

# Fuentes de Energía

## Capítulo 2: Recursos, impactos y eficiencias. Ejercicios, actividades y Cuestiones de autoevaluación

Autor:

- Antonio Lecuona Neumann. Catedrático del Área de Máquinas y Motores Térmicos. Dpto. De Ingeniería Térmica y de Fluidos, [Grupo ITEA](#), [Universidad Carlos III de Madrid](#), Leganés, España. 2014.

2019

NOTAS:

$\hat{\quad}$  significa definición.  $\dot{\quad}$  significa flujo de una magnitud, p. e. caudal másico [ $\text{kg s}^{-1}$ ] para la masa y potencia para la energía [ $\text{J s}^{-1} \equiv \text{W}$ ]  $\dot{Q}$ ,  $\dot{h}$ , salvo para la potencia mecánica que es  $W$ .

La variante intensiva de una variable termodinámica extensiva se denota con minúscula.

gicp: gas ideal ( $P/\rho = R_g T$ ;  $R_g = R/PM$ ) caloríficamente perfecto  $c_v = \text{cte}$ .  $T > 0$  : temperatura absoluta [K], mientras que  $t$  es la temperatura sensible [°C]. Para gicp es  $c_p = c_v + R_g$ .  $\langle \quad \rangle$  indica dependencia funcional.

La información contenida en este documento sirve de propósito exclusivo como apuntes para alumnos en la enseñanza de la asignatura indicada y ha sido obtenida de las mejores fuentes que se han podido encontrar, generalmente de reconocido prestigio. No obstante el/los autor/es no garantizan la exactitud, exhaustividad, actualización o perfección de su contenido. Por ello no será/n responsable/s de cualquier error, omisión o daño causado por el uso de la información contenida, no tratando con este documento prestar ninguna clase de servicio profesional o técnico; antes bien, se ofrece como simple guía general de apoyo a la docencia. En caso de detectar algún error, rogamos nos lo comuniquen e intentaremos corregirlo. Puede contener material con copyright © por lo que su reproducción puede no estar permitida.

## 2.2.- Impacto ambiental (cont.).

**Ejercicio 2.3:** Determine la eficiencia energética de la obtención del bioetanol.

FACTORES DE CONVERSIÓN ENERGÍA FINAL -ENERGÍA PRIMARIA y FACTORES DE EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> - 2010									
CARBURANTES									
FUENTE ENERGÉTICA	CONSUMO FINAL DIRECTO		ENERGÍA PRIMARIA <sup>(1)</sup>		FACTOR DE EMISIÓN <sup>(2)</sup>				
	tep	Volumen específico	tep	MWh	tCO <sub>2</sub> /tep				
Gasolina	1	1.290 l	1,10	12,79	2,90				
Gasóleo A y B	1	1.181 l	1,12	13,02	3,06				
Gas natural	1	910 Nm <sup>3</sup>	1,07	12,44	2,34				
Biodiesel	1	1.267 l	1,24	14,42	neutro				
Bioetanol	1	1.968 l	1,70	19,77	neutro				
Gases Licuados de Petróleo (GLP)	1	1.763 l	1,05	12,21	2,72				
Queroseno	1	1.213 l	1,12	13,02	3,01				
COMBUSTIBLES									
FUENTE ENERGÉTICA	CONSUMO FINAL DIRECTO		ENERGÍA PRIMARIA <sup>(1)</sup>		FACTOR DE EMISIÓN <sup>(2)</sup>				
	tep	Masa o vol. combustible	tep	MWh	tCO <sub>2</sub> /tep				
Hulla	1	2,01 t	1,14	13,21	4,23				
Lignito negro	1	3,14 t	1,14	13,21	4,16				
Carbón para coque	1	1,45 t	1,14	13,26	4,40				
Biomasa agrícola	1	3,34 t	1,25	14,53	neutro				
Biomasa industria forestal	1	2,87 t	1,25	14,53	neutro				
Coque de petróleo	1	1,29 t	1,42	16,49	4,12				
Gas de coquerías	1	1,08 t	1,14	13,26	1,81				
Gasóleo C	1	1.092 l	1,12	13,02	3,06				
Fuelóleo	1	1.126 l	1,11	12,91	3,18				
Gas Natural	1	910 Nm <sup>3</sup>	1,07	12,44	2,34				
Gases Licuados de Petróleo (GLP)	1	1.763 l	1,05	12,21	2,72				
Butano	1	1.670 l	1,05	12,21	2,72				
Propano	1	1.748 l	1,05	12,21	2,67				
Gas de refinería	1	0,85 t	1,12	13,07	2,30				
ELECTRICIDAD									
TECNOLOGÍA	ENERGÍA FINAL		ENERGÍA PRIMARIA				FACTOR DE EMISIÓN		
	MWh	tep	Bornas de central		En punto de consumo		En bornas de alternador (bruta)	En bornas de central (neta)	En punto de consumo
			MWh	tep	MWh	tep			
Hulla+ antracita	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	1,13	1,17	1,27
Lignito pardo	1	0,086	2,68	0,23	2,91	0,25	0,90	0,93	1,01
Lignito negro	1	0,086	2,68	0,23	2,91	0,25	0,97	1,00	1,09
Hulla importada	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	0,90	0,94	1,02
Nuclear	1	0,086	3,03	0,26	3,29	0,28	0	0	0
Ciclo Combinado	1	0,086	1,93	0,17	2,09	0,18	0,34	0,35	0,38
Hidroeléctrica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0
Cogeneración MCIA <sup>(3)</sup>	1	0,086	1,67	0,14	1,74	0,15	0,37	0,38	0,42
Cogeneración TG <sup>(4)</sup>	1	0,086	1,61	0,14	1,69	0,15	0,33	0,34	0,37
Cogeneración TV <sup>(6)</sup>	1	0,086	1,72	0,15	1,80	0,16	0,41	0,42	0,46
Cogeneración CC <sup>(6)</sup>	1	0,086	1,54	0,13	1,61	0,14	0,31	0,32	0,35
Eólica y fotovoltaica	1	0,086	1,00	0,09	1,09	0,09	0	0	0
Solar termoeléctrica	1	0,086	4,56	0,39	4,95	0,43	0	0	0
Biomasa eléctrica	1	0,086	4,88	0,42	5,29	0,46	0	0	0
Biogás	1	0,086	3,70	0,32	4,02	0,35	0	0	0
RSU	1	0,086	4,02	0,35	4,36	0,38	0,24	0,25	0,27
Centrales de fuelóleo	1	0,086	2,52	0,22	2,73	0,24	0,71	0,73	0,79
Gas siderúrgico	1	0,086	2,86	0,25	3,10	0,27	0,64	0,69	0,75
Energía Eléctrica General	1	0,086	0,17		0,18		0,23	0,23	0,25
			tep /MWh neto 1,94		tep /MWh 2,11		tCO <sub>2</sub> /MWh bruto 2,63	tCO <sub>2</sub> /MWh neto 2,72	tCO <sub>2</sub> /MWh final 2,95
Energía Eléctrica Baja Tensión (Sector Doméstico)	1	0,086	0,17		0,19		0,23	0,23	0,27
			tep /MWh neto 1,94		tep /MWh final 2,21		tCO <sub>2</sub> /MWh bruto 2,63	tCO <sub>2</sub> /MWh neto 2,72	tCO <sub>2</sub> /MWh final 3,09
			MWh primario/MWh neto		MWh primario/MWh final		tCO <sub>2</sub> /tep bruto	tCO <sub>2</sub> /tep neto	tCO <sub>2</sub> /tep final

**Ejercicio 2.4:** El biodiesel, el bioalcohol y la biomasa se consideran en esta tabla neutros a efectos de emisiones de CO<sub>2</sub>, ¿cierto?

**Ejercicio 2.2:** Determine la eficiencia del transporte de electricidad desde bornes de central hasta punto de consumo doméstico (final) en España.

## 2.3.- Balance energético. [Volver](#)

Volumen de control  $V_{oC}$ , balance equivalente a la **Ec. (1.1)**, pero más elaborado **[4]**.

Diagram description: A control volume  $V_{oC}$  is shown as a grey cylinder. On the left, a blue box labeled 'Suministro  $s$  Frontera permeable' has an arrow pointing into the cylinder. On the right, a blue box labeled 'Cesión  $c$  Frontera permeable' has an arrow pointing out. On top, a yellow box labeled 'Pérdida  $p$ ' has an arrow pointing up. On the bottom, a yellow box labeled 'Intercambio' has an arrow pointing up into the cylinder.

$$E = U + E_{cin} + E_{pot} \qquad h = u + \frac{p}{\rho} \qquad \text{Caudal másico: } \dot{m}$$

$$U = U_f + U_T \qquad h_t = h + v^2/2 + gz \leftarrow \text{Entalpía total, véase Tema Avanzado 2.2.}$$

Formación      Térmica

En. cín. p. u. de masa      En. grav. p. u. de masa

  

$\left[ \frac{J}{s} \equiv W \right]$

$$\frac{dE_{VoC}}{dt} = \underbrace{\sum \dot{Q}_i + W_i - p \frac{dV_{VoC}}{dt}}_{\text{Potencia mecánica}} - \underbrace{\sum (\dot{Q}_p + W_p)}_{\text{Intercambios considerados pérdidas, } > 0 \text{ hacia afuera, según se indica con flechas abiertas.}}$$

Todas las áreas de la frontera      Potencia aportada sin variación de volumen p.e. un eje, eléctrica ...      Pot. aportada por variación de volumen, si  $P$  es homogénea.

Intercambios  $> 0$  hacia adentro, según se indica con flechas abiertas a través de la frontera impermeable al flujo másico.

$$+ \underbrace{\dot{m}_s h_{t,s} - \dot{m}_c h_{t,c}}_{\text{Flujo de energía interna, cinética, potencial y trabajo de flujo a través de las fronteras permeables a la masa, } > 0 \text{ según se indica con flechas cerradas.}}$$

$\underbrace{\dot{m}_s h_{t,s}}_{\dot{H}_s} \quad \underbrace{- \dot{m}_c h_{t,c}}_{\dot{H}_c}$

Intercambio a través de las paredes impermeables al fluido.

(2.1)

**Ejercicio 2.5:** Aplicar el balance energético a una válvula (restricción regulable en un conducto) en estado estacionario, adiabática y sin fugas, expansionando un gicp.

## 2.3.- Balance energético. [Volver](#)

**Ejercicio 2.6:** Aplicar el balance energético a un cuerpo al cual incide una [irradiancia](#) (intensidad)  $G$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] p. e. solar y con una superficie con conocidos coeficientes adimensionales de absorción ([absortancia](#)  $\alpha$ ), de reflexión (reflectancia o [reflectividad](#)  $\rho$ ) y de transmisión ([transmitancia](#)  $\tau$ ). Obtener la relación entre ellos. [Introducción](#).

**Solución:**

## 2.4.- Equilibrio térmico. [Volver](#)

**Ejercicio 2.7:** 1.- Considere la [emisividad](#)  $\varepsilon$  de la superficie  $A$  como el cociente entre su potencia emisiva espontánea y la del mismo cuerpo a igual temperatura, pero con una superficie ideal denominada [negra](#) (absorbe toda la radiación incidente, independientemente de su dirección y longitud de onda; emite la máxima potencia independientemente de la dirección; es decir, de forma difusa; y ésta es solo función de su temperatura superficial  $T$ ). 2.- Considere la [absortancia](#)  $\alpha$  como la fracción de la radiación térmica incidente que absorbe el área  $A$ . 3.- Considere el ambiente circundante como una cavidad cerrada negra rodeando completamente al cuerpo considerado pequeño y además opaco (potencia transmitida nula). De ello obtenga la condición que resulta del equilibrio térmico entre ambos ([ley de Kirchhoff](#) [2] y [3]) ver [Apartado 8.1](#).

**Solución:**

## 2.5.- Eficiencias y límites (cont.). [Volver](#)

**Ejercicio 2.8:** Obtenga la eficiencia energética y exergética al ocurrir una combustión adiabática partiendo de reactantes a  $T_{react}$ . Para ello aplique un balance energético y exergético a un quemador en el que ocurre una combustión perfecta y completa dando lugar a un gicp que alcanza una temperatura  $T_{prod}$ .

**Solución:**

## 2.6.- Fuentes no convencionales y almacenamiento estacional (cont.). [Volver](#)

**Ejercicio 2.9:** Una [bomba de calor](#) extrae calor del aire en invierno a  $t_s = 5\text{ }^\circ\text{C}$  y lo bombea hasta  $t_c = 70\text{ }^\circ\text{C}$  para consumo en calefacción y [ACS \(compresión mecánica\)](#) consumiendo para ello trabajo. Asumir que por irreversibilidades internas y externas al ciclo es posible un 50% de la eficiencia energética de [Carnot](#) (ver [Ap. 2.10](#)) para bombas de calor actuando entre las temperaturas que se indican (que para ellas se denomina  $COP$ ). Calcular:

1. Eficiencia obtenible en el caso base. **Sol.:**
2. Eficiencia obtenible si se extrae el calor de un [pozo geotérmico](#) a  $15\text{ }^\circ\text{C}$ . Ganancia obtenible en %. **Sol.:**
3. Eficiencia obtenible, si en el caso 2 se opta por calefacción por [suelo radiante](#), con lo que la temperatura del agua caliente producida es de  $35\text{ }^\circ\text{C}$ . Ganancia obtenible en % sobre caso base. **Sol.:**
4. Eficiencia en la utilización de la energía primaria al consumir electricidad producida por ella como energía secundaria para mover la bomba, si la eficiencia media de las centrales eléctricas es del 40% desde el punto de consumo de su combustible y si la eficiencia energética del transporte, distribución de electricidad a los usuarios domésticos y conversión final es del 90%. **Sol.:**

## 2.6.- Fuentes no convencionales y almacenamiento estacional (cont.). [Volver](#)

Fecha:

Apellidos y nombre:

Grupo:

**Ejercicio 2.10:** Las [máquinas de absorción](#), son un tipo de [bomba de calor](#) (usable para para producir frío en su evaporador, o para producir calor en su condensador). No consumen trabajo, sino calor (en su generador de vapor) a una temperatura relativamente alta  $t_g$ , mayor que la ambiente. El absorbedor de vapor tiene que evacuar calor residual al ambiente ([Aquí](#); [Aquí](#)). Hay de dos tipos, de simple efecto ( $COP_{se} \approx 0,7$ ;  $t_g \geq 70$  °C ) y de [doble efecto](#) ( $COP_{de} \approx 1,2$ ;  $t_g \geq 150$  °C). Se pide comparar: **a)** las emisiones específicas de efecto invernadero en masa de CO<sub>2</sub> equivalente de esta técnica de refrigeración. Se consume gas natural en una caldera, con eficiencia energética 0,9 y 0,8 respectivamente y considerando en esta cifra enfriamiento de los humos hasta  $t_g$ . **b)** la emisión de la de compresión mecánica ( $_{cm}$ ) ([Aquí](#)) consumiendo electricidad en España. Para ello asuma para esta última tecnología un  $COP_{cm} = 3,0$ . Usense los factores de emisión propuestos por el [IDAE](#), [Tabla 2.3](#).

**Solución:**

A la vista de los resultados, ¿resulta adecuado quemar gas natural para producir frío? SI NO Razón:

## 2.8.- Cuestiones de autoevaluación. [Volver](#)

¿Cuál es la región del planeta donde se prevé el mayor crecimiento del consumo energético?	
¿Cuál es la región el planeta donde se prevé un mayor crecimiento de la población?	
La fuente de energía de la que más se consume es la leña.	
La hidroeléctrica no es una fuente de energía renovable.	
Mayoritariamente las agencias prevén un crecimiento acelerado del consumo energético en las próximas décadas	
La renovable que más produce en el mundo es la hidroeléctrica	
En el mundo, la nuclear es la tecnología de generación eléctrica mayoritaria	
La renovable que más electricidad produce en el mundo es la hidroeléctrica	
La biomasa es la renovable que más energía produce en el mundo debido a su uso tradicional	
El carbón es la fuente de energía fósil que más produce en el mundo	
Las reservas de petróleo están bien definidas por la gran cantidad de exploraciones realizadas	
La relación reservas a producción del uranio están bien definidas por la rareza de este mineral	
Las emisiones de CO <sub>2</sub> por tep del carbón son las mayores en comparación con otras fuentes de energía convencionales	
Es perfectamente correcto considerar los biocombustible neutros en emisiones de carbono (CO <sub>2</sub> ) a la atmósfera pues en su elaboración y entrega al usuario no entra más que energía renovable	
En España, globalmente y a efectos de las emisiones de carbono a la atmósfera la relación energía eléctrica producida en bornes de central/energía consumida pudiera ser igual o superior al rendimiento de las centrales de ciclo combinado	

## 2.8.- Cuestiones de autoevaluación (cont.). [Volver](#)

El peso del CO <sub>2</sub> emitido al quemar un combustible es igual al peso del combustible	
La entalpía de formación de una sustancia es el calor a añadir para recuperar la presión y temperatura de los productos al formarse partiendo de los reactantes siguientes: C, O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , S, N <sub>2</sub> .	
La aplicación del balance de energía a una turbina adiabática en régimen estacionario nos dice que la potencia extraída en el eje es igual al producto del caudal másico que la atraviesa por la disminución de la entalpía de remanso.	
En una máquina frigorífica las pérdidas de calor podrán ser desde el exterior hacia el volumen de control	
La transmisión del calor, aún siendo un proceso necesario en muchos casos, disminuye la exergía de un flujo de calor	
La totalidad del calor suministrado a un sistema puede convertirse en trabajo útil	
La exergía de un combustible a temperatura ambiente es aproximadamente igual a su poder calorífico	
El <i>COP</i> de una máquina frigorífica de compresión mecánica convencional es típicamente menor que 1	
Un motor Diesel puede tener un rendimiento energético próximo al 100% si se aprovecha el calor residual de sus gases de escape, el calor de la refrigeración completa del motor y el calor de posenfriamiento del aire a la salida del turbo	
La temperatura de los gases de escape de una turbina de gas convencional raramente sobrepasa los 90 °C	
Si una bomba de calor tiene un <i>COP</i> para calefacción de 3 puede resultar en un ahorro económico hasta que la electricidad que consuma sea 3 veces más cara que un combustible de sustitución.	
Pueden construirse máquinas frigoríficas que consuman energía solar térmica de baja temperatura	
Se podría usar en verano energía solar térmica para almacenar calor en el subsuelo para su uso en el invierno para calefactar locales.	
Entre los gases de efecto invernadero apreciable está el metano y el óxido nítrico	

## 2.8.- Cuestiones de autoevaluación (cont.). [Volver](#)

2.1	Existe actualmente equidad en el acceso a la electricidad en nuestro planeta	
2.2	¿Es necesario el consumo de energía para provocar el desarrollo?	
2.3	¿Trae un mayor desarrollo un mayor consumo energético?	
2.4	¿Todos los países con grandes recursos energéticos fósiles están muy desarrollados?	
2.5	¿Son las causas de una elevada intensidad energética de Rusia y de Arabia Saudí las mismas?	
2.6	¿Es normal que en el desarrollo de un país se ofrezca al ciudadano energía subvencionada?	
2.7	¿Son elevados los costes externos de la energía nuclear?	
2.8	¿Son los costes de amortización elevados con la energía solar?	
2.9	¿Considera que la reducción de la biodiversidad por los cultivos energéticos para la obtención de biomasa es un coste externo?	
2.10	¿Considera que la anegación de territorios en cuencas por las centrales hidroeléctricas es necesario considerarlo un coste externo?	
2.11	¿Tiene el ciudadano español que acudir el mercado de electricidad para suministrar su hogar?	

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.1:** Aplique el balance másico y energético a un volumen de control invariable ( $VoC$ ) con entrada ( $s$ ) y salida ( $c$ ) y simplifíquelo de forma clara y justificada para obtener de ello las 2 expresiones de la potencia calorífica intercambiada con otra corriente líquida de sentido contrario y paralela a ella para formar un **intercambiador de calor a contracorriente**, con caudales másicos estacionarios  $\dot{m}_1$  y  $\dot{m}_2$  respectivamente y calores específicos  $c_1$  y  $c_2$ . El conjunto del cambiador de calor es adiabático con el exterior, sin fugas de fluido y con caídas de presión en cada uno de los dos circuitos pequeñas frente al cambio en la energía térmica p. u. de volumen. Desprecie cambios en la energía cinética frente a los de la térmica. Véase [Tema Recordatorio 2.2](#).

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.2** : Demuestre que si un conjunto de  $n$  máquinas térmicas se colocan en serie a lo largo de una única línea, **tomando la primera energía de una fuente única para todas** y estando caracterizada cada una de ellas por el rendimiento (eficiencia) energético  $\eta_i$ , el rendimiento del conjunto es  $\eta = \prod_{i=1}^n \eta_i$ .

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.3:** Un motor alternativo de combustión interna (MACI) [turboalimentado](#) y [posenfriado](#) quema un caudal másico  $\dot{m}_{comb} = 180$  kg/h de [gas natural](#) canalizado, con  $PCI = 45$  MJ/kg, en una central de distrito de [cogeneración](#), actuando normalmente; esto es, en condiciones estacionarias.

- i. Produce  $W_{mot} = 1$  MW en el eje, el cual mueve un generador asíncrono de electricidad con eficiencia energética  $\eta_{gen} = 90\%$ , aprovechándose la degradación en calor que ocurre en su interior como aporte al circuito de agua caliente del posenfriador que enfría el aire turbo-comprimido.
- ii. Se han medido  $\dot{Q}_{pos} = 100$  kW de aprovechamiento del calor evacuado en el posenfriamiento (intercooling) del aire comprimido por el turbocompresor, el cual se aprovecha para calefacción por suelo radiante de locales comerciales anejos. Se realiza por medio de un anillo de agua caliente al que se suministra a la temperatura media  $t_{cal} = 40$  °C.
- iii. Un 20% de la potencia calorífica del combustible se extrae a la temperatura media  $t_{ref} = 80$  °C del circuito de refrigeración del motor para atender el consumo de agua caliente sanitaria (ACS) por medio de un anillo de agua caliente para la distribución al vecindario, la cual se prepara a  $t_{ACS} = 60$  °C para evitar la [legionelosis](#) y se mezcla con agua fría en el momento de su envío al usuario para evitar quemaduras.
- iv. Otro 20% de la entalpía térmica de los humos de escape produce vapor de agua transfiriéndole calor a la temperatura media  $t_{vap} = 180$  °C en una caldera de recuperación en la central y para igual propósito, destinada a los vecinos más alejados, dada la mayor densidad energética del vapor, que condensa en el punto de consumo.
- v. El resto se pierde a) directamente a la atmósfera como aire caliente y b) en forma de entalpía térmica de los gases de escape a  $t_{vap} = 130$  °C.

Desarrolle, calcule y justifique la solución. Considere que el [estado muerto](#) es la atmósfera a 298 K.

Se pide:

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.3 (cont.):** Un motor alternativo de combustión interna (MACI) ...

1. Calcular el rendimiento energético y exergético del motor contabilizando exclusivamente la electricidad producida como útil (rendimiento eléctrico).

**Solución:**

$$\eta_e =$$

2. Calcular el rendimiento energético y exergético de la instalación de cogeneración completa.

**Solución:**

$$\varepsilon_e =$$

$$\eta_{co} =$$

$$\varepsilon_{co} =$$

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.4:** Considere el poder calorífico inferior de un gas natural de valor  $PCI = 45$  MJ/kg (Transpa. 20 del Cap. 1). Considere que para su extracción, purificación, licuefacción, transporte en estado líquido, regasificación y distribución se consume adicionalmente el equivalente energético de un 15% de su  $PCI$ . A esa energía consumida adicional se le otorga un alto factor de emisión de GEI en términos de  $CO_2$ , que es estimativamente equivalente al doble que el propio gas natural al quemarse. Esto es a causa de la naturaleza de esa energía empleada y a causa de asociársele las ineludibles pequeñas fugas de gas natural durante el transporte desde el yacimiento hasta el punto de consumo y en el propio punto de consumo, ya que el gas natural tiene un efecto invernadero  $\cong 25$  veces el del propio  $CO_2$  por unidad de masa. Si se asume un factor de emisión básico de 2,34 kg de  $CO_2$  por kg de gas natural quemado, se pide determinar el factor de emisión total (emisiones directas e indirectas) del empleo del gas natural en la producción de electricidad en una central de ciclo combinado que ofrece un rendimiento energético basado en el  $PCI$  de 0,6. Pasar el resultado a g/MWh y comparar con la [Tabla 2.3](#).

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. [Volver](#)

**Actividad 2.5:** Realice una comparación de: consumo de energía primaria ( $e_p$ ) en tep/km y factor de emisión total  $FE$  (directas e indirectas) en g de  $\text{CO}_2/\text{km}$  entre: a) de exclusivamente el consumo de combustible de un automóvil con rendimiento de motor  $\eta_{mot} = 0,4$ . Circula por carretera a 90 km/h consumiendo  $n = 5$  l/100 km para un combustible con  $PCI = 43,1$  MJ/kg del gasóleo A y; b) el mismo vehículo, pero eléctrico a baterías de igual potencia de motor, con rendimiento global de carga y descarga de sus baterías  $\eta_{cd} = 0,8$  y un rendimiento del motor eléctrico  $\eta_{moe} = 0,9$ . Datos adicionales exclusivamente en la [Tabla 2.3](#) y unidades. En ella use la fuente  $n = 5$  para la electricidad, empezando por la primera. Si el  $FE$  de la electricidad correspondiente a  $n$  es 0 en la [Tabla 2.3](#), use el mínimo de la columna en lugar de 0.

Energía consumida:

Diésel, Energía primaria por km  $\left[\frac{\text{tep}_p}{\text{km}}\right]$ :  $e_{p,Diésel} =$

Diésel, GEI por km  $\left[\frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}\right]$ :  $FE_{Diésel} =$

Energía motriz:  $e_{mot} \left[\frac{\text{Mwh}}{\text{km}}\right] =$

Fuente primaria de electricidad:

Eléctrico, Energía primaria por km  $\left[\frac{\text{tep}_p}{\text{km}}\right]$ :

Eléctrico, GEI por km del combustible  $\left[\frac{\text{gCO}_2}{\text{km}}\right]$ :

## 2.9.- Actividades propuestas. Temas avanzados. [Volver](#)

**Actividad 2.6:** En el país vecino, Francia, la mayor parte de la electricidad se produce con centrales nucleares, cuya emisión de gases de efecto invernadero directa e indirecta, es muy baja. En este caso analice las posibilidades de producir frío y calor de climatización en los edificios consumiendo exclusivamente electricidad. Se sugieren los siguientes puntos de vista: capacidad de generación a lo largo del año y del día de las centrales nucleares, capacidad de transporte de la red eléctrica, tecnología de distribución del calor y del frío en el interior de los edificios, posible almacenamiento térmico local, inercia térmica del edificio. Cite las fuentes usadas y no olvide consignar los desarrollos. Use exclusivamente el espacio reservado en esta cara del formulario.

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. Temas avanzados. [Volver](#)

**Actividad 2.7:** Analice las subvenciones y ayudas que la electricidad producida por cogeneración bajo el antiguo [régimen especial de la producción](#) o su equivalente posterior, en España. Analice la proporción que supone esta generación en el mercado eléctrico nacional, p. e. consultando la web de Red Eléctrica Española ([REE](#)). Cite las fuentes usadas y no olvide consignar los desarrollos. Use exclusivamente el espacio reservado en esta cara del formulario. Más información, [Cogeneración Wikipedia](#), [ACOGEN IDAE Cogeneración](#)

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. Temas avanzados. [Volver](#)

**Actividad 2.8:** Analice el destino del precio pagado por la electricidad consumida en los hogares en España, y de ello deduzca el % del coste final al usuario correspondiente a la retribución de la generación de la electricidad para el consumo de un hogar medio español, con 10 kW<sub>e</sub> de potencia contratada sin [discriminación horaria](#).

**Solución:**

## 2.9.- Actividades propuestas. Temas avanzados. [Volver](#)

**Actividad 2.9:** Analice el precio de la electricidad consumida en los hogares en España. Formule la ecuación que proporciona el coste de la electricidad en baja tensión para usuarios domésticos con las [opciones](#) de: 1: **tarifa regulada** Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor (PVPC Véase [REE PVPC](#) u [OCU](#)) y para 2: **libre mercado**, p.e. [compra colectiva](#) u [ofertas compañías comercializadoras](#), para potencias contratadas < 9,9 kW, tarifas 2.0. Cite las fuentes usadas y no olvide consignar los desarrollos. Use exclusivamente el espacio reservado en esta cara del formulario.

**Solución:**