Ejercicios resueltos

Temas Avanzados de Recursos Energéticos

Temas 1 a 4

Máster Universitario en Ingeniería de la Energía

ETSI Minas y Energía

Hugo Torres Orejudo

Noviembre 2026

Elaborado con IA a partir del material de la asignatura. Material no oficial.

Versión v1.0

Índice general

Problema 1. Poder calorífico e índice de Wobbe de una mezcla 2
Problema 2. Un cargamento de GNL 2
Problema 3. Evaporación en un tanque y potencia de licuación 3

Tabla de resultados **3**

Resumen

Tres problemas originales de propiedades del gas y del GNL, con datos inventados y redondeados. Son ejercicios de órdenes de magnitud para entender la cadena del gas; no corresponden a los trabajos evaluables de la asignatura. Cifras calculadas con Python (PCS a 0 °C y 1 atm).

Problema 1. Poder calorífico e índice de Wobbe de una mezcla

Enunciado

Un gas tiene (en volumen) 90 % de metano, 6 % de etano, 2 % de propano y 2 % de nitrógeno. PCS (MJ/m³(n)): 39,82, 70,29 y 101,24; PCI: 35,88, 64,35 y 93,18. Masas molares: 16,04, 30,07, 44,10 y 28,01 g/mol. Calcula PCS, PCI, densidad relativa e índice de Wobbe.

$$PCS = 0{,}90 \cdot 39{,}82 + 0{,}06 \cdot 70{,}29 + 0{,}02 \cdot 101{,}24 = \underline{42{,}08\,\mathrm{MJ/m^3}} = 11{,}69\,\mathrm{kWh/m^3}$$

$$PCI = 38{,}02\,\mathrm{MJ/m^3} \qquad M = 17{,}68\,\mathrm{g/mol} \qquad d = \frac{17{,}68}{28{,}96} = 0{,}611$$

$$W = \frac{42{,}08}{\sqrt{0{,}611}} = \underline{53{,}9\,\mathrm{MJ/m^3}}$$

Los hidrocarburos pesados suben el PCS y el Wobbe; el nitrógeno los baja. Si este gas sustituye a uno con Wobbe muy distinto, los quemadores cambian de potencia.

Problema 2. Un cargamento de GNL

Enunciado

Un metanero carga 174 000 m³ de GNL de densidad 450 kg/m³ con la composición del problema 1. Calcula la masa, el volumen de gas equivalente y la energía (PCS) que transporta, y la relación de volúmenes líquido/gas.

$$m = 174000 \cdot 450 = 78\,300\,\mathrm{t} \qquad \rho_{gas,n} = \frac{17{,}68}{22{,}414} = 0{,}789\,\mathrm{kg/m^3}$$

$$V_{gas} = \frac{78{,}3 \cdot 10^6}{0{,}789} = \underline{99{,}3 \cdot 10^6\,\mathrm{m^3(n)}} \qquad \frac{\rho_{GNL}}{\rho_{gas}} = 570$$

$$E = 99{,}3 \cdot 10^6 \cdot 11{,}69 = \underline{1160\,\mathrm{GWh}}$$

Un solo barco lleva del orden de un día de consumo de gas de España en invierno.

Problema 3. Evaporación en un tanque y potencia de licuación

Enunciado

a) Un tanque de $150\,000\,\mathrm{m^3}$ lleno al $90\,\%$ tiene una tasa de evaporación de $0{,}1\,\%$ diario. ¿Cuánto gas se evapora? b) Una planta produce $5\,\mathrm{Mt/año}$ de GNL en 8000 h con un consumo específico de $0{,}3\,\mathrm{kWh/kg}$. ¿Qué potencia necesitan sus compresores?

a)

$$\dot{m} = 0{,}001 \cdot 0{,}9 \cdot 150000 \cdot 450 = \boxed{60{,}8\,\mathrm{t/día}} \approx 3209\,\mathrm{m^3(n)/h}$$

b)

$$P = \frac{5 \cdot 10^9\ \mathrm{kg} \cdot 0{,}3\ \mathrm{kWh/kg}}{8000\ \mathrm{h}} = \boxed{188\,\mathrm{MW}}$$

Sumando la licuación y el resto de servicios, una planta de GNL consume como combustible del orden del 8–10 % del gas que recibe.

Tabla de resultados

Problema	Tema	Resultado principal
1	T1	$PCS = 42{,}08\,\mathrm{MJ/m^3}$, $W = 53{,}9\,\mathrm{MJ/m^3}$
2	T4	$78\,300\,\mathrm{t}$, $99{,}3\,\mathrm{Mm^3(n)}$, $1160\,\mathrm{GWh}$
3	T2 y T4	Boil-off $60{,}8\,\mathrm{t/día}$; licuación $188\,\mathrm{MW}$