Ejercicios propuestos

Energy Storage

Tema 3: Aire comprimido (CAES) y aire líquido (LAES)

Máster Universitario en Ingeniería de la Energía

ETSI Minas y Energía

Hugo Torres Orejudo

Noviembre 2026

Problema 1 – Trabajo de compresión

Se comprime aire desde $P_0 = 1\,\text{bar}$ y $T_0 = 20\,^\circ\text{C}$ hasta $P_1 = 70\,\text{bar}$. Datos: $\gamma = 1{,}4$, $R_a = 287{,}058\,\text{J/(kg K)}$. Calcule (a) la temperatura final en compresión adiabática, (b) el trabajo específico adiabático y el isotermo, y (c) el ahorro porcentual de la compresión isoterma.

Problema 2 – Exergía de una caverna

Una caverna de $V = 5 \cdot 10^5\,\text{m}^3$ almacena aire a $P_1 = 70\,\text{bar}$ y $T = T_0 = 20\,^\circ\text{C}$ (ambiente $P_0 = 1\,\text{bar}$). Calcule la masa de aire y la exergía mecánica almacenada en MWh.

Problema 3 – Densidad de energía y volumen de depósito

Un depósito neumático opera entre $P_1 = 70\,\text{bar}$ y $P_{min} = 40\,\text{bar}$ con $P_0 = 1\,\text{bar}$ y $n = 1{,}4$. Calcule $E_{v,u}$ (MJ/m^3) y el volumen necesario para una capacidad de 100 MWh. Compare con el límite isotermo $E_v = P_1 \ln(P_1/P_0)$.

Problema 4 – Planta LAES

Una planta LAES de $\eta_{RT} = 0{,}55$ y trabajo de licuación $w_{liq} = 270\,\text{Wh/kg}$ debe entregar 400 MWh. Calcule la masa de aire líquido, el volumen de tanque ($\rho_{liq} = 875\,\text{kg/m}^3$, dato externo) y el factor de mejora frente al ciclo Linde simple (2500 Wh/kg).

Problema 5 – Compresión en tres etapas

Se comprime aire de 1 bar y 20 °C a 70 bar en $N = 3$ etapas iguales, con refrigeración intermedia hasta 20 °C. Calcule r_s, la temperatura de salida de cada etapa, el trabajo específico total y el ahorro frente a la compresión adiabática en una etapa y frente a la isoterma ideal.

Problema 6 – Rendimiento de un CAES diabático

Un CAES consume $W_{ent} = 100\,\text{MWh}$ en carga y $Q_{comb} = 80\,\text{MWh}_\text{t}$ de gas en descarga, y entrega $W_{sal} = 75\,\text{MWh}$. Calcule el rendimiento contando el combustible como calor y como electricidad equivalente con $\eta_{ref} = 0{,}50$.

Problema 7 – CAES frente a LAES

Compare la densidad energética del CAES del problema 3 ($8{,}10\,\text{MJ/m}^3$) con la del LAES (200 Wh/L). ¿Qué volumen de LAES equivale al depósito de $44\,400\,\text{m}^3$ del problema 3?