

Sobre la eficiencia energética y las ciudades

Mariano Vázquez Espí

Donostia, 21 de diciembre de 2006.

[...] al igual que existe una ecología de las malas hierbas, existe una ecología de las malas ideas, y desafortunadamente una característica [del actual sistema] es que el error básico se propaga.

Gregory Bateson, 1972

La definición 'oficial':

- «Satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la satisfacción de las necesidades futuras»

Dos acotaciones pertinentes:

- «Satisfacer *nuestras* necesidades sin poner en peligro la satisfacción de las necesidades de *los demás*»
- —«Creo que he tenido una buena idea. . . »
—«Sí, parece buena, pero ¿qué pasaría si todo el mundo la aplicara?»

«Desarrollo sostenible»

Ecología

- desarrollo **hasta** una identidad
- **estabilidad** (climax)
- ciclaje de materiales

Economía

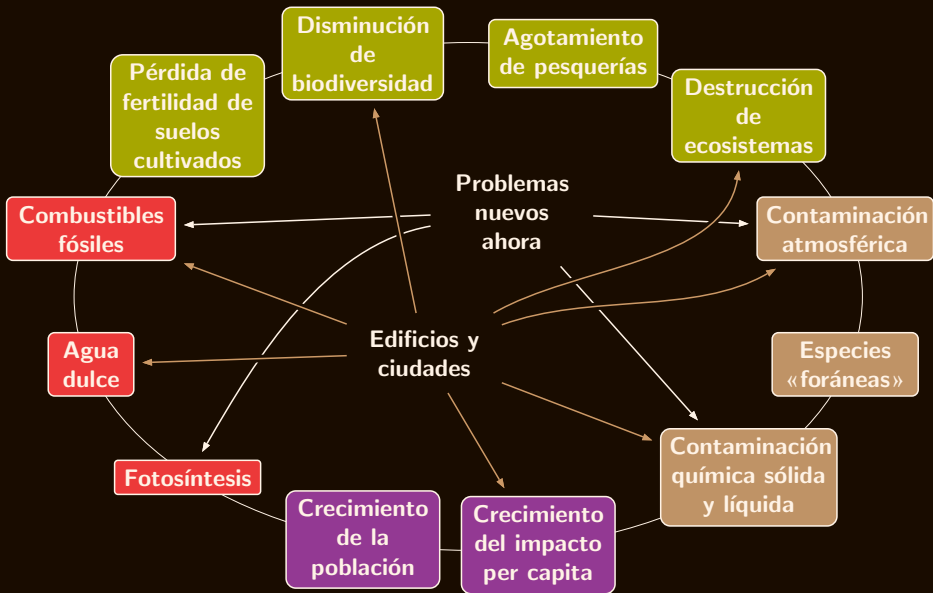
- desarrollo **indefinido**
- **crecimiento** sostenido (*sustained*)
- consumo de recursos y vertido de residuos

¿síntesis?

- > **desarrollo sostenible**
(*sustainable*)

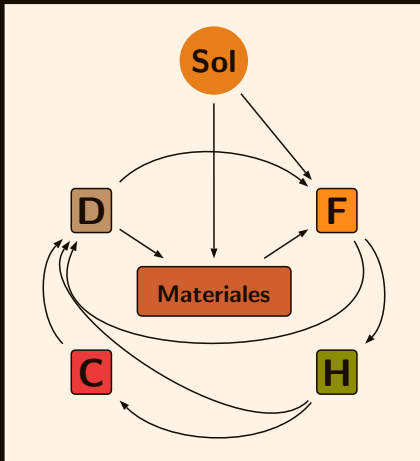
Se sigue debatiendo acerca del significado de 'desarrollo sostenible' porque el debate se cerro en falso a favor de la economía monetaria.

La crisis ecológica



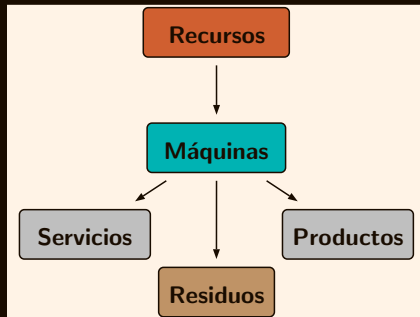
Fuentes: Diamond (2005), elaboración propia.

La revolución industrial



Metabolismo biológico

Metabolismo 'industrial'



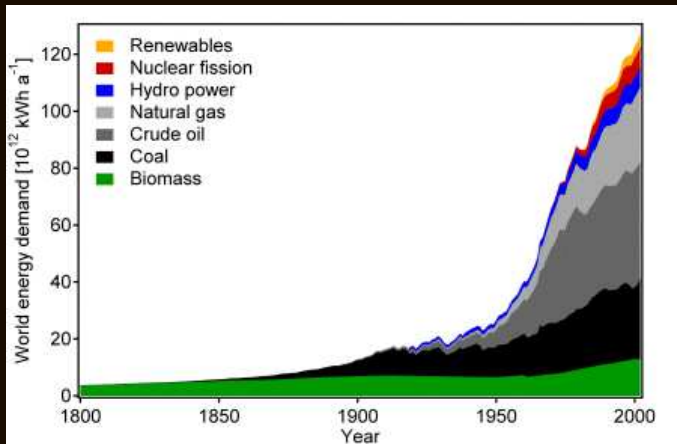
La revolución industrial

La máquina de vapor *a carbón* comenzó a utilizarse **para aumentar** la extracción *de carbón*, que ya se usaba profusamente como combustible base en Gran Bretaña.

Al mismo tiempo que Watt, en 1767, Horace de Saussure realiza las primeras pruebas de una '**caja solar**', antecedente temprano de los actuales paneles térmicos.

	s. XVI	escasez aguda de madera en Gran Bretaña
	s. XVII	sustitución de madera por carbón
Thomas Savery	1698	primera bomba de vapor
James Watt	1765	primera máquina de vapor
	1862	petróleo de Pensilvania a 95\$US ₂₀₀₄
Nikolaus Otto	1876	primer motor de cuatro tiempos
	1885	petróleo a 20\$US ₂₀₀₄
Rudolf Diesel	1896	primer motor diesel

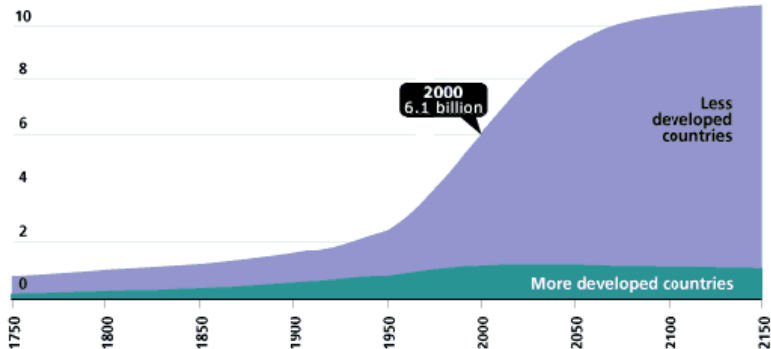
La revolución industrial



La revolución industrial

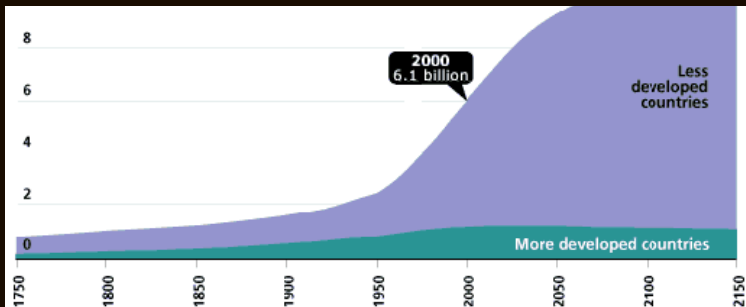
World Population Growth, 1750–2150

Population (in billions)

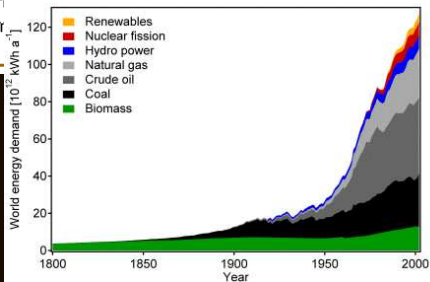


Source: United Nations, *World Population Prospects, The 1998 Revision*; and estimates by the Population Reference Bureau.

La revolución industrial



Source:
Estir



Source: The 1998 Revision; and

La revolución industrial

Advertencias sobre el cambio climático y el uso indiscriminado de combustibles

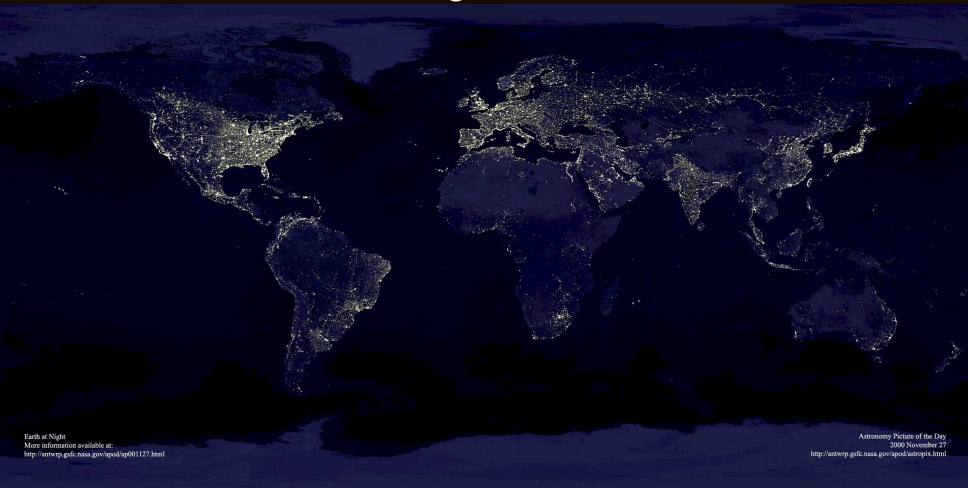
Joseph Fourier	1827	matemático, físico, 1768–1830
Joseph Tyndall	1861	físico, 1820–1893
Rudolf Clausius	1885	físico, 1822–1888
Svante Arrhenius	1896	físico, químico, 1859–1927, PNobel 1903
Frederick Soddy	1922	físico, químico, PNobel 1921
...	...	

A modo de ejemplo, ninguna de sus advertencias figuran en la *Enciclopedia El País*. Hasta 1979 no se celebra la primera Conferencia Mundial sobre el clima. Y hay que esperar hasta 1985, en la Conferencia de Villach, para que el cambio climático entre por fin en la agenda política y se constituya el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).

En el tercer informe del IPCC de **2001** se reconoce oficialmente, **por fin**, la influencia humana sobre el clima.

La jerarquía urbana global

Las ciudades globales brillan...



Earth at Night
More information available at:
<http://ntrwp.gsfc.nasa.gov/apod/ap001127.html>

Astronomy Picture of the Day
2000 November 27
<http://astrowp.gsfc.nasa.gov/apod/astropix.html>

La jerarquía urbana global

Áreas de disfrute y consumo

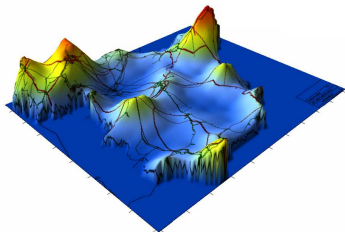
GRANDES CONGLOMERADOS URBANOS SEGÚN PBU



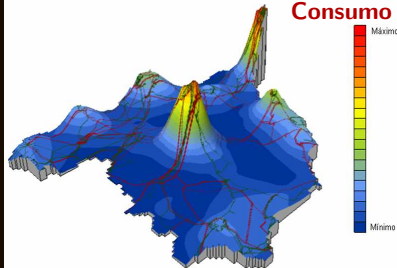
Fuente: Atlas de Le Monde Diplomatique. Datos referidos a 2000

La jerarquía urbana global

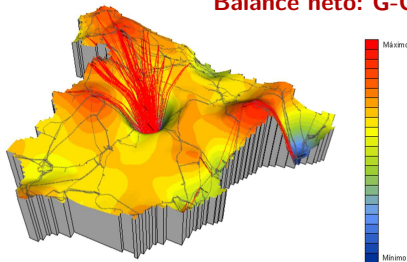
Generación



Consumo



Balance neto: G-C

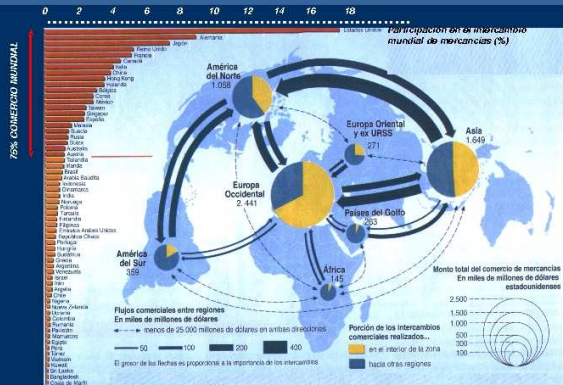


Fuente: REE

La jerarquía urbana global

Comercio global entre las conurbaciones globales

FLUJOS DEL COMERCIO INTERNACIONAL



Fuente: Atlas de Le Monde Diplomatique. Datos referidos a 2000

La jerarquía urbana global

Flujos comerciales en 1995

	Peso (%)	Precio (%)
Producción agrícola	20,95	12,23
Combustibles	42,70	7,38
Industria extractiva	16,21	3,45
Manufacturas	20,14	76,94
	100,00	100,00

Fuente: Naredo et Valero(1999)

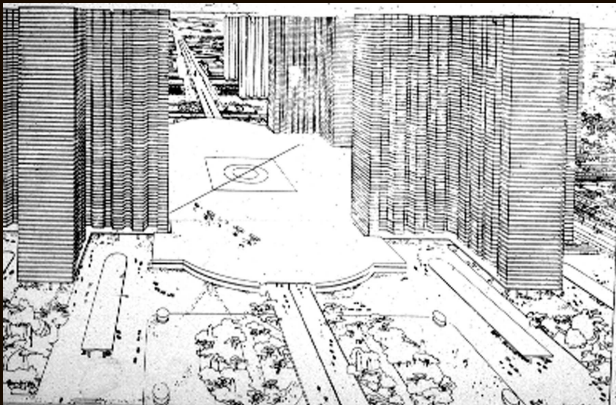
Flujos comerciales netos de los países desarrollados (1990)

	Precio (G\$)			Peso (Gg)		
	Exp <i>in</i>	Imp <i>out</i>	Net	Exp <i>out</i>	Imp <i>in</i>	Net
P. agrícola	50,6	72,1	-21,5	71.457	114.219	42.762
I. extractivas	11,3	23,4	-12,1	25.863	208.110	182.247
Combustibles	10,9	151,0	-140,1	47.951	995.250	947.298
Manufacturas	353,8	155,8	198,0	71.218	35.312	-35.906
Totales	426,6	402,3	24,3	216.490	1.352.891	1.136.401

Fuente: Naredo et Valero(1999)

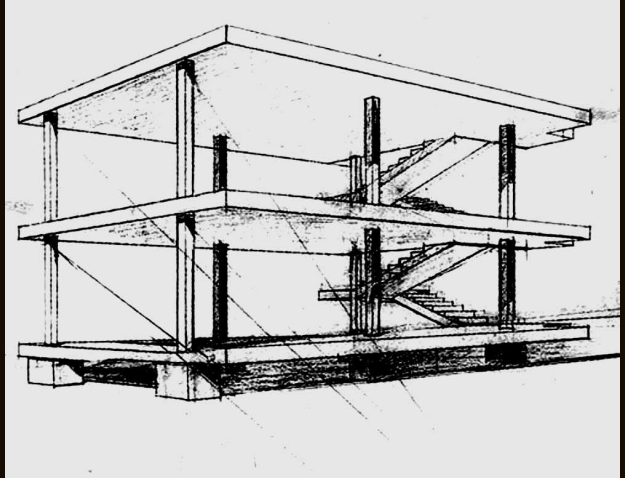
La jerarquía urbana global

La urbanización difusa (urban sprawl), con áreas especializadas y homogéneas conectadas a través de sistemas intensivos de transporte.



La jerarquía urbana global

Una construcción industrial, con materiales intensivos en energía y una 'respiración exacta' a través de instalaciones y maquinaria de todo tipo.



La jerarquía urbana global

El análisis del coste/beneficio (monetarios) y su optimación unidimensional.

eficiencia. Virtud y facultad para lograr un efecto determinado.

eficacia. Virtud, actividad, fuerza y poder para obrar.

virtud. Actividad o fuerza de las cosas para producir o causar sus efectos.

efecto. Lo que sigue por virtud de una causa.

—

rendimiento. [. . .] **4.** Producto o utilidad que rinde o da una persona o cosa. **5.** Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.

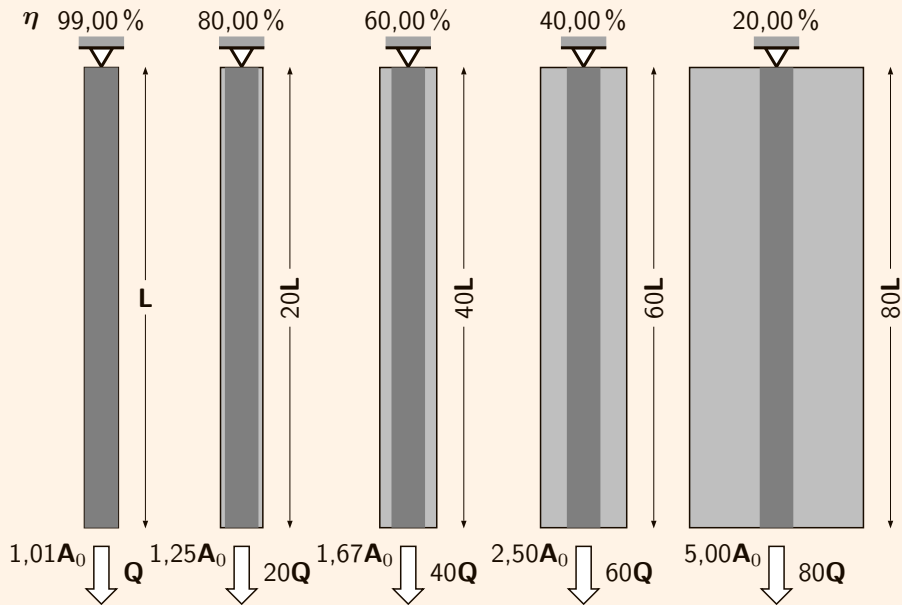
coste. Gasto realizado para la obtención o adquisición de una cosa o servicio.

Eficiencia: rendimiento estructural

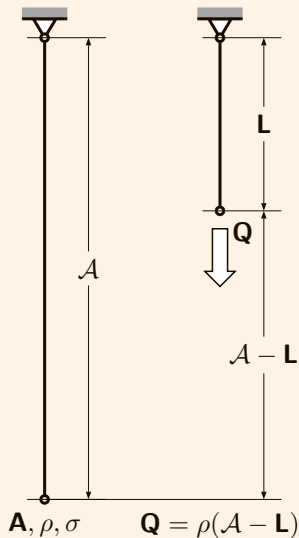
Rendimiento como $\frac{\text{carga útil}}{\text{peso propio de la estructura}}$
— puede ser mayor que la unidad (o que el 100%).

Rendimiento como $\frac{\text{carga útil}}{\text{peso total 'movilizado'}} = \eta$
— *es siempre menor que la unidad.*

Eficiencia: rendimiento estructural



Eficiencia: rendimiento estructural



El *alcance* de un material se define como:

$$A = \frac{\text{tensión de rotura } \sigma}{\text{peso específico } \rho}$$

Un cable de esa longitud sólo puede soportarse a sí mismo.

σ es un **flujo** de fuerza a través de una superficie, mientras que ρ representa un **stock** dentro de un volumen.

La ley de los cubos y los cuadrados de Galileo —una ley sobre *stocks* y *flujos*— sugiere que, en general, para cada morfología existe un tamaño *insuperable*, más allá del cual la morfología no puede funcionar; para ese tamaño en particular, todo el flujo sostiene a la propia morfología, sin ningún efecto útil adicional.

Eficiencia: rendimiento de máquinas

- Las máquinas 'mecánicas' (la palanca, el torno, el plano inclinado) transforman trabajo en energía potencial con un rendimiento del 100 %, **si son perfectas, indeformables, sin rozamiento, etc.**
- La máquina térmica, aquella que transforma calor en trabajo, trae una novedad radical: incluso siendo perfecta **el rendimiento de la transformación es menor que el 100 %.**

$$\text{trabajo } W = \text{calor } Q \times \text{factor de Carnot} = Q \times \left(1 - \frac{T_{\text{fría}}}{T_{\text{caliente}}} \right)$$

- Las imperfecciones de las máquinas 'mecánicas' tienen como efecto final la disipación de calor. Calor que no podemos reconvertir íntegramente en trabajo.

Eficiencia: rendimiento de máquinas

- Los distintos tipos de energía potencial pueden considerarse como *stocks* de energía. Su uso implica alguna transformación a través de un gradiente:
 - masa \times diferencia de altura
 - carga eléctrica \times diferencia de potencial eléctrico
 - flujo de calor en un salto de temperatura
 - flujo de disolvente en un salto de concentración
 - etc
- La relación entre la energía potencial y el gradiente correspondiente **no siempre es lineal**. Un ejemplo de relación complicada es el factor de Carnot para la energía térmica: $\Delta T \div T$.

Eficiencia: rendimiento de máquinas

Con **1 kJ** de trabajo y máquinas **perfectas** podemos actuar sobre **1 kg de agua** de distintas formas:

- dispararlo a **161 km/h** (44,7 m/s)
- elevarlo a **100 m de altura**
- calentarlo **0,24 °C**
- descomponer 37,9 g en hidrógeno y oxígeno, dejando el resto tal cual
- ...

Eficiencia: rendimiento de máquinas

En principio, podemos recuperar la energía potencial obtenida y volverla a convertir en trabajo con máquinas igualmente perfectas; con dos excepciones:

- del agua templada sólo obtendremos como mucho **0,0008** kJ de trabajo
- para cuando quisiéramos hacer trabajar el agua en movimiento, ya se habría detenido, habiendo disipado su energía cinética por fricción con el ambiente. . .

La conclusión es que aunque la energía, al transformarse, se conserva (primera ley), a poco que uno se descuide la posibilidad de reconvertirla en trabajo se pierde (segunda ley).

Ese trabajo 'potencial' se denomina técnicamente **exergía** (energía utilizable en forma de trabajo), es una magnitud que se **consume** (al revés que la energía). El rendimiento de una máquina industrial como transformadora de energía se define como:

$$\text{rendimiento} = \frac{\text{exergía obtenida}}{\text{exergía consumida}} < 1$$

Siempre se pierde disipación de calor en la máquina.

Eficiencia: más allá de la óptica industrial

Estar vivo para un mamífero significa, entre otras cosas, mantener una diferencia de temperatura apreciable con el ambiente, es decir, disipar continuamente calor.

Nuestras casas y edificios operan de forma análoga, disipando calor de alguna forma, para mantenerse 'diferentes' a la calle o al campo.

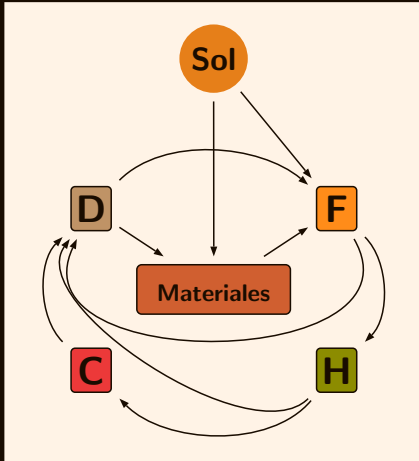
Medir la eficiencia de un organismo vivo mediante la definición del rendimiento de una máquina y pretender mejorarla, acaba siempre con el organismo muerto para evitar que siga disipando y consumiendo exergía.

La vida es **irrepetible** a fuerza de ser disipativa, y caben pocas esperanzas de congeniar vitalidad y eficiencia.

De hecho, ¿existe alguna forma **más eficiente** de ser Mariano Vázquez que ser Mariano Vázquez?

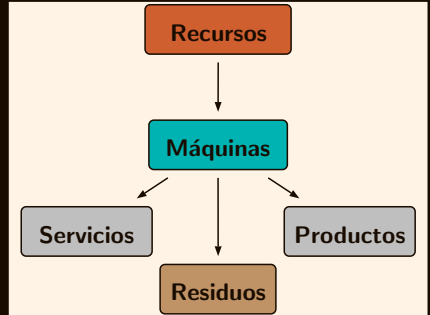
La visión ecológica

Producir...



Metabolismo biológico

Metabolismo 'industrial'



Estar vivo, estar bien...

La visión ecológica

Flujos 'espontáneos' 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.

	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
<hr/>		
<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

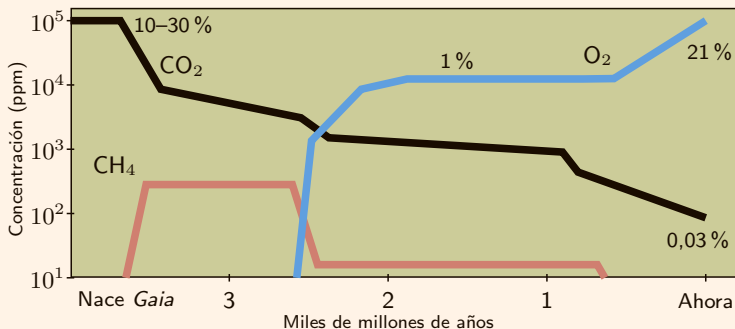
Fuente: Elaboración propia

La visión ecológica

La vida como agente geológico

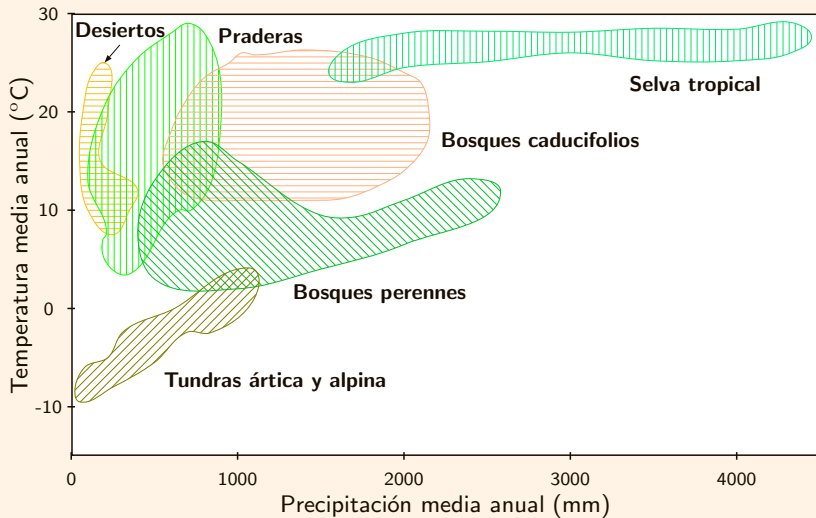
Gas	Venus	Tierra (muerta)	Marte	Tierra (viva)
CO ₂	98 %	98 %	95 %	0,03 %
N ₂	1,9 %	1,9 %	2,7 %	79 %
O ₂	trazas	trazas	0,13 %	21 %
Temperatura (°C)	477	≈290	-53	13

Fuente: Lovelock (1983)



La visión ecológica

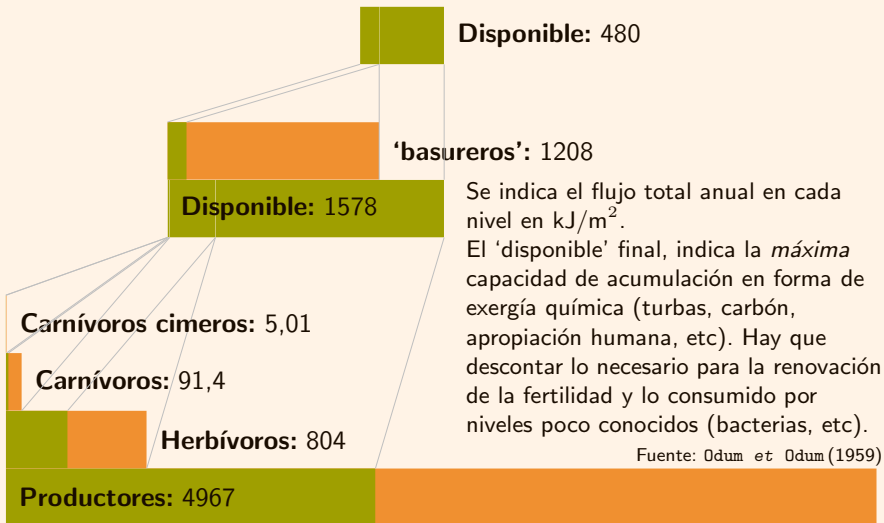
¿Competencia o cooperación?



Fuente: *National Science Foundation*, Odum (1983)

La visión ecológica

Cadena trófica en Silver Springs, Florida.



La visión ecológica

Capacidad de carga / Huella ecológica

- Una obviedad: ¡La Tierra no crece!
- Requisito *medio* de suelo útil *per capita* en los países desarrollados: 4,5 hectáreas (cubre las necesidades de alimentos, vestidos, alojamiento, transporte y digestión de residuos).
- La superficie de las tierras emergidas es de unos 15.000 millones de hectáreas, de las que tan sólo 10.000 millones pueden considerarse útiles. Permitirían vivir como 'desarrolladas' a unos 2.200 millones de personas.
- La población actual, si se repartiera equitativamente el suelo disponible, tocaría a unas 1,61 hectáreas por cabeza: y podría vivir con un 'nivel de vida' medio similar a la población de Nigeria.
- La población futura, si se estabilizara en torno a los 9.000 millones, tocaría *equitativamente* a 1,11 hectáreas por cabeza: corresponde a un 'nivel de vida' medio algo superior al de la India.
- Pero el reparto actual dista de ser equitativo. . .

Datos de 1998.

La visión ecológica

<i>Rank</i>	Renta per cápita	Huella ecológica
1	USA	Etiopía
2	Singapur	Egipto
3	Noruega	Chile
4	Canada	México
5	Francia	Costa Rica
6	Holanda	Argentina
7	Chile	Francia
8	Argentina	Noruega
9	México	Holanda
10	Costa Rica	Singapur
11	Egipto	Canada
12	Etiopía	USA

Fuente: IDH/NU (1998)

Las reglas del «juego»

Tras constatar “**el contraste entre el enorme progreso en el dominio del hombre sobre la naturaleza y su escasa contribución a la perfección de la vida humana**”, Frederick Soddy (en 1922) se preguntó cual era la **la regla del juego económico**.

El planeta dispone de un **ingreso solar** (que puede considerarse como una renta anual) y también de un **capital solar** acumulado en forma de *stocks* de materiales (combustibles) y una organización ecológica muy compleja, inestable y frágil.

Las reglas del «juego»

Para Soddy, existen por tanto dos alternativas extremas:

- **Vivir del ingreso solar (renta)**, y si es posible acrecentarlo (e incluso ahorrar incrementando el capital solar). (Norias, molinos, agricultura, . . .)
- **Vivir del capital solar (ahorro)**, destruyéndolo. (Para ello, empleamos capital para construir máquinas, que seguirán destruyéndolo al emplearlas. . .)

Las reglas del «juego»

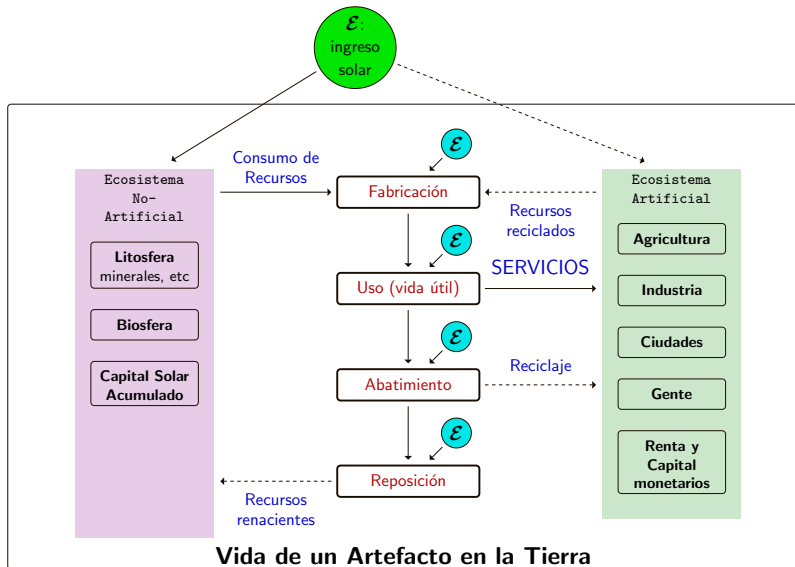
Para Soddy, el **desarrollo económico** de la Revolución Industrial estuvo basado en la destrucción del capital solar que, considerando todas sus formas y efectos secundarios, trae como resultado inevitable el **deterioro ecológico**.

En su análisis, mostraba que tal consumo de capital solar propició también el crecimiento demográfico.

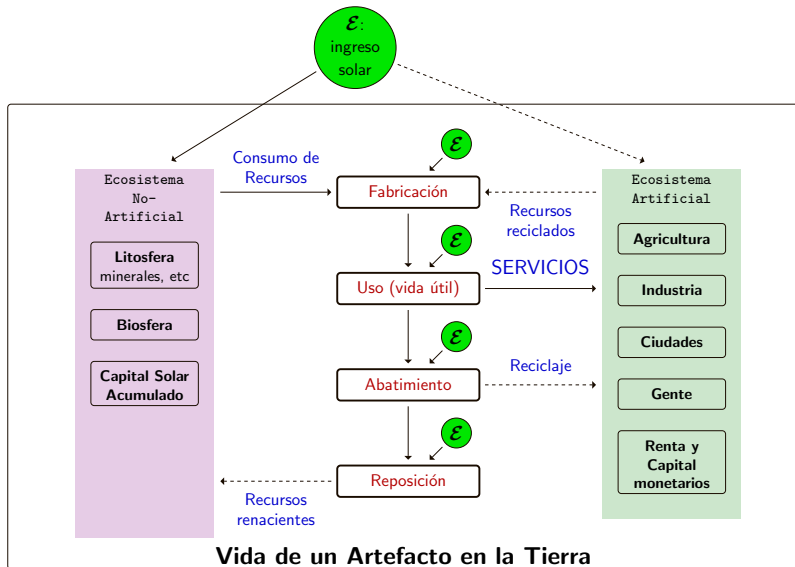
Las reglas del juego monetario identificaron la pérdida del capital solar con la producción de riqueza monetaria: **dime cuanto consumes (o destruyes) y te diré cuanto ganas**.

O, con más precisión, la riqueza monetaria se identificó con **la capacidad de apropiarse capital solar** para su posterior consumo directo o su venta con beneficio.

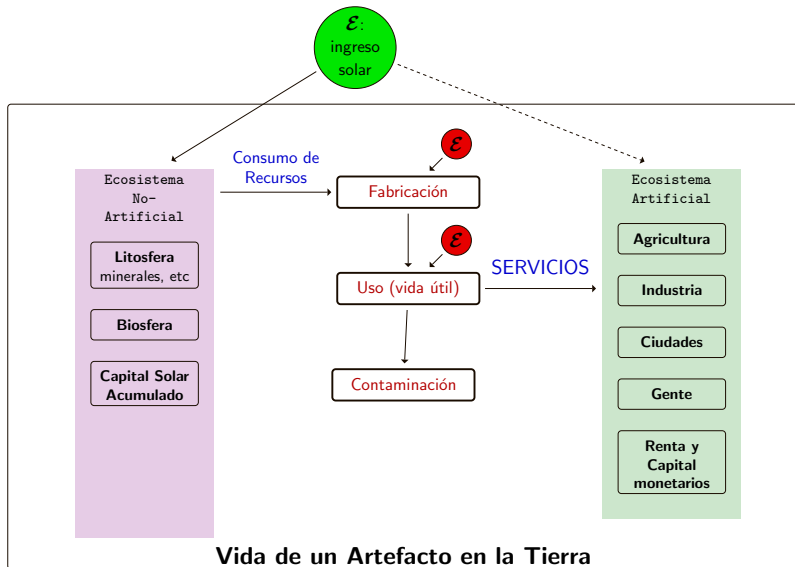
Las reglas del «juego»



Las reglas del «juego»

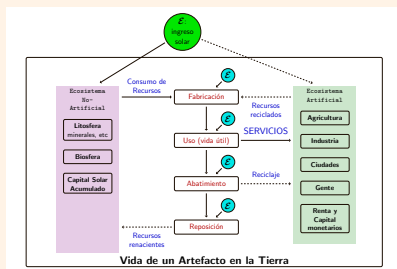


Las reglas del «juego»



«Jugando» con la eficiencia

- ¿Debemos contabilizar la exergía de origen solar o no? ¿Se trata de una exergía **agotable**?
- Mientras que estemos lejos de agotar la capacidad de carga, **no**.
- Pero si competimos por esa exergía, **sí**.



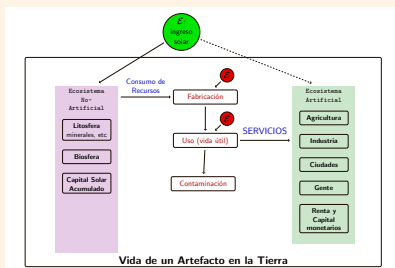
Por ejemplo, el agua dulce:

- calentamiento y evaporación: 2.600 MJ/m^3 .
- desalación (ósmosis inversa): 11 MJ/m^3 .

$$\eta = \frac{\text{servicios} + \text{productos}}{\sum \mathcal{E}}$$

«Jugando» con la eficiencia

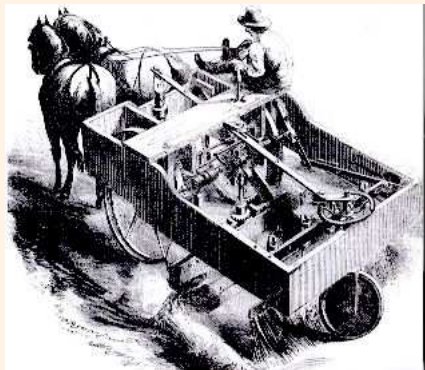
- En general, la descontaminación con cargo a los ecosistemas no-artificiales **es mucho menos eficiente** que por medios artificiales (caso del agua).
- Pero, por medios artificiales, se puede dar la paradoja de la **descontaminación contaminante**.
- «La industria del medio ambiente es la mayor amenaza para el medio ambiente.»



$$\eta = \frac{\text{servicios} + \text{productos}}{\sum \text{Recursos} + \text{'Contaminación'} + \sum \mathcal{E}}$$

«Jugando» con la eficiencia

Scientific American publicó en **1856** un detallado reportaje sobre la máquina baredora de Philadelphia. Tirada por caballos, lo más que conseguía era apilar la basura en forma de gavillas, que había que cargar en “carros volquete”. Y al menos las inevitables heces de los caballos eran recogidas con el resto de la basura.



«Jugando» con la eficiencia



Nuestras modernas barredoras probablemente ensucian más de lo que limpian, pero no tratándose de gases malolientes, y pudiendo reducir puestos de trabajo (esto es, aumentar la *productividad del factor de trabajo*), han venido para quedarse.

El transporte como enfermedad

«Cada ecosistema tiende a edificar su ciclo interno siguiendo el eje vertical definido por la luz y la gravedad. El transporte horizontal, dependiente de energía externa, se puede considerar como una perturbación...»

Ramón Margalef

El transporte como enfermedad

El transporte es intrínsecamente disipativo e irreversible: si movemos algo de un sitio a otro, consumimos exergía proporcionalmente a la energía cinética necesaria. Pero si queremos 'deshacer' el movimiento, **volvemos a consumir otro tanto**.

El transporte es, por tanto, como la disipación de calor, pero si se trata de mover cosas **no se trata de disipación para estar vivo**.

De hecho, los organismos biológicos utilizan el transporte horizontal sólo de forma marginal, limitando su uso intensivo al interior de los organismos, en cortas distancias.

Como señalaba Ramón Margalef, los problemas de desorganización y contaminación en los ecosistemas suelen estar asociados al transporte horizontal.

Como ejemplo global, **un tercio** de la producción de energía primaria se consume para transportar energía en forma de electricidad al usuario final.

El transporte como enfermedad

Energía cinética:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\frac{d^2}{t^2}$$

Si consideramos los tiempos circadianos de los ciclos vitales, la energía cinética es proporcional a la masa y al cuadrado de la distancia.

$$\frac{1}{2}mv^2 = \text{cte}_1 \times m \times d^2$$

Si consideramos la materia útil transportada, m_u , podemos definir el rendimiento del empaquetamiento como $\eta = m_u \div m$; y la energía cinética es inversamente proporcional al empaquetamiento:

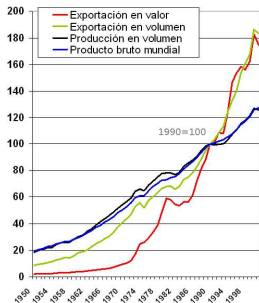
$$\frac{1}{2}mv^2 = \text{cte}_2 \times \frac{d^2}{\eta}$$

El crecimiento ligado a la distancia sólo puede ser parcialmente compensado por un aumento del empaquetamiento.

El transporte como enfermedad

Evolución de la producción
y el comercio mundial 1950-2001

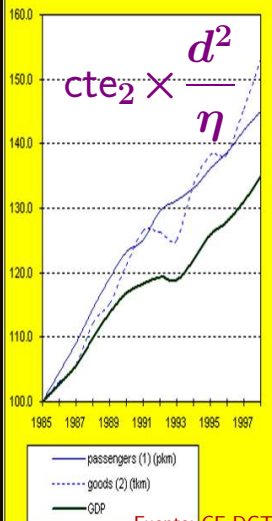
Fuente: OMC, Estevan (2006).



La expansión de la jerarquía urbana y la 'globalización' de la economía requieren un consumo de energía que crece **más rápidamente (d^2)** que su propia expansión (d).

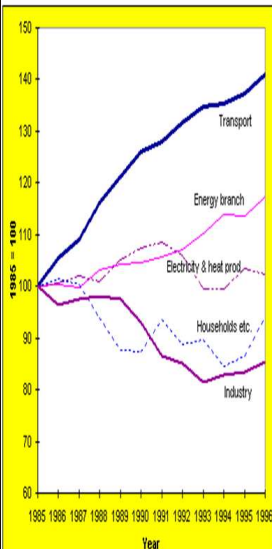
Transport Growth EU 15 1.1

1985 = 100



Fuente: CE-DGTF

CO₂ Emissions from Fossil Fuels



Estevan (2006).

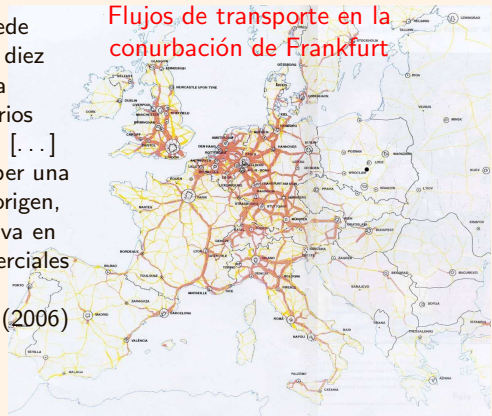
El transporte como enfermedad

Como se trata de un juego entre un flujo y un *stock*, la ley de Galileo sobre flujos y *stocks* resulta implacable: el crecimiento continuo conduce a cada morfología urbana y medio de transporte frente a su tamaño insuperable (*congestión*). El transporte **impone los cambios**.

En particular, las grandes ciudades ('ciudades globales' y metrópolis) son parte del método para aumentar lo más posible el empaquetamiento η :

Una camisa fabricada en China se puede poner en un puerto europeo [...] por diez céntimos de euro, siempre y cuando la camisa viaje en un contenedor con varios miles de camisas más, evidentemente. [...] Pero para que funcione, tiene que haber una producción centralizada y masiva en origen, y una distribución centralizada y masiva en destino, unidas por unos canales comerciales centralizados y masivos. . .

Antonio Estevan (2006)



El transporte como enfermedad

El transporte no sólo requiere energía: **requiere principalmente espacio.**

El debate entre ciudad compacta y ciudad difusa es un falso debate (bienintencionado). La ciudad compacta pequeña tiene que dejar de ser compacta al ir creciendo: para poder aumentar la velocidad tiene que aumentar aún más rápidamente el espacio dedicado a infraestructuras, ocupando suelo a tasas superiores a su crecimiento demográfico.

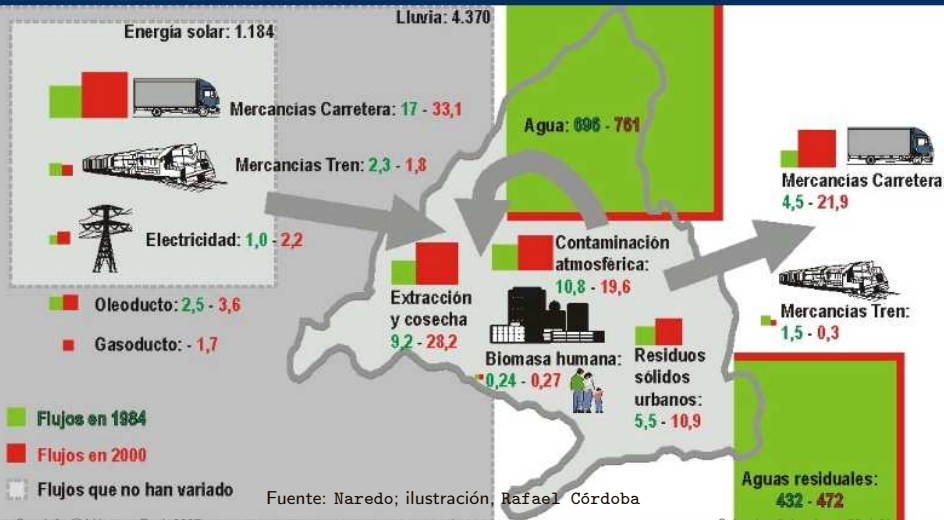
Evolución de la Comunidad de Madrid

	1957	1980	1999	tasa anual
Suelo ocupado (miles de hectáreas)	24,3	107,2	230,4	5,50 %
— usos no agrarios				
Población (miles de habitantes)	2.535	4.686	5.145	1,70 %
Ocupación <i>per capita</i> (m ²)	95,9	229	448	3,74 %

Fuente: Naredo (2003)

El transporte como enfermedad

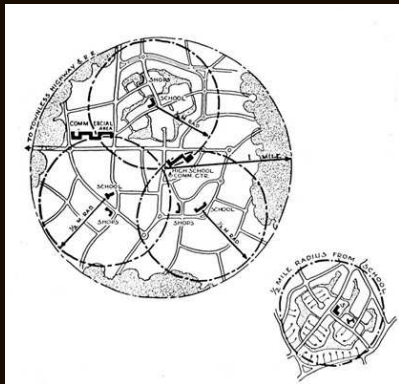
FLUJOS DE AGUA, MATERIALES Y ENERGÍA DE LA C.A.M.



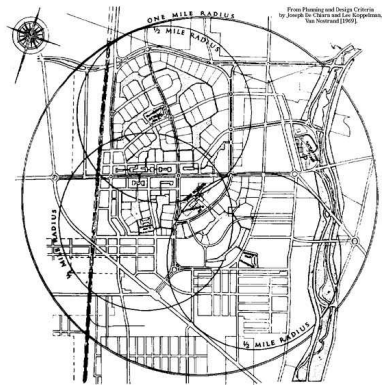
El transporte como enfermedad

No han faltado advertencias sobre este particular en el urbanismo 'tradicional'...

Fuente: H. Wright — 'barrios de viadantes'



GENERAL PLAN SHOWING NEIGHBORHOODS



From *Planning and Design Criteria* by Joseph W. Chiers and Lee Escapadilla, Van Nostrand [1967]

In their design of the suburb of Radburn in New Jersey, C. S. Stein and Henry Wright introduced a new approach to residential planning. They originated the superblock idea the main feature of which, is the separation of pedestrian and automobile traffic. At Radburn, houses are grouped around a series of culs-de-sac which are linked by walkways with the park, the school, and the shops, all of which are located in the interior of the superblock. The superblock is considered an ideal solution to the circulation problem since it provides a means of locating the houses off the main road.

SOURCE: Clarence Stein, *Toward New Towns for America*, Reinhold Publishing Corp., New York—1957

La bomba de calor eléctrica

¡Qué invento!

Aunque el proceso práctico es complicado, el funcionamiento teórico de una bomba de calor es análogo a una bomba de agua: se trata de bombear calor desde una fuente fría a una caliente, en sentido contrario al flujo espontáneo. Para ello, como en una bomba de agua, es necesario realizar un trabajo, consumiendo energía útil.

Cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas, menor será el rendimiento de la bomba. Y ese rendimiento es mayor que la unidad; por ejemplo para calefacción:

$$\frac{\text{calor aportado}}{\text{energía eléctrica consumida}} = 1 + \frac{T_{\text{Fría}}}{\Delta T}$$

Y para una bomba trabajando entre 0 y 20 °C, el **rendimiento teórico** es:

$$1 + \frac{273 \text{ K}}{20 \text{ K}} \approx 15$$

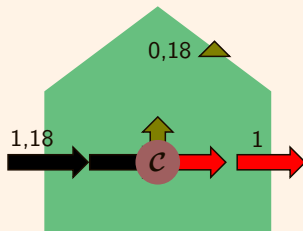
La bomba de calor eléctrica

«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!»

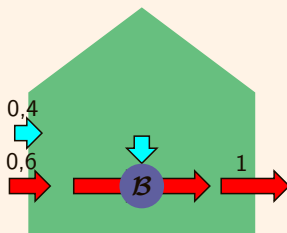
P.W. Atkins, *La segunda ley*, 1984.

	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...

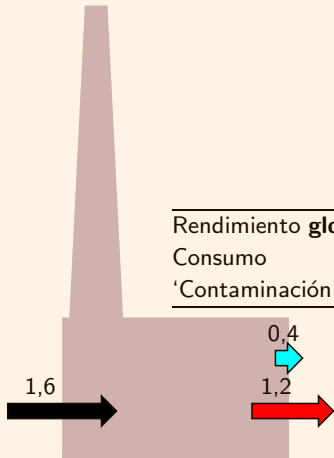


Caldera de gas



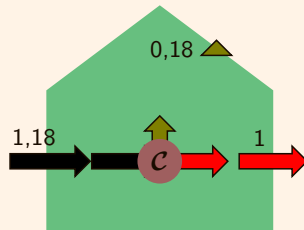
Bomba de calor

La bomba de calor eléctrica

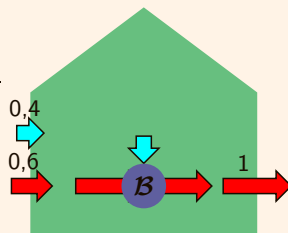


Central eléctrica

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

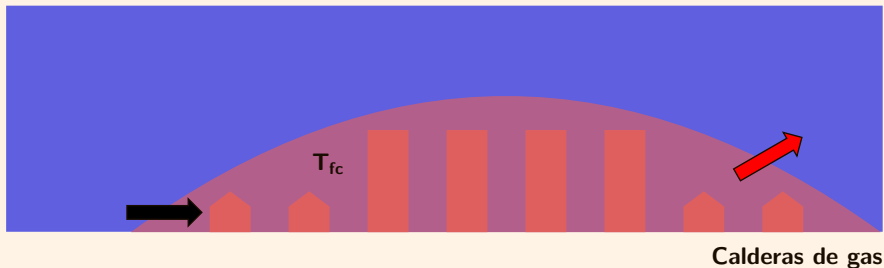


Caldera de gas



Bomba de calor

La bomba de calor eléctrica



En la 'ciudad del gas', la energía consumida se usa dos veces: primero caldea el interior de los edificios; luego caldea el espacio urbano, el espacio del 'fuera' (Fernando Ramón).

El microclima urbano resulta así algo más suave que el clima meteorológico, aquel que se padece en el rededor rural.

La bomba de calor eléctrica

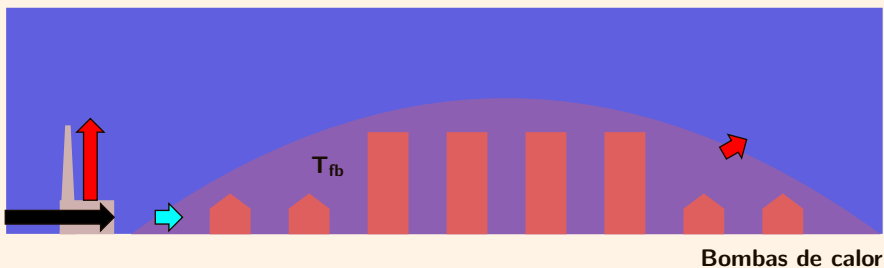
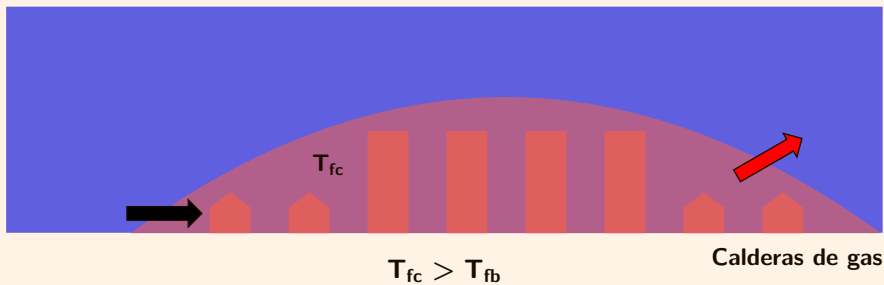
En la 'ciudad de la bomba', solo una pequeña fracción de la energía consumida llega a la ciudad para caldearla, disipándose la mayor parte en el entorno rural de la central eléctrica. Las propias bombas caldean los edificios enfriando el espacio urbano.

El microclima urbano resulta así algo más duro que en la 'ciudad del gas': las propias bombas han de hacer frente a una mayor diferencia de temperaturas (y mayores pérdidas por tanto), viendo disminuir su rendimiento.



Bombas de calor

La bomba de calor eléctrica



-
- Como ecosistemas abiertos, las ciudades de hoy y de siempre necesitan explotar el territorio.

Pero en las conurbaciones de hoy, por su tamaño e ineficiencia, esa explotación ha de llegar muy lejos, originando una intensidad en el consumo de recursos sin precedentes. Al sobrepasarse la capacidad de carga del territorio, las consecuencias se manifiestan en el deterioro ecológico.

- Si es que puede hablarse de *ciudades ecológicas*, será porque son sostenidas por el territorio en rededor:

- ciudades pequeñas y medianas
- implicadas en el bienestar de su entorno agrícola
- en busca de una identidad estable (incluyendo su demografía)

- Y esos objetivos son prioritarios. Sin encaminarse hacia ellos, discutir sobre la eficiencia de las ciudades es, probablemente, una pérdida de tiempo.

Sobre la eficiencia energética y las ciudades

Mariano Vázquez Espí

GIAU+S (UPM)

Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad

Universidad Politécnica de Madrid

<http://habitat.aq.upm.es/gi>

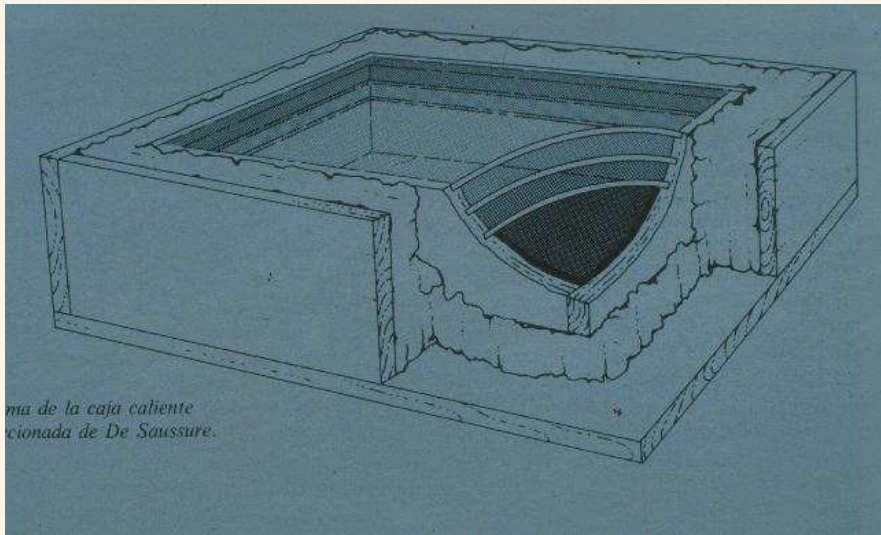
Edición del 3 de enero de 2007

Compuesto con *free software*:

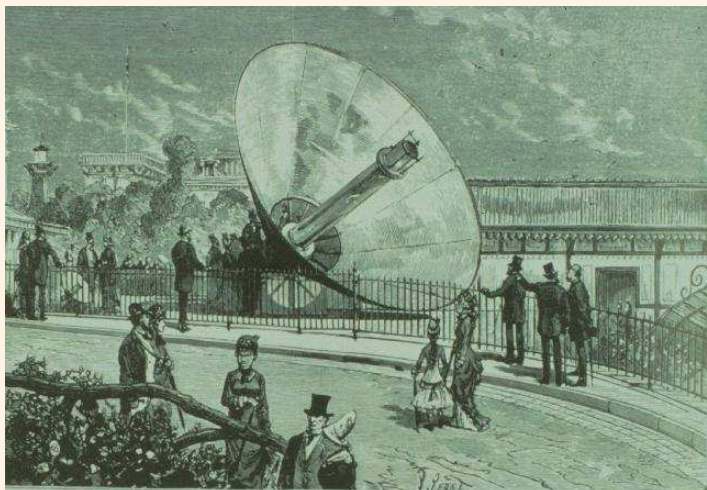
GNU/Linux/L^AT_EX/dvips/ps2pdf

Copyright ©Vázquez Espí, 2007

'Caja solar' de Saussure



Maquina solar de Mouchot, 1878



La mayor máquina solar de Augustin Mouchot, exhibida en la Exposición Universal de París de 1878.