RECUPERACIÓN DE AGUA DE CONDENSADOS DE LAS CLIMATIZADORAS PARA TORRES DE REFRIGERACIÓN.

IMPACTO EN EL CONSUMO DE AGUA EN TORRES DE REFRIGERACIÓN Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

ingho.
ENGINEERING & FACILITY MANAGEMENT

INDICE

- ✓ **¿POR QUÉ?**
- ✓ **EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SOLUCIÓN**
- ✓ **EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN**

¿POR QUÉ?

Torres enfriamiento.

Ventajas condensación por agua vs aire

-Mejor rendimiento en los sistemas de producción.
-Consumo en ventiladores menor.

Inconvenientes condensación por agua vs aire

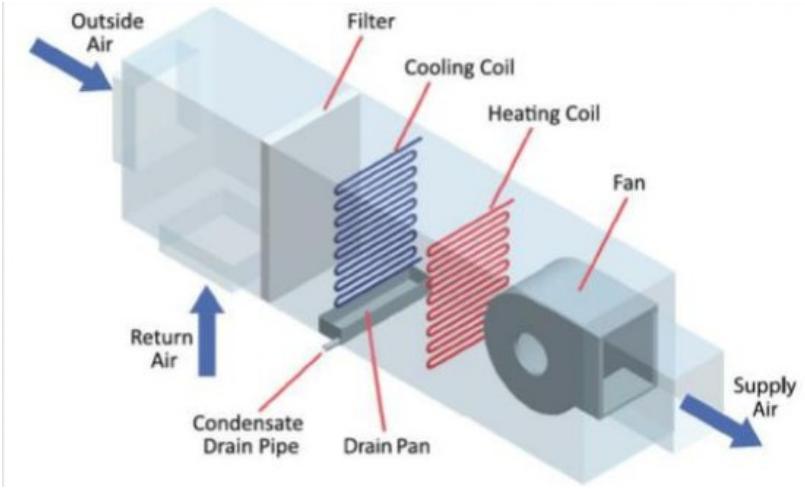
-Pérdidas de agua por purgas, arrastre y evaporación → elevado consumo de agua.
-Consumo bombas recirculación y distribución.
-Coste tratamiento agua y prevención de legionellosis.

¿Podríamos reducir el consumo de agua de estos sistemas para aprovechar sus ventajas respecto a la mejora del rendimiento en equipos de producción?

¿POR QUÉ?

Las **climatizadoras** producen agua procedente de la condensación en las baterías de frío que actualmente se lleva a saneamiento.

- ✓ **¿Podríamos utilizar este agua?**
- ✓ **¿Qué hace falta?**
- ✓ **¿Qué cantidad puedo obtener?**



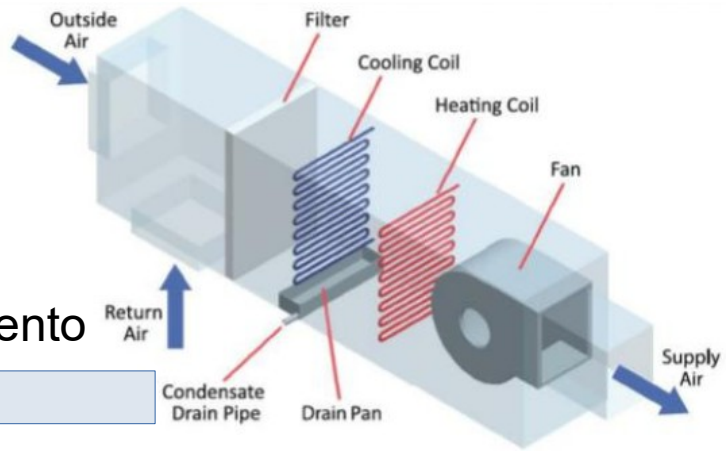
¿POR QUÉ?

Torre enfriamiento

Enfriadora

Agua de red

Climatizadora



A saneamiento

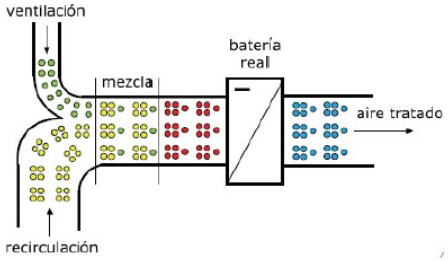
E

EVALUACIÓN TÉCNICA. MODELADO.

Edificio para **caso de uso**: Hospital Santa Ana en Motril.

- ✓ 3 plantas – 2 alas por planta. Área de hospitalización 156 camas. Superficie 2.884 m².
- ✓ 6 climatizadoras (1 por ala y planta del hospital) a 2 tubos (frío o calor).
- ✓ Cargas de acuerdo a normativa: ventilación, cargas personas y equipamiento.
- ✓ Ubicación → fichero climático.
- ✓ Cálculo de cargas frío y calor:
  - Pico calefacción: 217 kW
  - Pico refrigeración: 200 kW
  - Caudal aire total: 93.600 m³/h

EVALUACIÓN TÉCNICA. MODELADO.



Climatizadoras

Hipótesis

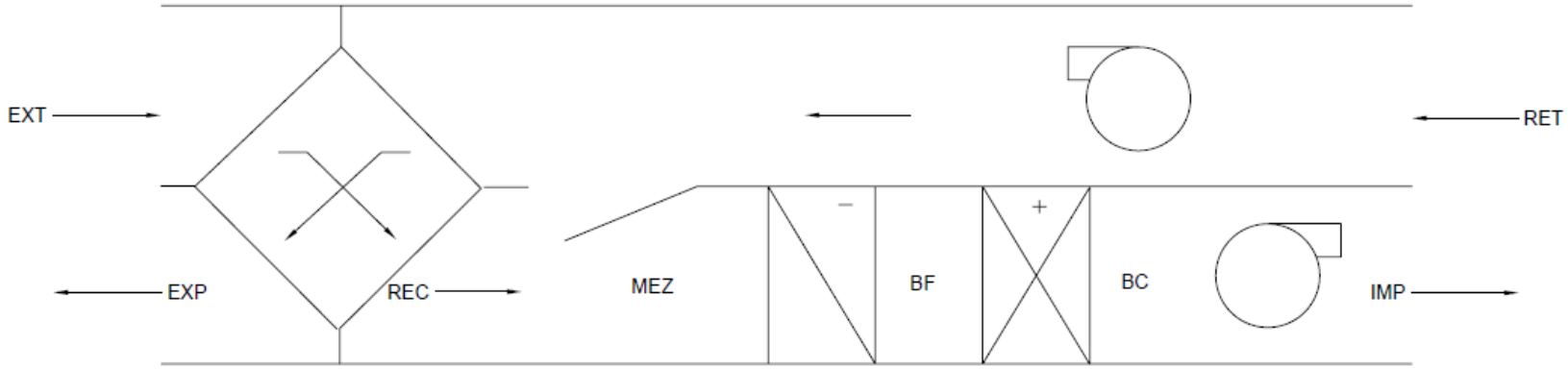
Producción de frío parada – noviembre a marzo
Producción de calor parada – junio a septiembre
Factor de by-pass batería frío: 0,1
Eficiencia recuperador: 65%

Ecuaciones. Balances de masa y energía

Simulación horaria 1 año completo

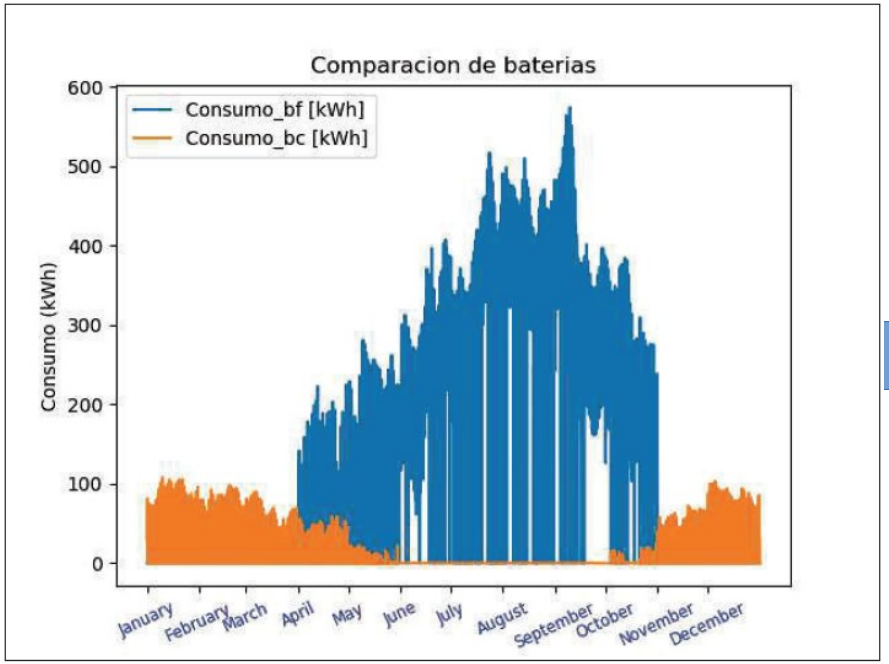
$$T_{rec} = T_{ext} + \varepsilon_{rec} \cdot (T_{ret} - T_{ext})$$

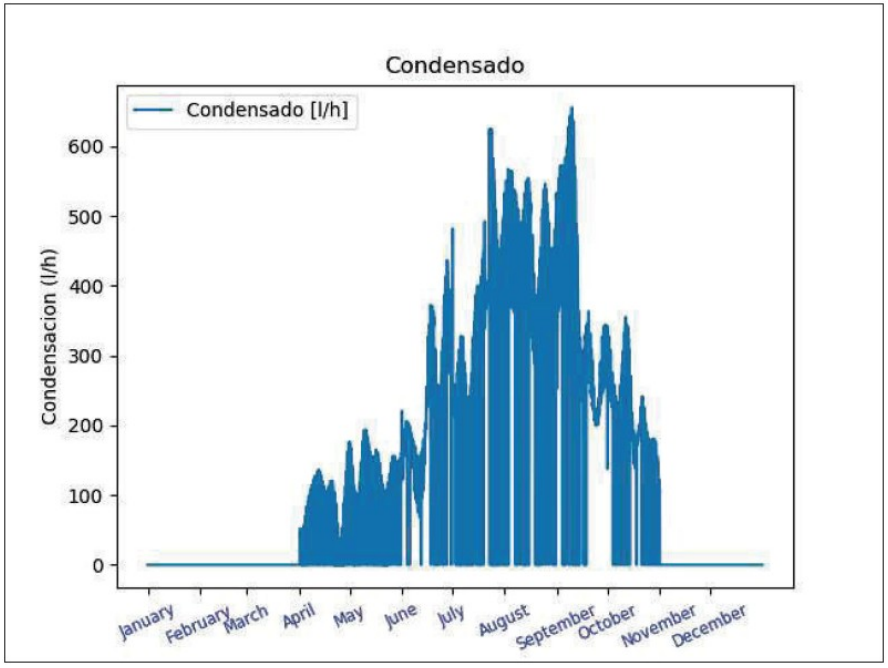
$$\omega_{bf} = FB \cdot \omega_{mez} + (1 - FB) \cdot \omega_{sat}$$



EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS.

Climatizadoras





Consumo anual bat frio: 1.157 MWh/año
Consumo anual bat calor: 106 MWh/año

Condensado: 1.113 m³ /año

EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS.

Climatizadoras

E

¿QUÉ HACEMOS ACTUALMENTE CON ESTE AGUA?

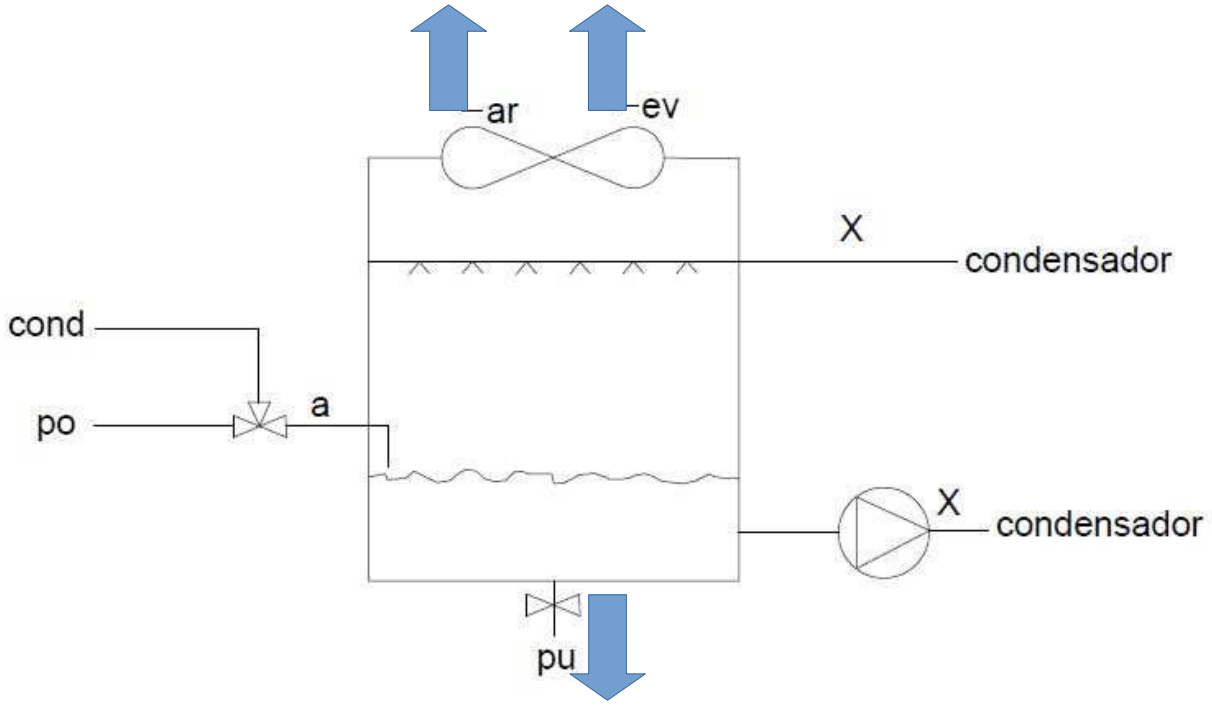
Tiramos 1.113 m³ *año* → *3.895 €/año*

Consumo equivalente de agua: 6,7 camas.

EVALUACIÓN TÉCNICA. MODELADO.

Torres enfriamiento. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados

Hipótesis
Concentración sales agua red: 400 ppm
Conductividad límite: 2500 μS/cm
Volumen balsa: 1.500 litros



EVALUACIÓN TÉCNICA. MODELADO.

Torres enfriamiento. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados

Balances de energía

Potencia a disipar por la torre

$$P_{Torre} = P_{enfriadora} + P_{acc} = P_{enfriadora} + 0{,}3 \cdot P_{enfriadora} \Rightarrow X_{[i]} = \frac{P_{disipar[i]}}{cp_w \cdot \Delta T} = X_{[i]} = \frac{1{,}30 \cdot P_{enfriadora[i]}}{cp_w \cdot \Delta T}$$

Temperatura balsa

$$T_{wa} = \frac{\dot{m}_{wcond[i]} \cdot T_{wcond} + \dot{m}_{wpo[i]} \cdot T_{wpo}}{\dot{m}_{wa[i]}}$$

Balance masa al agua

Evaporación $$m_{ev[i]} = \frac{P_{torre[i]}}{C_{lv}}$$

Arrastre $$m_{warr[i]} = [0{,}001 - 0{,}005] \cdot X_{[i]} [kg_w / s]$$

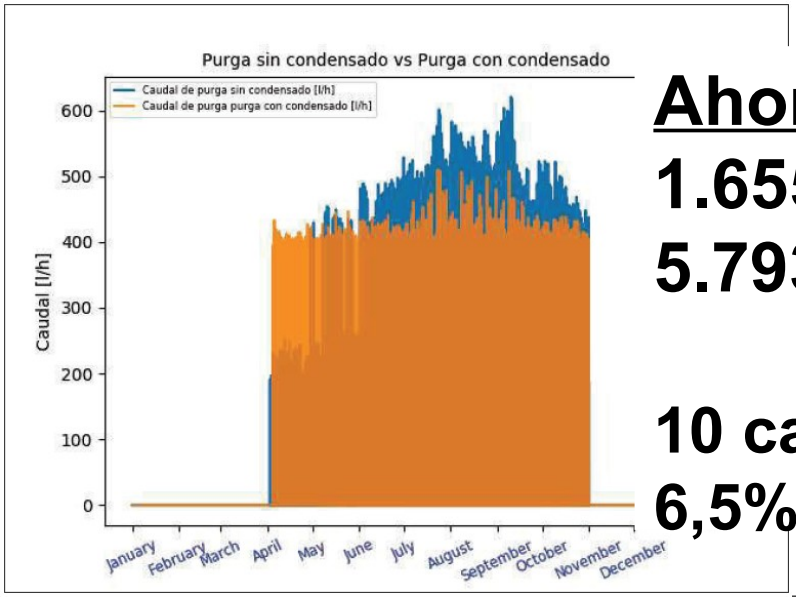
Purga. Agua condensados no tiene sales disueltas → menor tasa de reposición por purga (TDS).

$$\dot{m}_{wpu[i]} = \frac{TDS_{TORRE[i-1]} \cdot V_{balsa[i]} - \dot{m}_{w_{ar}[i-1]} \cdot TDS_{TORRE[i-1]} - \dot{m}_{wev[i-1]} \cdot TDS_{ev} + \dot{m}_{wa[i]} \cdot TDS_{a[i]} - V_{balsa[i]} \cdot \frac{2}{3} \cdot TDS_{limite}}{TDS_{TORRE[i-1]}}$$

EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS AGUA.

Resultados anuales	Caso sin condensado	Caso con condensado
Caudal de evapo		2.106,7
Caudal de arrast		258,68
Caudal de aport		2.530,88
Caudal de purga (m³/año)		165,5
Caudal de agua de la red (m³/año)	3.114,63	1.459,31
Caudal de condensado (m³/año)	0	1.071,57

Ahorro 53,1% del agua de aporte a la torre



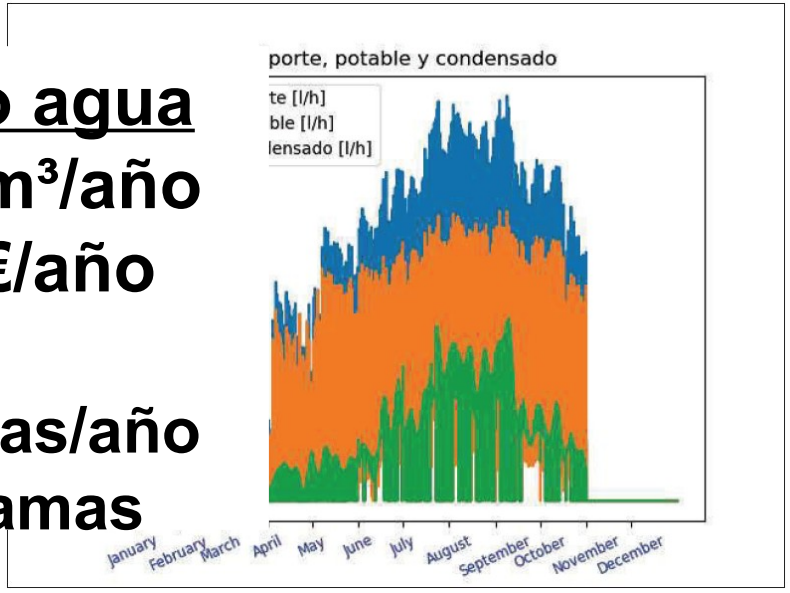
Ahorro agua

1.655 m³/año

5.793 €/año

10 camas/año

6,5% camas



EVALUACIÓN TÉCNICA. MODELADO.

Enfriadoras. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados

Hipótesis

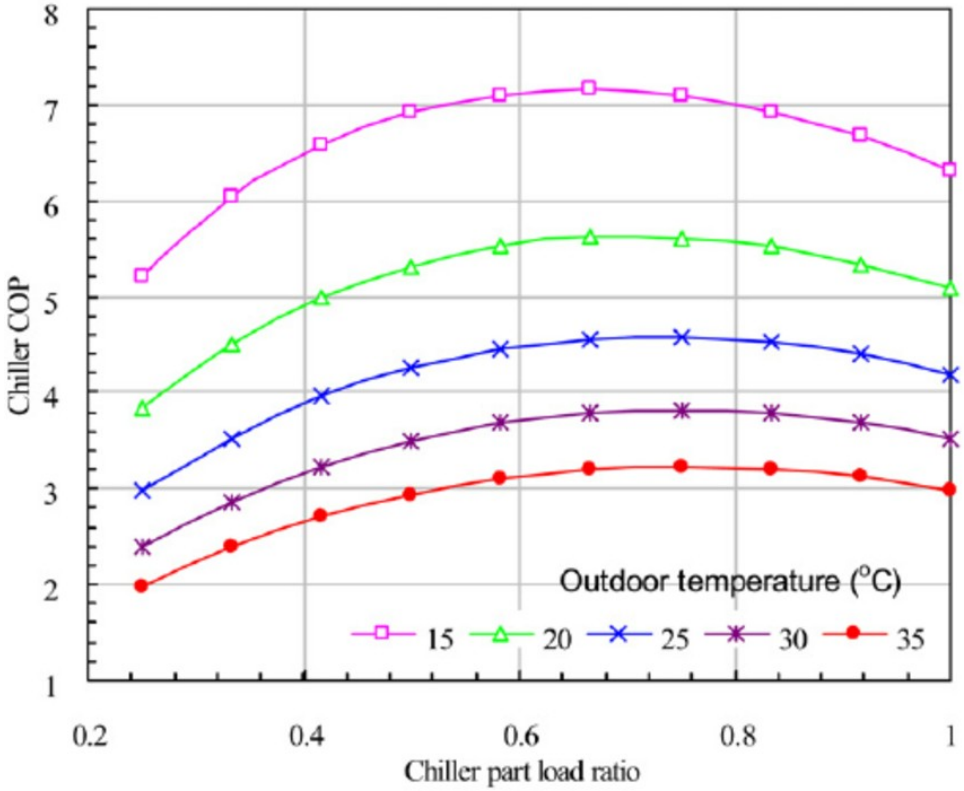
- ✓ Enfriadoras condensadas por agua.
- ✓ Control del circuito condensación:
  - Caso 1: set point a 30ºC (fijo) - caso más habitual.
  - Caso 2: agua lo más fría posible → Tª bulbo húmedo.
- ✓ Circuito a climatizadoras: impulsión a 7ºC, retorno a 12ºC.
- ✓ El caudal de aporte procedente de las climatizadoras está a 14ºC.

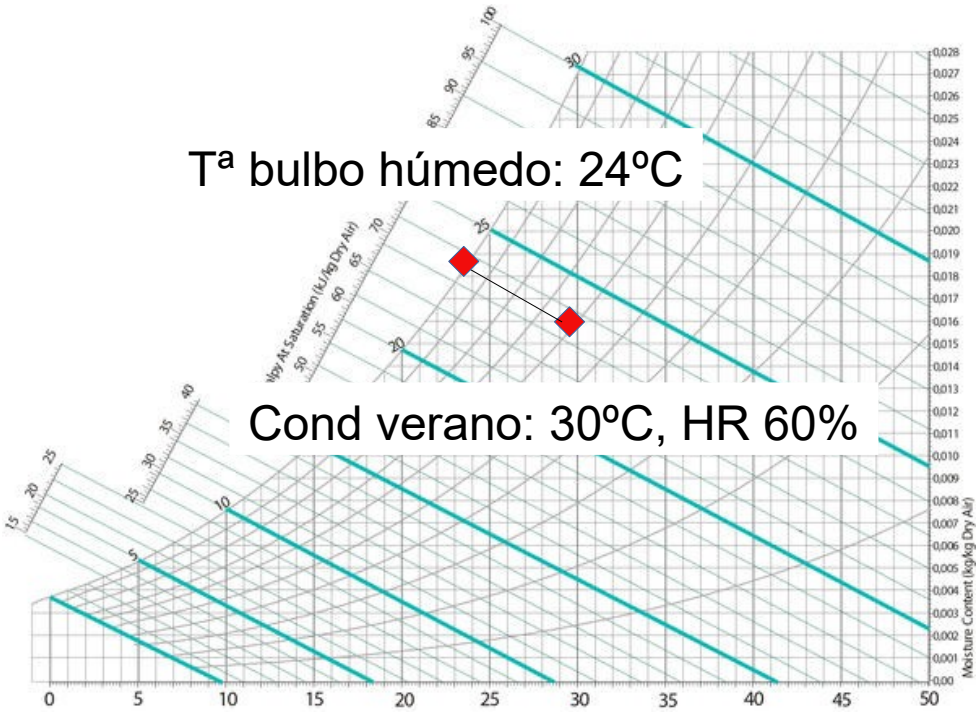
Resultados esperados

Consumo de enfriadora → mejora EER por reducción de la temperatura condensación.
Consumo de ventiladores → incremento consumo por funcionar mayor número horas.

EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS.

Enfriadoras. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados.

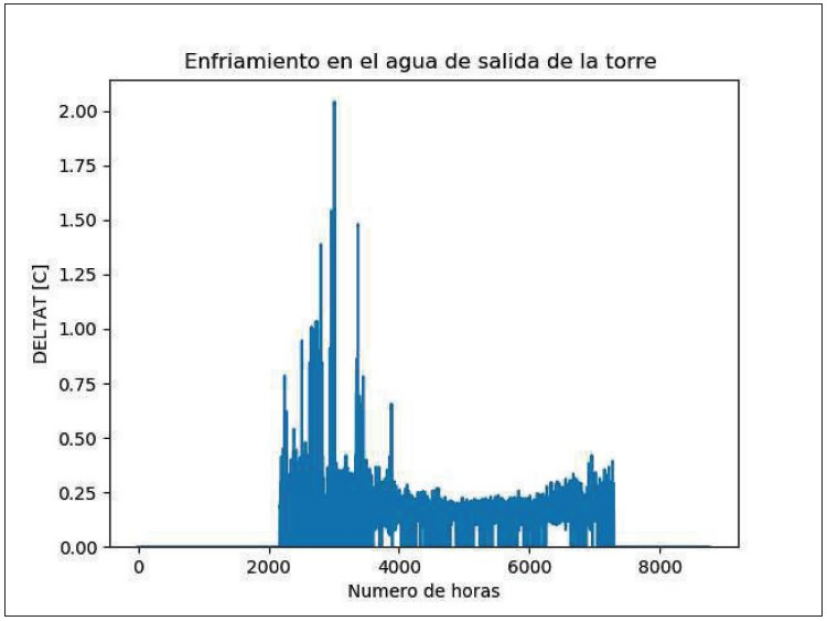




EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS.

Enfriadoras. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados.

Reducción de Tª en la balsa por mezcla con agua procedente de condensados.



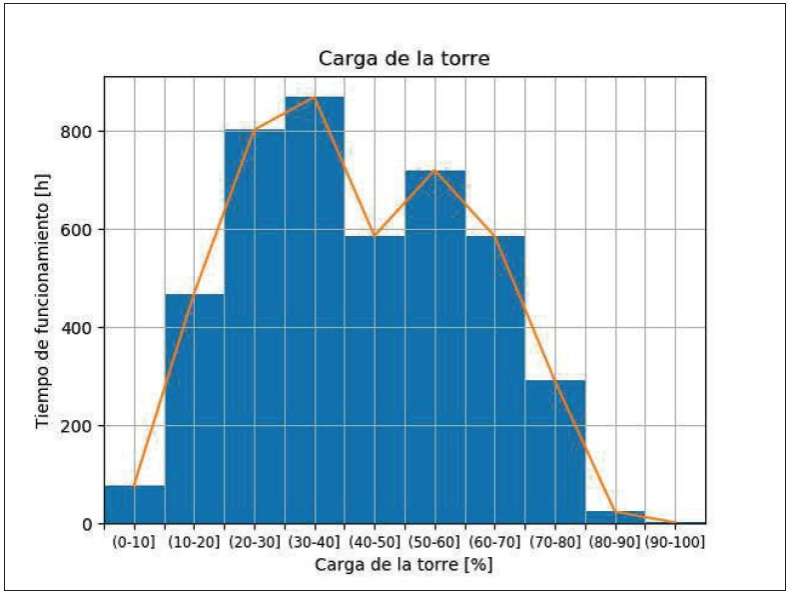
Reducción media en el año 0,25ºC

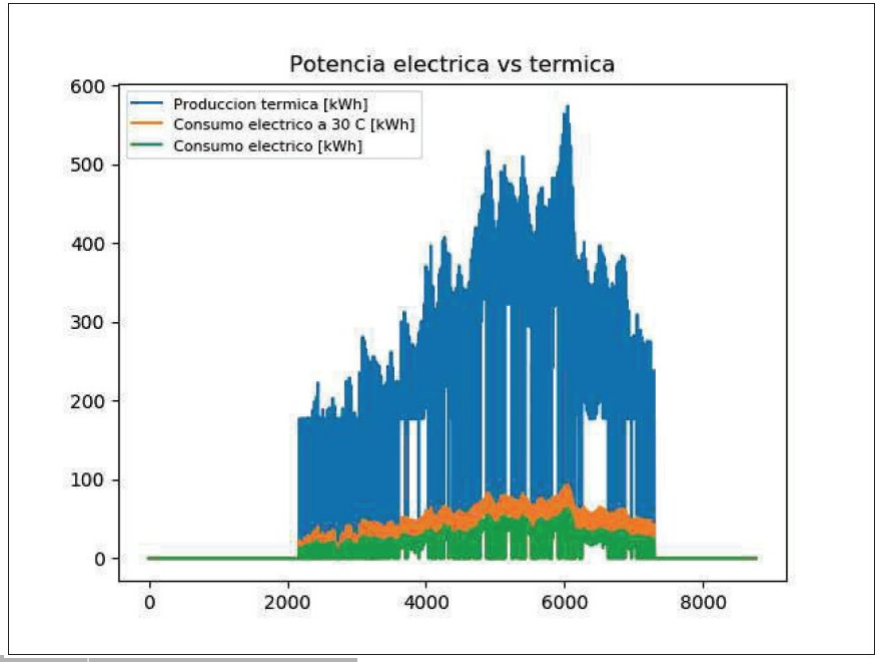
Reducción puntual 2ºC

→ **mejora en el EER despreciable.**

EVALUACIÓN TÉCNICA. RESULTADOS.

Enfriadoras. Comparativa sistemas con/ sin recuperador condensados.
Optimización por control de Tª mínima.





Consumo electricidad	Enfriadora	Ventilador	Total
Caso 1. 30ºC	195,30 MWh	1,18 MWh	196,48 MWh
Caseo 2. Tª mínima	119,22 MWh	29,20 MWh	148,42 MWh

Ahorro energía 24,46%

EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Inversión: 8.582 €.

Recogida de condensados con tuberías de PVC por gravedad hacia colector común y conducción hacia la balsa de las torres.

Ahorros estimados:

Agua y electricidad

	Ahorro (-)	Ahorro (€)
Agua	1655,32 m^3	5.793,62
Electricidad	48063,2 kWh	5.286,95
TOTAL (€)		**11,080,57**

PRS < 1 año

Precio electricidad: 0,11 €/kWh.
Precio agua: 3,5 €/m^3
Coef conv kWh a CO2: 0,357 kg CO2/kWh

RESUMEN.

Inversión: 8.582 €. Ahorro económico: **11.080 €/año** **PRS < 1 año**

Ahorros agua: **1.655,32 m³/año** Ahorro energía: **48.063,20 kWh/año**

¿EMPEZAMOS?

Impacto ambiental *(Huella CO2)*

→ Reducción CO_2eq = 17,16 tn CO_2/año – Eg

→ Reducción CO_2eq = 0,11 tn CO_2/año – Agua

Total = 17,27 tn CO_2/año

Certificación LEED o BREEAM → puntos por buena gestión de agua y energía.

ISO 50001/ ISO 14000 → cumplimiento objetivos reducción impacto ambiental.

Coef conv kWh a CO2: 0,357 kg CO2/kWh (fuente IDAE)
Coef conv m³ a CO2: 0,062 kg CO2/m³ (fuente Tecnoaqua)

GRACIAS POR SU ATENCIÓN