

# **Prioridades para paliar la insostenibilidad desde la arquitectura**

**Mariano Vázquez Espí**

**Gasteiz, 30 de mayo de 2006.**

## Mitos autoritarios

«hay lobos **amarillos**»

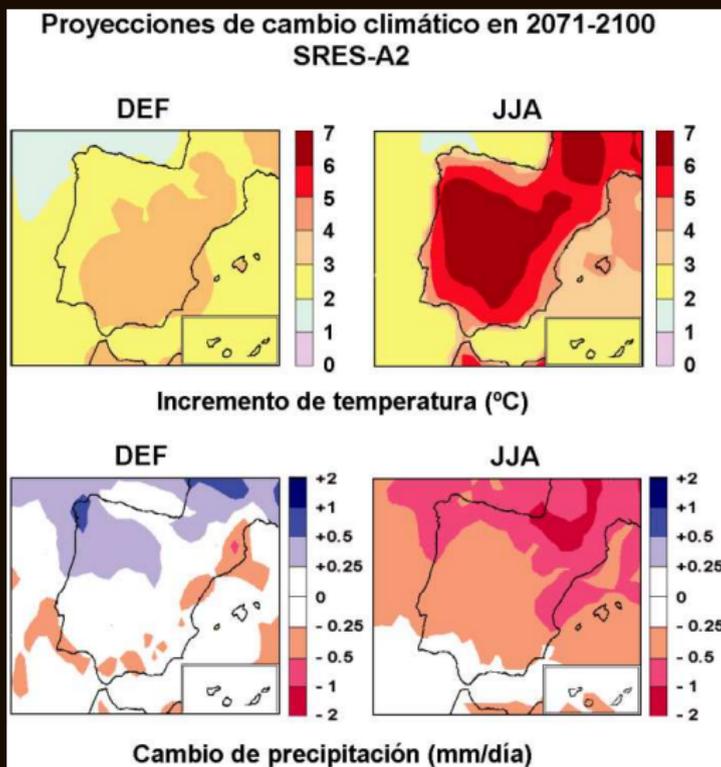
- «lo que es»
- inverificable  
habría que examinar a **todos** los lobos habidos y por haber
- la verdad se decide por las autoridades con poder para ello
- afirmaciones hacia el futuro
- **superstición**

## Mitos democráticos

«no hay lobos **negros**»

- «lo que no puede ser»
- refutable  
bastaría con encontrar **un** lobo negro
- cualquiera (si tiene ganas) puede participar en buscar una refutación
- afirmaciones sobre el pasado
- **ciencia**

# Cambio climático



Fuente: José Manuel Moreno *et alii* (MMA:OECC 2005)

## Cambio climático

---

### 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.

# ¿Fiebre o enfermedad? ¿Problema o coartada?



# Insostenibilidad

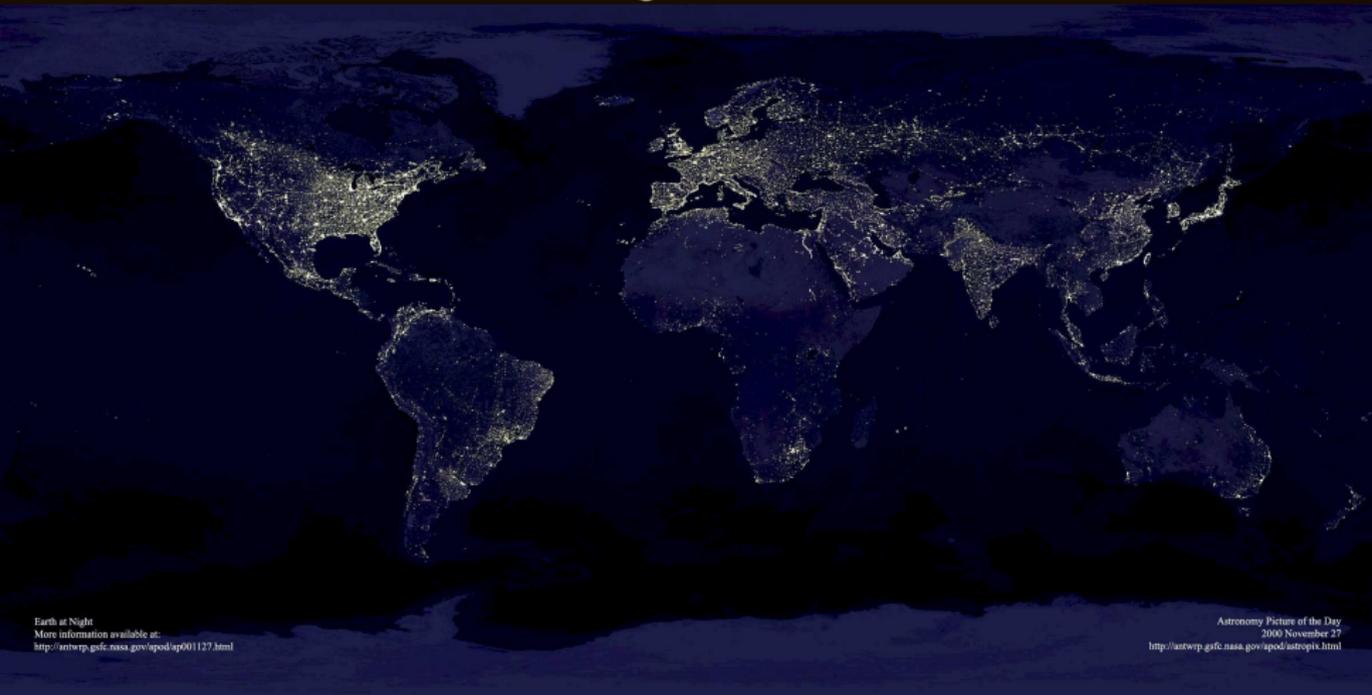


Fuentes: Diamond (2005), elaboración propia.

# Impacto per capita

---

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>

# Impacto per capita

---

<i>Rank</i>	<b>Renta per cápita</b>	<b>Huella ecológica</b>
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)

## Impacto per capita

---

### La bomba de calor eléctrica: paradigma supersticioso

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:

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

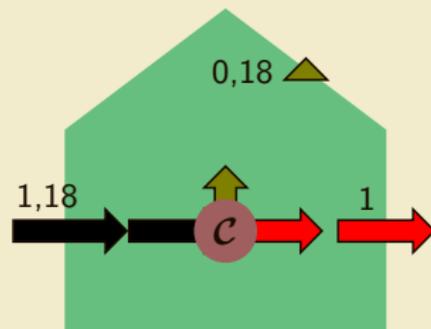
Y para una bomba trabajando entre 0 y 20 °C, el rendimiento teórico es:

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

## Impacto per capita

«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!»

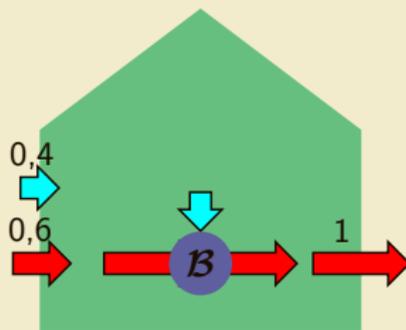
P.W. Atkins, *La segunda ley*, 1984.



Caldera de gas

	Caldera	Bomba
Rendimiento	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...**



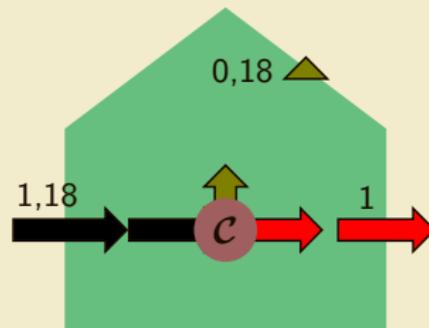
Bomba de calor

# Impacto per capita

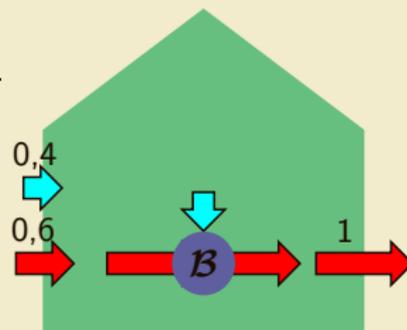


Central eléctrica

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



Caldera de gas

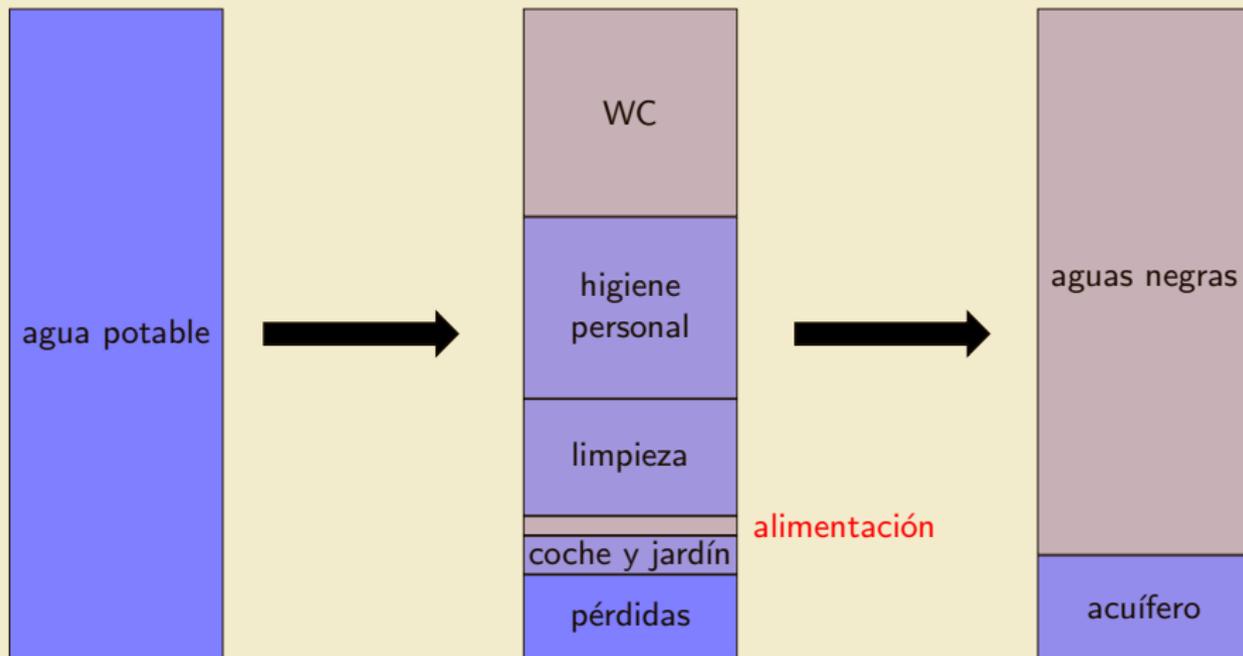


Bomba de calor

# Agua dulce

---

## La transformación del agua en los edificios 'modernos'



## Consumo de agua dulce para la fabricación de materiales

	kg/kg
Acero	46
Acero reciclado	44
Aluminio	750
Aluminio reciclado	49
Fibra de carbono	2.411
Fibra de vidrio	95
Poliuretano	480
PVC	679

## Combustibles fósiles

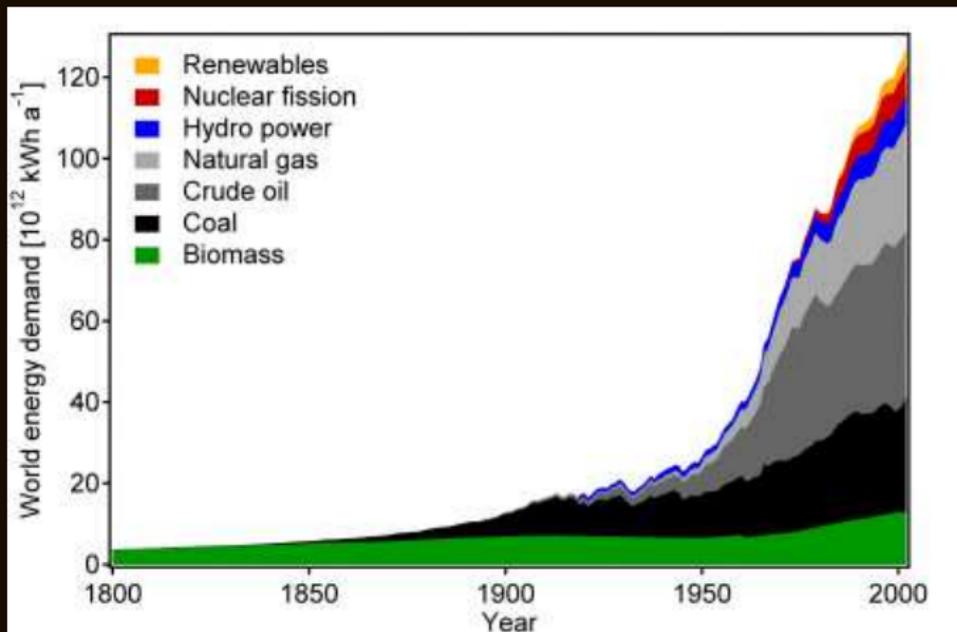
---

La máquina de vapor *a carbón* comenzó a utilizarse en 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 <sub>2004</sub>
Nikolaus Otto	1876	primer motor de cuatro tiempos
	1885	petróleo a 20\$US <sub>2004</sub>
Rudolf Diesel	1896	primer motor diesel

# Combustibles fósiles



# Pérdida de biodiversidad

## La pérdida de la biodiversidad

- Si la esperanza de vida del ser humano fuera de 75 años, nada sorprendería que en un grupo de 75 personas muriera una cada año. O en una muestra de 7, una muerte cada decenio.
- Puesto que la esperanza de vida de una especie es de un millón de años, cabe esperar que cada año desaparezca una entre un millón. O de las 10.000 especies de aves conocidas, una cada siglo. **En realidad, desaparece una especie cada año: la actual tasa de desaparición de las aves centuplica la tasa histórica.**

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1.000.000 \text{ especies}}{1.000.000 \text{ años}} = \frac{1 \text{ especie}}{1 \text{ año}} \\ \frac{10.000 \text{ especies de aves}}{1.000.000 \text{ años}} = \frac{1 \text{ especie de ave}}{100 \text{ años}} \\ \hline \frac{10.000 \text{ especies de aves}}{\mathbf{10.000 \text{ años}}} = \frac{1 \text{ especie de ave}}{\mathbf{1 \text{ año}}} \end{array} \right\}$$

# Deforestación

---



Courtesy Richard Matthew

# Contaminación química

## Minería metálica: contaminación accidental...



# Contaminación química

---

... y contaminación cotidiana.



# Contaminación química

---

Y además de la contaminación asociada a la minería metálica...

- Los plásticos persisten en el ambiente del orden de 4 siglos.
- Algunos materiales son auténticos vertederos 'controlados' de otros contaminantes: el PVC lo es de cloro, por ejemplo.
- Pinturas, imprimaciones, etc: ¿sabemos en realidad todo lo que contienen?
- ...

Un conflicto permanente se da entre la **durabilidad** y la **biodegradabilidad**.

Como *rule of thumb* puede considerarse:

Un producto en el que quedan íntimamente mezcladas muchas sustancias y cuya separación no sea espontánea, será a la larga una bomba contaminante.

# La situación en España

## Consumo de energía de 'combustión' en España

	Población millones	Energía primaria no renovable		Emisión neta de CO <sub>2</sub> eq	
		Mtep	tep/hab	Mt	t/hab
1980	37,4				
1990	38,9	85,9	2,21	264	6,79
2000	40,8	119	2,91	354	8,68
2003	42,2	128	3,03	378	8,96
Incremento anual medio (%)	0,62	3,11	2,46	2,80	2,15
2004	43,2	133	3,08	397	9,19
2005	44,1	138	3,13	412	9,34
Incremento anual medio (%)	2,23	3,83	0,82	4,40	0,83

El límite de emisión de CO<sub>2</sub> eq fijado para España por el Protocolo de Kioto es de 333Mt para 2012.

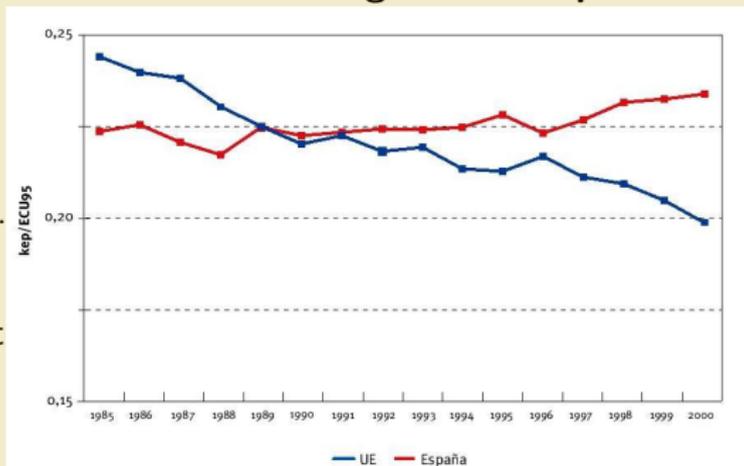
Fuentes: INE; El País, 7-9-2005; Nieto et Santamarta (2006); elaboración propia.

## La situación en España

De las cinco razones que explican según el IDAE el comportamiento anómalo de la intensidad energética primaria, tres tienen que ver directamente con la edificación.

- aumento del equipamiento y el confort
- mercado inmobiliario en expansión
- popularización de la electricidad

### Intensidad energética en España

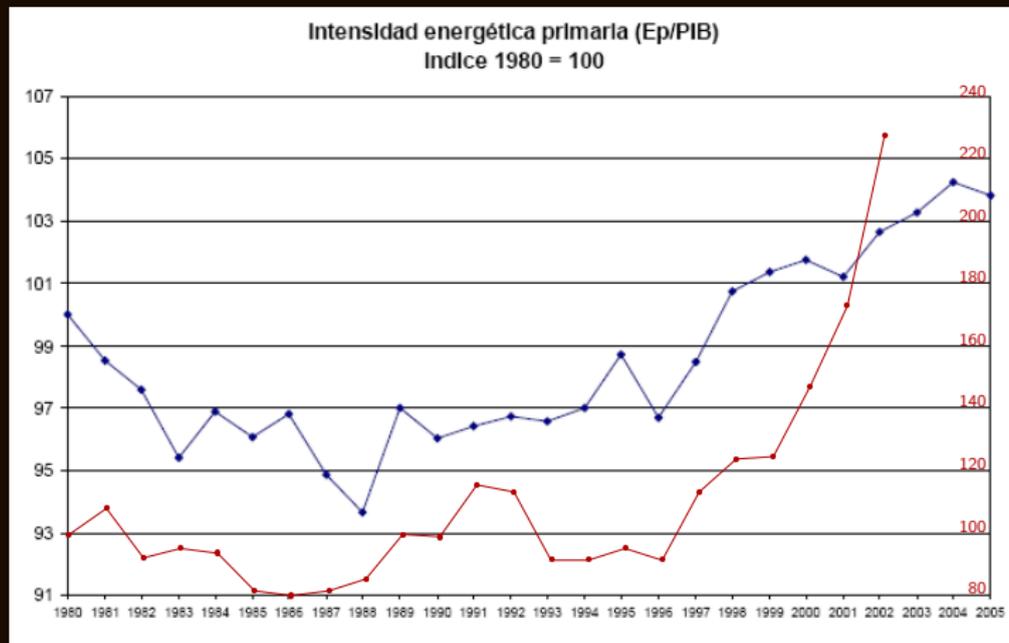


Fuente: IDAE (2004)

Y la cuarta tiene que ver con la expansión urbana:

- el incremento del transporte, en general, y del uso del automóvil en particular.

# La situación en España



La construcción de nuevas viviendas se mantuvo constante, entorno a las 200.000 anuales, entre 1980 y 1993.

La construcción de nuevas viviendas se mantuvo constante, entorno a las 200.000 anuales, entre 1980 y 1993.

Fuentes: Ministerio de Industria; Nieto et Santamarta (2006).

Fuentes: Ministerio de Industria; Nieto et Santamarta (2006).

# La situación en España

## Características del parque de viviendas en España

Producción de viviendas en 2000			Estado del parque en 1991		
	Construcción viv/1.000hab	Stock viv/1.000hab	Estado	Stock	Viv. ociosa
España	10,4	486	ruinoso	53.666	26.230
Irlanda	13,2	331	malo	355.709	136.140
UE9	5,87	459	deficiente	1.380.211	295.232
			bueno	14.645.237	1.750.726
			no consta	1.371.540	267.311
			<b>totales</b>	<b>17.206.363</b>	<b>2.475.639</b>

- La vivienda *ociosa*, entre 1991 y 2000, puede suponer entre un 13 y un 17% del *stock* (proporción que sin duda ha aumentado en los últimos años).
- La producción de vivienda nueva era, en 2000, del 2,14% del *stock*, y ha aumentado posteriormente. El crecimiento del parque se situó muy por encima del crecimiento de la población (del orden del 0,6%).

## Algunos “records españoles” entre los “países de nuestro entorno”.

(Ya alcanzados o que se alcanzarán de llevarse a cabo los planes previstos en cada sector.)

- Superficie potencial de agua embalsada *per capita*.
- Longitud de autopistas y autovías *per capita*.
- Número de viviendas *per capita*.
- Longitud de vía de alta velocidad *per capita*.

## El mercado inmobiliario como mercado financiero

- «Viviendas para vivir» vs «viviendas para invertir».
- Cada año se califica como **urbanizable** más suelo que el que efectivamente se edifica.
- A pesar de contar con una vivienda por cada dos habitantes, el problema de la vivienda persiste para determinados grupos sociales.

## El mercado inmobiliario como mercado financiero

- La vivienda es un producto financiero más (pero con un impacto ambiental notable). Como en cualquier mercado financiero:
  - Los precios se fijan con las últimas operaciones realizadas. No importa si el 'papel' está deteriorado o nuevo: lo determinante es la clase de 'acciones' a la que pertenece (localización y superficie).
  - Si la coyuntura es alcista son *muy interesantes* las ampliaciones de capital: la ganancia neta para el emisor es la diferencia entre el precio de mercado (¡6.000 euros/m<sup>2</sup>!) y su valor nominal (coste de la construcción entre 600 y 1.200 euros/m<sup>2</sup>).
  - Las acciones pueden representar una empresa real o casi virtual: lo que importa es que su valor sea sancionado por el mercado. (La calificación de suelo urbanizable ya permite la 'creación de valor', incluso si no se realiza posteriormente la edificación.)
- Mantener una demanda insatisfecha de **vivienda para vivir** justifica y espolea el mercado de la **vivienda para invertir**.
- La 'vivienda social', que acaba con el tiempo incorporándose al mercado, mantiene vivo el mercado en las coyunturas bajistas y opera igual que las privatizaciones.

## El mercado inmobiliario como mercado financiero

El mercado inmobiliario como mercado financiero constituye una de las causas principales de insostenibilidad debida a la edificación, en lo que se refiere al crecimiento del **impacto per capita**.

Para gestionar el problema, sería necesario:

- Pacto de Estado sobre la adecuada financiación de la Administración Local.
- Pacto de Estado sobre la vivienda social.
- Nueva Ley del Suelo: el suelo debe ser en origen **no urbanizable protegido** hasta que no se demuestre la oportunidad de urbanizarlo. En el *interim* debería pactarse una moratoria urbanística.
- ...

## El parque de viviendas

### Consumo energético anual por hogar (MJ, 2000)

España	Francia	UE
37.700	77.500	71.179

Fuente: IDAE (2004)

### Consumo de energía en edificios según el uso (%)

Uso	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Energía final	Energía final	Energía primaria
	Edificios UK 1991	Viviendas ES 2000	Viviendas PL 2004	Referencia estándar —
Climatización	48	47,4	71	50
Agua caliente	16	20,4	13	16
Cocina	7	9,6	9	9
Electrodomésticos	29	22,7	7	25

Fuentes: IDAE (2004), Vale et Vale (1991), Andresen et alii (2004).

Un buen diseño bioclimático que incluya aislamiento, y sistemas pasivos y activos de aprovechamiento solar podría reducir a la mitad el coste del acondicionamiento y al 30 % el del agua caliente, de manera que resulta factible y realista pensar que el consumo total durante el uso pudiera reducirse a 2/3 del actual.

# El parque de viviendas

---

## Coste energético de fabricación

Una horquilla para abarcar la disparidad de situaciones puede situarse entre 2.000 y 8.000 MJ/m<sup>2</sup> de superficie construida.

### Proporción del coste de fabricación por capítulos de presupuesto

---

Estructura	43 %
Albañilería	24 %
Carpintería	11 %
Otros	22 %

---

Fuente: Mardaras et Cepeda (2004)

Es importante observar que entre el 50 y el 70 % del coste de fabricación se dedica a elementos que pueden ser de gran durabilidad y que pueden calificarse como pasivos, es decir, no ocasionarán costes adicionales durante el uso del edificio (aunque su diseño condiciona por siempre la forma del edificio y su relación con el entorno).

## Durabilidad de la construcción

- Las normas técnicas suelen suponer implícitamente 50 años de vida, una duración modesta comparada con la antigüedad de algunas construcciones de sólida factura.
- En España, el actual auge del mercado inmobiliario permite estimar una duración estadística de unos 30 años, que sería el plazo que, al ritmo de construcción actual, se tardaría en construir un número igual al de las viviendas existentes en la actualidad.
- Para paliar la sostenibilidad ¿qué menos que exigir un siglo de duración?

## El parque de viviendas

---

### Coste global del alojamiento

A la hora de enjuiciar el coste global del alojamiento hay que tener en cuenta las siguientes variables críticas: edad del edificio, grado de confort alcanzado y durabilidad (real o potencial). En esencia, el coste global de un alojamiento *confortable* viene dado por:

$$\text{coste global anual} = \frac{\text{fabricación}}{\text{vida útil}} + \text{consumo anual por uso}$$

Y cuando el confort no puede conseguirse, podemos intentar evaluar el disconfort en unidades energéticas con:

$$\text{coste global anual} = \frac{\text{fabricación}}{\text{vida útil}} + \frac{100}{100 - \text{'disconfort'}} \times \text{consumo anual por uso}$$

## El parque de viviendas

---

### Coste energético anual del alojamiento

Año	discomfort	vida útil (años)	Coste anual		
			fabricación MJ/m <sup>2</sup>	uso MJ/m <sup>2</sup>	total MJ/m <sup>2</sup>
1950	75 %	50	60	1.000	1.060
	75 %	100	30	1.000	1.030
1960	50 %	50	60	500	560
	50 %	100	30	500	530
1980	20 %	50	60	312	372
	20 %	100	30	312	342
ahora	0 %	30	100	250	350
	0 %	50	60	250	310
	0 %	100	30	250	280

En todos los casos, se ha considerado un coste de fabricación de 3.000 MJ/m<sup>2</sup>

# El parque de viviendas

---

Lo que muestra este 'paisaje' hipotético es un orden de prioridad muy claro:

1. Aumentar la eficiencia durante el uso, lo que apunta a intensificar el uso de todas las técnicas bioclimáticas, tanto pasivas como activas, así como a mejorar la eficiencia de las instalaciones de combustión a la vez que se limita su uso a lo imprescindible.
2. Aumentar la durabilidad, lo que resulta tanto más importante cuanto mayor eficiencia durante el uso se haya conseguido, pues es entonces cuando el coste de fabricación comienza a dejar de ser marginal y el aumento de durabilidad es la forma más directa de reducir su repercusión anual.
3. Disminuir los costes de fabricación conservando tanto la durabilidad como la eficiencia en el uso obtenidas con anterioridad.

## ¿Sustitución o rehabilitación?

---

«El reto para los arquitectos es desarrollar edificios que incorporen tecnologías sostenibles, reduciendo así la contaminación y los costes de mantenimiento de los mismos... Se están poniendo a punto innovaciones que reducirán drásticamente los costes a largo plazo y la contaminación generada por los edificios.»

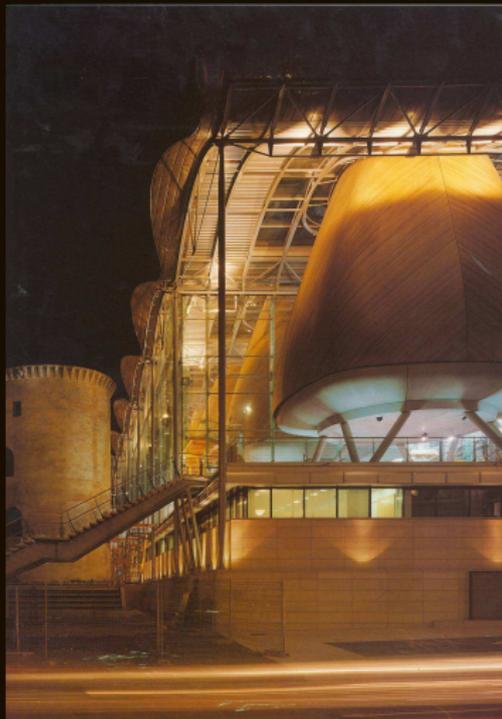
Richard Rogers (1997)

«La idea de que los edificios de bajo consumo energético son respetuosos con el medio ambiente y de que, a través de la construcción de más edificios de este tipo, cumpliremos las promesas hechas en la Cumbre de Río [ . . . ], **es naturalmente, una estupidez**. Un nuevo edificio nunca ahorra energía, sino que genera nuevas necesidades energéticas, y la calificación de nuevo suelo para urbanizar es fundamentalmente antiecológica. Básicamente, sólo existen tres procesos que pueden conducir razonablemente a reducir las necesidades energéticas o la carga sobre el medio ambiente: **la rehabilitación** de edificios existentes; **la sustitución** de antiguos edificios ecológicamente despilfarradores por nuevas formas de bajo consumo y **el cierre de intersticios** entre edificios.»

Gunther Moewes (1997)

# ¿Sustitución o rehabilitación?

Eco-tech



Richard Rogers

Rehabilitación ecológica



Ives Lion

## ¿Sustitución o rehabilitación?

---

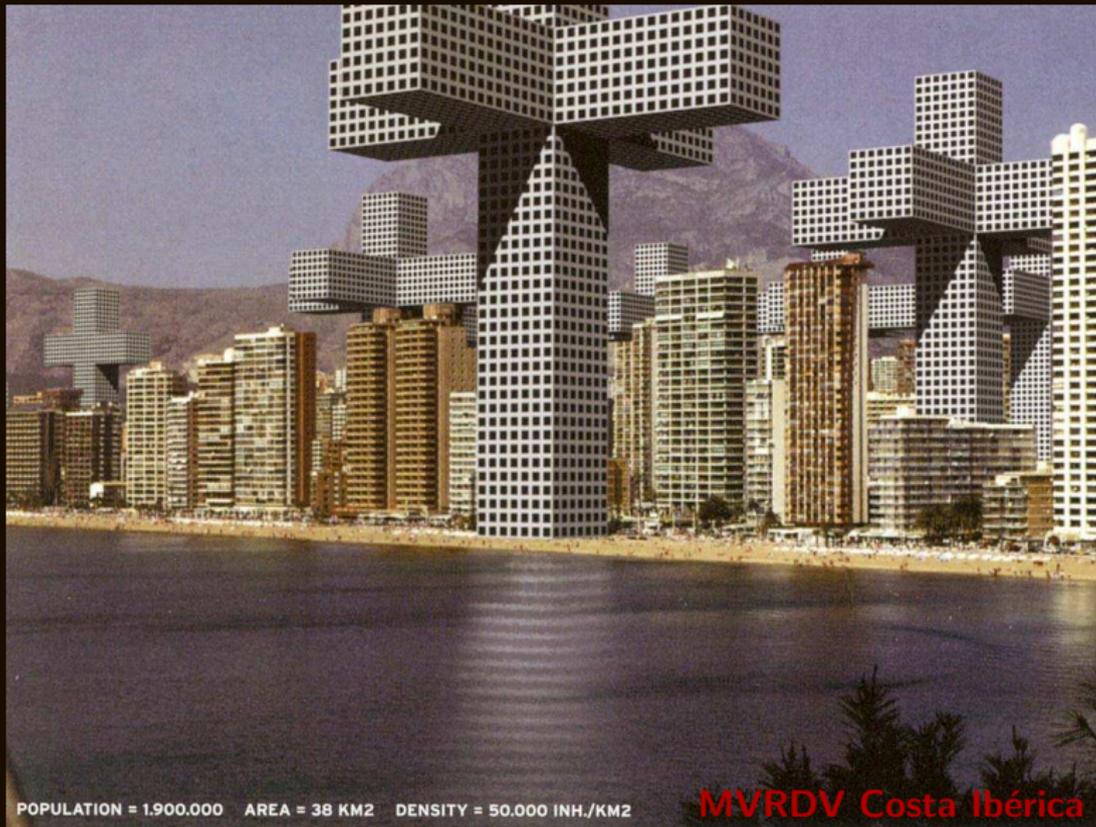
### Consumos anuales de combustibles según estrategias de sustitución

$$\text{Total} = (\text{Fabricación}[\text{+demolición}]) + \text{Uso} \text{ (MJ/m}^2\text{)}$$

Nueva planta a 30 años 383 = 133 + 250 100 %	Nueva planta a 50 años 330 = 80 + 250 86 %	Rehabilitación a 100 años 280 = 15 + 250 73 %	Rehabilitación ecológica a 100 años 203 = 15 + 188 53 %
---	---	--	--

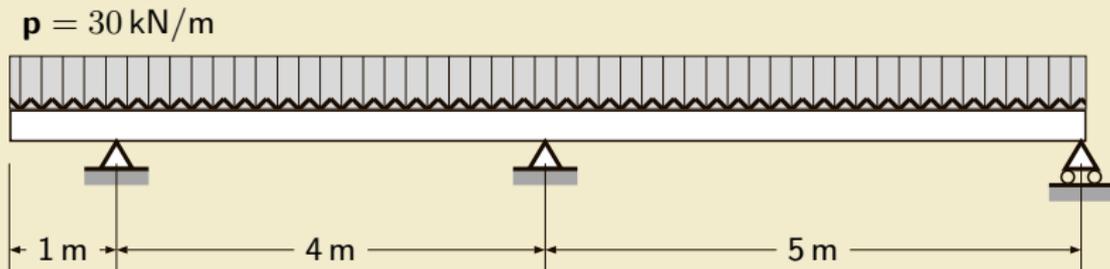
La estrategia de rehabilitación ecológica considerada es realista: supone que empleará en la fabricación la mitad de recursos que una nueva edificación y que sólo conseguirá reducir un 25 % del consumo durante el uso respecto a la edificación convencional, y permitiría resolver los problemas de despilfarro o disconfort de la edificación antigua con un 53 % del coste energético que cabe asignar a la actual nueva vivienda en España (nueva planta a 30 años).

# ¿Sustitución o rehabilitación?



# El estomago del arquitecto

---



El problema de diseño consiste en determinar una sección para la viga tal que:

- sea segura (requisito de resistencia),
- sea suficientemente rígida (requisito de rigidez).

Cualquier solución que cumpla ambos requisitos es **aceptable**.

Si existen varias soluciones aceptables, hay un problema implícito adicional: ¿cuál es la mejor entre ellas?

## El estomago del arquitecto

---

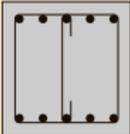
Material	Solución	Coste monetario (pta)
Acero IPE270		24.000

---

Precios y métodos de fabricación de 1985.

# El estomago del arquitecto

---

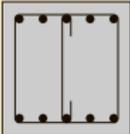
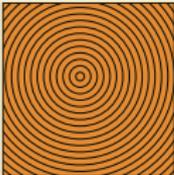
Material	Solución	Coste monetario (pta)
Acero IPE270		24.000
Hormigón armado $310 \times 300 \text{ mm}^2$ $10\phi/20$		12.600

---

Precios y métodos de fabricación de 1985.

# El estomago del arquitecto

---

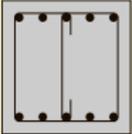
Material	Solución	Coste monetario (pta)
Acero IPE270		24.000
Hormigón armado $310 \times 300 \text{ mm}^2$ 10 $\phi$ 20		12.600
Madera $400 \times 400 \text{ mm}^2$		64.000

---

Precios y métodos de fabricación de 1985.

# El estomago del arquitecto

---

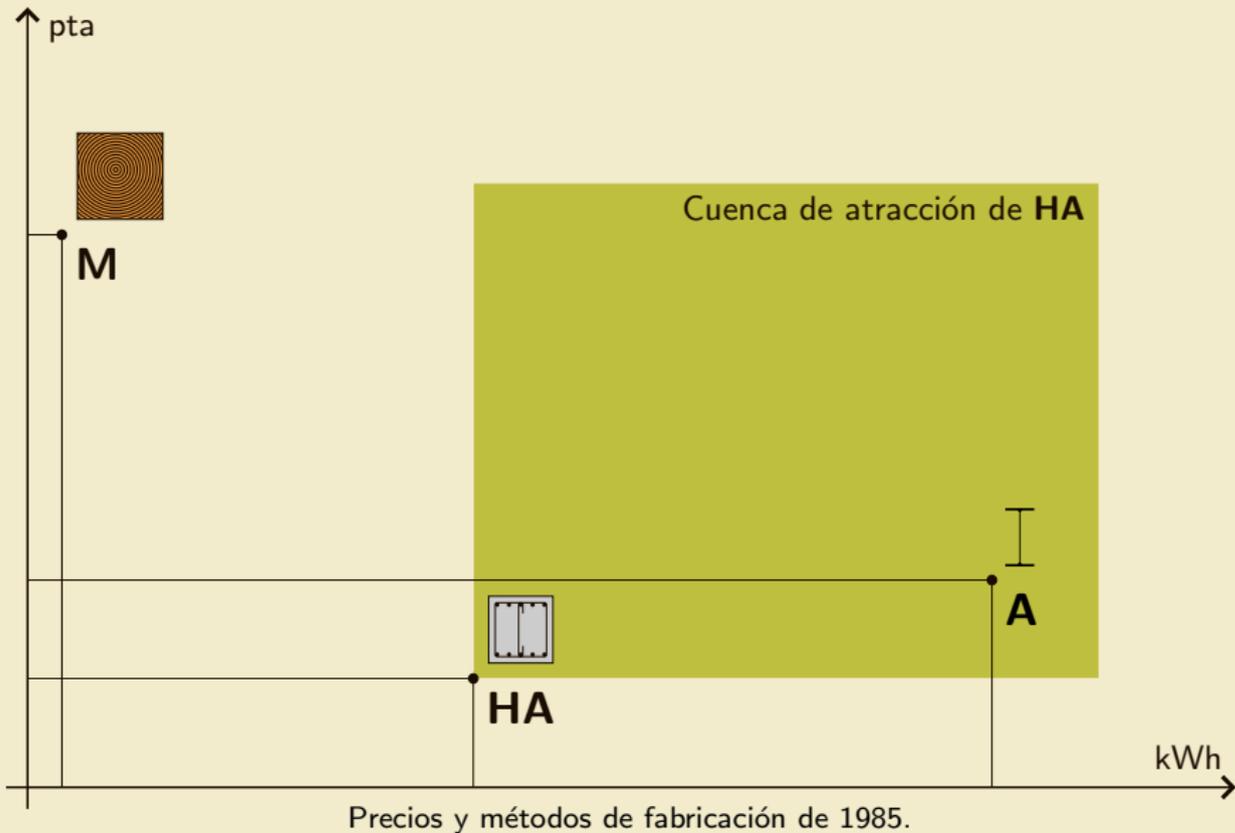
Material	Solución	Consumo de energía fósil (kWh)
Acero IPE270		3.600
Hormigón armado $310 \times 300 \text{ mm}^2$ $10\phi 20$		1.664
Madera $400 \times 400 \text{ mm}^2$		128

---

Métodos de fabricación de 1985.

Madera de renovación. Acero y hormigón sin reciclaje.

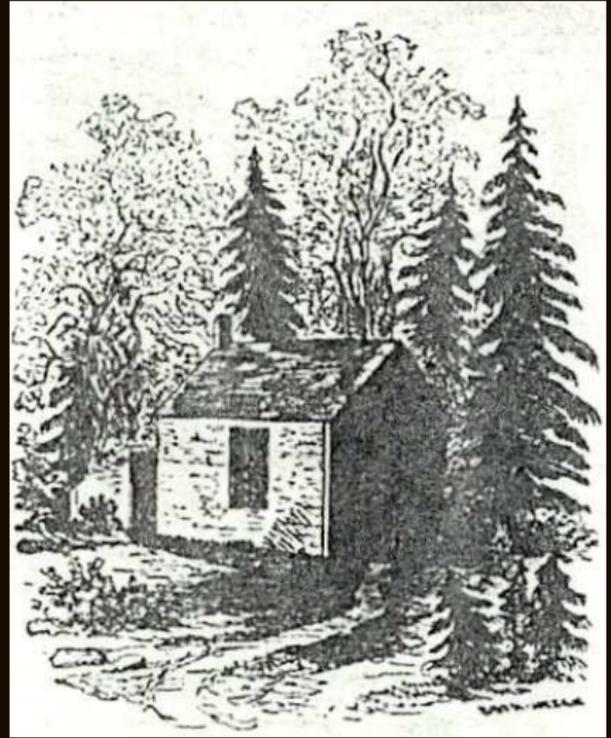
# El estomago del arquitecto



# El estomago del arquitecto



*Essai sur l'Architecture. Abbé Laugier*



*Walden. Henry Thoreau*

**Prioridades para paliar  
la insostenibilidad  
desde la arquitectura**  
Mariano Vázquez Espí

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

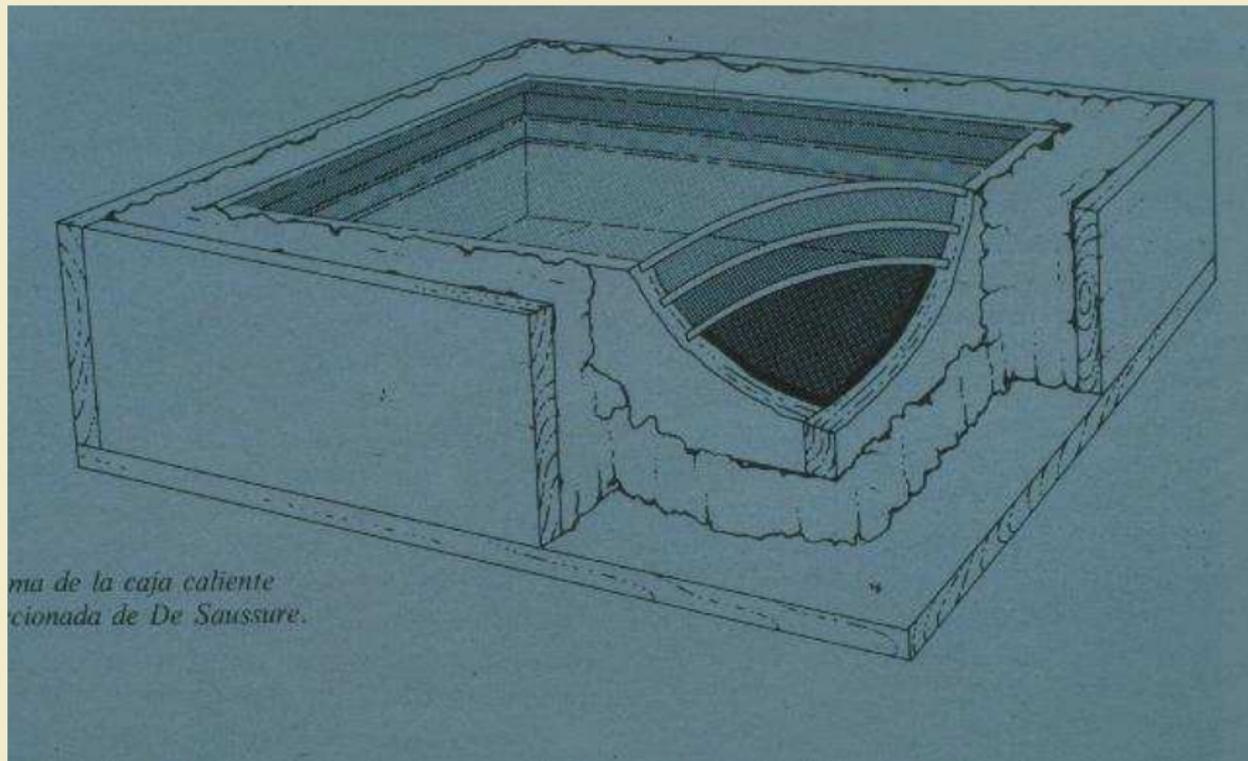
Grupo de Investigación en Arquitectura y Urbanismo Más Sostenible de la UPM

Edición del 31 de octubre de 2006

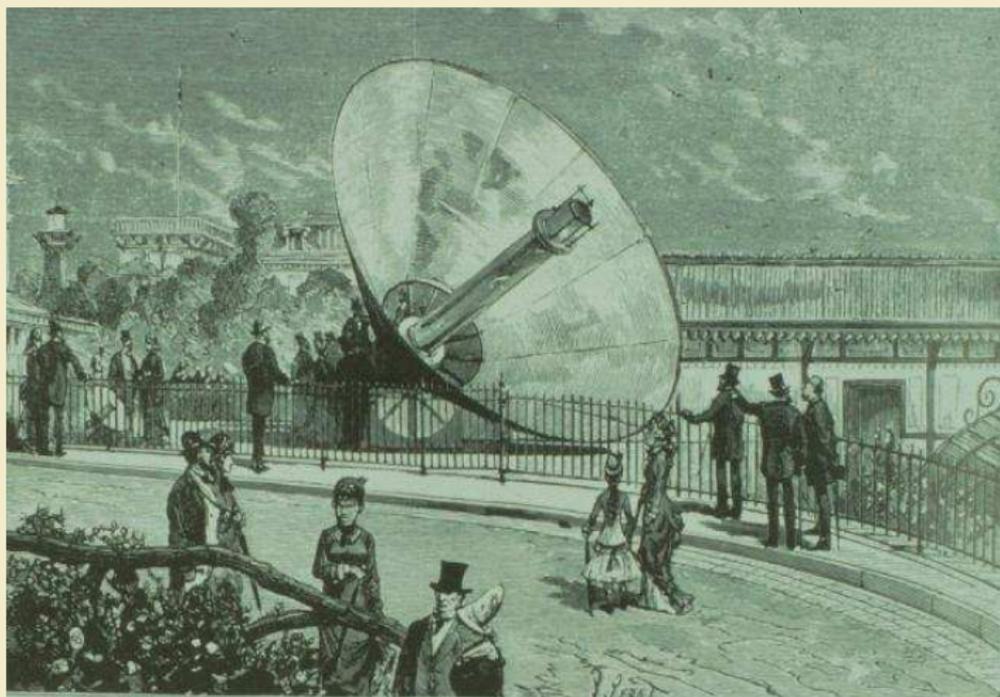
Compuesto con *free software*:  
GNULinux/ $\LaTeX$ /dvips/ps2pdf

Copyright ©Vázquez Espí, 2006

## 'Caja solar' de Saussure

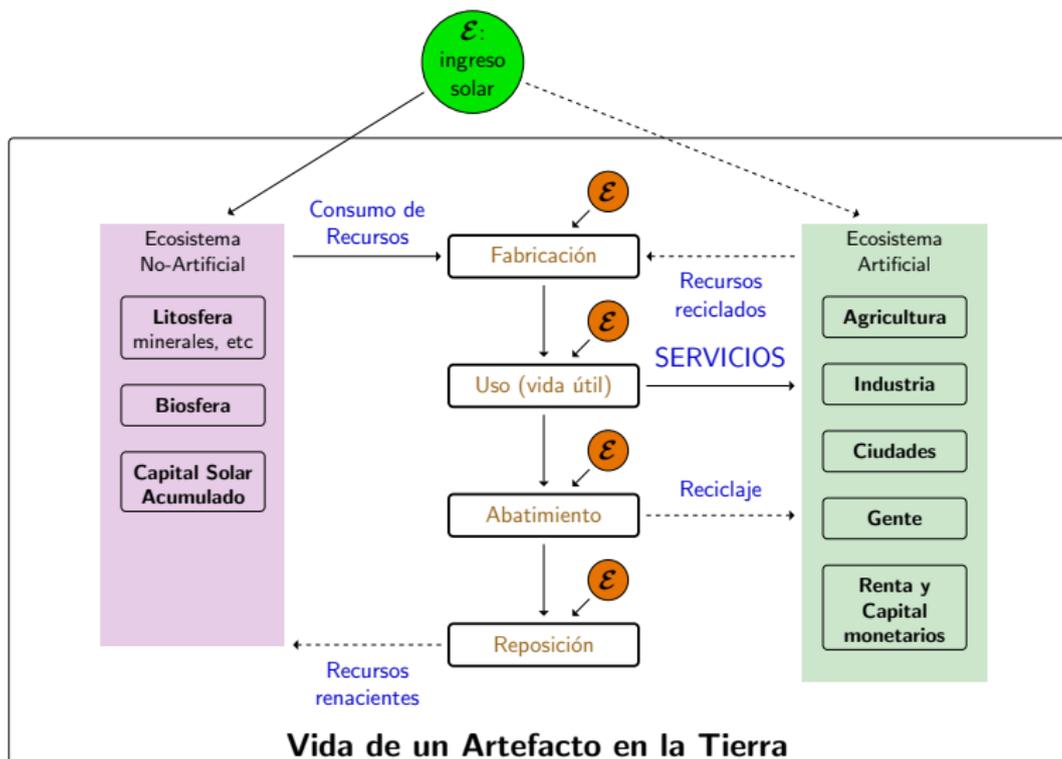


## Maquina solar de Mouchot, 1878

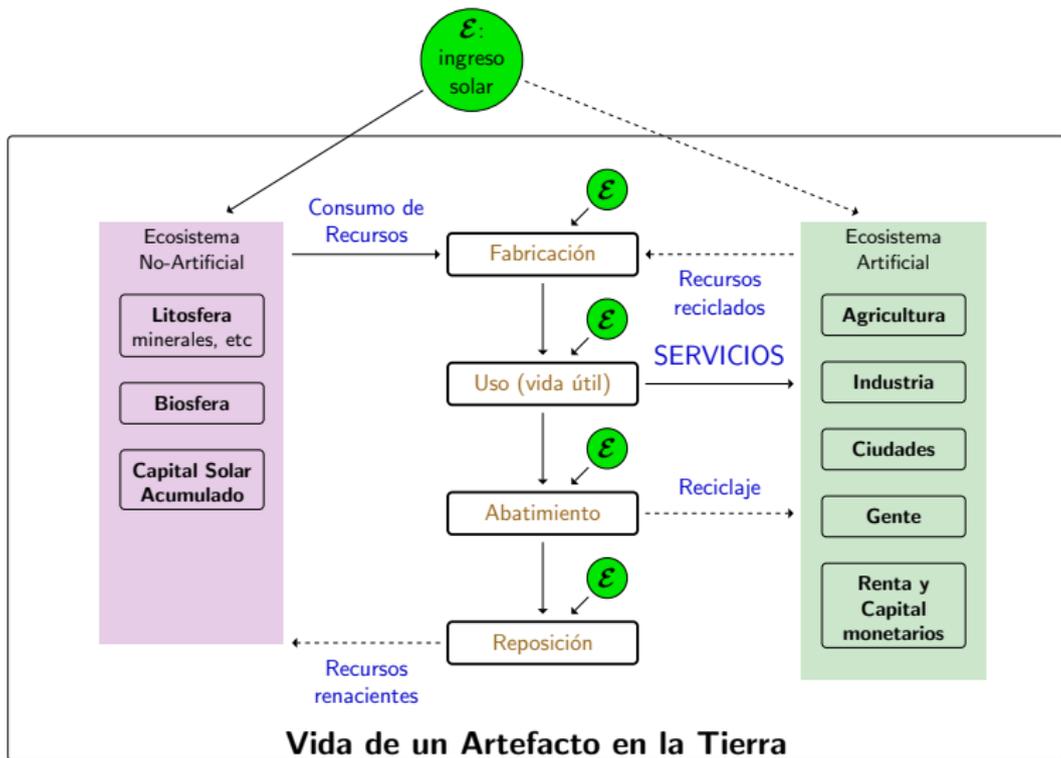


*La mayor máquina solar de Augustin Mouchot, exhibida en la Exposición Universal de París de 1878.*

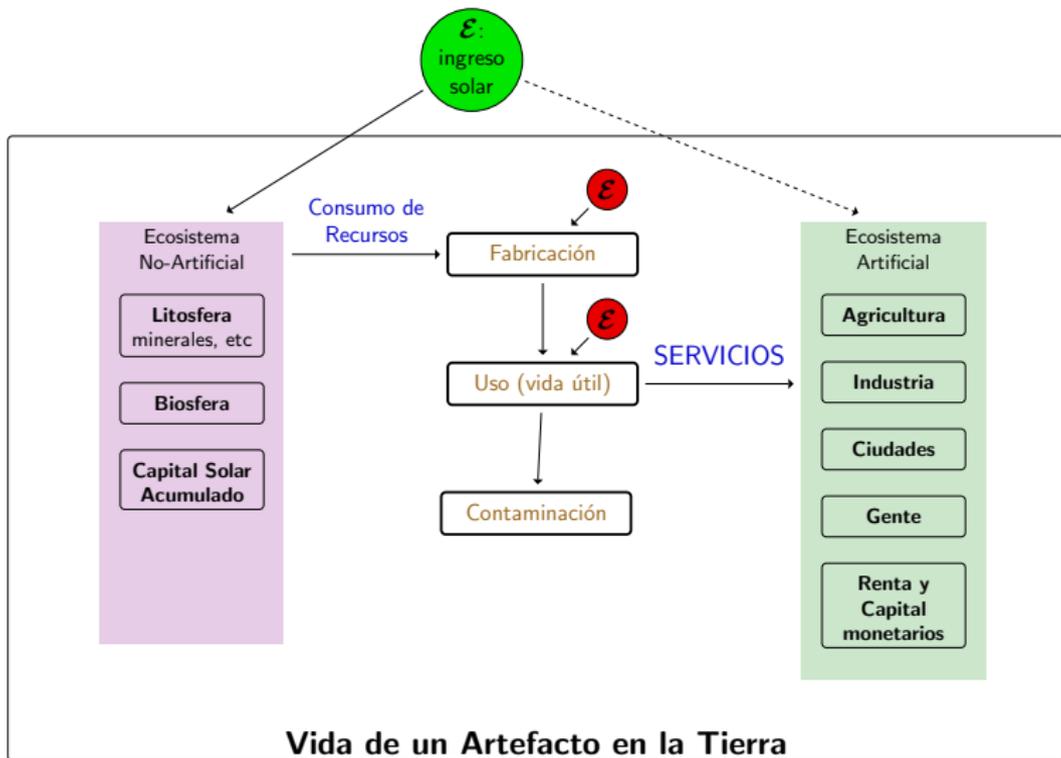
# Rendimiento y coste: un esquema contable



# Rendimiento y coste: 'todo ecológico'



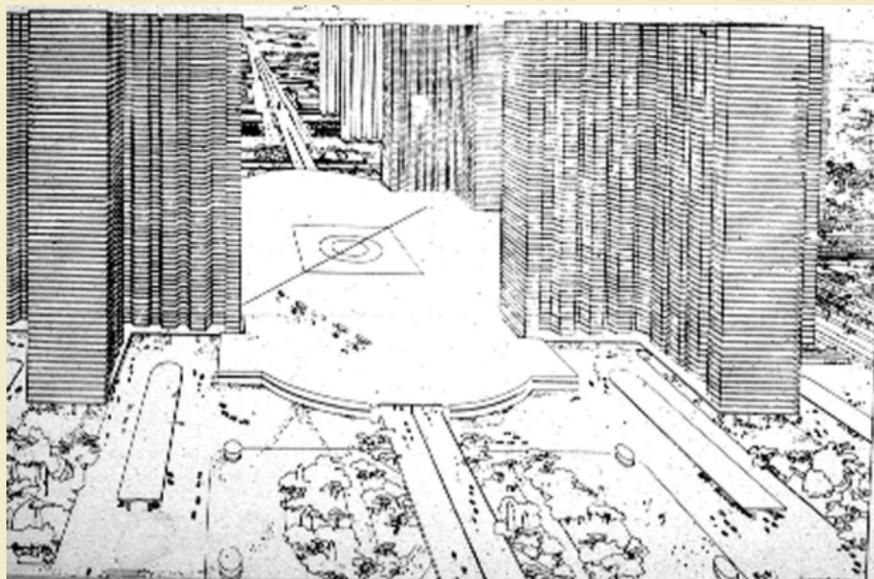
# Rendimiento y coste: 'todo económico'



# El paradigma técnico de la modernidad

---

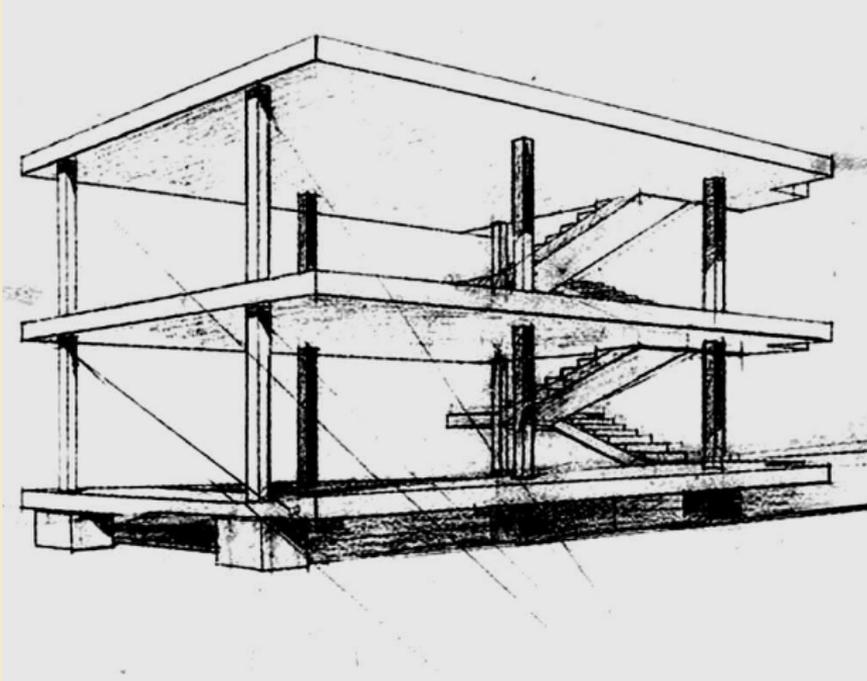
La urbanización difusa (*urban sprawl*), con áreas especializadas y homogéneas conectadas a través de sistemas intensivos de transporte.



# El paradigma técnico de la modernidad

---

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

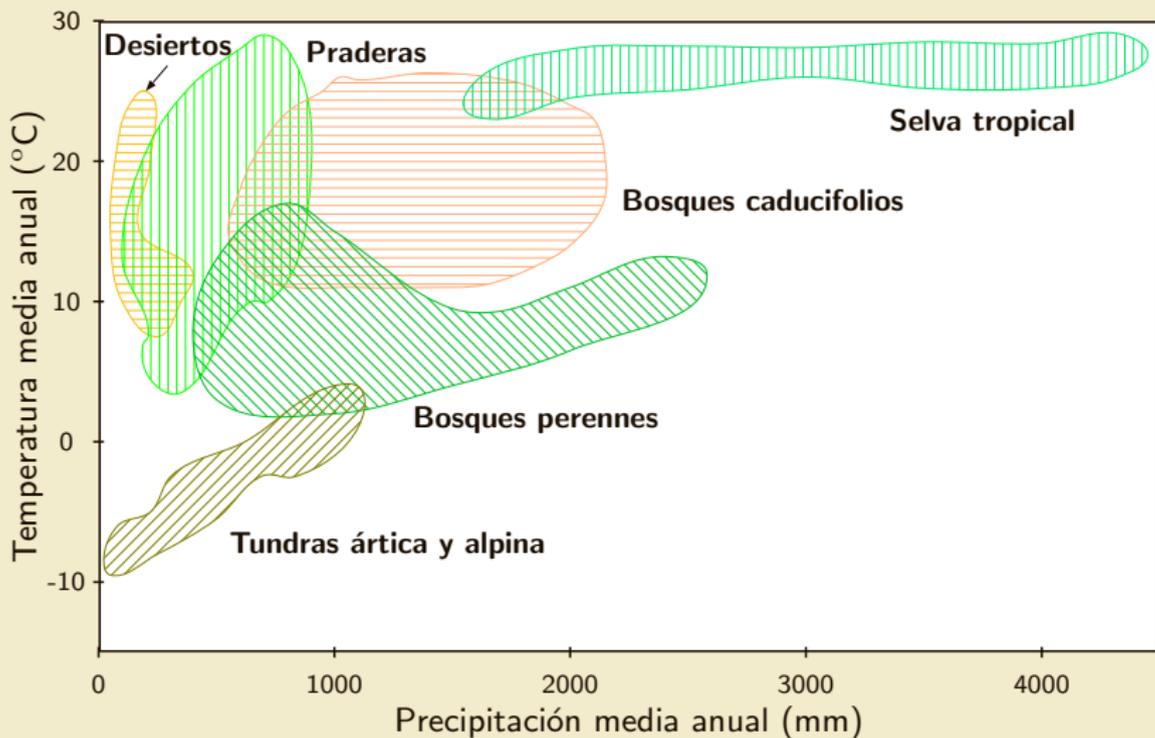


# El paradigma técnico de la modernidad

---

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

# Competencia y cooperación: organismos fotosintéticos



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

# Competencia y cooperación: organismos fotosintéticos

## La vida como agente geológico

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

Fuente: Lovelock (1983)

