

cátedra fedea-abertis

 IEB  
Institut  
d'Economia  
de Barcelona

fedea



**VII Workshop de Economía del Transporte**

# Inversión y tarificación de infraestructuras de transporte

Ginés de Rus (U. de Las Palmas, FEDEA y Universidad Carlos III)

M. Pilar Socorro (U. de Las Palmas y FEDEA)

# Contenido

- Introducción
- Evaluación económica de la inversión
- Tarificación e inversión
- Equilibrios subóptimos e irreversibilidad
- El modelo
- Elección óptima de la infraestructura
- Ilustración empírica
- Conclusiones

# Inversión pública y evaluación económica

- The standard economic appraisal technique, which helps assess the socio-economic desirability of the project, is **cost-benefit analysis**. It is designed to produce a measure of project returns corrected for the various distortions and constraints to markets mentioned above.
- CBA has a long tradition within Europe. **Its origin as a discipline is attributed to a French engineer, Jules Dupuit (1848), before being developed by economists.** It has become a standard part of public decision-making in many Member States, notably as a means to justify the use of public funds.

*European Investment Bank*

# Evaluación económica

- Jules Dupuit:  
“On the utility of public works” (1844)
- ¿Cuál es el beneficio social de un puente por el que no se paga peaje?

# On the measurement of the utility of public works\*

JULES DUPUIT†

Legislators have prescribed the formalities necessary for certain works to be declared of public utility; political economy has not yet defined in any precise manner the conditions which these works must fulfil in order to be really useful; at least, the ideas which have been put about on this subject appear to us to be vague, incomplete, and often inaccurate. Yet the latter question is more important than the former; enquiries—be they ever so numerous—laws and ordinances will not make a road, a railway, or a canal useful if it is not so already. The law ought merely to confirm the facts demonstrated by political economy. How is such demonstration to be made? Upon what principles, upon what formula, does it rest? How, in a word, is public utility to be measured? Such is the object of our enquiry in this chapter.<sup>1</sup>

---

\* Translated in *International Economic Papers*, 2(1952): pp. 83–110. English translation by R. H. Barback from “De la Mesure de l’Utilité des Travaux Publics,” *Annales des Ponts et Chaussées*, 2d series, Vol. 8, 1844. Reprinted by courtesy of *International Economic Papers*.

# Evaluación económica y tarificación

## Harold Hotelling

“The general welfare in relation to problems of taxation and of railways and utility rates” (1938)

## Tarificación al coste marginal:

“The efficient way to operate a bridge is to make it free to the public, so long at least as the use of it does not increase to a state of overcrowding”

•

# Tarificación de infraestructuras en España

- En España se han utilizado **criterios dispares según la modalidad de transporte.**
- Los usuarios del transporte aéreo pagan los costes de los operadores de servicios (aerolíneas) y del operador de la infraestructura (Aena).
- En el transporte ferroviario de alta velocidad los usuarios han venido pagando poco más que el coste variable del viaje.
- *Cuentas del transporte (FEDEA)*

# Equilibrios a largo plazo

- Ahorros marginales y beneficios sociales totales.
- Razones del cambio en la distribución modal.
- ¿Ahorro de recursos o transferencias de renta?
- La posibilidad de equilibrios subóptimos.



**Cuadro 3. Valor actual neto financiero y social de los corredores de alta velocidad  
(Millones de euros, 2013)**

<b>Corredor</b>	<b>VAN financiero</b>	<b>VAN social</b>
Madrid-Andalucía	-4.949	-3.363
Madrid-Barcelona	-4.077	-1.631
Madrid-Levante	-5.317	-3.659
Madrid-Norte	-3.926	-3.286

Horizonte temporal: 50 años; tasa de descuento financiera: 5%; tasa de descuento social, 3,5%

Fuente: Betancor y Llobet (2015)

# Equilibrios a largo plazo

- Dados los costes hundidos de especialización en una nueva tecnología, las consecuencias de utilizar un determinado criterio de tarificación van más allá de la mera utilización de la capacidad disponible a corto plazo.
- Es posible que se configuren a largo plazo **redes subóptimas e irreversibles** en comparación con las que se obtendrían con otra forma de tarificar.

# El modelo

- Supongamos una economía compuesta por el **sector transporte** y el resto de la economía.
- El sector transporte está compuesto por: **transporte aéreo** (dos aerolíneas) **y transporte ferroviario** (un operador).
- El regulador debe decidir el **tipo de infraestructura** a construir en un tramo que separa dos regiones.
- En cada tramo existen  **$N$  consumidores idénticos** con preferencias:

$$V(q_1, q_2, q_t, m) = U(q_1, q_2, q_t) + m$$

dadas estas preferencias no existen efectos renta y podemos centrarnos en un **análisis de equilibrio parcial del sector transporte**.

# El modelo

- Para el sector transporte, suponemos que el **consumidor representativo** tiene las siguientes preferencias:

$$U(q_1, q_2, q_t) = u_a q_1 + u_a q_2 + u_t q_t - \frac{1}{2} (q_1^2 + q_2^2 + q_t^2 + 2\gamma q_1 q_2 + 2\delta q_1 q_t + 2\delta q_2 q_t),$$

donde:

$u_a$  y  $u_t$  miden la preferencia por el modo de transporte,

$\gamma \in [0,1)$  representa el grado de diferenciación entre aerolíneas,

$\delta \in [0,1)$  representa el grado de diferenciación entre transporte aéreo y ferroviario.

# El modelo

Denotamos por:

$\mu_a$  : precio cobrado por el uso de los aeropuertos.

$\mu_t$  : precio cobrado por el uso de la infraestructura ferroviaria.

$c_a$  y  $c_t$  : coste marginal de operación de aerolíneas y operador ferroviario.

$C_a$  y  $C_t$  : coste marginal de mantenimiento y operación de las infraestructuras.

$r$  : coste de oportunidad de los fondos públicos.

$K_a$  y  $K_t$  : coste de construcción de las infraestructuras.

# El modelo

Para cada posible tramo la secuencia es la siguiente:

1. El regulador decide el **sistema de tarificación** por el uso de la infraestructura.
2. De acuerdo a ese sistema de tarificación, el regulador decide qué **infraestructura** construir.
3. Dadas las infraestructuras construidas y el sistema de tarificación, los operadores deciden el **precio del billete**.
4. Dado el precio del billete, los consumidores **demandan viajes** en los modos de transporte cuyas infraestructuras han sido construidas.

El modelo se resuelve por inducción hacia atrás.

# Etapa 4: los consumidores demandan viajes

Dado el sistema de tarificación, las infraestructuras construidas, el precio del billete, **los consumidores demandan el número de viajes** que maximiza su utilidad:

$$\underset{q_1, q_2, q_t}{Max} U(q_1, q_2, q_t) - (p_1 + t_a)q_1 - (p_2 + t_a)q_2 - (p_t + t_t)q_t,$$

Donde  $p_i$  es el precio del billete  $t_a$  y  $t_t$  todos los costes asociados a un determinado modo de transporte

**SOLUCIÓN:** Funciones de demanda de viajes.

## Etapa 3: Los operadores deciden el precio del billete

- Dado el sistema de tarificación y las infraestructuras construidas, anticipando cuál va ser la demanda, **los operadores eligen el precio del billete** que maximiza sus beneficios

$$\underset{p_i}{Max} \pi_i = (p_i - c_a - \mu_a)q_i$$

$$\underset{p_t}{Max} \pi_t = (p_t - c_t - \mu_t)q_t$$

### **SOLUCIÓN:** Precio del billete óptimo

- Alternativamente, podemos suponer que el transporte ferroviario está regulado.



## Etapa 2: elección del tipo de infraestructura

Dado el sistema de tarificación, y anticipando la conducta de operadores y consumidores, el regulador debe decidir **qué infraestructura/s construye** en el tramo que une dos regiones:

**Alternativa 0:** No construir ninguna infraestructura y retrasar la inversión hasta que la demanda sea mayor.

**Alternativa 1:** Construir solo la **infraestructura aeroportuaria**.

**Alternativa 2:** Construir solo la **infraestructura ferroviaria**.

**Alternativa 3:** Construir tanto la **infraestructura aeroportuaria como ferroviaria**.

# Etapa 1: Sistemas de tarificación

Suponemos dos sistemas de tarificación **utilizados en la vida real**:

**Tarificación de acuerdo al coste marginal a corto plazo:**

$$\mu_a = C_a$$

$$\mu_t = C_t.$$

**Tarificación que aproxima el coste marginal a largo plazo:**

$$\mu_a = C_a + A$$

$$\mu_t = C_t + T.$$

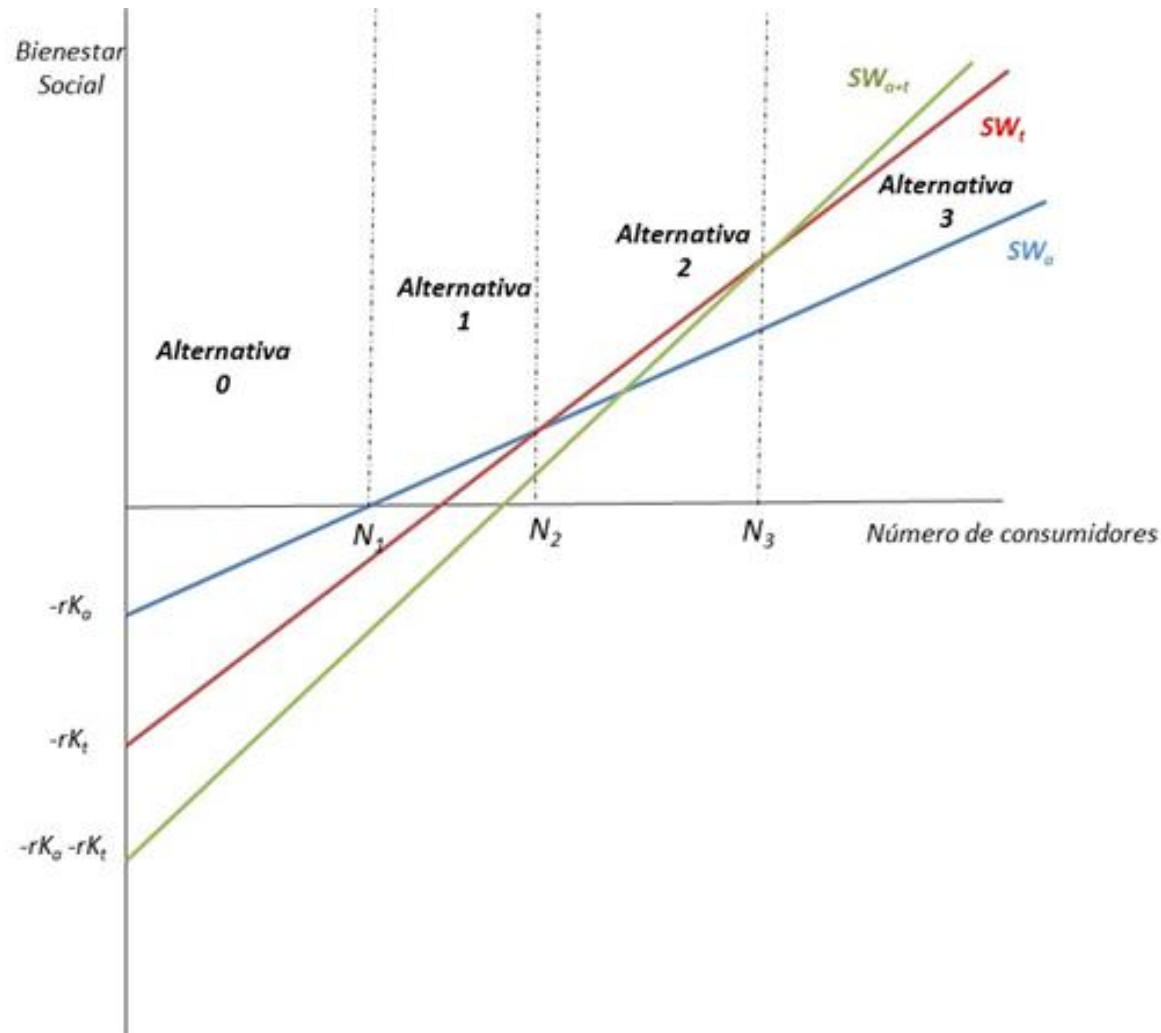
# Elección óptima de infraestructura

Habría que **comparar**, teniendo en cuenta el sistema de tarificación, el bienestar social de todas las alternativas.

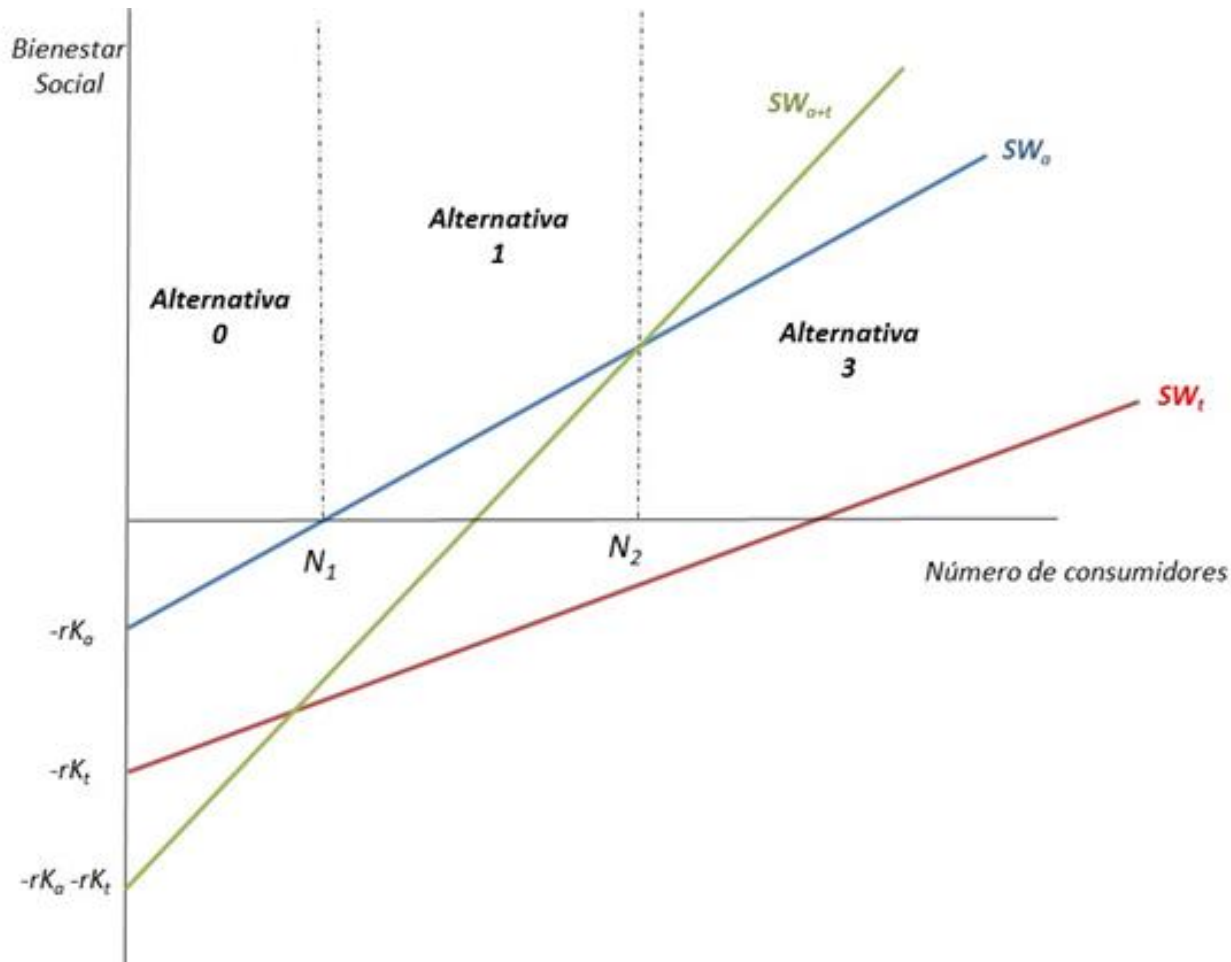
El **bienestar social** se define como la suma del **excedente el consumidor + beneficio de los operadores de transporte + beneficios para dueño infraestructuras – coste de oportunidad de los fondos públicos**

$$SW_{t+a} = N[U(q_1, q_2, q_t) - (p_1 + t_a)q_1 - (p_2 + t_a)q_2 - (p_t + t_t)q_t + \pi_1 + \pi_2 + \pi_t + (\mu_a - C_a)(q_1 + q_2) + (\mu_t - C_t)q_t] - rK_a - rK_t.$$

# Elección óptima de infraestructura



# Elección óptima de infraestructura



# Elección óptima de infraestructura

La elección óptima de la infraestructura depende de:

-La **población** que desea viajar.

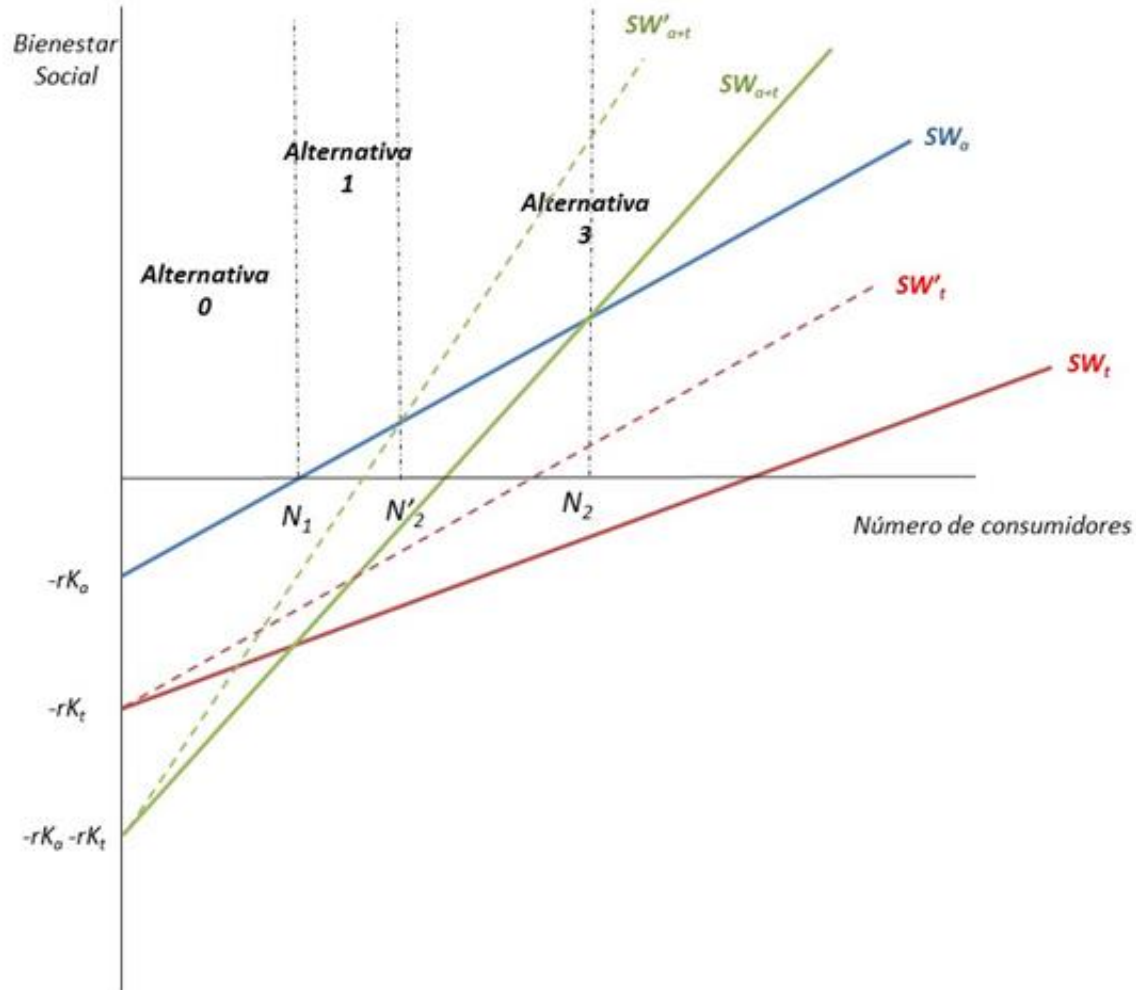
-Los **costes de construcción** de la infraestructura.

-La **pendiente de las funciones de bienestar social** de cada alternativa, que a su vez depende de:

las **preferencias del consumidor**, **costes de operación** de los operadores, **costes de operación y mantenimiento de la infraestructura** y **tipo de tarificación**.

De todas esas variables **la única que puede controlar el regulador es el sistema de tarificación**

# Elección óptima de infraestructura



# Cuando ya existen otros tramos conectados

- La construcción de un primer tramo con **infraestructura aeroportuaria reduce la inversión necesaria para conectar el siguiente tramo.**
- Esto **no ocurre con la infraestructura ferroviaria**, ya que el mayor coste de construcción radica en el coste de las vías.
- El **coste de inversión en infraestructura aeroportuaria puede variar** dependiendo del número de consumidores que hay en la economía.
- **El coste de inversión en infraestructura ferroviaria no varía tanto**, ya que el mayor coste de construcción radica en el coste de las vías.
- La **irreversibilidad de la inversión**: la infraestructura debe utilizarse, pero no necesariamente seguir invirtiendo .



# Ilustración empírica

- **Ejemplo de una ruta de 600 kms** (por ejemplo, Madrid-Barcelona).
- **Valores para los parámetros más o menos reales.**
- **No pretende sustituir a las evaluaciones ya existentes** si no ilustrar la potencialidad del modelo para establecer patrones a la hora de elegir el tipo de infraestructura óptima según el nivel de demanda.

# Ilustración empírica

**Tabla 1. Umbrales mínimos de demanda cuando el tren no está regulado**

	Alternativa 1: Solo avión	Alternativa 2: Solo tren	Alternativa 3: Avión + tren
<b>Tarificación con coste marginal a corto</b>	<b>Población mínima:</b> 15.301  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 1.558.407	-	<b>Población mínima:</b> 258.730  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 16.964.926 En tren: 14.949.419
<b>Tarificación que aproxima el coste marginal a largo</b>	<b>Población mínima:</b> 15.385  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 1.538.500	-	<b>Población mínima:</b> 421.300  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 34.854.9149 En tren: 12.182.311

# Ilustración empírica

**Tabla 2. Umbrales mínimos de demanda cuando el tren está regulado**

	Alternativa 1: Solo avión	Alternativa 2: Solo tren	Alternativa 3: Avión + tren
<b>Tarificación con coste marginal a corto</b>	<b>Población mínima:</b> 15.301  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 1.558.407	<b>Población mínima:</b> 208.930  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En tren: 27.160.900	<b>Población mínima:</b> 246.730  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 8.221.174 En tren: 26.326.091
<b>Tarificación que aproxima el coste marginal a largo</b>	<b>Población mínima:</b> 15.385  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 1.538.500	<b>Población mínima:</b> 266.670  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En tren: 26.670.000	<b>Población mínima:</b> 280.660  <b>Nº mínimo de viajes:</b> En avión: 18.685.220 En tren: 14.986.402

# Conclusiones

- Las decisiones de **inversión y tarificación son inseparables**.
- La motivación de este trabajo está ligada a la necesidad de que recuperemos en España los **principios económicos básicos en la planificación de nuevas infraestructuras**.
- Las conclusiones obtenidas se basan en la **modelización realizada y una ilustración numérica**.
- Con la población existente, la opción de construir **aeropuertos exclusivamente** hubiese sido la opción óptima en España **incluso con un precio de acceso igual al coste marginal a corto plazo** (subvencionando los costes de inversión).
- Para que fuese socialmente rentable construir aeropuertos y la línea de alta velocidad, **se requiere un volumen de usuarios muy superior al actual**.

# Conclusiones

- La modelización no contempla el **carácter multiproducto de la infraestructura aeroportuaria** (vuelos domésticos, internacionales y carga) frente a la singularidad de la alta velocidad ferroviaria (prácticamente solo viajes interurbanos domésticos).
- La **irreversibilidad de las inversiones en infraestructura ferroviaria** es mayor que la de la infraestructura aeroportuaria.
- Hay **distintos tamaños de infraestructura aeroportuaria** pero en ferrocarril la inflexibilidad es mucho mayor.
- El carácter irreversible de la inversión hace que, **una vez que se han construido las líneas de alta velocidad** en España, **el coste de utilizarlas sea mucho menor..**
- Esta irreversibilidad **no alcanza a lo que todavía no ha sido construido.**