

Acumulación térmica para un sistema de calefacción solar activo

Javier Nacif H.

Roberto Román L.

Rodrigo Palma B.

Ramón Frederick G.

IV Conferencia Latinoamericana de Energía Solar
XVII Simposio Peruano de Energía Solar

Introducción

- Se busca **diseñar**, construir y probar un acumulador de energía solar térmica, para una vivienda en el poblado de Huatacondo, región de Tarapacá, Chile.
- Esta ponencia solo considera el diseño del acumulador.

Dimensionamiento de la energía a acumular

- Según método de los grados días.
- Según características del colector previamente diseñado

Según método de los grados días

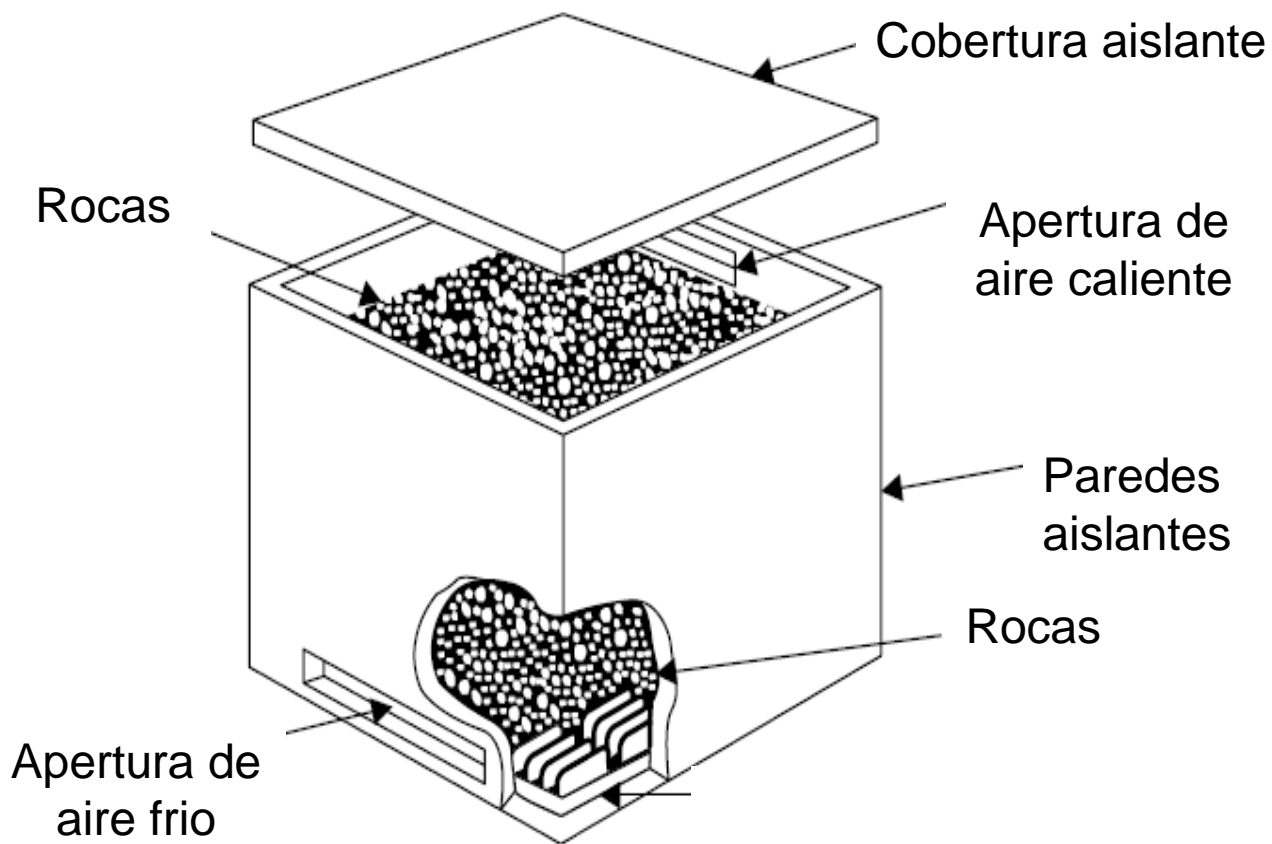
- Se consideran las pérdidas térmicas de la casa : G nominal : $2,4 \text{ [W/}^\circ\text{C m}^3\text{]}$
- Volumen a calefaccionar: $24 \text{ [m}^3\text{]}(10\text{m}^2)$
- Características climatológicas del lugar: GD= 13°C por día (RETScreen /NASA).
- Días de acumulación: 1 día.
- Energía a acumular: $17,2 \text{ kWh}$.

Según características del colector previamente diseñado

- El colector entrega un caudal de 272 [kg/h] a 33[°C] por 5 horas.
- El agua se encuentra inicialmente a 10 [°C].
- La energía presente en el aire es de 8,4[kWh].
- El acumulador se dimensiona para 8,4[kWh]

Selección de acumulador

- Utilizan aire como medio de transporte del calor.
- Bajo costo.
- Bajas conducción cuando no hay flujo de aire (bajas pérdidas).
- Alta estratificación



Almacenamiento de lecho de rocas. Fuente: "Solar Energy Engineering: processes and systems", Soteris Kalogirou.

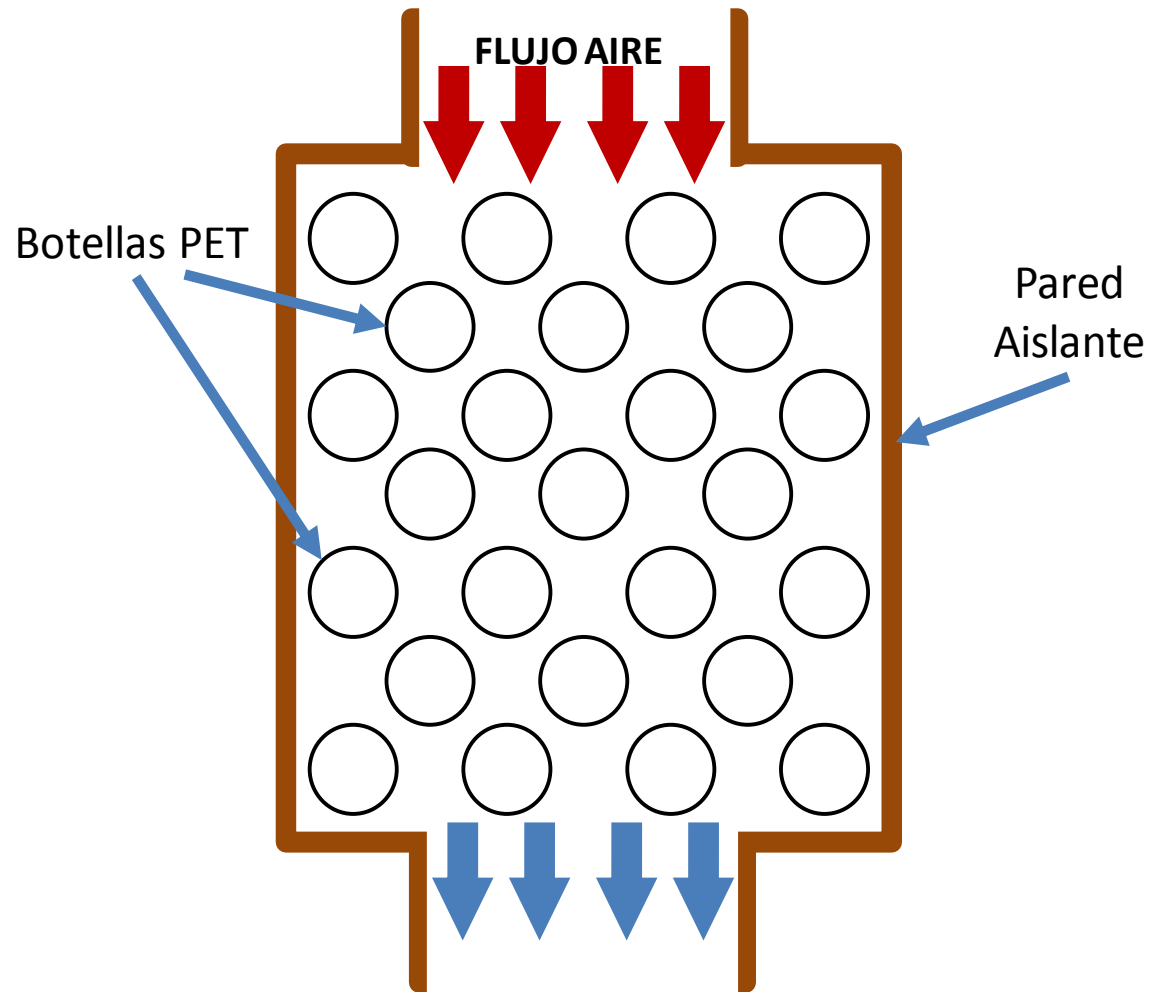
Selección de acumulador

- ROCAS:
 - 1557 [kg]
 - 677 [L]

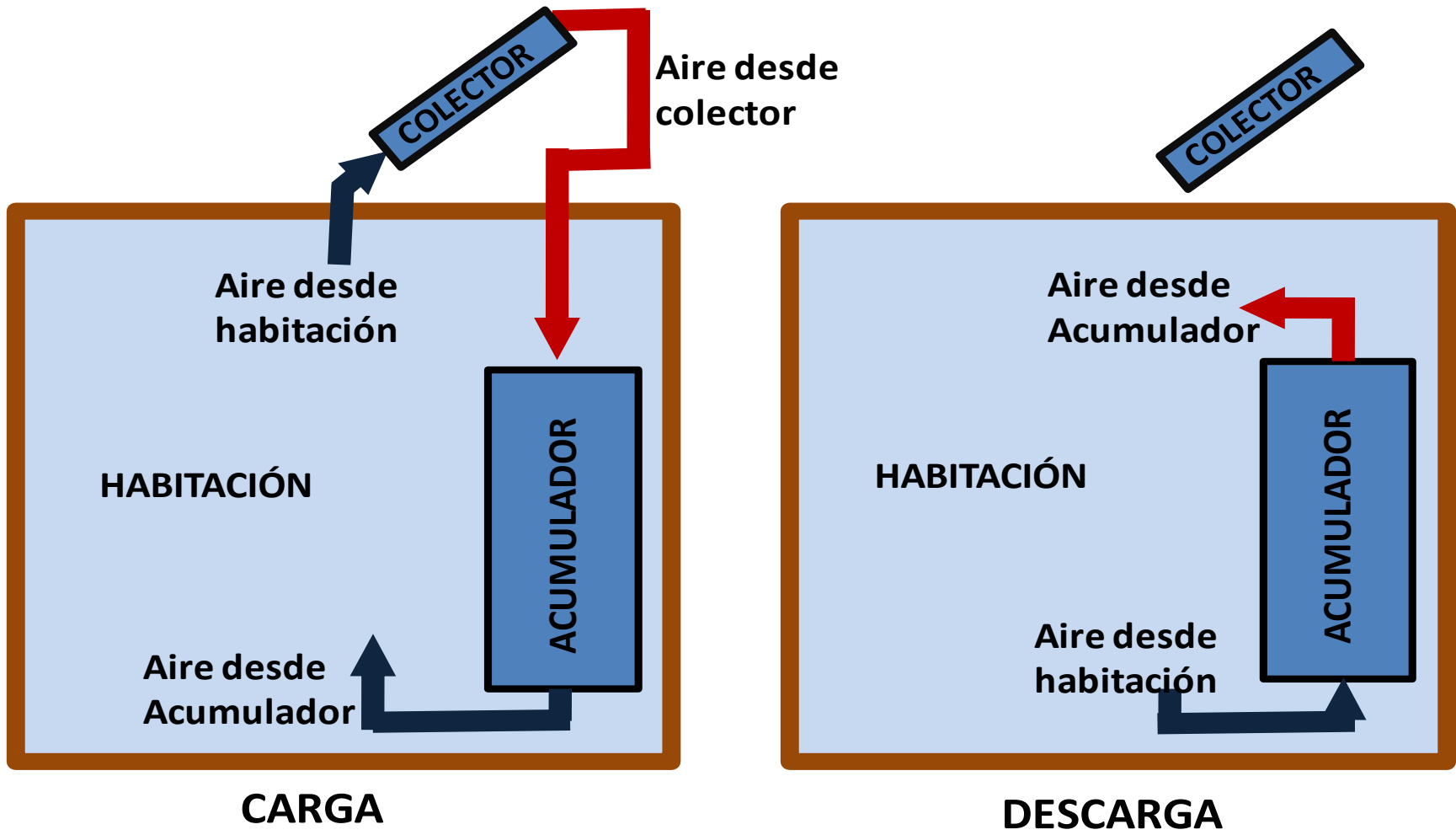
- AGUA ENCAPSULADA:
 - 327 [kg]
 - 327 [L] (205 botellas de 1,6 [L] cada una)

Sistema de acumulación seleccionado

Sistema de acumulación seleccionado

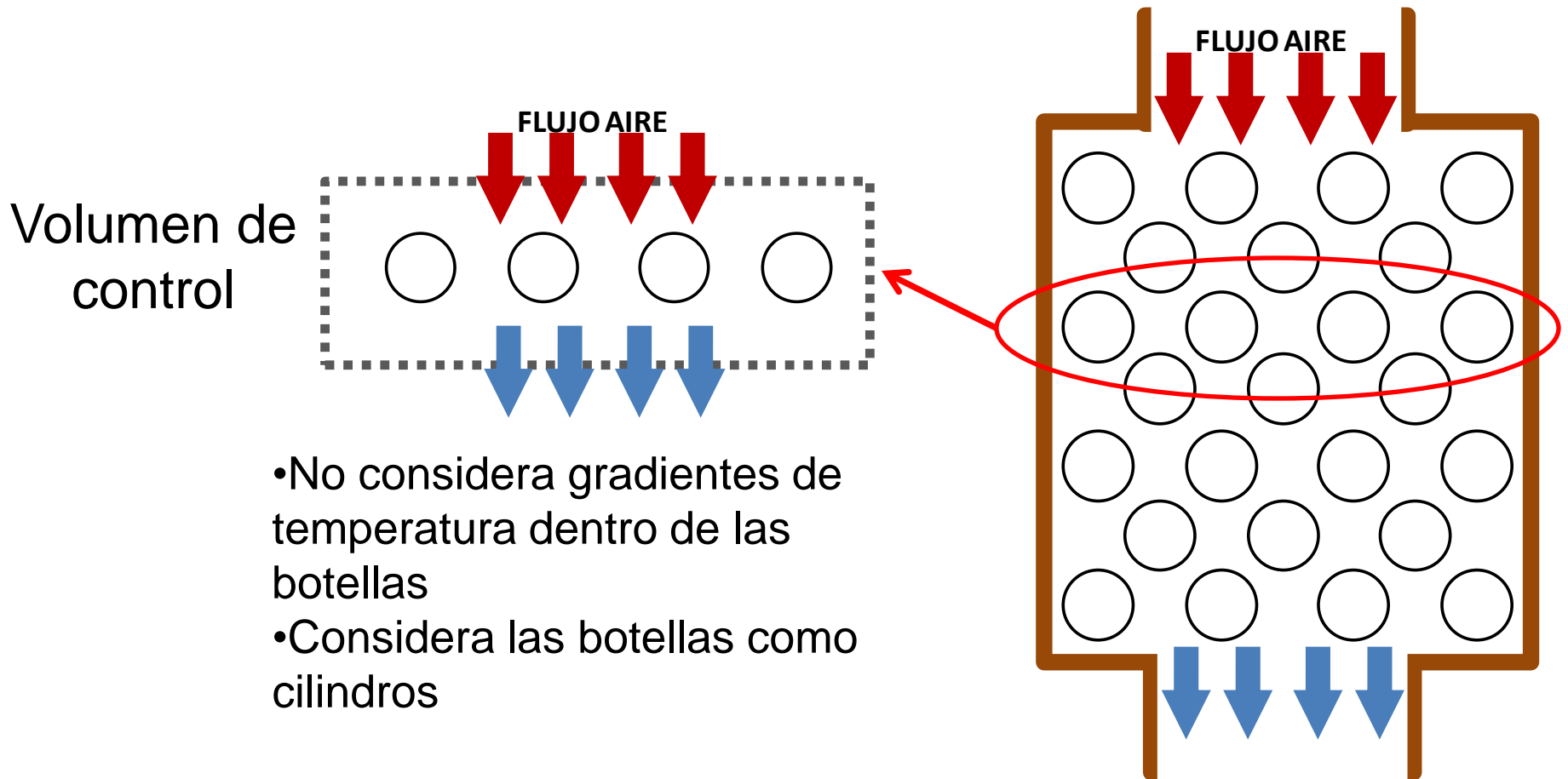


Sistema de acumulación seleccionado



Modelo de transferencia de calor

Modelo



Ecuaciones generales

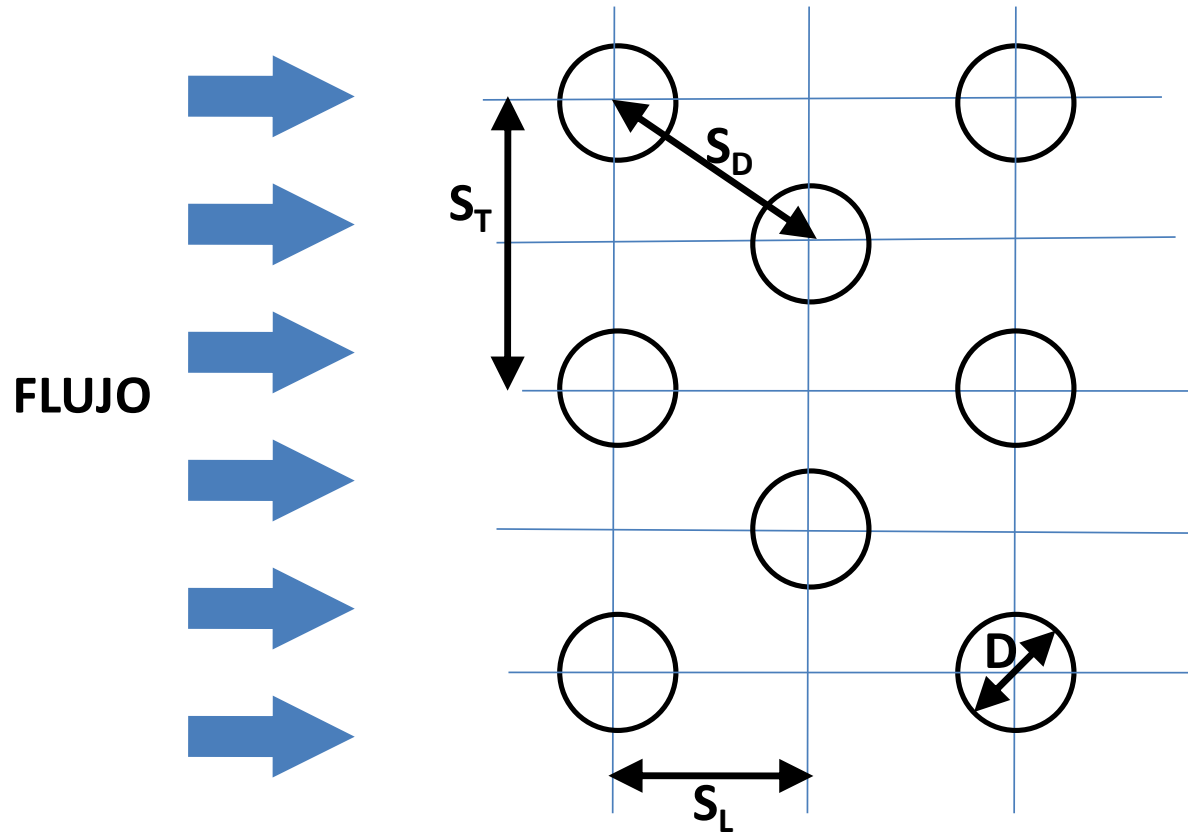
$$T_{agua_{i,t+1}} = \frac{A \Delta t}{m_{agua} C_{p_{agua}}} h_{i,t} (T_{aire_{i,t}} - T_{agua_{i,t}}) + T_{agua_{i,t}}$$

$$T_{aire_{i+1,t}} = T_{aire_{i,t}} - \frac{A \Delta t h_{i,t} (T_{aire_{i,t}} - T_{agua_{i,t}}) + A_{pared} \Delta t U_{pared} (T_{aire_{i,t}} - T_{habitación_t})}{m_{aire} C_{p_{aire}}}$$

$$U_{pared} = 0,8 [W/(m^2 K)].$$

$$\Delta t = 10 [s].$$

Coeficiente convectivo



$$h = \frac{ck}{D} Re^n$$

Pérdida de carga

Pérdida de carga

$$\Delta p = 2f \frac{G_{max}^2 N}{\rho g_c} \left(\frac{\mu_w}{\mu} \right)^{0,14}$$

$$f = \left[0,25 + \frac{0,118}{\left(\frac{S_T}{D} - 1 \right)^{1,08}} \right] Re^{-0,16}$$

Dimensionamiento

Numero de capas

- Criterios:
 - La mayor cantidad de capas posibles, para aumentar la estratificación.
 - El acumulador debe tener una altura razonable.
- Se llega a que debe tener 18 capas de 12 y 11 botellas cada una.
- Altura aproximada del acumulador: 2 [m]

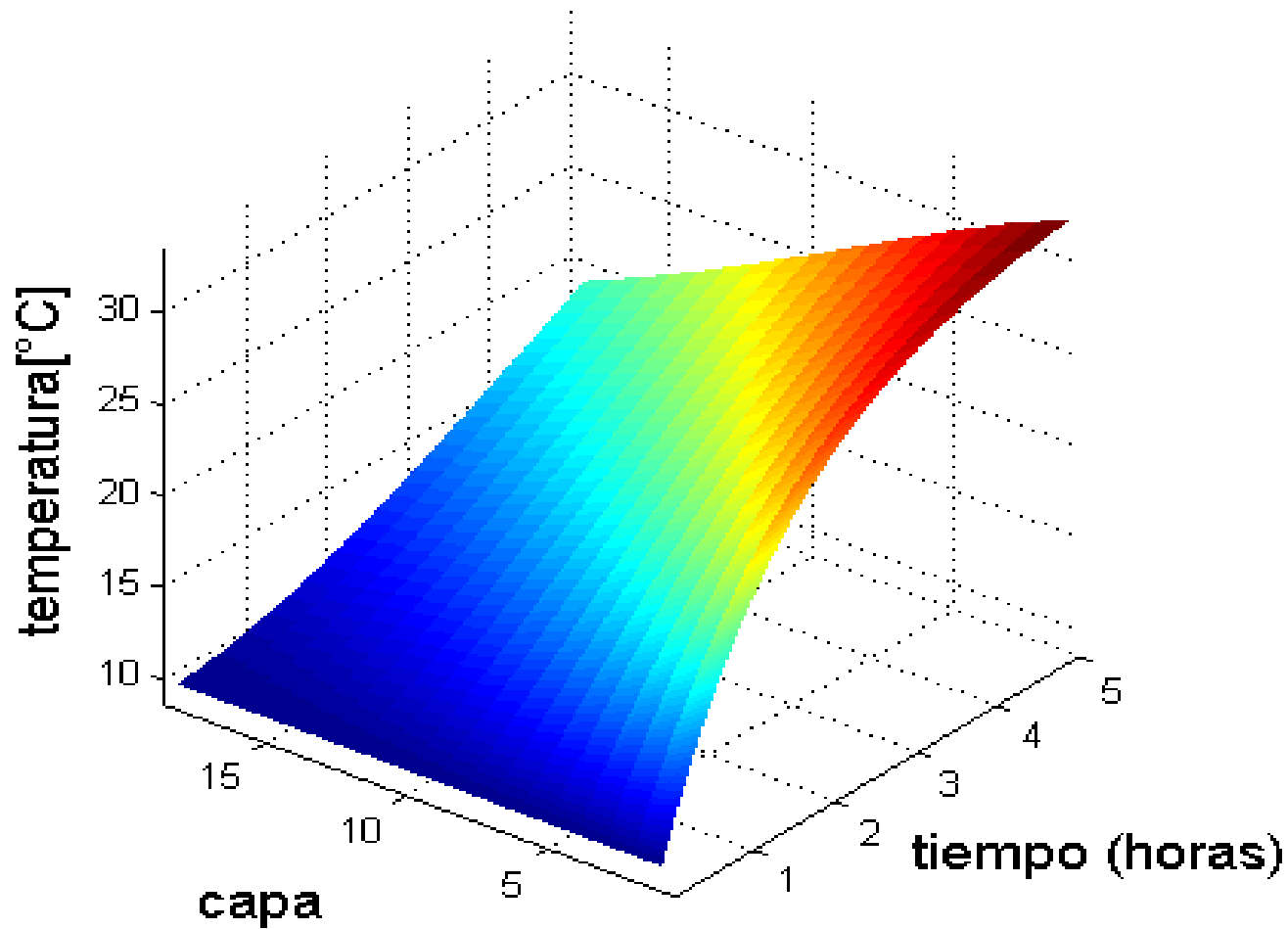
Distancia entre las botellas

- Criterios:
 - Debe disminuirse con el fin de aumentar el coeficiente convectivo.
 - La pérdida de carga debe ser razonable.
 - Límites del modelo.

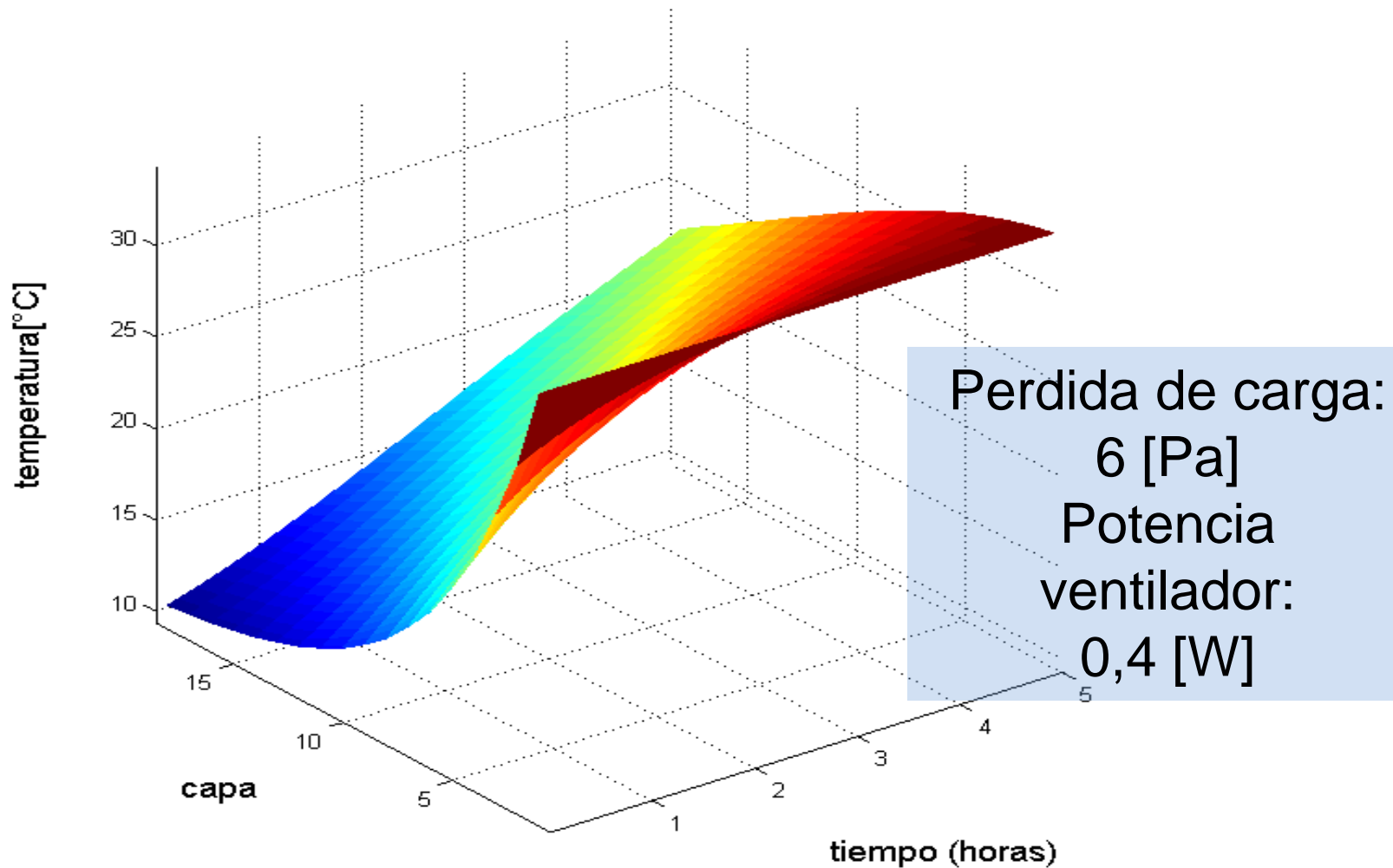
Resultados del modelo de transferencia de calor aplicado

- Carga
- Descarga

Temperatura del agua(carga)



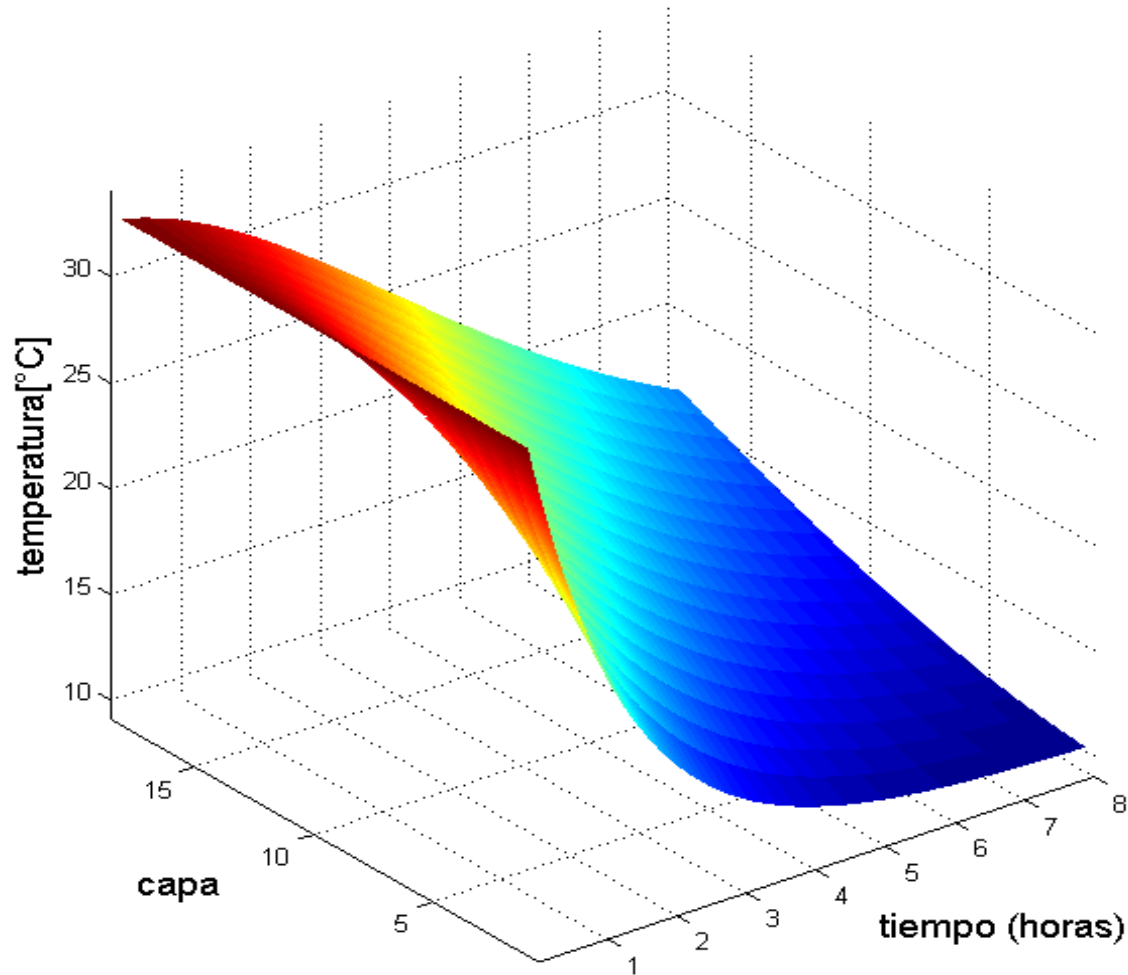
Temperatura del aire(carga)



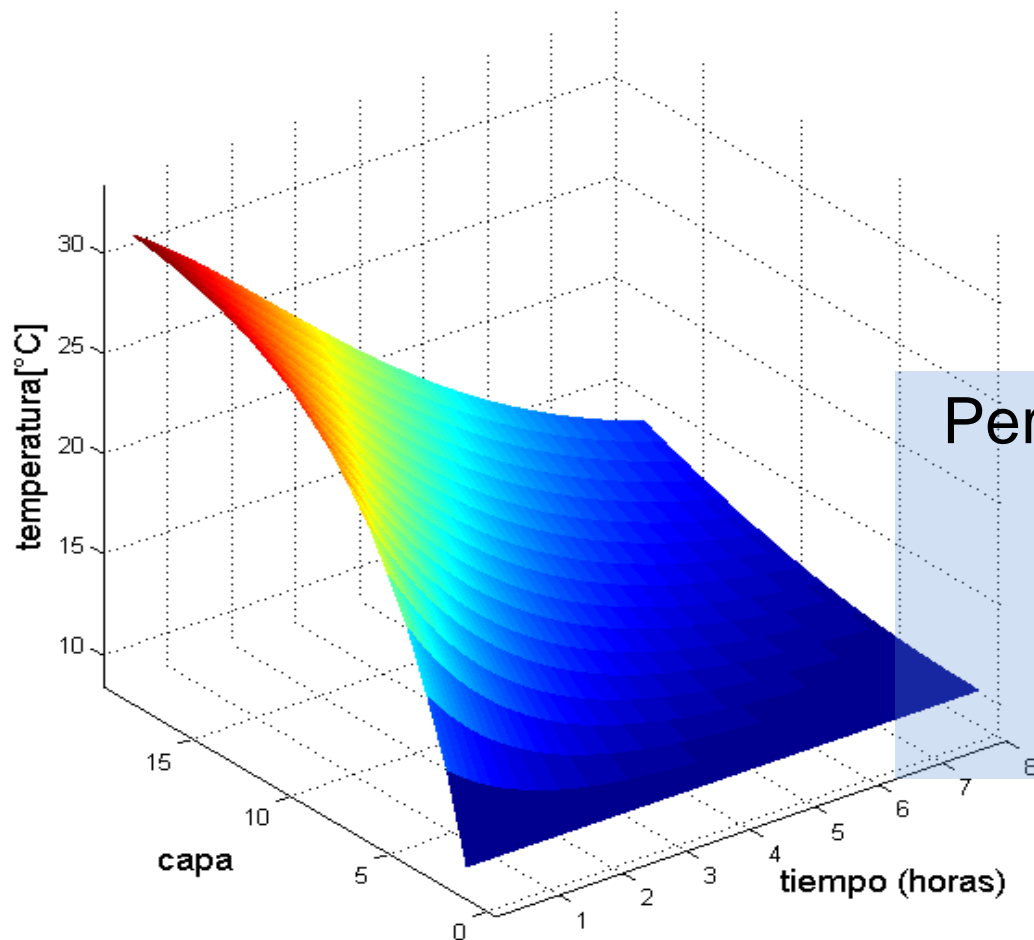
Energía (carga)

- Energía disponible en el aire es de 8,4[kWh].
- De acuerdo a las temperaturas obtenidas para el agua al final de las 5 horas, se tiene que la energía almacenada es de 5,9[kWh].
- La energía disipada por las paredes del acumulador: 0,4 [kWh].

Temperatura del agua(descarga)



Temperatura del aire(descarga)



Perdida de carga:
6 [Pa]
Potencia
ventilador:
0,4 [W]

Energía (descarga)

- Energía disponible para el agua es de 8,9 [kWh].
- La energía entregada al aire durante las 8 horas es de 7,3 [kWh].
- La energía disipada por las paredes del acumulador es de 0,3 [kWh]
- Energía total entregada a la pieza es de 7,6 [kWh].

Coeficiente convectivo (carga y descarga)

Varía en cantidades reducidas con un máximo de $16,9[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ y un mínimo de $16,7 [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$.

Discusión

- Resultados se consideran satisfactorios debido a que hay un alto grado de estratificación y la energía efectivamente almacenada corresponde a un 70,6 % de la energía disponible.
- Los espaciamientos transversal y longitudinal podrían disminuirse si se busca una aplicación mas práctica, mejorando el comportamiento del acumulador.
- Tiempos de carga y descarga podrían ser mayores a los considerados.

Discusión

- Las pérdidas a través de las paredes del acumulador son muy bajas en comparación a la energía transferida. Se podría despreciar este efecto.
- Los coeficientes convectivos calculados para la carga y descarga del acumulador presentan variaciones mínimas. Se podría utilizar una cantidad constante.
- El sistema de acumulación propuesto tiene un bajo costo económico y es posible de implementar fácilmente.

Agradecimientos

- Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile
- Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Preguntas y comentarios