

Módulo 5.3

Más allá de la subestación: cómo diseñar el lado secundario

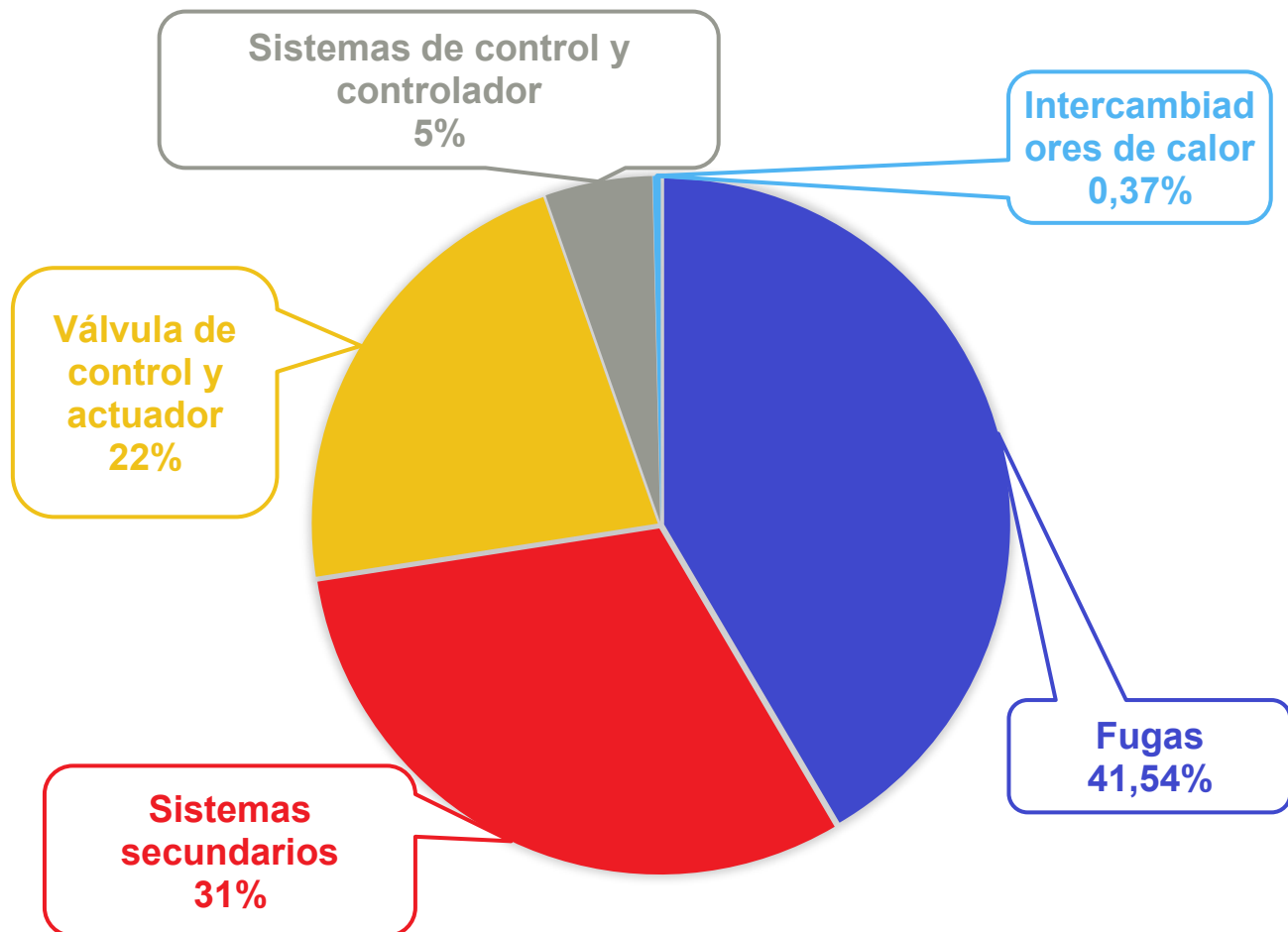
SHaKE – Intercambio de calor y conocimientos sobre
comunidades energéticas
Erasmus+ KA220-HED: Asociaciones de cooperación en la
educación superior
Institución responsable: Mines Paris – PSL
Autor: Dr. Antoine Fabre
Fecha: marzo de 2026
Versión 1.0



SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



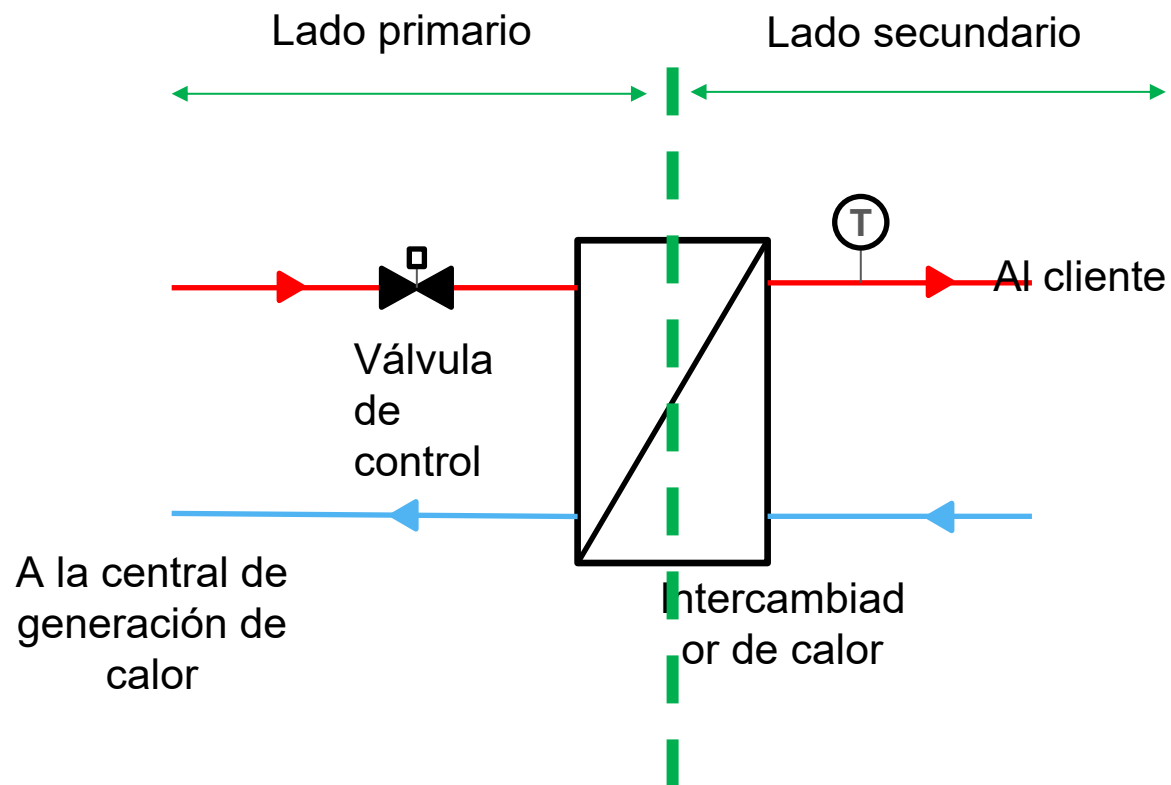
1. Introducción



[Mansson et al., 2020]

- El 31 % de las averías se producen en el lado secundario
- Por lo general, la red se gestiona desde el lado secundario
- Las redes DHC de los centros urbanos suelen estar conectadas a edificios antiguos con sistemas obsoletos e inadecuados.

1. Introducción



Por lo general, el operador de la red de calefacción y refrigeración (DHC) solo es propietario del lado primario (incluido el intercambiador de calor y el sensor de temperatura de suministro secundario)

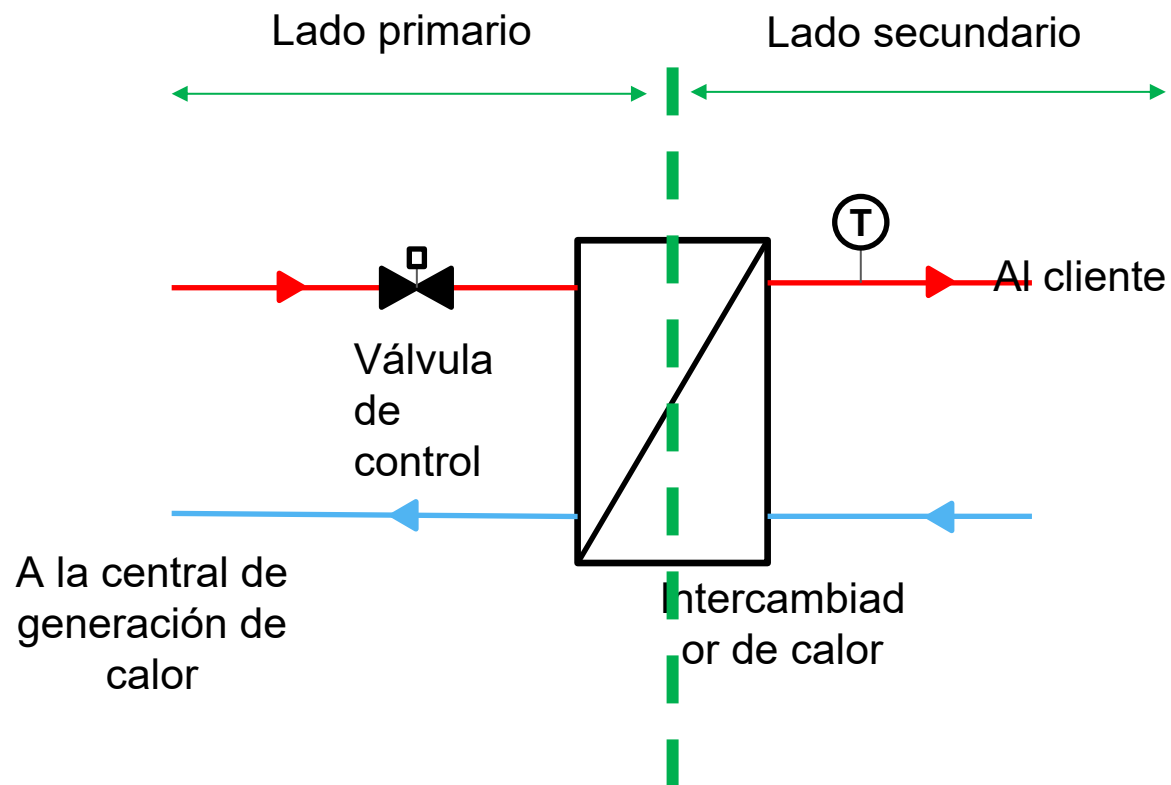


El operador de la red de calefacción y refrigeración, por lo general, no es responsable del funcionamiento y el mantenimiento del lado secundario



El operador suele tener un conocimiento limitado de los equipos y de su funcionamiento en el lado secundario

1. Introducción

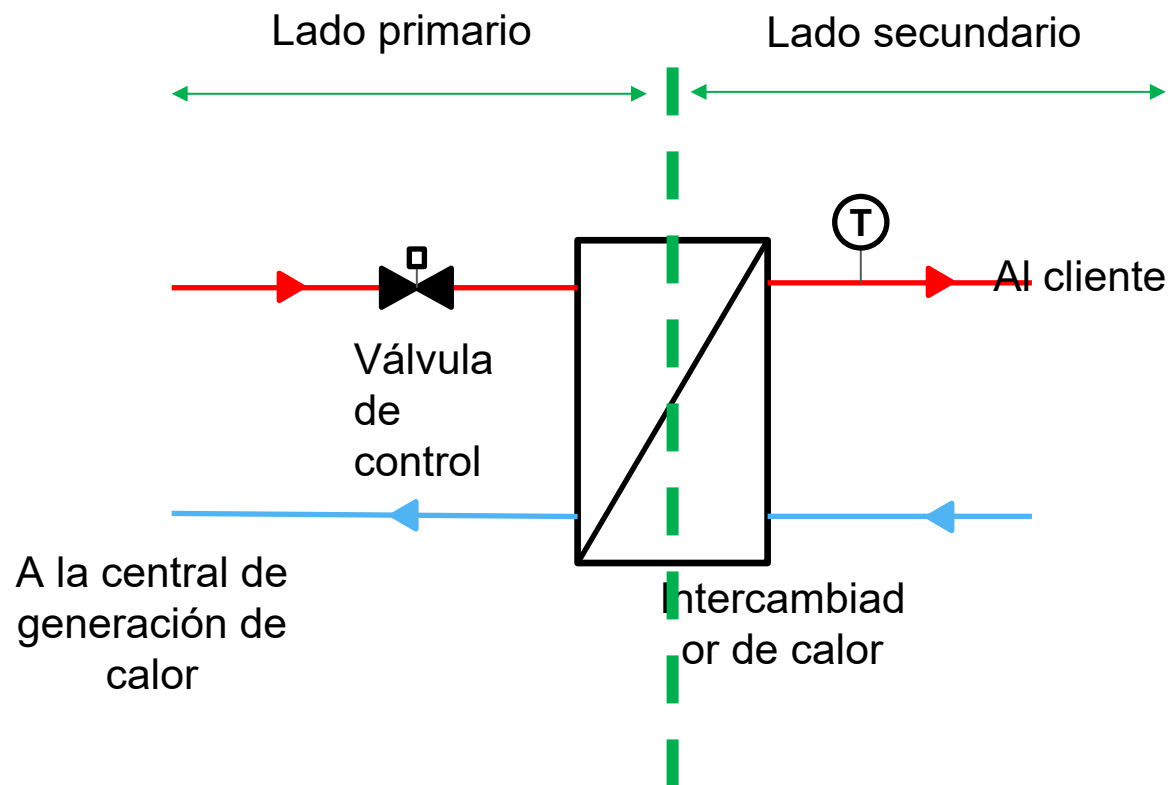


A efectos de facturación, solo es obligatorio por ley registrar la potencia intercambiada a través del intercambiador de calor. Por lo general, estos datos se miden mediante un contador de energía (dos sensores de temperatura y un sensor de caudal).



Por lo tanto, los datos del lado secundario son limitados, lo que impide a los operadores de sistemas de calefacción y refrigeración centralizados (DHC) determinar si existen fallos de funcionamiento en el lado del edificio.

1. Introducción



$$Total\ Tariff = Fixed\ Tariff + Variable\ Tariff$$

Suscripción

Consumo energético



El modelo actual de tarifa de calefacción clásica solo se ve afectado por el consumo, no por el rendimiento del lado secundario.



Para los clientes, la renovación de los equipos no tendrá un impacto directo en la factura.

1. Introducción

$$\text{Total Tariff} = \text{Fixed Tariff} + \text{Variable Tariff} + \text{Incentive Tariff}$$



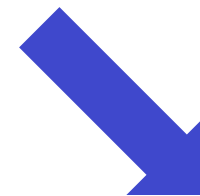
$$F_{\text{connection}} + F_{\text{capacity}}$$

- $F_{\text{connection}}$: el coste depende de la distancia entre el lugar de generación de calor y el cliente
- F_{capacity} : el coste depende de la potencia instalada



$$T_{MWh} + T_{m^3}$$

- T_{MWh} : coste de la energía consumida
- T_{m^3} : **coste del volumen de agua que pasa por la subestación**

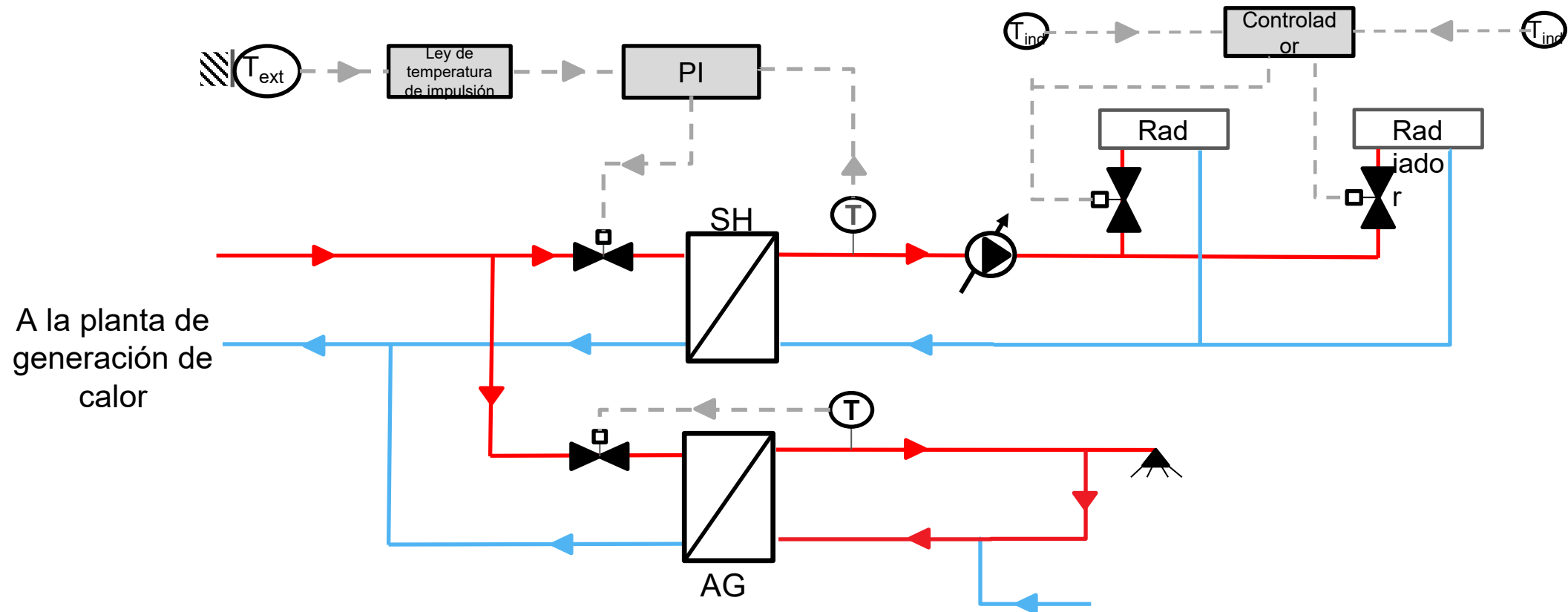


$$I_{T^\circ} + I_{\text{wasteheat}}$$

- I_{T° : **incentivo por reducir la temperatura de retorno**
- $I_{\text{wasteheat}}$: **incentivo para que el cliente aproveche el calor residual**

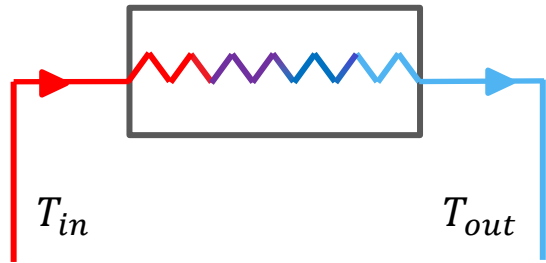
2. Diseño de los sistemas hidrónicos del edificio

¿Cómo funciona el lado secundario (el lado del edificio)?



2.1 Emisores

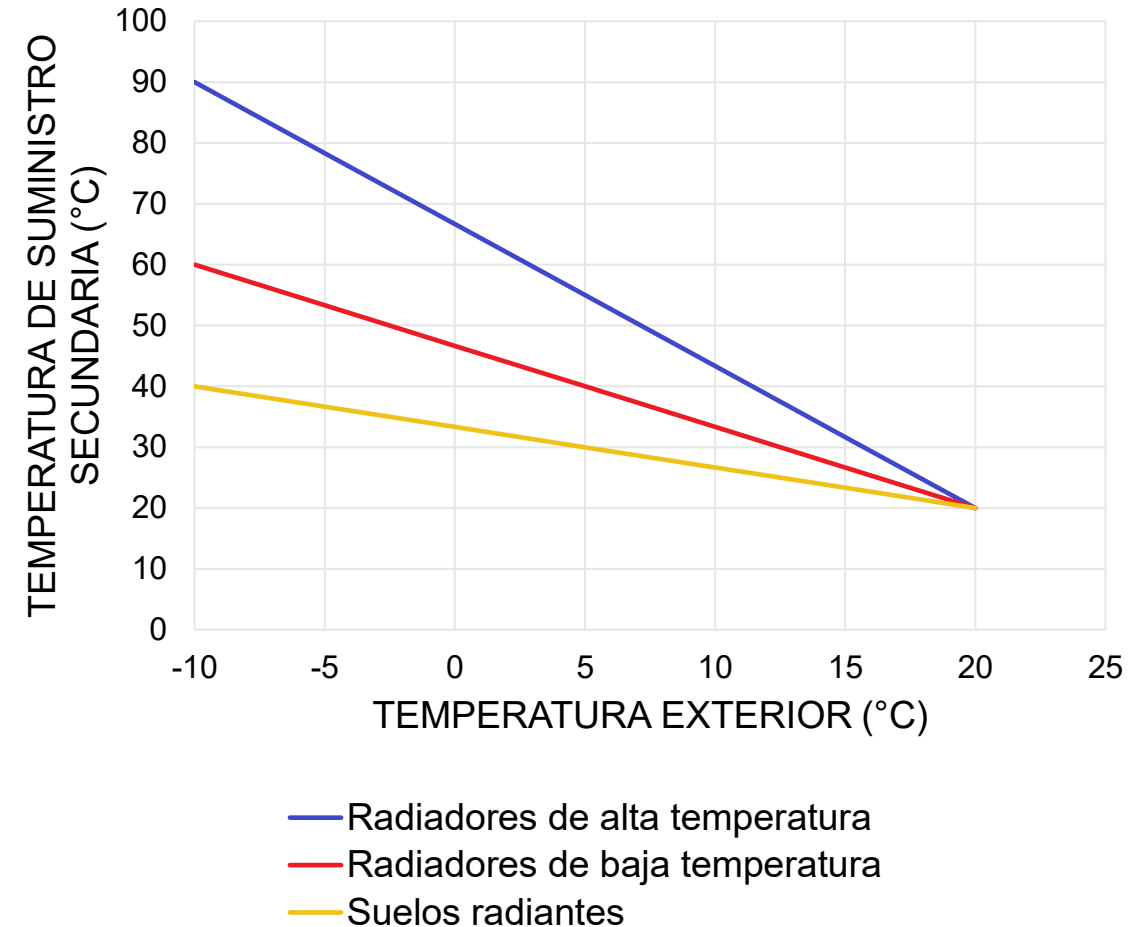
Calefacción de espacios (SH)



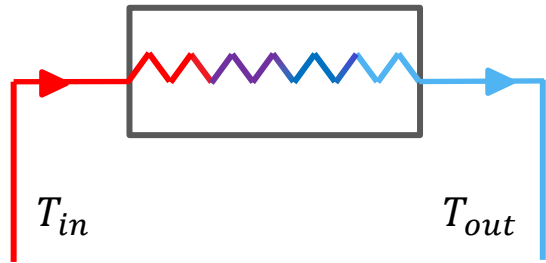
$$\dot{Q} = UA \left(\left(\frac{T_{in} + T_{out}}{2} \right) - T_{inside} \right)^n$$

Evolución del régimen de temperatura de los radiadores (en)

Período constructivo	Estado inicial	Tras la renovación
Antes de 1948	80/60	60/40
1948 - 1974	80/60	50/35
1975-1989	80/60	60/40
Después de 1990	70/50	60/40



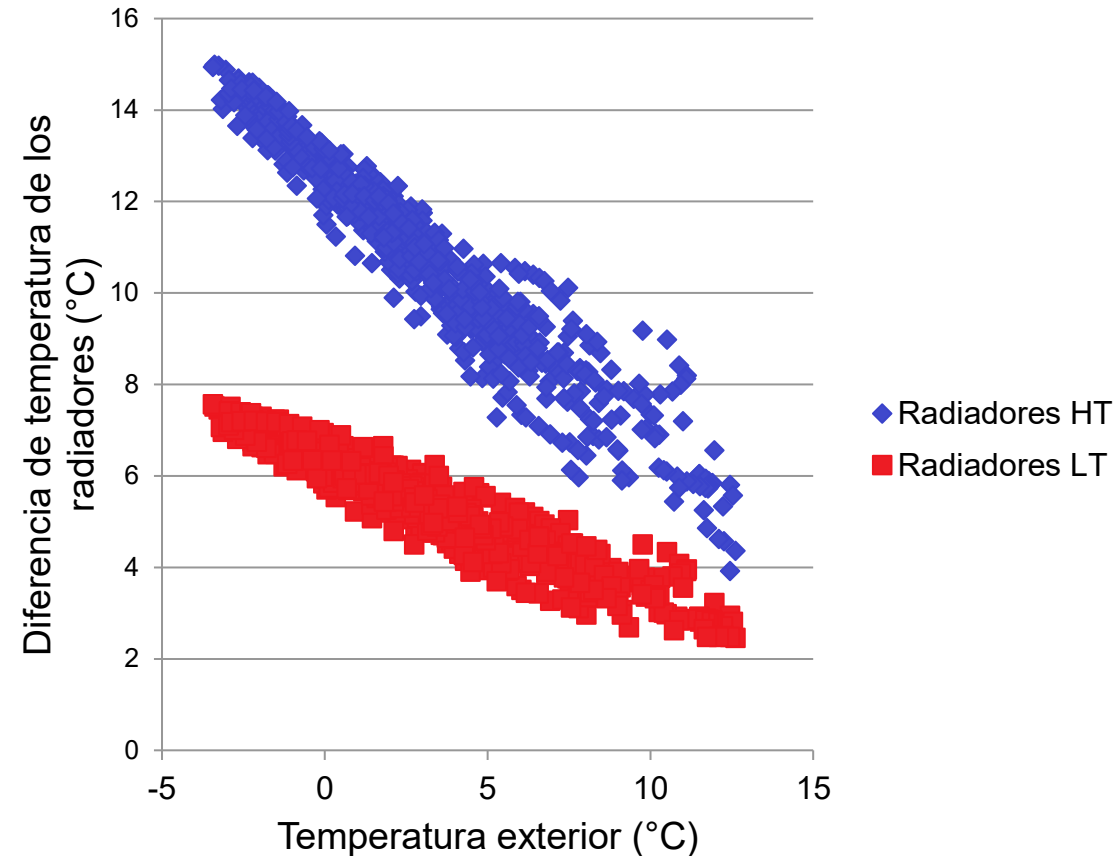
2.1 Emisores



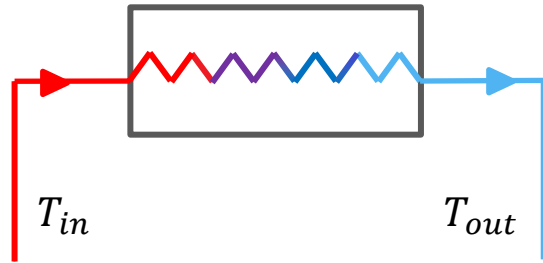
$$\dot{Q} = UA \left(\left(\frac{T_{in} + T_{out}}{2} \right) - T_{inside} \right)^n$$

Evolución del régimen de temperatura de los radiadores (en)

Período constructivo	Estado inicial	Tras la renovación
Antes de 1948	80/60	60/40
1948 - 1974	80/60	50/35
1975-1989	80/60	60/40
Después de 1990	70/50	60/40

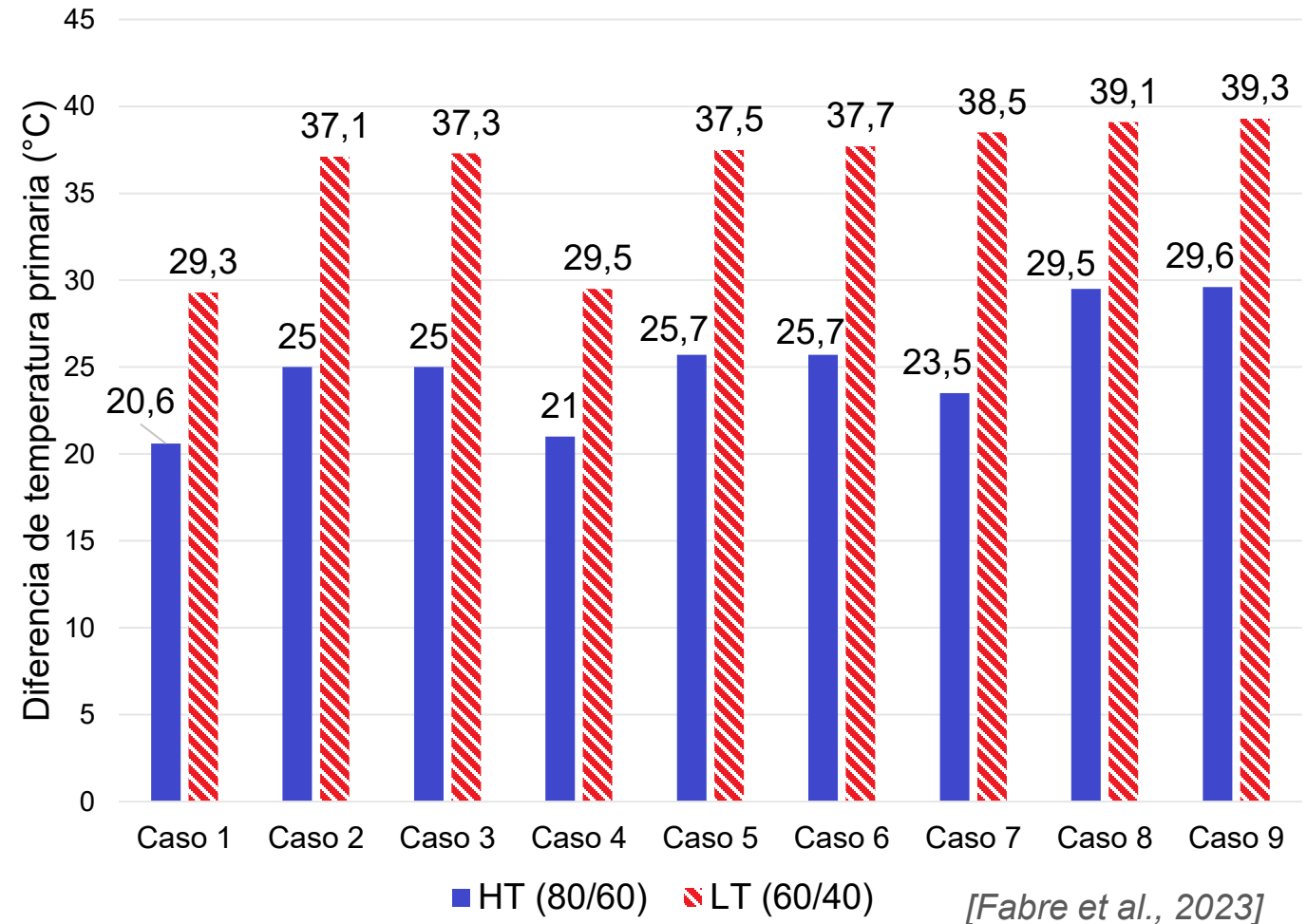


2.1 Emisores

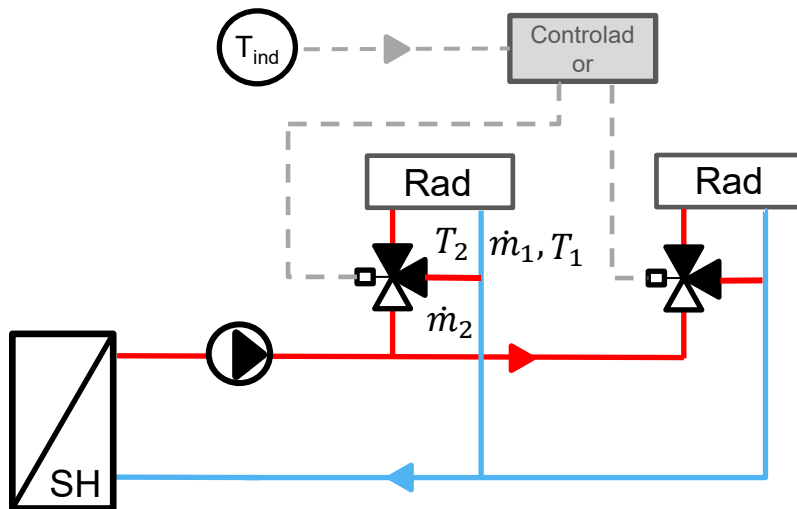


Evolución del régimen de temperatura de los radiadores (en)

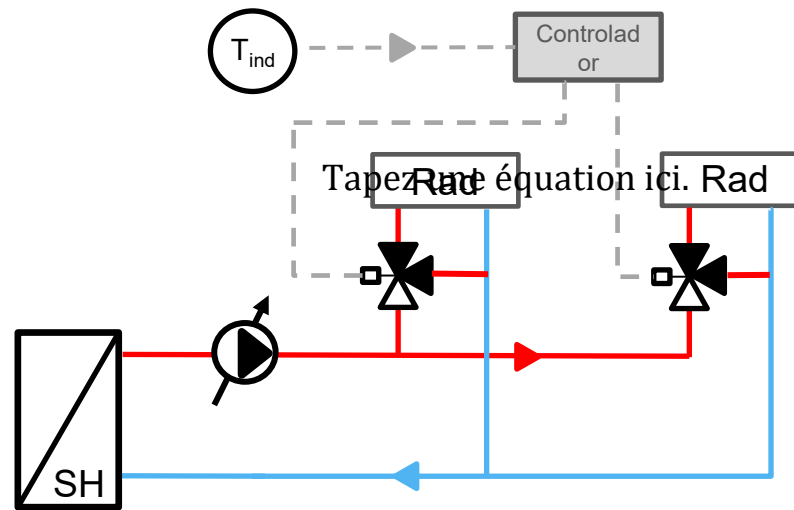
Período constructivo	Estado inicial	Tras la renovación
Antes de 1948	80/60	60/40
1948 - 1974	80/60	50/35
1975-1989	80/60	60/40
Después de 1990	70/50	60/40



2.2 Válvulas y bombas

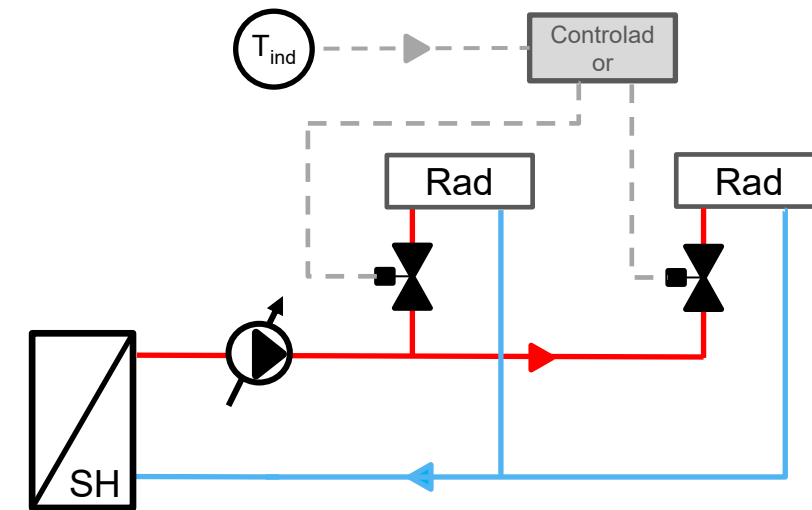


Válvulas de tres vías con bomba de caudal másico constante



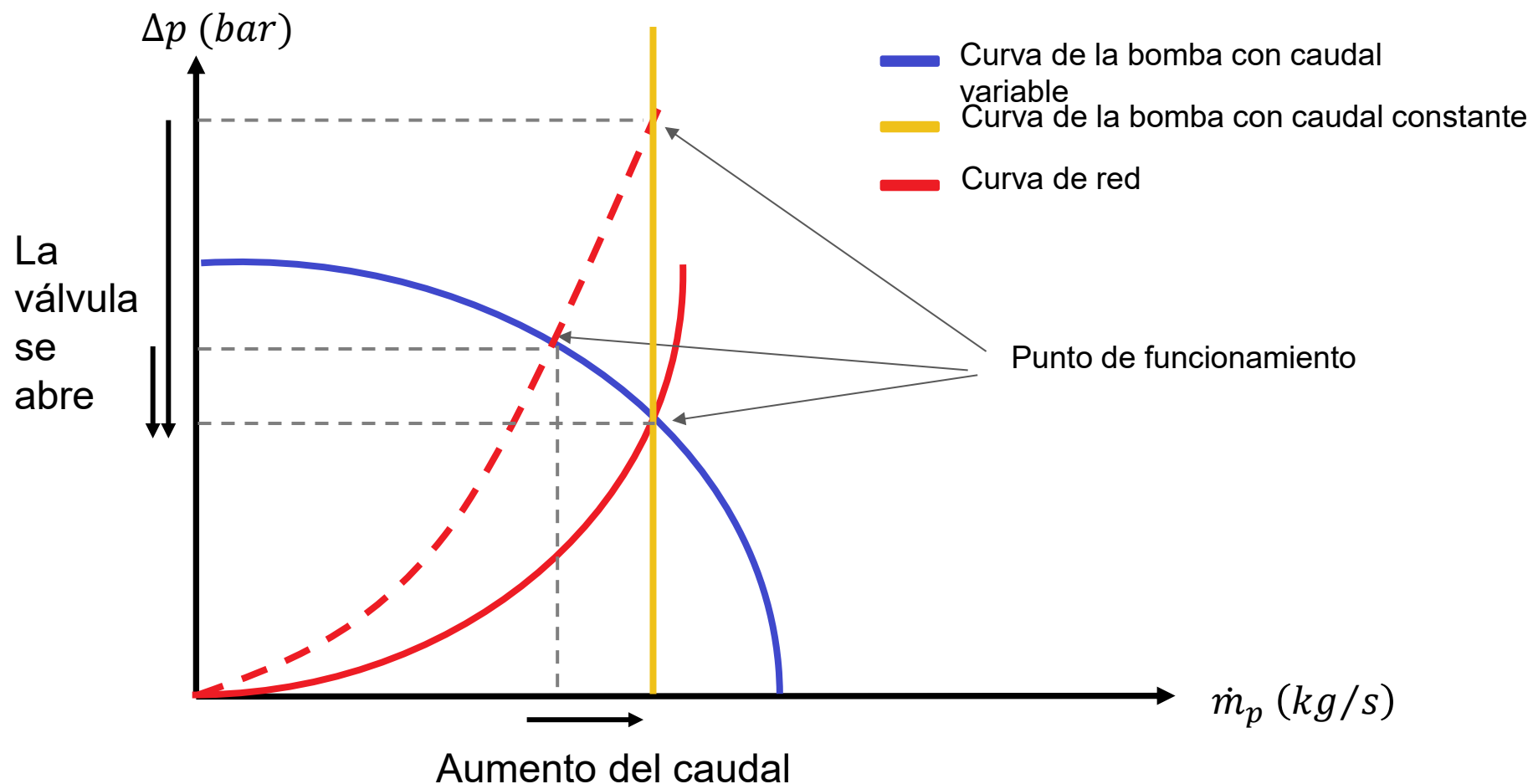
Válvulas de tres vías con bomba de caudal másico variable

$$T_{mix} = \frac{T_1 \dot{m}_1 + T_2 \dot{m}_2}{\dot{m}_{tot}}, \quad \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_{tot}$$



Válvulas de dos vías con bomba de caudal másico variable

2.2 Válvulas y bombas



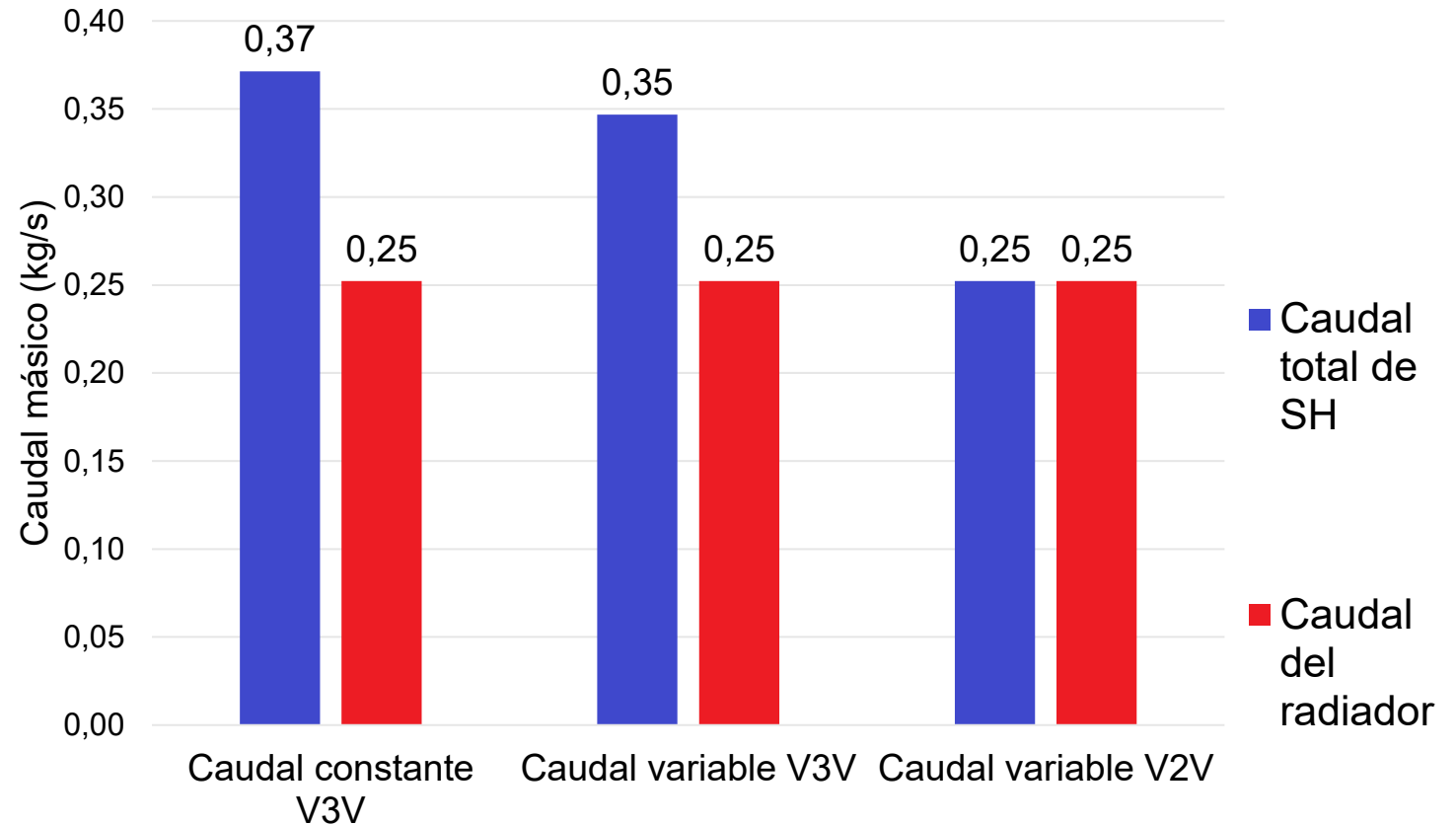
2.2 Válvulas y bombas



Con el sistema V3V, una parte del caudal a la temperatura de impulsión se desvía, lo que aumenta la temperatura de retorno (el caudal está dimensionado para la demanda máxima)



La configuración con un sistema V2V (o válvulas termostáticas) es la que ofrece un mejor rendimiento



[Fabre et al., 2023]

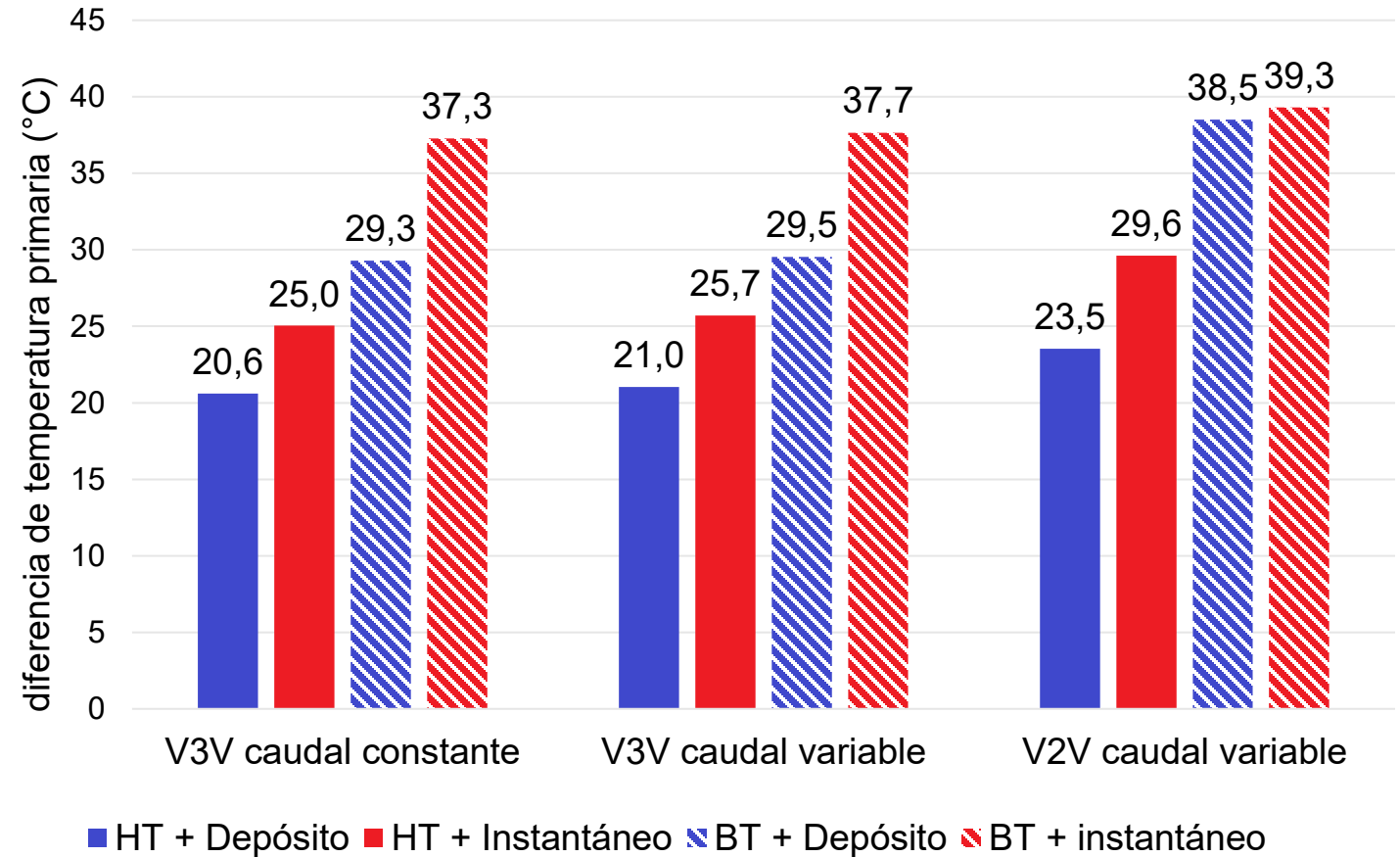
2.2 Válvulas y bombas



Con el sistema V3V, una parte del caudal a la temperatura de impulsión se desvía, lo que aumenta la temperatura de retorno (el caudal se dimensiona en función de la demanda máxima)

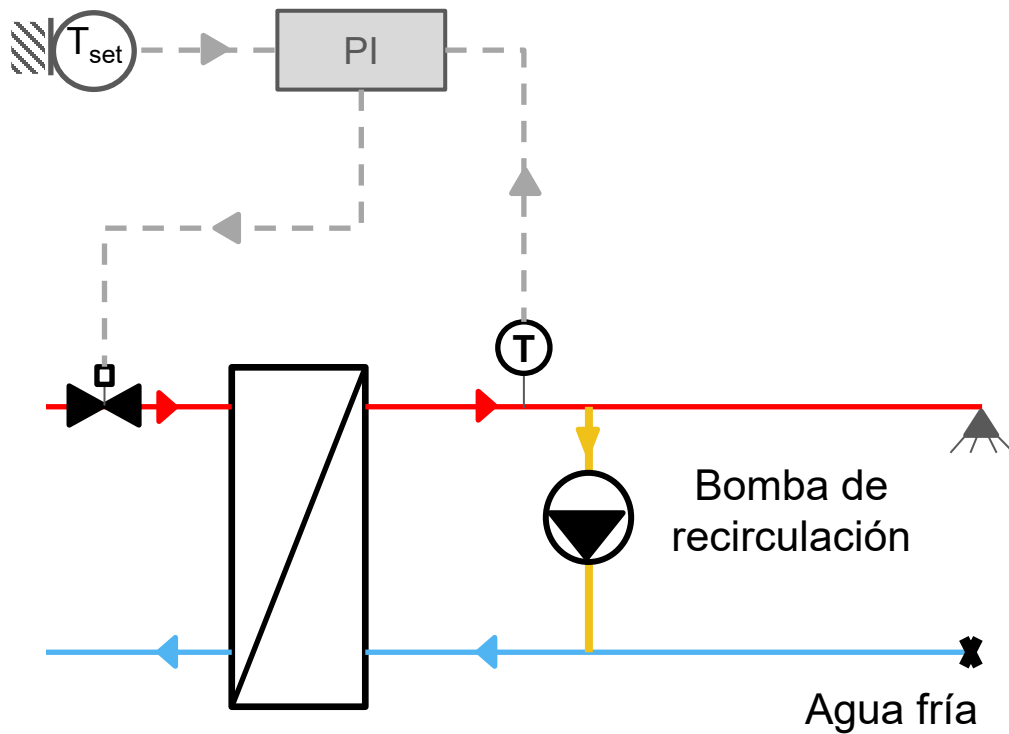


La configuración con un sistema V2V (o válvulas termostáticas) es la que ofrece un mejor rendimiento

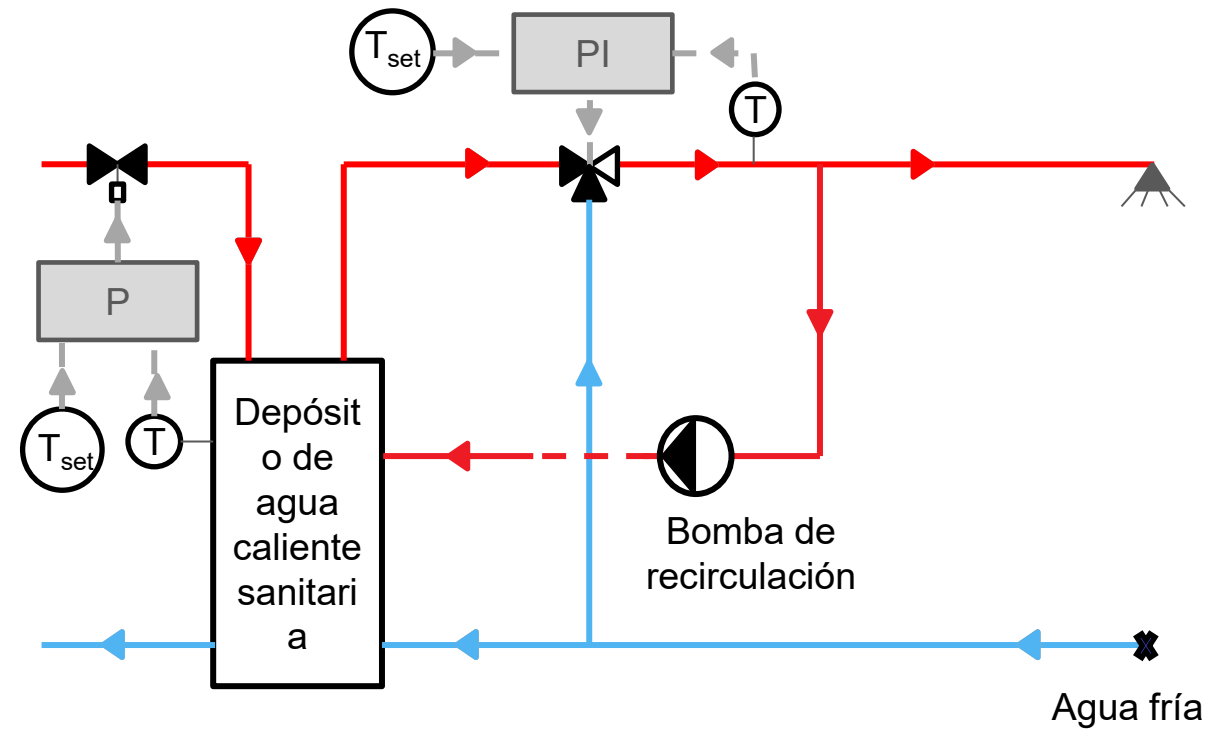


[Fabre et al., 2023]

2.3 Agua caliente sanitaria

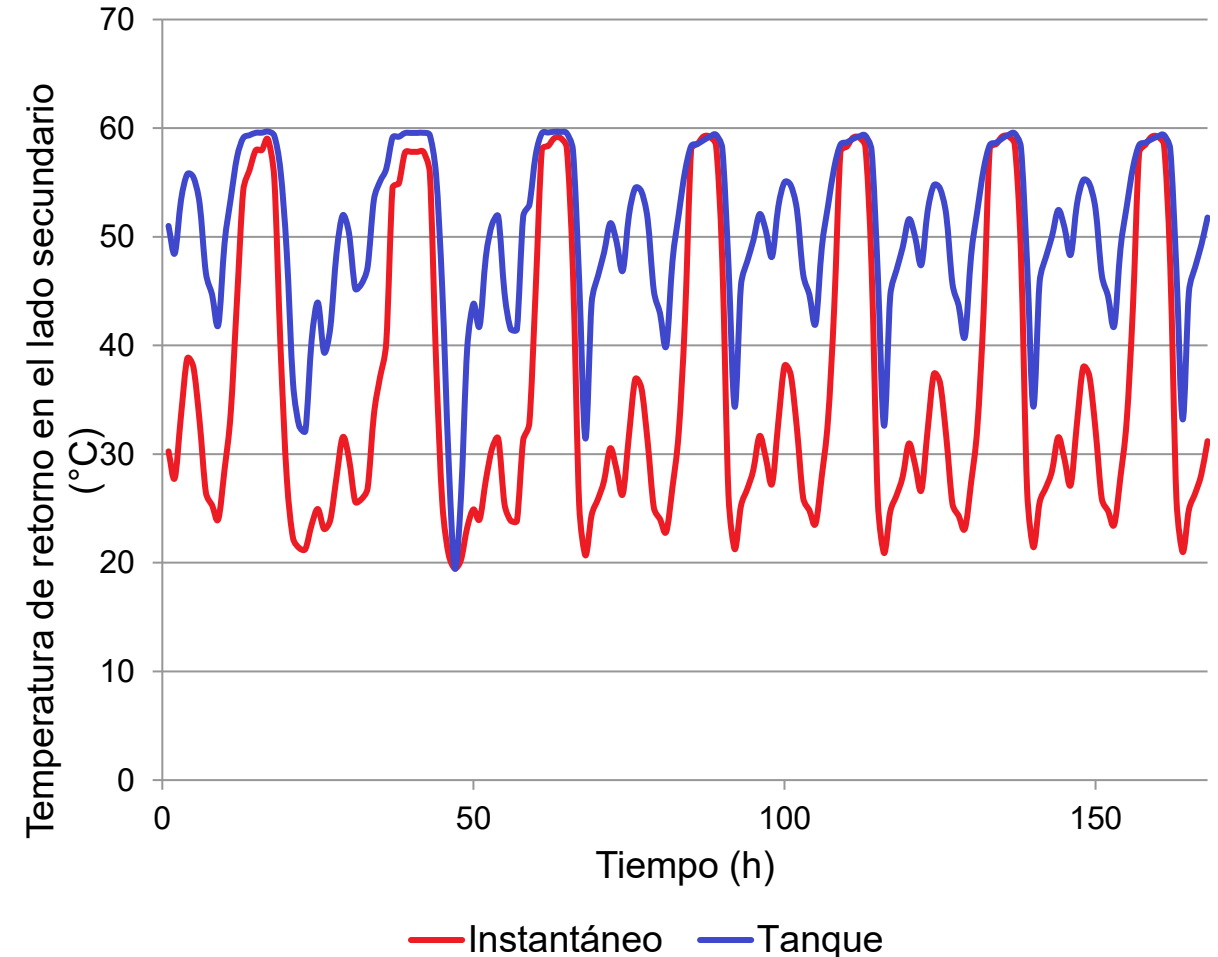
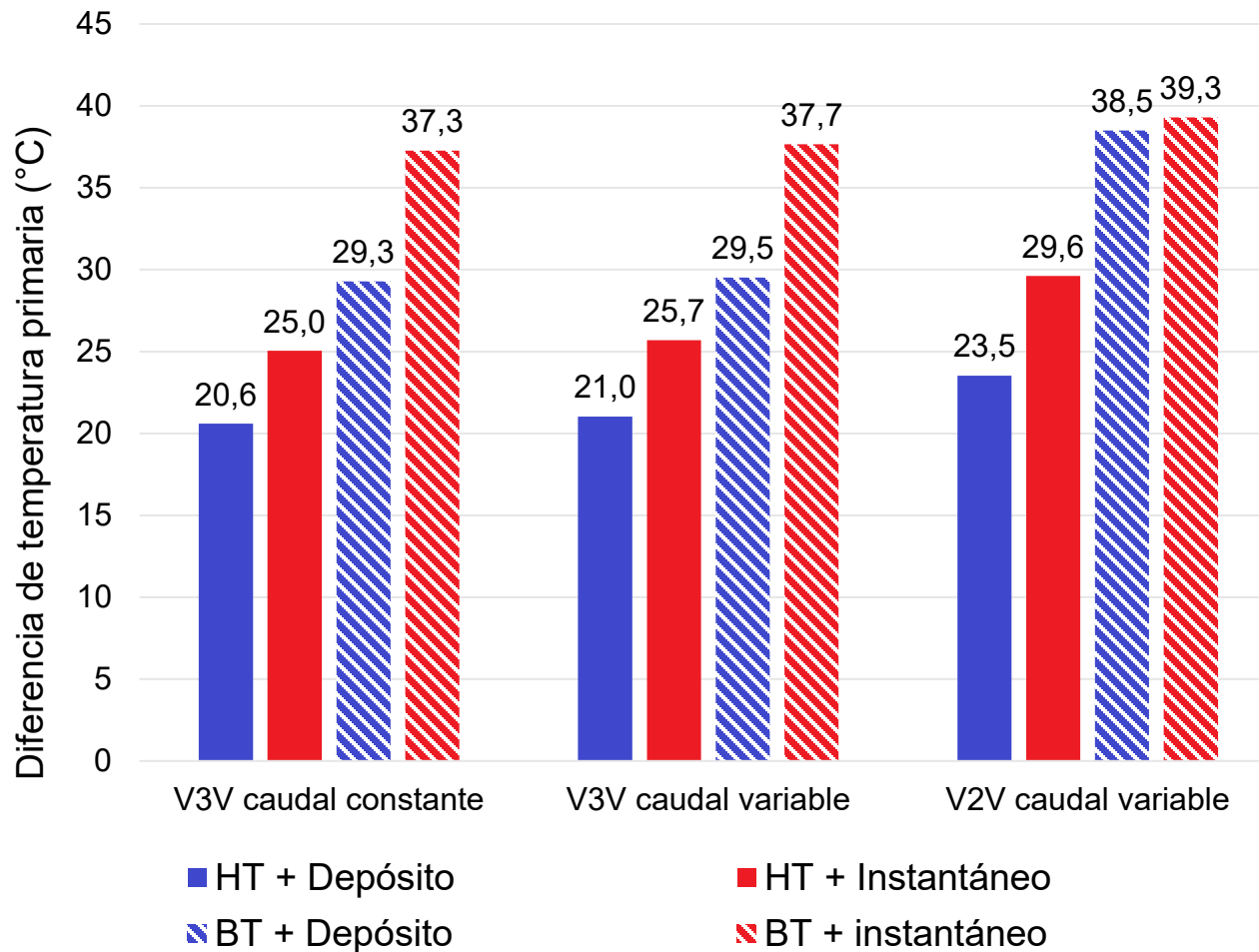


Suministro instantáneo de agua caliente sanitaria



Suministro de agua caliente sanitaria mediante un acumulador (almacenamiento)

2.3 Agua caliente sanitaria



[Fabre et al., 2023]

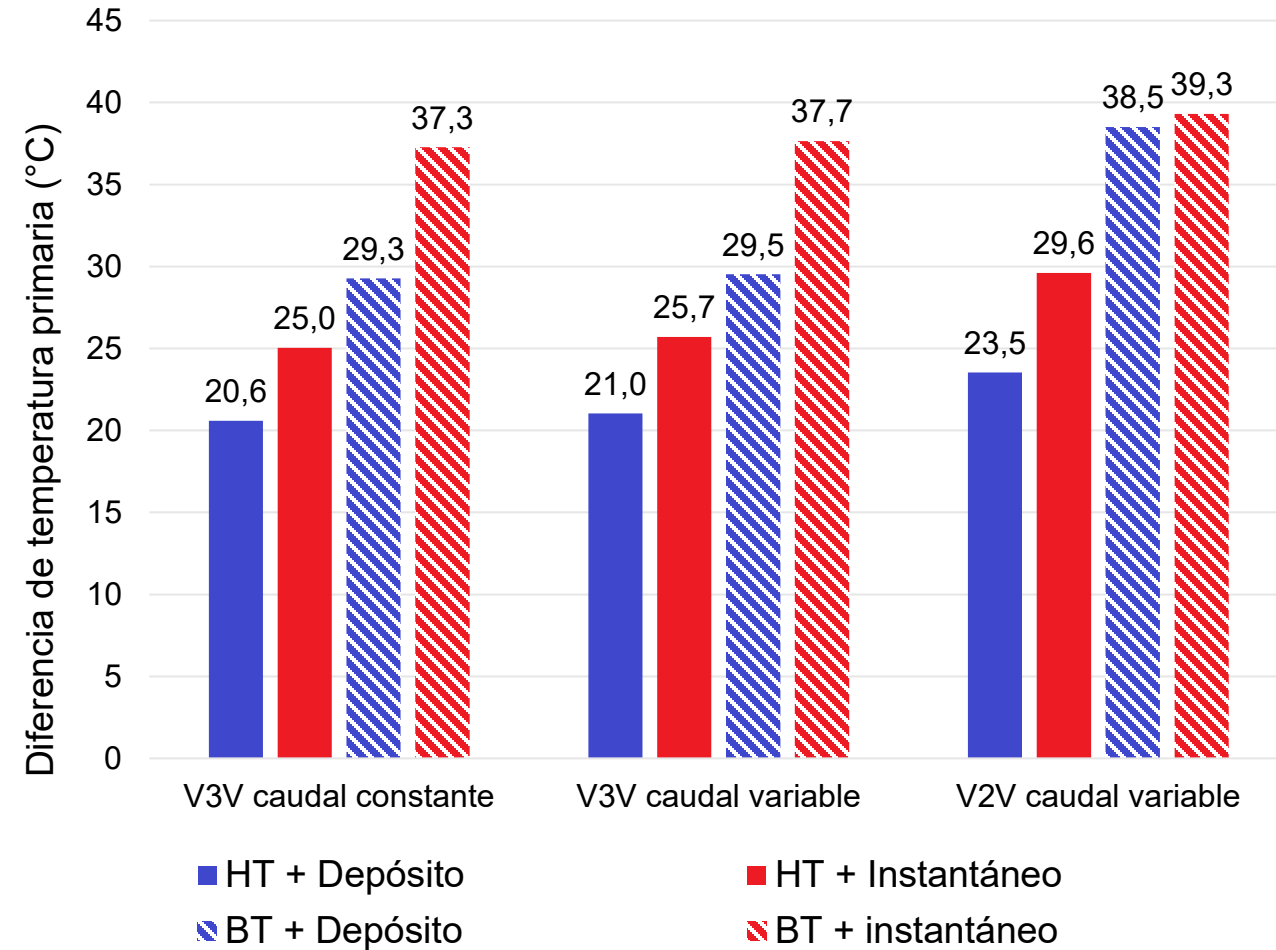
2.3 Agua caliente sanitaria



Con un acumulador de agua caliente sanitaria, la temperatura de retorno secundario es más alta (no hay conexión directa con el agua fría)

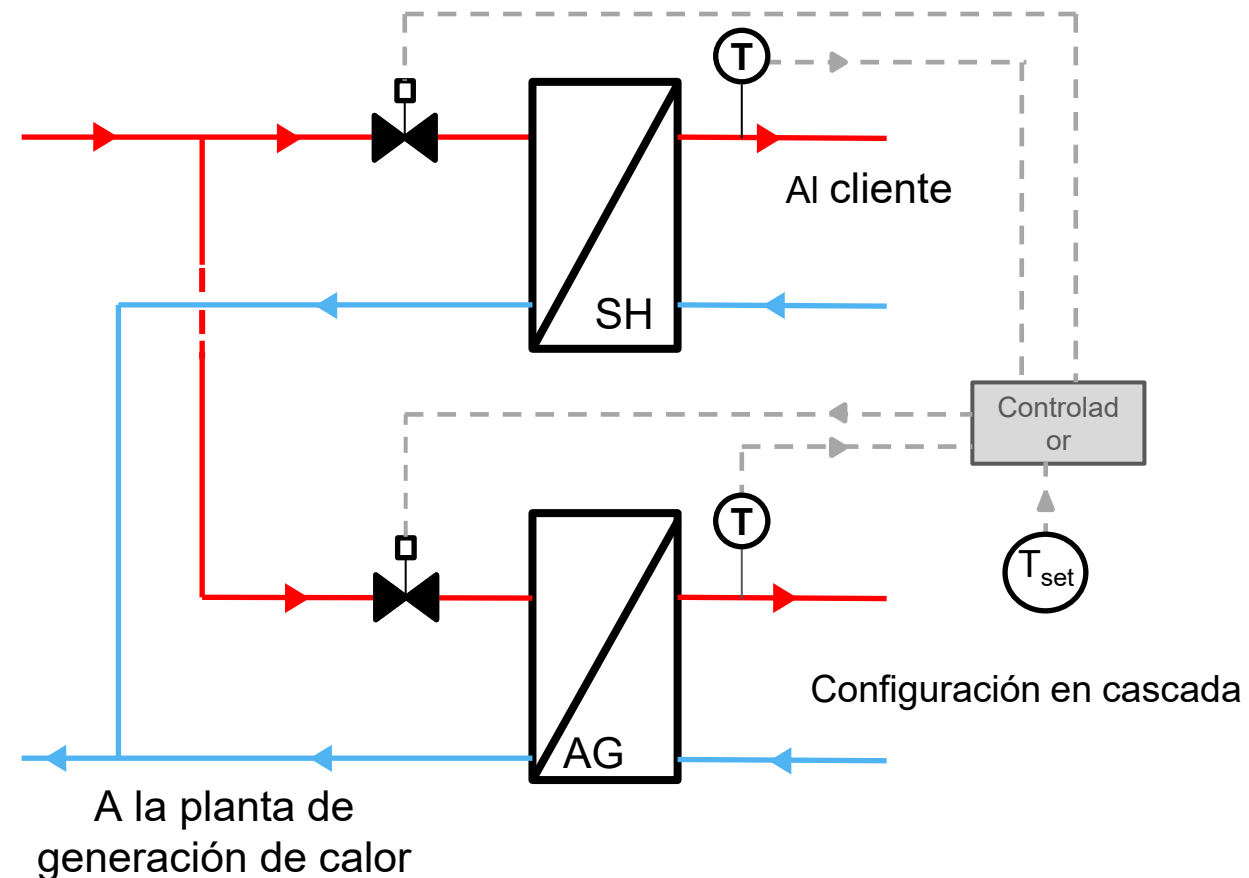


La configuración sin acumulador es la que ofrece un mejor rendimiento

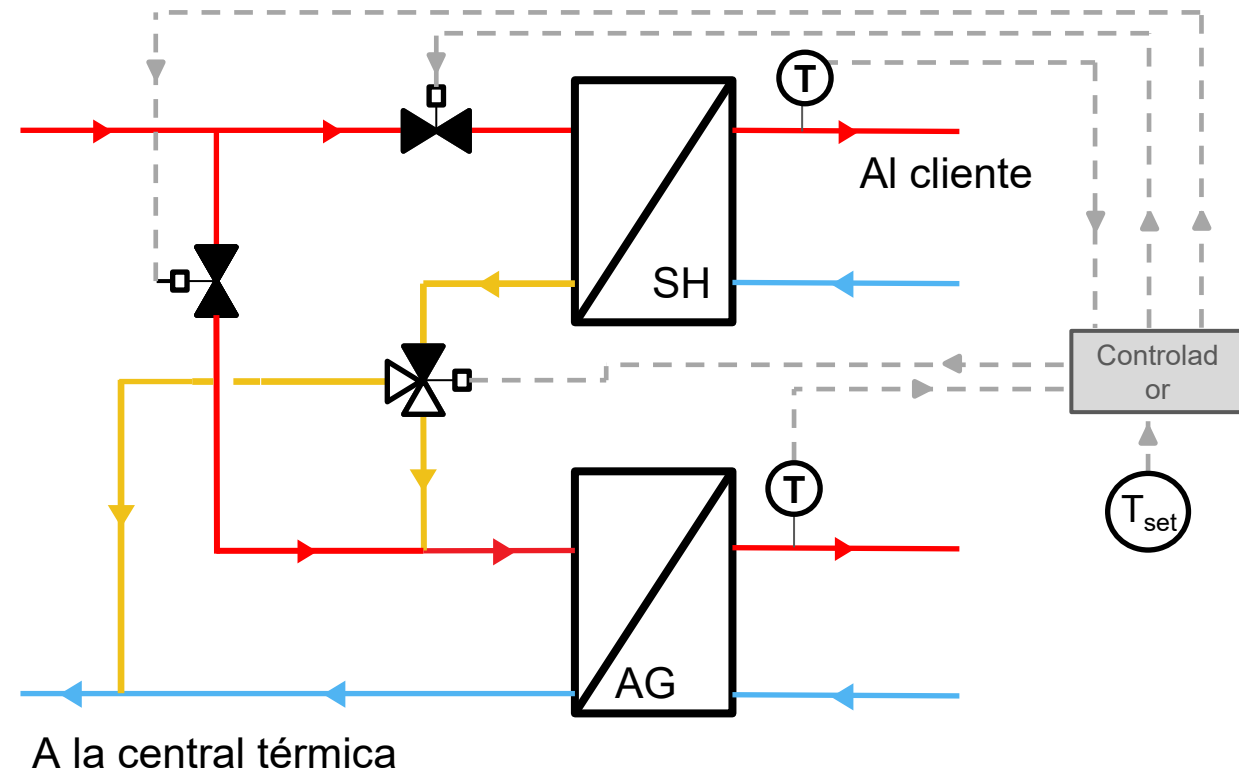


2.4 Configuración de la subestación

Configuración en paralelo

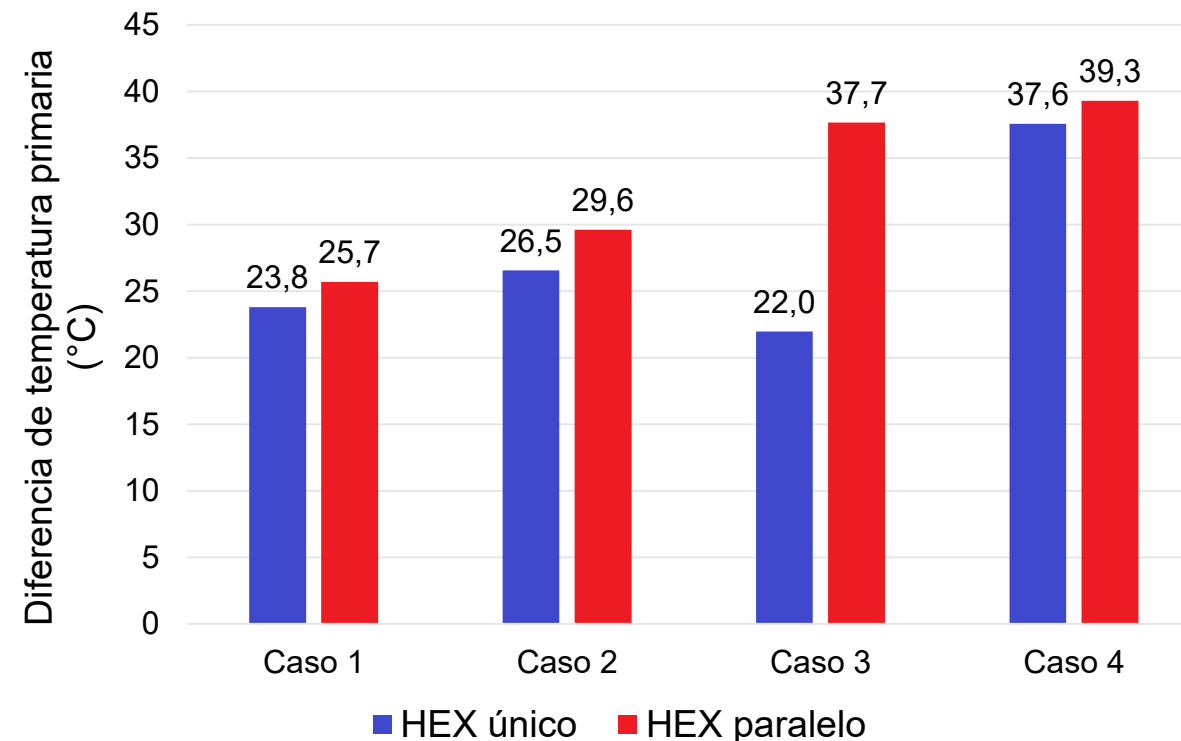
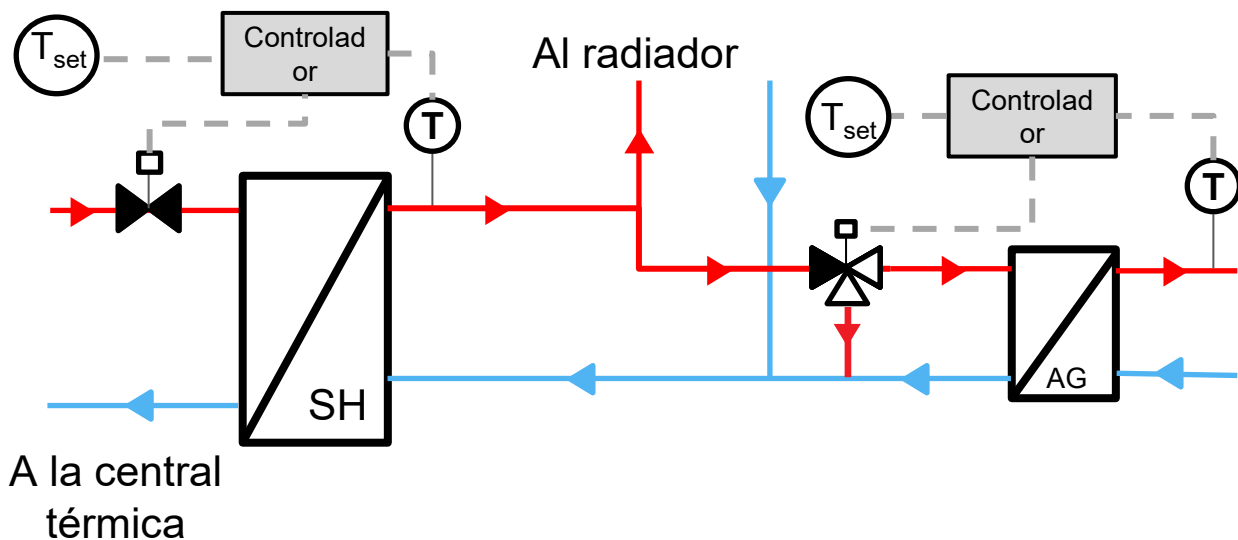


Configuración en cascada



2.4 Configuración de la subestación

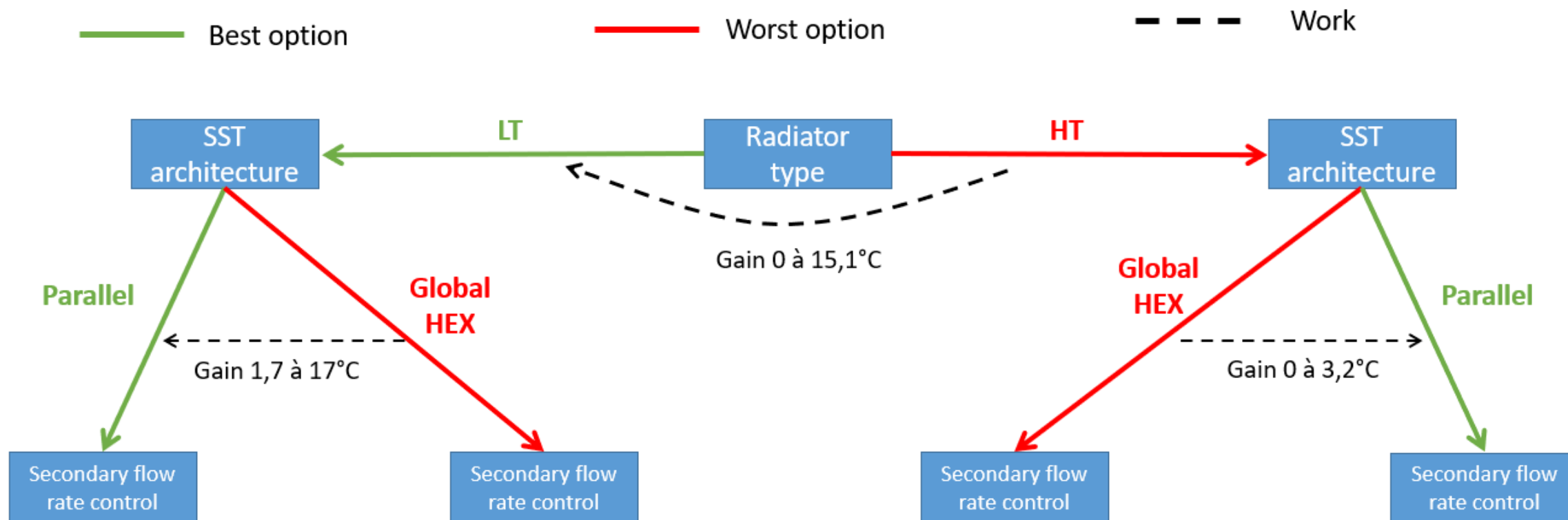
Configuración única del intercambiador de calor



La configuración en paralelo es la que ofrece un mayor rendimiento

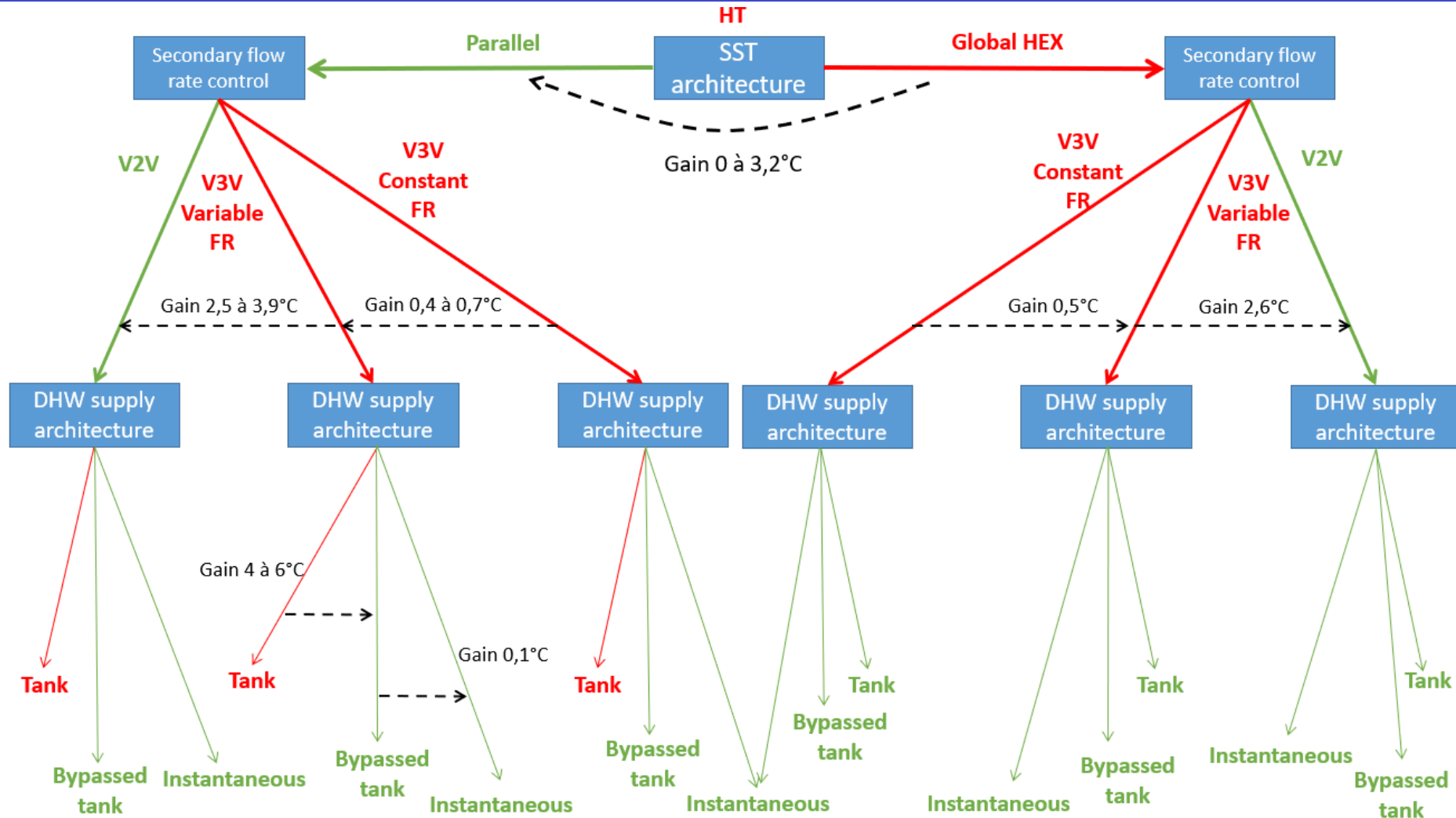
[Fabre et al., 2023]

3. Conclusión



[Fabre et al., 2023]

3. Conclusión



[Fabre et al., 2023]

3. Conclusión

$$Total\ Tariff = Fixed\ Tariff + Variable\ Tariff + Incentive\ Tariff$$



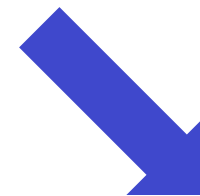
$$F_{connection} + F_{capacity}$$

- $F_{connection}$: el coste depende de la distancia entre la central térmica y el cliente
- $F_{capacity}$: el coste depende de la potencia instalada



$$T_{MWh} + T_{m^3}$$

- T_{MWh} : coste de la energía consumida
- T_{m^3} : **coste del volumen de agua que pasa por la subestación**



$$I_{T^{\circ}} + I_{wasteheat}$$

- $I_{T^{\circ}}$: **incentivo por reducir la temperatura de retorno**
- $I_{wasteheat}$: **incentivo para que el cliente aproveche el calor residual**

- **Fabre, A., Duchayne, C., Nyberg, T., Gavan, V., Lygnerud, K. y Stabat, P.** «Estudio de coste-beneficio sobre la red secundaria de edificios para mejorar el rendimiento de la calefacción urbana». *Informe de la AIE sobre calefacción urbana y cogeneración, 2023.*
- **Lygnerud, K., Nyberg, T., Nilsson, A.; Fabre A, Stabat P, Duchayne C., Gavan V.** Estudio sobre cómo las tarifas incentivadoras pueden fomentar medidas eficientes para mejorar el rendimiento de los sistemas secundarios de calefacción urbana. *Energ Sustain Soc* **13**, 38 (2023). <https://doi-org.minesparis-psl.idm.oclc.org/10.1186/s13705-023-00417-0>
- **S. Månsson, P. O. Johansson Kallioniemi, M. Thern, T. Van Oevelen y K. Sernhed,** «Averías en las instalaciones de los clientes de calefacción urbana y formas de abordarlas: experiencias de las empresas de servicios públicos suecas», *Energy*, vol. 180, pp. 163-174, 2019 <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2019.04.220>



¡Gracias!

Módulo 5.3 – Más allá de la subestación: cómo diseñar el lado secundario

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

