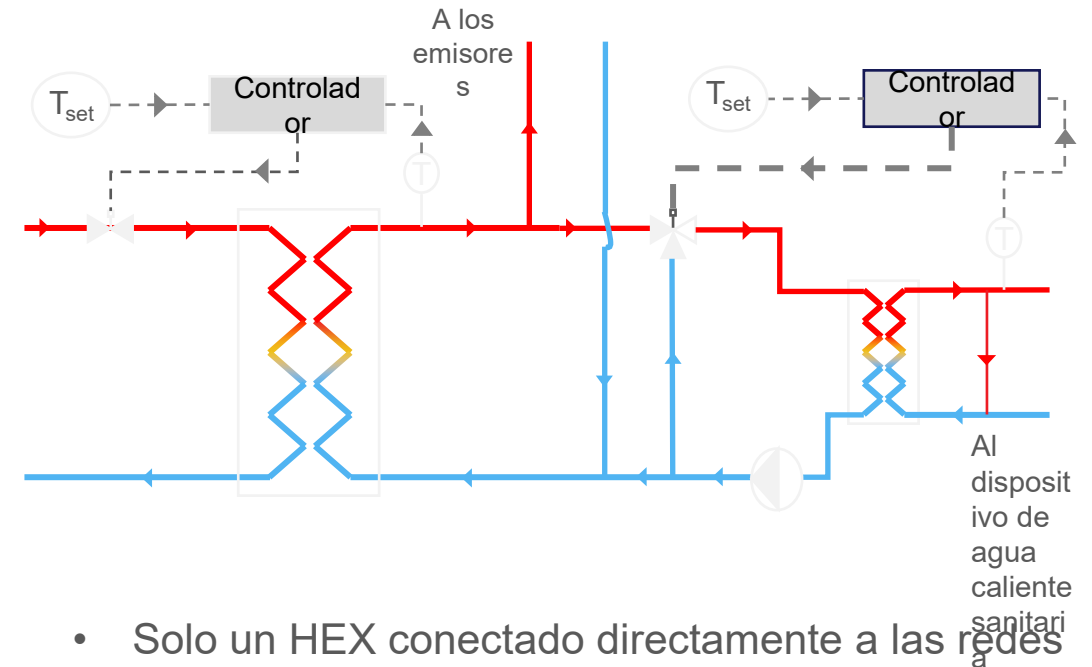
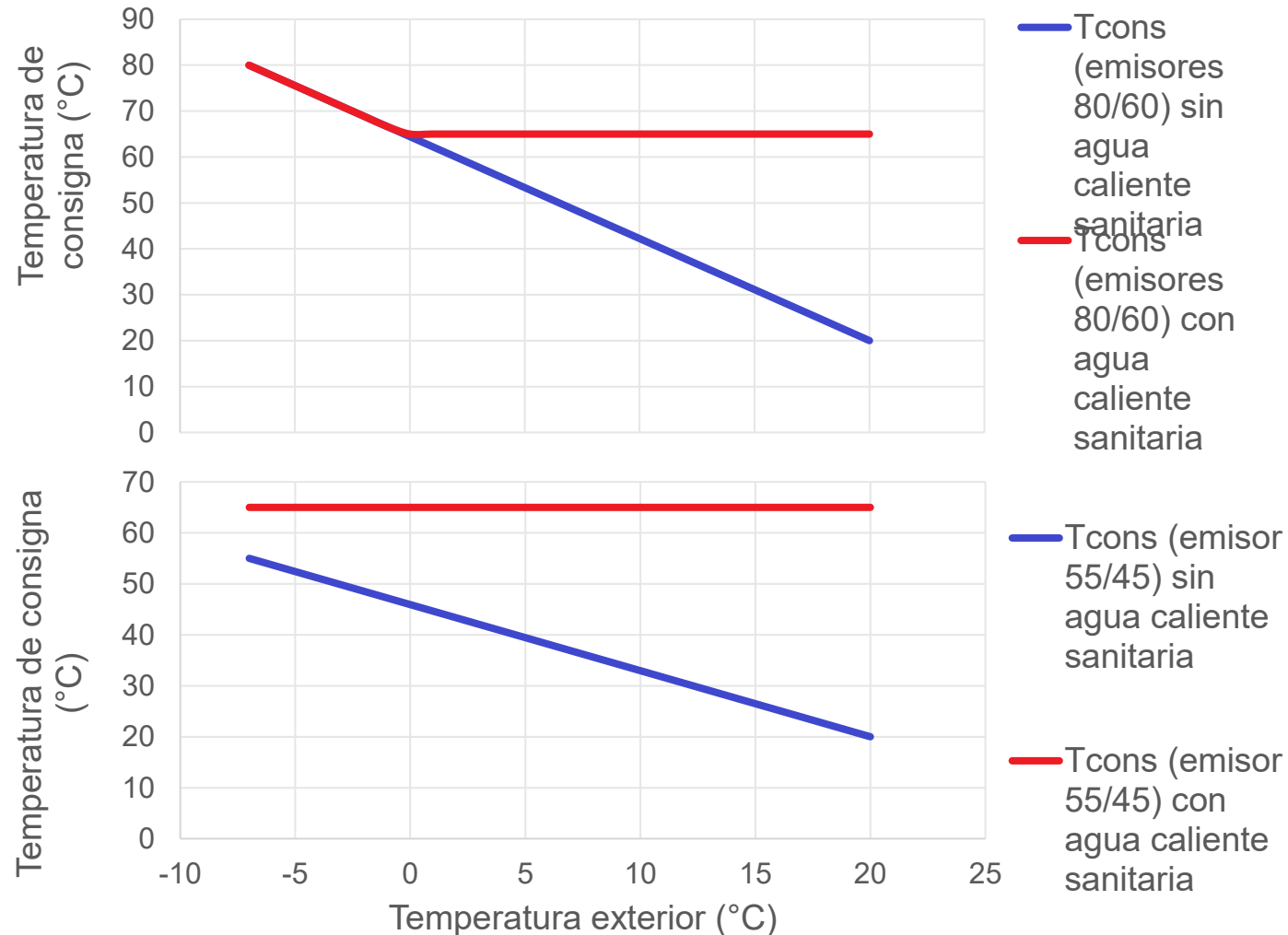


2. Componentes de la subestación

Una configuración de intercambiador de calor



2. Componentes de la subestación

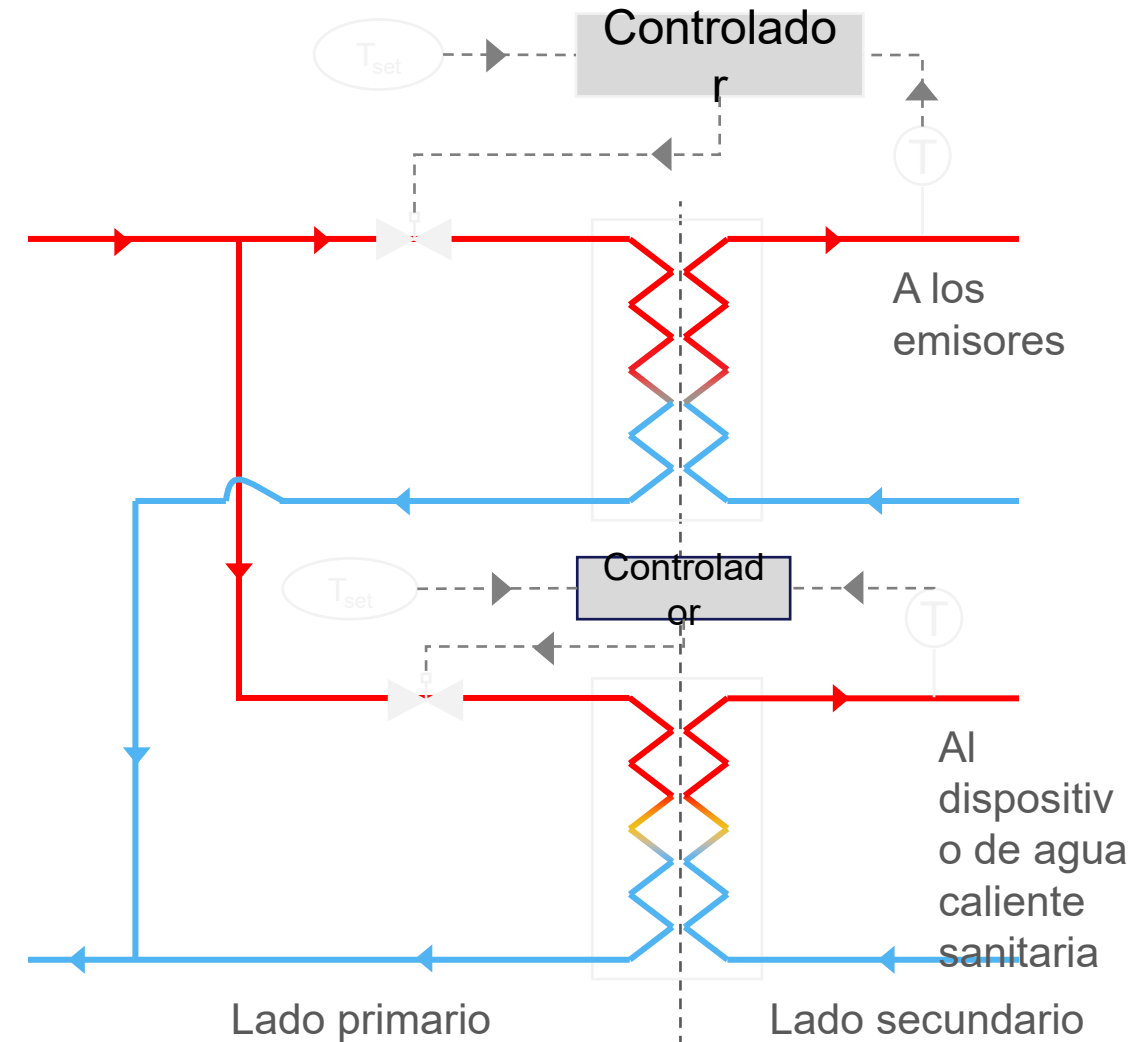
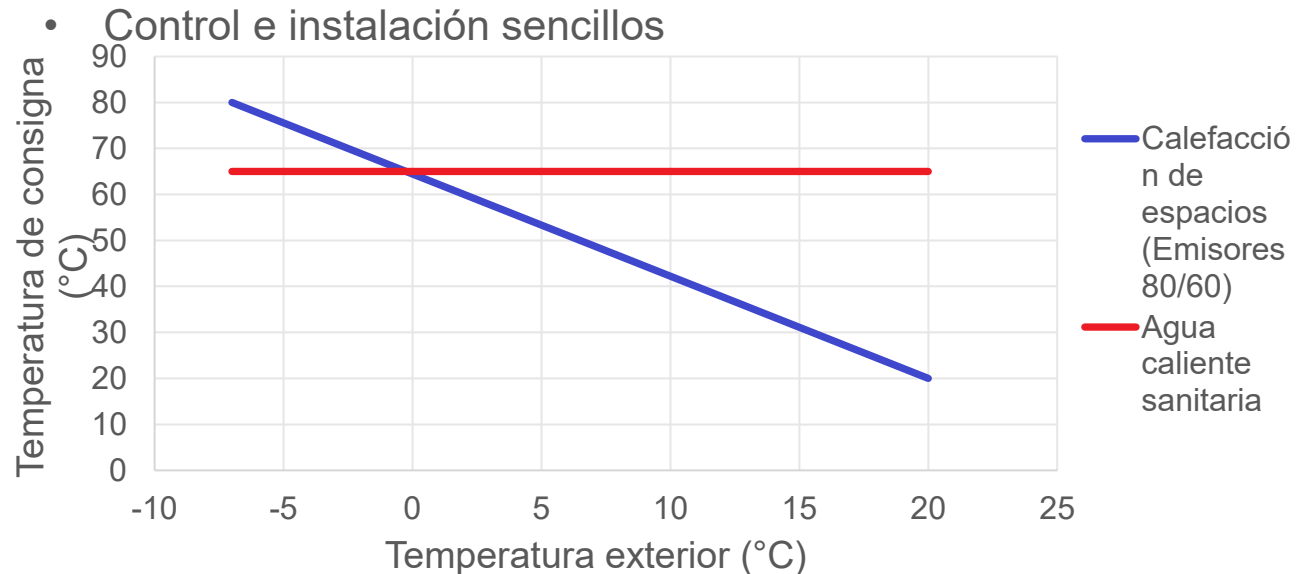


- Solo un HEX conectado directamente a las redes
- La temperatura de consigna debe ser superior a 60 °C para suministrar agua caliente sanitaria
- Las temperaturas de impulsión y retorno secundarias son elevadas

2. Componentes de la subestación

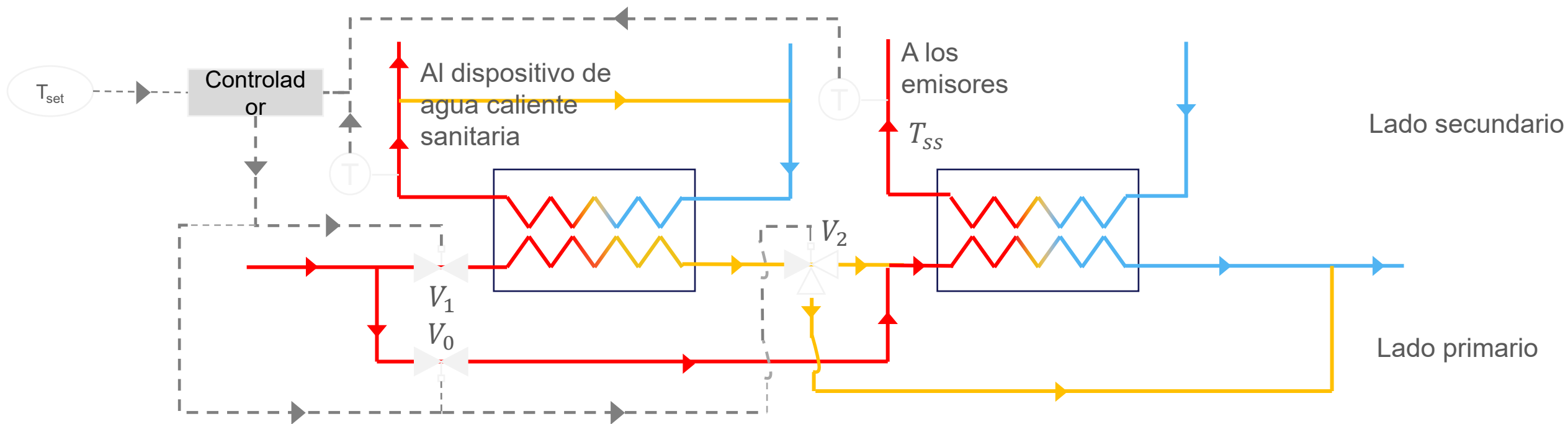
Configuración en paralelo

- Dos HEX conectados directamente a las redes, uno para la calefacción de locales y otro para el agua caliente sanitaria
- La temperatura de consigna debe ser superior a 60 °C para suministrar agua caliente sanitaria



2. Componentes de la subestación

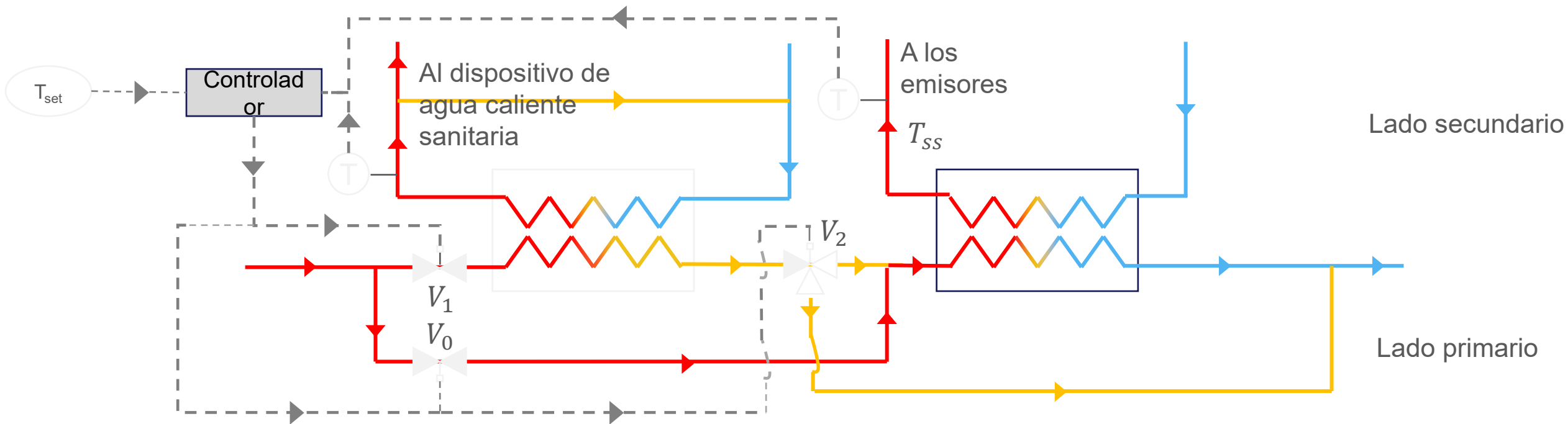
Configuración en serie



If $T_{ss} < T_{ss,set}$ firstly V_2 opens and after V_0 opens If $T_{ss} > T_{ss,set}$ firstly V_0 closed and after V_2 closed

2. Componentes de la subestación

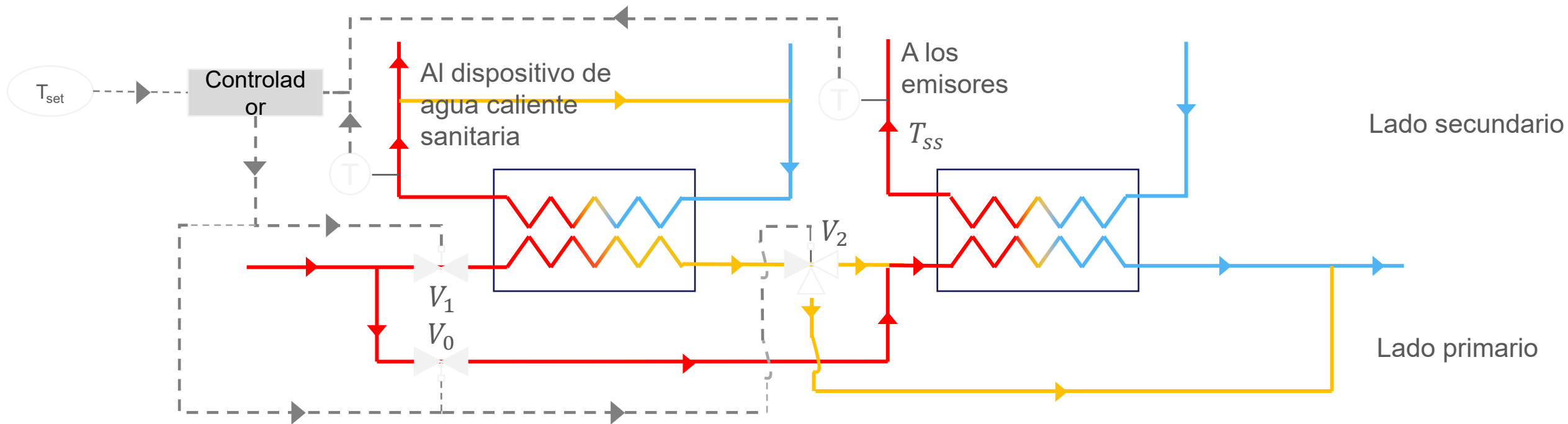
Configuración en serie



If $T_{ss} < T_{ss,set}$ firstly V_2 opens and after V_0 opens If $T_{ss} > T_{ss,set}$ firstly V_0 closed and after V_2 closed

2. Componentes de la subestación

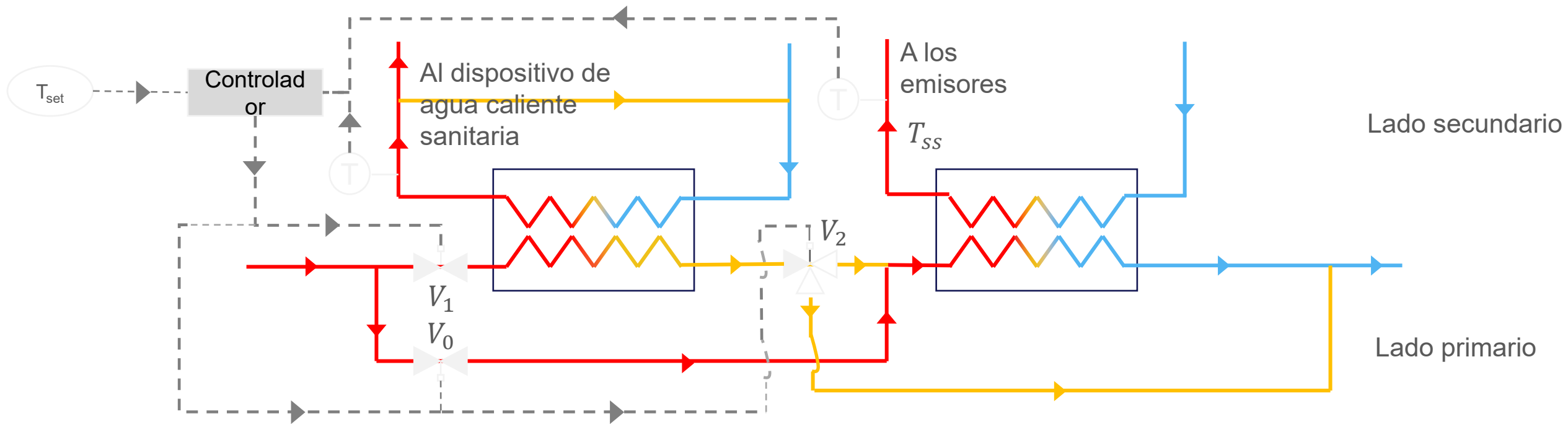
Configuración en serie



If $T_{ss} < T_{ss,set}$ firstly V_2 opens and after V_0 opens If $T_{ss} > T_{ss,set}$ firstly V_0 closed and after V_2 closed

2. Componentes de la subestación

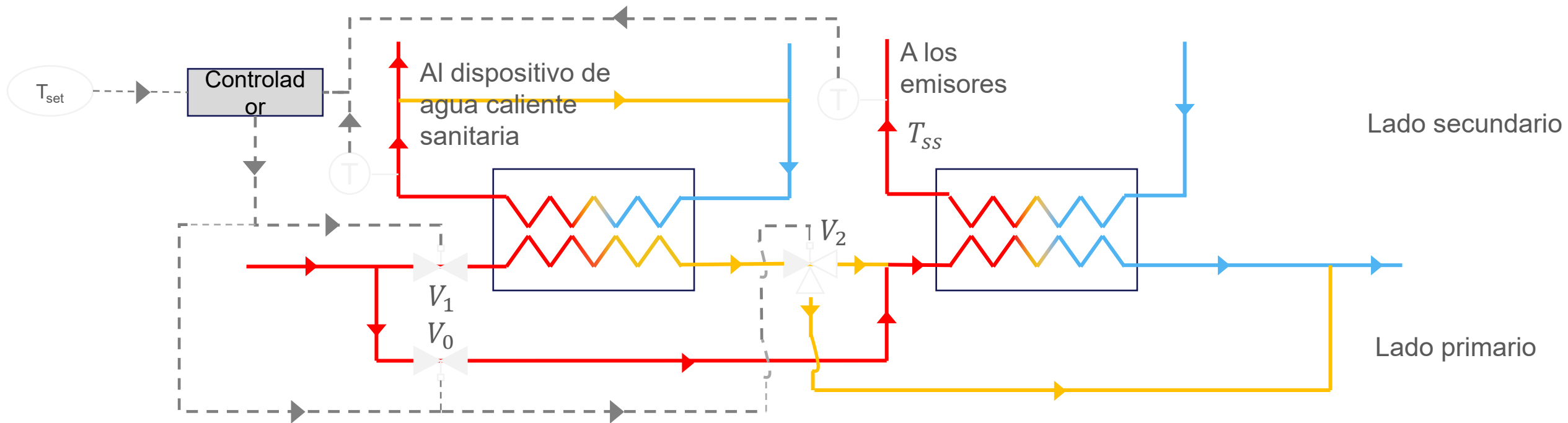
Configuración en serie



If $T_{ss} < T_{ss,set}$ firstly V_2 opens and after V_0 opens If $T_{ss} > T_{ss,set}$ firstly V_0 closed and after V_2 closed

2. Componentes de la subestación

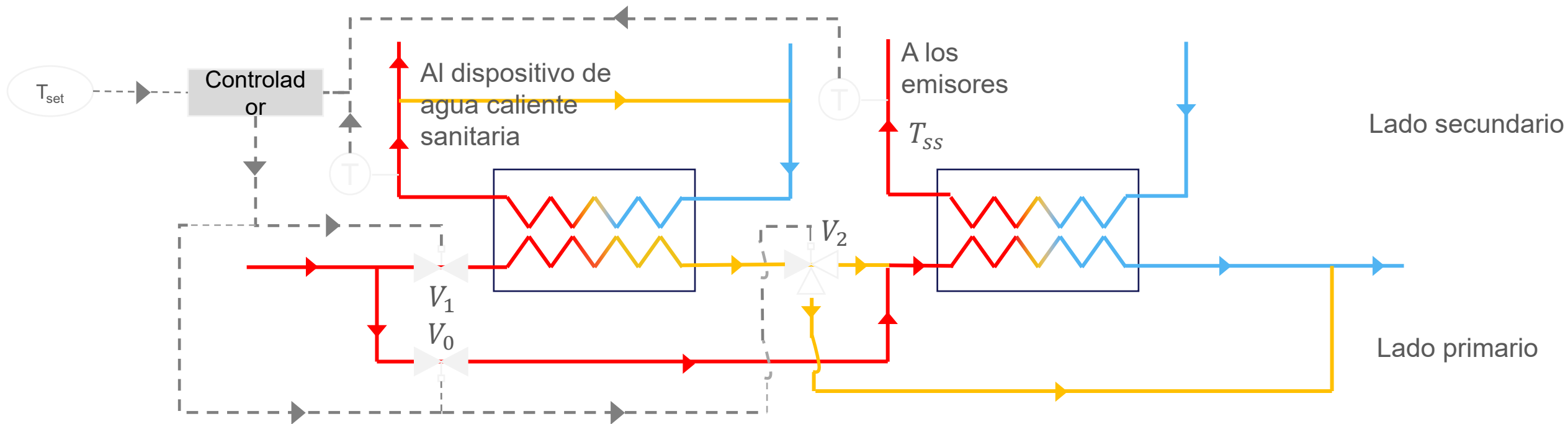
Configuración en serie



Si solo hay demanda de calefacción de espacios $\rightarrow V_1$ is fully closed $\Rightarrow V_0$ opens

2. Componentes de la subestación

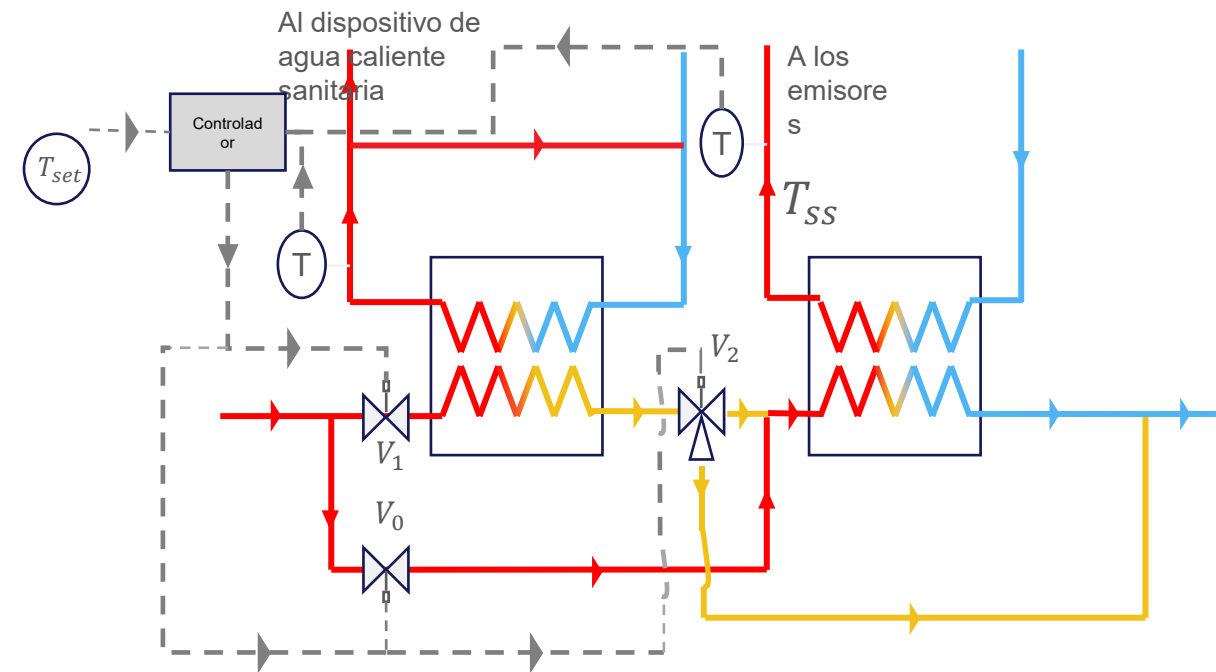
Configuración en serie



Si solo hay demanda de agua caliente sanitaria $\rightarrow V_0$ & V_2 is fully closed $\Rightarrow V_1$ opens

2. Componentes de la subestación

Configuración en serie

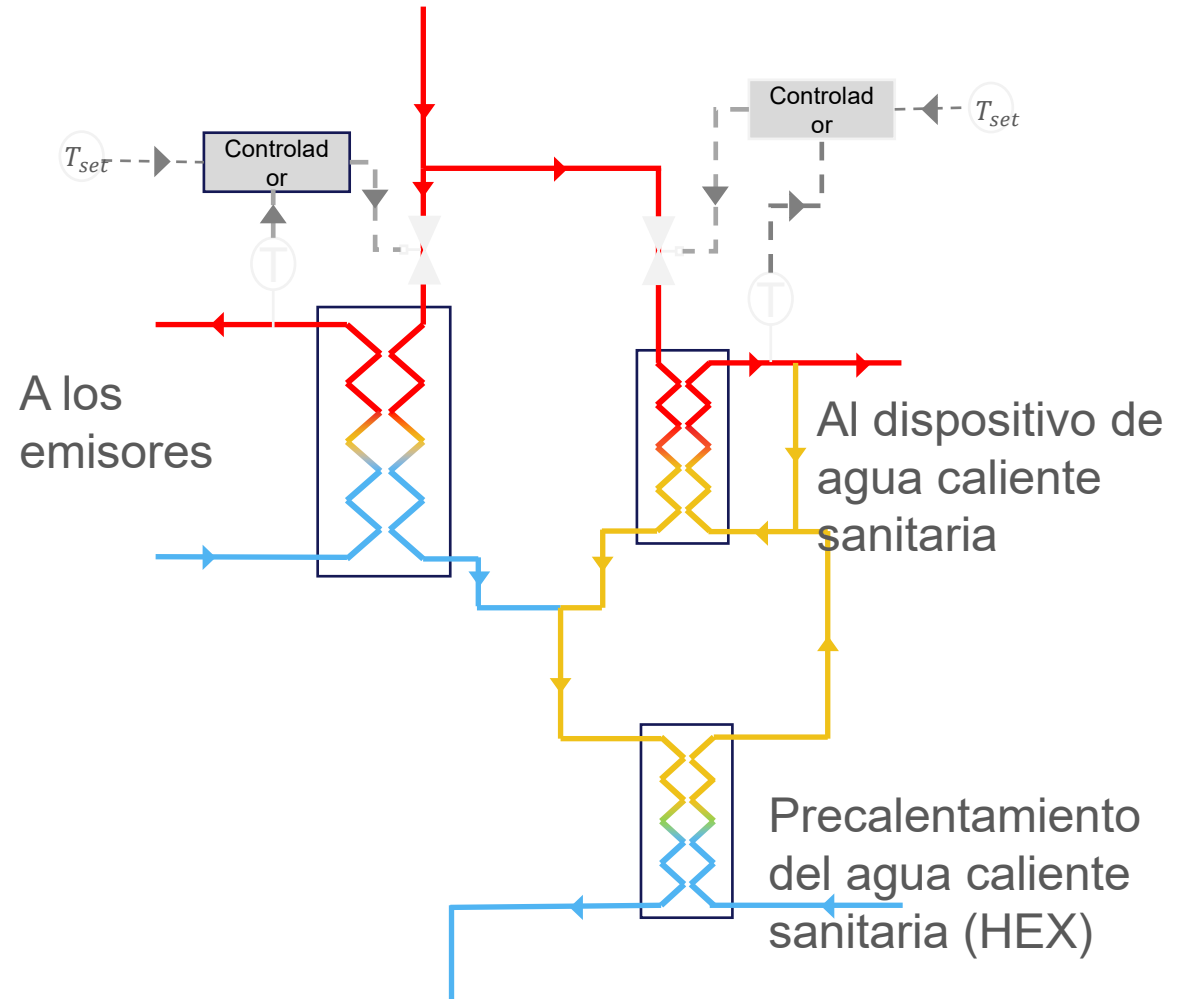


- Dos HEX conectados directamente a la red, uno para la calefacción de locales y otro para el agua caliente sanitaria
- La temperatura de consigna debe ser superior a 60 °C para suministrar agua caliente sanitaria
- Control más complejo
- Poco habitual; se utiliza principalmente cuando los emisores de calefacción de ambientes funcionan a baja temperatura (es decir, 55/45 o menos)

2. Componentes de la subestación

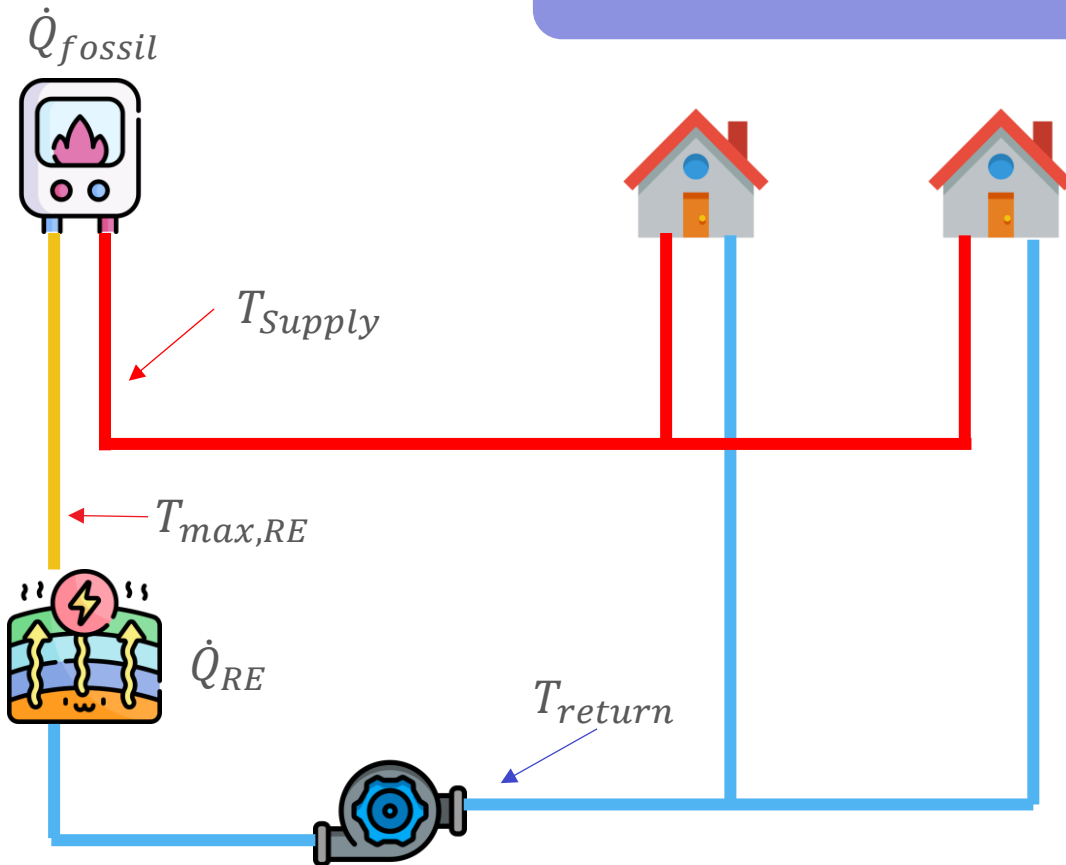
Configuración de dos etapas

- Dos intercambiadores de calor conectados directamente a las redes de suministro, uno para la calefacción de locales y otro para el agua caliente sanitaria
- Un tercer HEX para el precalentamiento del agua caliente sanitaria utilizando el retorno primario de la calefacción de ambientes y el HEX de agua caliente sanitaria
- La temperatura de consigna debe ser superior a 60 °C para suministrar agua caliente sanitaria
- Fácil control
- Más eficiente que la configuración en paralelo, pero más cara.
- A menudo se prefiere la configuración en paralelo



3. Conclusión

¿Cuál es el objetivo de las diferentes configuraciones?



Reducir la temperatura de retorno

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{fossil} + \dot{Q}_{RE}$$
$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_{supply} - T_{max,RE} + T_{max,RE} - T_{return})$$

Esto también permite:

- ➡ Reducir las pérdidas térmicas a través de las tuberías
- ➡ Reducir el consumo de las bombas
- ➡ Aumentar la producción de calor renovable a partir de fuentes de energía de baja temperatura

3. Conclusión

¿Cuál es el objetivo de las diferentes configuraciones?

Reducir la temperatura de retorno

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{fossil} + \dot{Q}_{RE}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} C_p (T_{Supply} - T_{max,RE} + T_{max,RE} - T_{return})$$

Esto también permite:

- ➡ Reducir las pérdidas térmicas a través de las tuberías
- ➡ Reducir el consumo de las bombas
- ➡ Aumentar la producción de calor renovable a partir de fuentes de energía de baja temperatura

	Rendimiento	Precio	Complejidad
1 HEX	--	+	0
Paralelo	+	+	+
Serie	-	-	--
En cascada (2 etapas)	++	--	-



¡Gracias!

Módulo 2.5: Subestaciones y control

SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre comunidades energéticas

<https://www.shakeproject-dhc.eu/>

Desarrollado por Mines Paris – PSL

Antoine Fabre | antoine.fabre@minesparis.psl.eu

Pascal Stabat | pascal.stabat@minesparis.psl.eu



Co-funded by
the European Union

