

Introducción para el

Taller “Energía y emisiones”

Jornada sobre el Plan de Sostenibilidad de la UPM

Mariano Vázquez Espí

Madrid, 30 de junio de 2017



*Über die Energievorräte der Natur und ihre Verwertung
zum Nutzen der Menschheit*

RUDOLF CLAUSIUS

1885

En cada tiempo no se debe gastar más de lo que se ingresa.

El patrimonio debe acrecentarse con el tiempo.

Flujos de energía en la biosfera

La exergía utilizable se estima considerando que los flujos de entrada y salida son flujos térmicos con temperaturas para el Sol, la Tierra y el espacio exterior de 5.000 K, 293 K y 4 K, respectivamente. Composición atmosférica de 1995.

	energía W/m ²	%	exergía W/m ²
Flujo de radiación desde el Sol	1.353,00		1.352
— evaporación de agua del mar	311	23	
— movimientos de agua y aire	13,5	1	
— producción de biomasa	0,31	0,023	
Flujo desde el interior del planeta	0,034–0,078		
Flujo hacia el espacio exterior	1.352,74		1.334
Consumo de exergía			17,7

Pro memoria

— Superficie terrestre $\approx 509.000.000 \text{ km}^2$

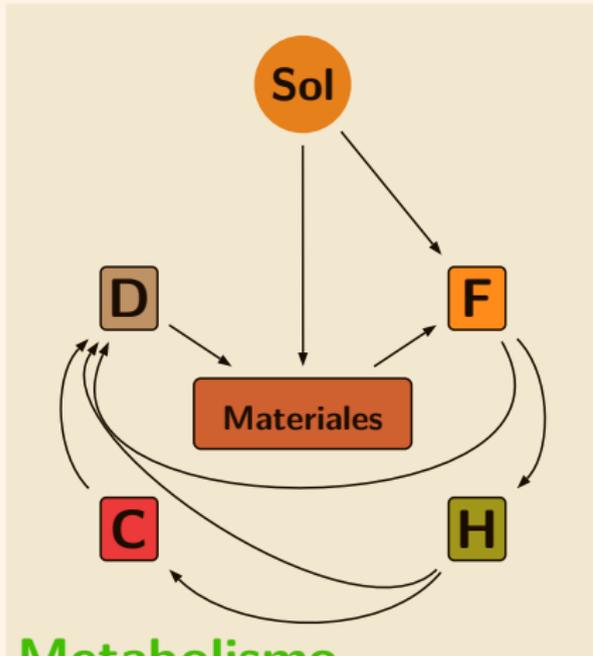
— Consumo anual de energía primaria (2005), 447.000 PJ, equiv. $0,03 \text{ W/m}^2$

Fuente: VALERO (1999) y elaboración propia.

Energía útil consumida en el ciclo hidrológico (en terajulios anuales)

Evaporación del agua del mar	≈	1.000.000.000.000 TJ
<i>Pro memoria</i>		
Valoración energética del agua dulce empleada por los ecosistemas artificiales	>	13.000.000.000 TJ
Fotosíntesis	≈	3.600.000.000 TJ
“Producción” artificial de energía primaria		
2005–2006	≈	447.000.000 TJ
1999	≈	400.000.000 TJ
1960	≈	134.000.000 TJ
Acumulación energética en la fotosíntesis	<	25.000.000 TJ

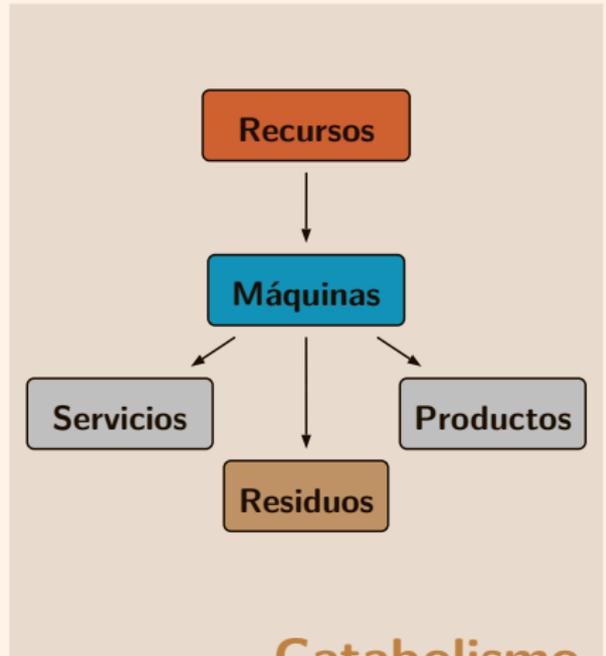
Fuente: Elaboración propia



Metabolismo

Sistema cerrado

Hay intercambio de energía con el Sol y el espacio exterior, pero no hay intercambio de materia. La acumulación de energía útil es posible.



Catabolismo

Sistema aislado

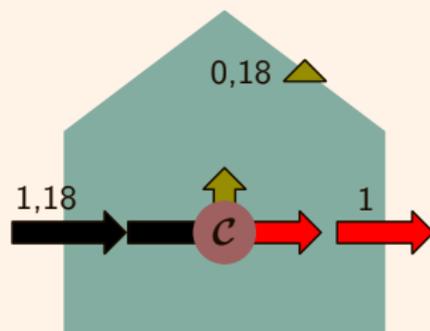
La energía útil disminuye hasta anular todos los gradientes (temperatura, concentración, etc) y cesar todo movimiento.

«Es infinitamente más rentable usar una cantidad mínima de esta energía de cinco estrellas [electricidad], altamente concentrada, para acumular la energía antigua desordenada y de baja calidad que yace en nuestros patios y concentrarla dentro de la casa. ¡Esto sí que constituye una gestión eficiente de los recursos energéticos!»

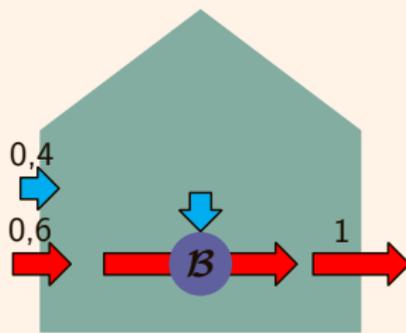
P.W. ATKINS, *La segunda ley*, 1984.

	Caldera	Bomba
Rendimiento del aparato	0,85	2,5
Consumo	1,18	0,4
Pérdidas	1,18	1
- pasivas	0,18	
- activas	1	1
'Contaminación' térmica	1,18	0,4

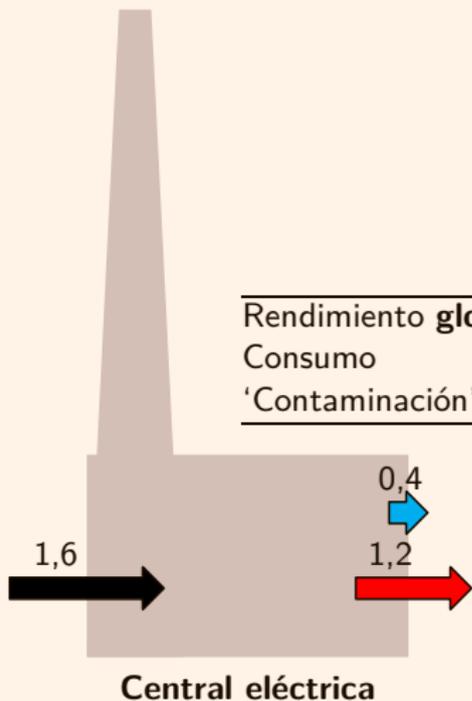
Pero tras estas cifras tan optimistas hay más historias que contar...



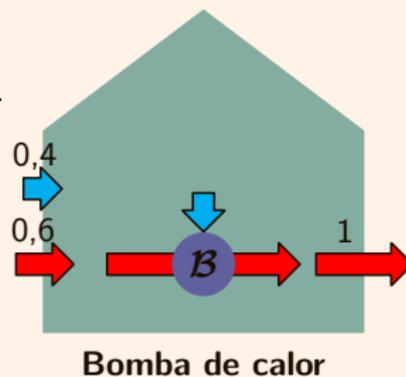
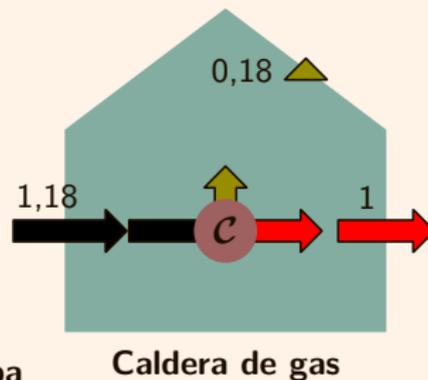
Caldera de gas



Bomba de calor



	Caldera	Bomba
Rendimiento global	0,85	0,63
Consumo	1,18	1,6
'Contaminación' térmica	1,18	1,6





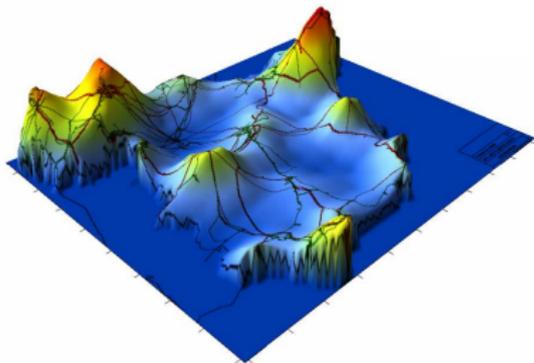
Calderas de gas

$$T_{fc} > T_{fb}$$

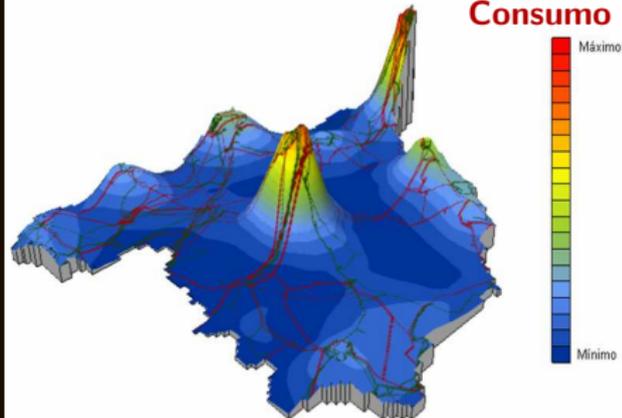


Bombas de calor

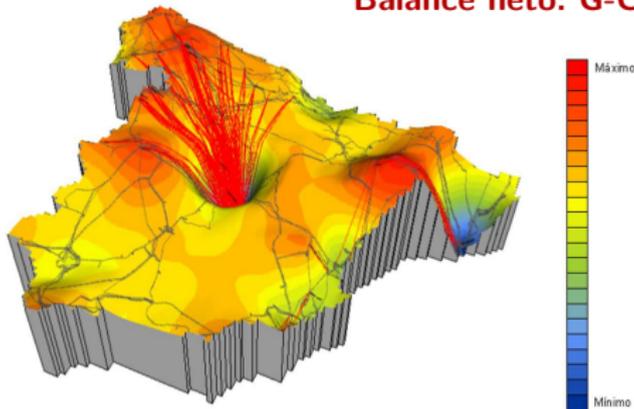
Generación



Consumo



Balance neto: G-C



Fuente: REE

Balance eléctrico y emisiones de España 2010 (hasta el 20 de abril)^[18]

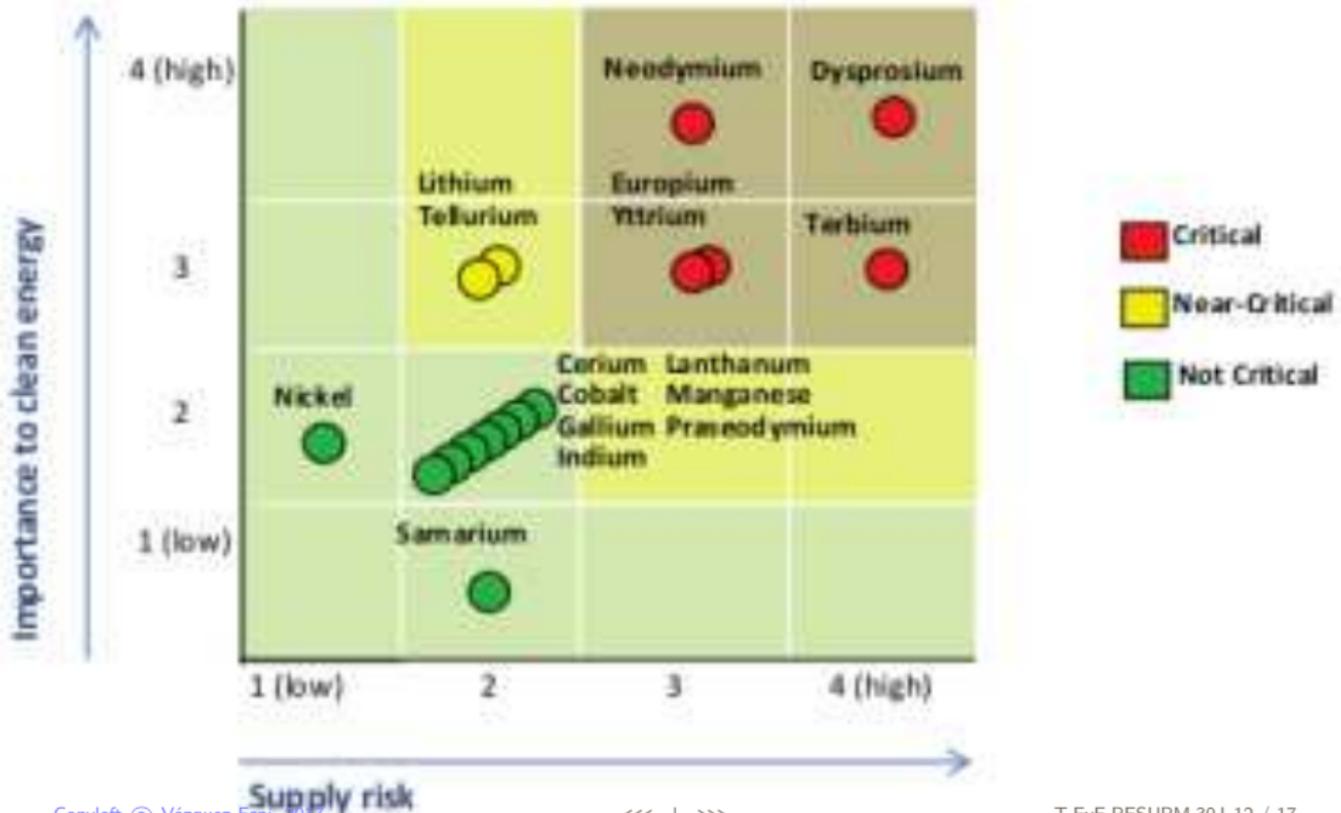
Centrales REE	Energía (MWh)	Energía (%)	kgCO2/kWh	kgCO2/100km
Hidráulica	17.360.755	19,93	0,000	0,000
Nuclear	18.055.812	20,72	0,000	0,000
Carbón	4.551.776	5,22	0,950	0,762
Fuel + Gas	414.844	0,48	0,700	0,051
Ciclo Combinado	17.158.538	19,69	0,370	1,118
Eólica	15.316.833	17,58	0,000	0,000
Resto Régimen Especial	14.271.036	16,38	0,270	0,679
TOTAL	87.129.594	100,00	0,170	2,610

¿El ACV de la producción eléctrica hidráulica, nuclear y eólica arroja zero emisiones? Pues si es así, problema resuelto...

Producción de agua dulce

Proceso	Coste energético (MJ/m ³)
Evaporación (CN)	2.600
Ósmosis inversa	
— real (ca. 2000)	11
— límite teórico	3
<i>Pro memoria:</i>	
Trasvase del Ebro (2000)	
— proyecto para 1.000 Hm ³	15

Una maldición “bíblica”: cuanto más importantes son los minerales para obtener *clean energy*, más escasos son. . .
 Las “tecnologías innovadoras” tienen así un coste exergético que hay que considerar. . .



La tendencia hacia el agotamiento surge donde menos se espera. Por ejemplo, los nuevos y “prometedores” **paneles fotovoltaicos de película fina** demuestran un extraordinario rendimiento pero han de recurrir a óxidos y compuestos de sustancias tan raras como el indio o el galio, de manera que la generalización de su uso se toparía con un “fin de las existencias” en pocas décadas. “If photovoltaic technology is going to become more competitive, it will need to be based on the more abundant elements, such as silicon and iron sulphide (pyrite)” (Valero & Valero, *Thanatia: the destiny of the Earth's mineral resources: a thermodynamic cradle-to-cradle assessment*, 2014).

Lo mismo cabe decir de los nuevos modelos de **aerogeneradores** basados en imanes permanentes, cuya fabricación requiere la extracción de minerales más raros aún (“neodymium-iron-boron with dysprosium, or other rare earths (REE) like praseodymium ($\text{RE}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ as basic formula)”, op. cit.).

... the vulcanisation process leaves about 4 g of zinc oxide, 2.3 mg of cadmium oxide and 11 mg of lead oxide per tyre, that later **become dissipated** either in its use and/or disposal. And contrary to most metals, rubber cannot be recycled to produce new rubber with down-cycling the only alternative to date. This means that **tyre production** levies an important pressure on natural resources.

Returning to the hybrid and electric vehicle (HEV) specifically, in weight terms, a typical car battery pack contains 10-15 kg of lanthanum. About 1 kg of neodymium is used in the permanent magnets (PM). All electric motors are driven with PMs, with as of yet no possible alternatives due to the minimal weight and space requirements. Electric bicycles also use PM motors and batteries...

... the Toyota Prius HEV of 55 kW traction motor contains permanent magnets with Nd, Pr, Dy and Tb in the hybrid electric motor and generator, more than 25 micro-electric motors powered with NdFeB magnets throughout the vehicle's power adjustable seats, windshield wipers, power windows and power steering systems. La and Ce are located in its hybrid NiMH battery, Ce in its glasses and mirrors, Eu, Y, Ce in its liquid crystal screen, Y in its component sensors, Nd in its headlight glass, Ce, Zr and La in its catalytic converter, whilst Ce and La are utilised as a diesel fuel additive.

(Valero & Valero, *Thanatia*, 2014)

¿No es precioso?



Realmente no: es enorme diversidad contaminante



Análisis DAFO

		C. internas	
		Fortalezas	Debilidades
C. externas	Oportunidades	Qué fortaleza usar para aprovechar qué oportunidad	Qué oportunidad servirá para superar qué debilidad
	Amenazas	En cuál fortaleza apoyarse para defenderse de qué amenaza	Qué debilidad está expuesta a amenazas Qué amenaza explotará qué debilidades

**Introducción para el
Taller “Energía y emisiones”
Jornada sobre el Plan de Sostenibilidad de la UPM**
Mariano Vázquez Espí

GIAU+S (UPM)
Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad
Universidad Politécnica de Madrid
<http://habitat.aq.upm.es/gi>

Edición del 10 de julio de 2017
compuesto con *free software*:
GNULinux/L^AT_EX/dvips/ps2pdf

Copyleft © Vázquez Espí, 2017