

## CURSO EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

### EJERCICIOS TEMA 3. Estrategias de mejora de la eficiencia energética

#### SOLUCIONES

##### Problema 1.

Una empresa industrial dispone de un almacén de materias primas que tiene un total de 80 lámparas de vapor de sodio con una potencia cada una de ellas de 200 W. Para mejorar la eficiencia energética y reducir los costes, están estudiando reemplazar estas lámparas por sistemas LED con una potencia de 80 W cada lámpara. Las horas de funcionamiento de las lámparas es de 10 horas al día y el precio medio de electricidad se considera a 0.24 €/kWh. ¿Cuál sería el ahorro energético y económico anual de instalar estos LED?

Solución:

Consumo energético anual inicial con lámparas de vapor de sodio:

*Consumo energético inicial*

$$\begin{aligned} &= 80 \text{ lámparas} \cdot 200 \frac{\text{W}}{\text{lámpara}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \cdot 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \\ &= 58400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Consumo energético anual con lámparas LED:

*Consumo energético LED*

$$\begin{aligned} &= 80 \text{ lámparas} \cdot 80 \frac{\text{W}}{\text{lámpara}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \cdot 10 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \cdot \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}} \\ &= 23360 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Ahorro energético anual:

*Ahorro energético = consumo energético inicial – consumo energético LED*

$$= 58400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} - 23360 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 35040 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Coste total anual con lámparas de vapor de sodio:

$$\begin{aligned} \text{Coste inicial} &= \text{consumo energético inicial} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 58400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 14016 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Coste total anual con lámparas LED:

$$\begin{aligned} \text{Coste LED} &= \text{consumo energético LED} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 23360 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \\ &= 5606 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Ahorro económico anual:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro económico} &= \text{coste inicial} - \text{coste LED} = 14016 \frac{\text{€}}{\text{año}} - 5606 \frac{\text{€}}{\text{año}} \\ &= 8410 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

## Problema 2.

Una empresa industrial quiere mejorar la eficiencia energética de su sistema de calefacción. Se quiere sustituir las calderas de gasoil por bombas de calor. Se tienen los siguientes datos disponibles:

- 10000 litros de gasoil por mes.
- Poder calorífico aproximadamente del gasoil es de 10 kWh/litro.
- El coste medio de gasoil es de 1.50 €/litro.
- Bomba de calor con COP=4 (por cada unidad de energía eléctrica consumida, se puede producir 4 unidades de energía térmica).
- Coste medio de electricidad es de 0.24 €/kWh.

Se debe calcular el ahorro mensual en términos de consumo de combustible y costes de electricidad por la sustitución de las calderas de gasoil por bombas de calor.

Solución.

$$\text{Coste combustible actual} = 10000 \frac{\text{litros}}{\text{mes}} \cdot 1.50 \frac{\text{€}}{\text{litro}} = 15000 \frac{\text{€}}{\text{mes}}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo energía eléctrica bomba de calor} &= \frac{\text{consumo térmico}}{\text{COP}} \\ &= 10000 \frac{\text{litros}}{\text{mes}} \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{litro}} = \frac{100000 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}}{4} = 25000 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

$$\text{Coste electricidad} = 25000 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 6000 \frac{\text{€}}{\text{mes}}$$

Ahorro económico

$$\begin{aligned} &= \text{coste combustible actual} - \text{coste electricidad bomba de calor} \\ &= 15000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} - 6000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} = 9000 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

### Problema 3.

Una empresa industrial está estudiando una instalación fotovoltaica con una inversión inicial de 350000€. Se ha estimado un ahorro anual de 45000€ durante los próximos 20 años. La tasa de descuento aplicable es del 4%. Por tanto, considerando estos datos, calcula los indicadores económicos de VAN, TIR y PayBack. ¿Sería un proyecto rentable?

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -350000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{45000}{(1+0.04)^t} = 261565€$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -350000 + \sum_{t=1}^{20} \frac{45000}{(1+TIR)^t}$$

TIR=11.36%

$$Payback = \frac{I_o}{A} = \frac{350000}{45000} = 7.78 \text{ años}$$

Como el VAN es positivo, la TIR supera la tasa de descuento del 4% y el retorno de la inversión es razonablemente corto, el proyecto sería rentable.

### Problema 4.

Una empresa industrial está analizando dos proyectos de mejora de la eficiencia energética.

Por un lado, el proyecto 1 consiste en la instalación de un sistema de gestión inteligente de energía con una inversión inicial de 160000€ y un ahorro económico anual de 25000€ durante 10 años.

Por otro lado, el proyecto 2 consiste en la instalación de bombas de calor más eficientes, con una inversión inicial de 200000€ y un ahorro económico anual de 40000€ durante 15 años.

Calcula los indicadores económicos VAN y TIR para determinar qué proyecto es más rentable económicamente. La tasa de descuento aplicable es del 4,5%.

Proyecto 1.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -160000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{25000}{(1+0.045)^t} = 37818 €$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -160000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{25000}{(1+TIR)^t}$$

TIR=9.06%

Proyecto 2.

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -200000 + \sum_{t=1}^{15} \frac{40000}{(1+0.045)^t} = 229582\text{€}$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -200000 + \sum_{t=1}^{15} \frac{40000}{(1+TIR)^t}$$

TIR=18.42%

El proyecto 2 sería más rentable debido a los valores numéricos obtenidos que son mayores con respecto al proyecto 1.

### Problema 5.

Una planta industrial utiliza un sistema de bombeo encargado de trasladar el agua entre distintos procesos. Actualmente, los motores de las bombas funcionan a velocidad constante, lo que resulta en un consumo energético elevado.

Por tanto, para mejorar la eficiencia energética de este sistema se considera la aplicación de variadores de frecuencia para ajustar la velocidad de las máquinas a las necesidades demandadas.

Suponiendo que el variador de frecuencia reduciría la velocidad del motor un 20%. Calcula el ahorro energético y económico.

Datos iniciales:

Motor:

- Potencial nominal: 50 kW
- Eficiencia del motor: 90%
- Tensión nominal: 400 V
- Corriente nominal: 75 A

Operación:

- Horas de operación: 24h/ día
- Días de operación: 365 días/año
- Precio de la energía: 0.24 €/kWh

$$\text{Consumo energético anual actual} = \frac{50 \text{ kW} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{0.9} = 486666 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Potencia}_{\text{reducida}} = P_{\text{nominal}} \cdot \left( \frac{n_{\text{reducida}}}{n_{\text{nominal}}} \right)^3 = P_{\text{nominal}} \cdot (0.8)^3$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo energético anual con variador} &= \frac{50 \text{ kW} \cdot (0.8)^3 \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{0.9} \\ &= 249173 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro energético anual} = 486666 - 249173 = 237492 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 237492 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \cdot 0.24 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 56998 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

#### Problema 6.

Una pequeña empresa dispone de iluminación fluorescente y para reducir los costes y mejorar la eficiencia energética, se quiere sustituir esta iluminación por LED.

Del catálogo de PHILIPS se elige el modelo MAS LEDtube VLE 1200mm HO 14W 840 T8 y se quiere calcular el ahorro energético y económico.

Datos iniciales:

- Número de lámparas fluorescentes: 200
- Potencia de cada lámpara fluorescente: 40 W
- Horas de uso: 12 horas/día
- Días de uso: 365 días/año
- Precio de energía: 0.30 €/kWh

$$\begin{aligned} \text{Consumo energético actual} &= 200 \text{ lámparas} \cdot 40 \text{ W} \cdot \frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \\ &= 35040 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo energético LED} &= 200 \text{ lámparas} \cdot 14 \text{ W} \cdot \frac{12 \text{ horas}}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \\ &= 12264 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro energético anual} = 35040 - 12264 = 22776 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 22776 \frac{kWh}{\text{año}} \cdot 0.30 \frac{\text{€}}{kWh} = 6833 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

### Problema 7.

Una nave industrial quiere sustituir 80 luminarias halógenas de 150W por lámparas LED de 60W. Las horas de funcionamiento son de 12 horas al día/año. Se supone un coste de la electricidad de 0.18€/kWh, y la inversión inicial de cada lámpara LED es de 150€/lámpara con una vida útil estimada de 8 años.

A partir de estos datos, se pide calcular el ahorro energético y económico anual y los principales indicadores económicos (VAN, TIR y payback). Se considera una tasa de descuento aplicable de 4.5%.

$$\begin{aligned} \text{Consumo anual halógenas} &= 80 \cdot 150W \cdot \frac{12h}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 52560000 \frac{Wh}{\text{año}} \\ &= 52560 \frac{kWh}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Consumo anual LED} = 80 \cdot 60W \cdot \frac{12h}{\text{día}} \cdot 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 21024000 \frac{Wh}{\text{año}} = 21024 \frac{kWh}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro energético} = 52560 - 21024 = 31536 \frac{kWh}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico} = 31536 \frac{kWh}{\text{año}} \cdot 0.18 \frac{\text{€}}{kWh} = 5675 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Inversión inicial} = 80 \cdot 150 \frac{\text{€}}{\text{lámpara}} = 12000 \text{ €}$$

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -12000 + \sum_{t=1}^8 \frac{5675}{(1+0.045)^t} = 25441\text{€}$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -12000 + \sum_{t=1}^8 \frac{5675}{(1+TIR)^t}$$

TIR=44.87%

$$\text{Payback} = \frac{I_o}{A} = \frac{12000}{5675} = 2.11 \text{ años}$$

### Problema 8.

Una empresa va a sustituir una caldera por otra más eficiente y está estudiando dos opciones.

Datos de las calderas a sustituir

La caldera 1 tiene los siguientes datos:

- Potencia: 150 kW
- Eficiencia: 85%
- Inversión inicial: 18000€
- Consumo de combustible: 12 litros/hora
- Coste por mantenimiento: 250 €/año

La caldera 2 tiene los siguientes datos:

- Potencia: 120 kW
- Eficiencia: 90%
- Inversión inicial: 24000€
- Consumo de combustible: 10 litros/hora
- Coste por mantenimiento: 150€/año

Los datos de la caldera actual son los siguientes:

- Potencia: 170 kW
- Eficiencia: 75%
- Consumo de combustible: 14 litros/hora
- Coste de mantenimiento: 350 €/año

Las horas de funcionamiento de las dos calderas serán 8 horas/día durante 180 días/año. Además, se supone un coste de combustible de 1.5€/litro.

A partir de estos datos, se pide calcular el ahorro energético y económico anual y los principales indicadores económicos (VAN, TIR y payback). Se considera una tasa de descuento aplicable de 4.5% y 10 años.

Caldera actual:

$$\text{Consumo anual de combustible} = 14 \frac{l}{h} \cdot \frac{8h}{\text{día}} \cdot \frac{180\text{días}}{\text{año}} = 20160 \frac{l}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual de combustible} = \frac{20160 \text{ l}}{\text{año}} \cdot 1.5 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 30240 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual total} = 30240 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 350 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 30590 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Energía consumida} = \frac{170 \text{ kW} \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \cdot 180 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{0.75} = 326400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Caldera 1.

$$\text{Consumo anual de combustible} = 12 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \cdot \frac{180 \text{ días}}{\text{año}} = 17280 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual de combustible} = \frac{17280 \text{ l}}{\text{año}} \cdot 1.5 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 25920 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual total} = 25920 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 250 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 26170 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Energía consumida} = \frac{150 \text{ kW} \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \cdot 180 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{0.85} = 254117 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 30590 - 26170 = 4420 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro energético anual} = 326400 - 254117 = 72283 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -18000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{4420}{(1+0.045)^t} = 23882 \text{€}$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -18000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{4420}{(1+TIR)^t}$$

TIR=17%

$$\text{Payback} = \frac{I_o}{A} = \frac{18000}{4420} = 4.07 \text{ años}$$

Caldera 2.

$$\text{Consumo anual de combustible} = 10 \frac{\text{l}}{\text{h}} \cdot \frac{8 \text{ h}}{\text{día}} \cdot \frac{180 \text{ días}}{\text{año}} = 14400 \frac{\text{l}}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual de combustible} = \frac{14400 \text{ l}}{\text{año}} \cdot 1.5 \frac{\text{€}}{\text{l}} = 21600 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Coste anual total} = 21600 \frac{\text{€}}{\text{año}} + 150 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 21750 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$



$$\text{Energía consumida} = \frac{120 \text{ kW} \cdot \frac{8h}{\text{día}} \cdot 180 \frac{\text{días}}{\text{año}}}{0.9} = 192000 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 30590 - 21750 = 8840 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Ahorro energético anual} = 326400 - 192000 = 134400 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+r)^t} = -24000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{8840}{(1+0.045)^t} = 55159\text{€}$$

$$0 = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{A}{(1+TIR)^t} = -24000 + \sum_{t=1}^{10} \frac{8840}{(1+TIR)^t}$$

TIR=26%

$$\text{Payback} = \frac{I_o}{A} = \frac{24000}{8840} = 2.71 \text{ años}$$