

# Un análisis econométrico de la relación de sustitución entre el AVE y el transporte aéreo

José Ignacio Castillo Manzano <sup>a</sup>, Juan Ramón Trapero Arenas <sup>b</sup>, Rafael Del Pozo Barajas <sup>c</sup>

## Resumen

La implantación del AVE en España se ha convertido en un ejemplo a nivel mundial, pero conlleva grandes costes, además de competir con las líneas aéreas ya existentes, y con las nuevas LCC que han surgido durante este periodo. En este trabajo analizamos desde una perspectiva dinámica la relación de sustitución que existe entre estos dos medios de transporte, observando una relación mucho menos estrecha que la prevista en estudios realizados a priori.

**Código JEL:** L91, L92, L93.

<sup>a</sup> *Departamento de Análisis Económico y Economía Política. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla. Av. Ramón y Cajal 1, 41018-SEVILLA. Tel: 954 556 727. Email: jignacio@us.es.*

<sup>b</sup> *Departamento de Administración de Empresas. Facultad de Ciencias y Tecnologías Químicas. Universidad de Castilla – La Mancha. Avenida de Camilo José Cela 10, 13071-CIUDAD REAL. Tel: 926 29 53 00-Ext.3488. Email:JuanRamon.Trapero@uclm.es.*

<sup>c</sup> *Departamento de Economía Financiera y Dirección de Operaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Sevilla. Av. Ramón y Cajal 1, 41018-SEVILLA. Tel: 954 55 75 33. Email: pozo@us.es.*

## 1. Introducción

La forma en que la implantación del AVE en España y cómo este país se ha convertido en exportador de modo transporte es un caso de estudio de relevancia internacional (véase Campos y De Rus 2009; Marti-Henneberg, 2013; Redondi et al., 2013; Socorro y Viicens, 2013; Martin and Nombela, 2007 sobre este tema). En poco tiempo, tras la puesta en marcha de las últimas líneas Madrid-Barcelona-Figueres y Madrid-Valencia-Alicante, España ha pasado a tener la segunda red de HST más amplia del mundo, situándonos detrás de China, país que por dimensiones y población difícilmente se puede comparar con España (Albalate y Bel, 2011), concretamente, más de 3.100 km en servicio en 2013 (Adif, 2014).

A priori, la implantación de los trenes de alta velocidad presenta importantes ventajas socio-económicas (Alonso Logrono y Bellet Sanfeliu, 2009; Froidh, 2008; Garmendia et al., 2008). Martin y Nombela (2007) también señalan un incremento del número de viajeros del 1,2% entre las distintas ciudades españolas por la mejora de las infraestructuras de HST, incremento que va más allá de la simple sustitución de otros medios de transporte. Por ello no es de extrañar que sus promotores políticos difundan en la prensa estudios de impacto ad hoc según los cuales las nuevas líneas de AVE van a crear decenas de miles de puestos de trabajo (Otero, 2010; Álvarez, 2010).

Sin embargo, éste también tiene algunas desventajas, como las medioambientales (Leheis, 2012; Belingard et al., 2012, Chester y Horvath, 2010), pero la principal desventaja del HST es el coste. En este sentido, cabe señalar que el coste medio por kilómetro para España se ha situado entre 7,8 y 20,0 millones de euros por kilómetro según la línea (Campos y De Rus, 2009), aunque tramos con una orografía complicada pueden alcanzar los 60 millones de euros por Km. Estos importantes costes económicos cada día son más incompatibles con las obligaciones de control del déficit que la EU impone a los estados miembros. Por todo ello, no es de extrañar que vaya creciendo un fuerte debate académico y también social en torno a la idoneidad del HST. Por ejemplo, Givoni (2006) indica que una gran inversión en infraestructura de alta velocidad no se puede justificar sólo con el desarrollo económico esperado, ya que éste no es seguro. De ahí la necesidad de una adecuada evaluación del coste

de la inversión a priori (De Rus y Nombela, 2007; De Rus y Roman, 2006), y evitar que el desarrollo de la red de HST en España venga fijada por criterios políticos y no económicos (Bel, 2011). Por otra parte, Herrerías y Orts (2012) indican que no se detecta una relación clara entre la inversión en kilómetros de ferrocarril y el incremento de la productividad a largo plazo, aunque sí la hay entre la demanda efectiva de esta infraestructura y la productividad.

Un elemento importante en este debate es la competencia y la colaboración del AVE con otros medios de transporte (Gonzalez-Savignat, 2004; Roman et al., 2007; Kappes y Merkert, 2013; Givoni y Banister, 2006; Lythgoe y Wardman, 2002; Redondi et al., 2013; y Socorro y Viécens, 2013). El objetivo principal de este trabajo es estimar el efecto que la expansión de la red del AVE en España ha tenido sobre el transporte aéreo, estimando la relación de sustitución entre ambos tipos de transporte. Todo ello en un contexto temporal amplio, desde enero de 1996 a diciembre de 2012, marcado por la expansión de las líneas aéreas de bajo coste (LCCs), tanto internacionales, como Ryanair o Easyjet, como nacionales, especialmente Vueling (Castillo-Manzano et al., 2012; y Bel y Fageda, 2010). Dicha expansión de las LCCs, especialmente en vuelos nacionales, supone un elemento importante a tener en cuenta, ya que a priori, al disminuir el coste de los desplazamientos aéreos, aumentaría la competencia frente al HST (Yang y Zhang, 2012).

El análisis de la relación de sustitución entre AVE y transporte aéreo es de especial relevancia económica. En primer lugar, su estimación es necesaria para elaborar las previsiones de demanda y/o el Análisis Coste Beneficio Social (De Rus y Roman, 2006) que sirven para justificar o no la viabilidad de una nueva línea de HST. De esta forma, encontramos trabajos previos como el de Martín y Nombela (2007), que indican que el HST atraería viajeros principalmente de líneas aéreas y autobús en viajes de más de 500 Km, mientras que en trayectos menores la competencia principal serían los automóviles; en el mismo sentido se pronuncian Armstrong y Preston (2011). En el caso del AVE Madrid-Sevilla, De Rus e Inglada (1997) observan que los pasajeros aéreos entre estas dos ciudades pasan de 694.400 (25,1%) en 1992 a 352.200 (10,1%) en 1996, tras la puesta en marcha del AVE, mientras que los de este nuevo medio alcanzan 1.438.200 (41,3%). En el caso Madrid-Barcelona, Roman et al. (2007) estimaban que en el mejor de los casos, la cuota de mercado del AVE no superaría el 35%. Dobruszkes (2011)

detecta que las compañías aéreas, como respuesta a la introducción del HST, pueden reducir el número de pasajeros por vuelo, aumentando la frecuencia, lo que evitaría reducir su número total de viajeros. En el mismo sentido, Yang y Zhang (2012) indican que en el mercado chino, las variables que más afectan a la decisión entre ambos medios de transporte son el precio y la frecuencia. Jiménez y Betancor (2012) indican que, con la introducción del AVE en España, las operaciones aéreas se han reducido un 17%, a la vez que ha aumentado la demanda de transporte, lo que ha reducido aún más su share. Finalmente, según Castillo-Manzano et al. (2012) la reducción de vuelos Madrid-Barcelona por la introducción del AVE que une ambas ciudades sería del 9,63%.

Frente a estos trabajos previos, nuestro enfoque ofrece las siguientes ventajas. En primer lugar, considera de forma dinámica como ha ido creciendo la red de AVE y como ese crecimiento ha podido afectar al transporte aéreo, de esta forma se puede cuantificar el efecto de nuevas rutas de alta velocidad o nuevas terminales en los aeropuertos. Por otra parte, los trabajos previos suelen emplear, para explicar la influencia de las nuevas estaciones de AVE sobre el tráfico aéreo, modelos de regresiones basados en medias de variables dicotómicas y coeficientes constantes. Nosotros empleamos una metodología más flexible y robusta, capaz de permitir parámetros variantes en el tiempo. La idea subyacente es explorar el factor de sustitución entre AVE y avión desde un punto de vista dinámico. Esencialmente, el efecto sustitución entre ambos medios de transporte puede ser una variable estocástica no estática en lugar de un coeficiente constante. En concreto, el modelo propuesto es una Regresión Lineal Dinámica de la familia de los modelos TVP (Time Varying Parameters) (West y Harrison, 1989; Harvey, 1989). Finalmente, al llevar el análisis hasta diciembre del 2012, podemos incluir tanto las nuevas líneas que se han incorporado (como la de Cuenca-Albacete-Valencia), como el efecto de la crisis económica, partiendo de la base de que el AVE es un medio de transporte con un precio alto para el viajero, aunque generalmente no cubra el coste total de la obra, así como la explosión global de las LCCs en el mercado español, que en el último mes de la muestra representaba el 52,5% del tráfico aéreo comercial de pasajeros.

Este trabajo está organizado de la siguiente forma: La sección 2 presenta los datos y la aproximación metodológica. La sección 3 presenta los resultados empíricos. La 4 incluye la discusión de estos resultados. Finalmente, la 5 presenta las conclusiones del estudio.

## 2. Datos y metodología

El conjunto de datos puede ser dividido en dos grupos:

(A) Los pasajeros aéreos de vuelos nacionales con destino u origen en Madrid-Barajas, que se considera una variable endógena y se computa como  $planepas_t$  (Aena, 2014).

(B) Las variables exógenas, como:

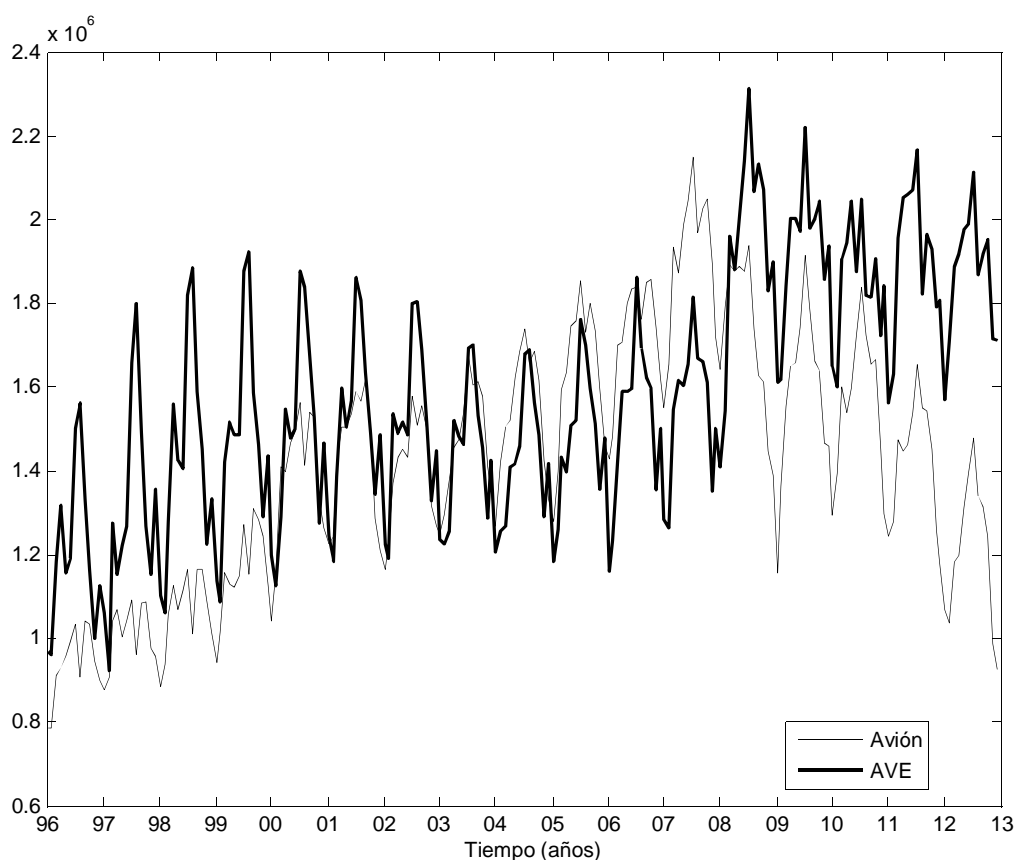
- a. Los pasajeros aéreos del periodo anterior ( $planepas_{t-1}$ ). Esta variable es importante bajo el supuesto de que el número de pasajeros del periodo  $t$  está fuertemente influido por los del periodo anterior.
- b. El número de pasajeros de AVE, denominado  $avepas_t$  (Ministerio de Fomento, 2014).
- c. El ciclo económico, medido mediante el número de desempleados ( $unemp_t$ ). Los datos anteriores a 2005 son estimaciones basadas en simulaciones publicadas por el SEPE, para mantener los mismos criterios de medida en todo el periodo (enero 1996 a diciembre 2012) (SEPE, 2014).
- d. Indicadores o variables exógenas dicotómicas:
  - i. El 9 de enero de 2009 Madrid sufrió una gran nevada, que colapsó el aeropuerto durante varias horas. Esta variable dicotómica ( $snow_t$ ) está modelizada como un pulso, con todos sus valores nulos, salvo el de enero de 2009, que es uno. (ABC 2009).
  - ii. Días laborables ( $bus_t$ ): El número de días laborables en un mes puede variar considerablemente, y puede tener un efecto sustancial sobre el número de

pasajeros aéreos. Esta variable se calcula restando a los días laborables del mes el número de sábados o domingos multiplicándolos por 5/2. Los días festivos de cada mes se restan de los laborables.

- iii. Variables dicotómicas estacionales. Se utilizan once variables de este tipo para modelar la estacionalidad anual esperada en los datos.

Los datos son mensuales, desde enero de 1996 hasta diciembre de 2012, resultando un total de 204 observaciones por variable.

El Gráfico 1 muestra los pasajeros de vuelos nacionales y los de AVE. Es destacable la fuerte estacionalidad anual en ambas series. Es interesante señalar que, aunque ambas series son fuertemente estacionales, su forma, especialmente durante los primeros años, es bastante diferente. Además, sobre el principio de 2008 hay una caída significativa de los pasajeros aéreos nacionales, acompañada de una destacable subida de los pasajeros de AVE.



**Gráfico 1.** Pasajeros de vuelos nacionales y de AVE.

En las Tablas 1 y 2 se muestra información adicional que puede explicar el efecto sustitución entre avión y tren. En particular, la Tabla 1 muestra la fecha de inauguración de diversos tramos de AVE. La Tabla 2 muestra las fechas en que las nuevas terminales de los aeropuertos de Madrid (T4) y Barcelona se pusieron en marcha.

Tramo AVE	Inauguración
Madrid-Zaragoza	10/2003
Madrid-Málaga	12/2007
Madrid-Valladolid	12/2007
Madrid-Barcelona	02/2008
Madrid-Valencia	12/2010

**Tabla 1.** Fechas de inauguración de tramos AVE.

Terminal Aeropuerto	Inauguración
Madrid T4	02/2006
Barcelona	07/2009

**Tabla 2.** Fechas de inauguración de las nuevas terminales de los aeropuertos de Madrid y Barcelona.

El modelo de series temporales empleado en el análisis pertenece al tipo de parámetros variables en el tiempo (TVP), descrito en un marco de Espacio de los Estados (West and Harrison, 1989). El modelo de Regresión Lineal Dinámico propuesto puede describirse como:

$$planepas_t = \beta_0 + \beta_1 planepas_{t-1} + \beta_2 avepas_t + \beta_3 unemp_t + \beta_4 snow_t + \beta_5 bus_t + \sum_{i=6}^{16} \beta_i Seas_{it} \quad (1)$$

Donde:

1.  $planepas_t$  es el número de pasajeros aéreos nacionales con destino u origen Madrid-Barajas en el periodo  $t$ .
2.  $planepas_{t-1}$  es el número de pasajeros aéreos nacionales en el periodo  $t-1$
3.  $avepas_t$  es el número de pasajeros de AVE.
4.  $unemp_t$  es el número de desempleados.
5.  $snow_t$  es una variable dicotómica que refleja el colapso del aeropuerto por la fuerte nevada de enero de 2009.

6.  $bus_t$  es una variable dicotómica que refleja la relación entre días laborables y festivos en el mes  $t$ .

7.  $Seas_{it}$  es un conjunto de variables dicotómicas para  $i=6, \dots, 16$  y periodo  $t$ .

Para poder relacionar los coeficientes estimados con sus respectivas elasticidades las variables se han transformado logarítmicamente, excluyendo las dicotómicas. Nótese que la ecuación (1) asume que el coeficiente  $\beta_{2t}$  es variable en el tiempo, al contrario que otros estudios, que asumen que este coeficiente es constante. En este sentido,  $\beta_{2t}$  refleja el efecto sustitución entre pasajeros aéreos y de AVE.

Para permitir que el parámetro  $\beta_{2t}$  varíe en el tiempo se ha utilizado un modelo generalizado de paseo aleatorio expresado en un marco de Espacio de los Estados (Jakeman y Young, 1981), tal que:

$$\begin{pmatrix} x_t \\ x_t^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ 0 & \alpha_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{t-1} \\ x_{t-1}^* \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \eta_t \\ \eta_t^* \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\beta_{2t} = (1 \quad 0) \begin{pmatrix} x_t \\ x_t^* \end{pmatrix} \quad (3)$$

Aquí, (2) y (3) son las ecuaciones de estado y observación, respectivamente, donde  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  y  $\alpha_3$  son parámetros constantes;  $\beta_{2t}$  es un componente de señal suavizado del primer estado  $x_t$ ; y  $x_t^*$  es una segunda variable de estado (normalmente conocida como “pendiente”); mientras que  $\eta_t$  y  $\eta_t^*$  son variables de ruido blanco de media cero, serialmente incorrelacionadas con una matriz de covarianzas con diagonal constante.

Dependiendo de los valores de  $\alpha_i$ ,  $i=1,2,3$ , el modelo puede ser particularizado para casos especiales como el Paseo Aleatorio (Random Walk), Paseo Aleatorio Suavizado (Smoothed Random Walk), Paseo Aleatorio Integrado (Integrated Random Walk), Tendencia Local Lineal (Local Linear Trend) y Tendencia Amortiguada (Damped Trend). Por ejemplo, si  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$ ;  $\eta_t = 0$  el modelo es el de Paseo Aleatorio Integrado (IRW). Estos modelos están implementados en la herramienta de MATLAB denominada CAPTAIN, donde la estimación de estado es obtenida por medias del filtro



Kalman y algoritmos de Intervalo Fijo Suavizado. Una descripción más detallada de los algoritmos implementados en CAPTAIN puede encontrarse en Taylor et al. (2007). En nuestro caso particular se ha empleado el modelo IRW para estimar  $\beta_{2t}$ .

### 3. Resultados y discusión

El Gráfico 2 muestra la estimación de  $\beta_{2t}$ <sup>1</sup> en el tiempo. Se puede concluir, en efecto, que el parámetro no es constante, como habíamos asumido. Para facilitar la visión de la influencia de los nuevos tramos de AVE y de las nuevas terminales aéreas, se han añadido líneas verticales al gráfico. Las líneas discontinuas representan las fechas en las que se pusieron en marcha los nuevos tramos de AVE. Esa información está recogida en la Tabla 1. Las líneas de puntos reflejan las fechas de inauguración de las nuevas terminales aeroportuarias, contenidas en la Tabla 2.

Dado que las variables de pasajeros de avión y de tren en la ecuación (1) están transformadas en logaritmos, el parámetro  $\beta_{2t}$  es una pseudo elasticidad cruzada, pero donde el denominador es una cantidad y no un precio. Básicamente, da la información de en qué porcentaje disminuyen los pasajeros de avión si los pasajeros del ave aumentaran un 1 %. Por ejemplo, si entre los años 2007 y 2012, los pasajeros mensuales de ave han aumentado en promedio un valor de 312.674 (20.17 %), los pasajeros de avión han descendido en 46.896 (2.47 %).

Es fácil ver como la relación de sustitución entre ambos medios de transporte ha ido disminuyendo con el tiempo. Pasando de un valor entorno al 0.138 a principios de 1996 hasta un valor inferior al 0.12 en torno al 2006. Este resultado podría entenderse también como que en el AVE existiría un cierto efecto novedad, es decir, tras su inauguración, que va disminuyendo, posiblemente también influido por el aumento de competitividad que fue alcanzado el transporte aéreo, con el desarrollo de las LCCs desde principios de este siglo.

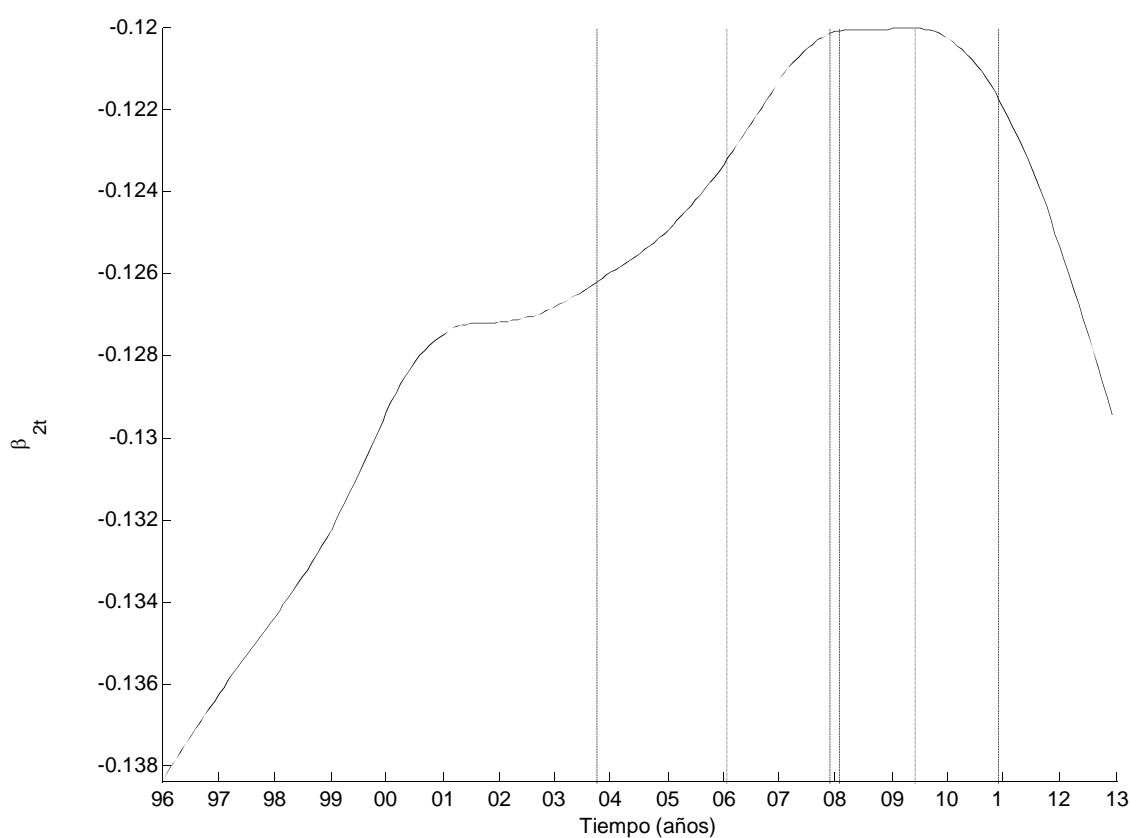
Dicho proceso de disminución se dio a pesar de la ampliación de la red en dicho periodo con las nuevas conexiones a Zaragoza y Málaga. Dicha disminución sólo se ralentizó temporalmente en torno a

---

<sup>1</sup> Nótese que la estimación de  $\beta_{2t}$  es estadísticamente significativa al nivel del 5%.

finales de 2001, lo que claramente es una evidencia del efecto del 11 de septiembre, que durante los meses posteriores al atentado se dejó sentir sobre el transporte aéreo. De cualquier forma, la elasticidad siguió tendiendo a cero con la apertura de la nueva línea de AVE a Zaragoza (10/2003) y la apertura de la T4 en Madrid (02/2006).

Dicha disminución sólo se frenó con la inauguración de las líneas de AVE a Málaga y Barcelona (finales 2007 y principios del 2008). Aunque sólo hay indicios de cambio de tendencia a partir de 2010, que se acelera con la entrada en vigor de la línea Madrid-Valencia (12/2010).



**Gráfico 2.** Estimación de  $\beta_{2t}$  en el Tiempo.

El resto de los parámetros estimados se muestra en la Tabla 3. En aras de la claridad no se han incluido las estimaciones de las variables dicotómicas del modelo de estacionalidad. Nótese que, aunque algunas variables dicotómicas estacionales no son estadísticamente significativas, es importante incluirlas en el modelo para poder reflejar todo el patrón de estacionalidad.

**Tabla 3.** Resultados de las estimaciones del modelo dinámico de regresión lineal propuesto en (1)

<b>Variable Explicativa</b>	<b>Estimación</b>
$\beta_0$	7.3*** (1.39)
$planepas_{t-1}$	0.614*** (0.0647)
$unemp_t$	-0.0606 (0.0538)
$snow_t$	-0.1499*** (0.0414)
$bus_t$	0.0021 (0.001)
$R^2$	0.97
$\sigma^2$	$1.4 \times 10^{-3}$
Q(12)	11.58
Q(24)	19.47
KSL	0.06 (0.59)

*Nota:* Uno, dos, o tres asteriscos indican niveles de significación del 10%, 5% y 1%, respectivamente.

$\sigma^2$  representa la varianza de las innovaciones; Q(12) es el estadístico de Ljung-Box Q para 12; KSL es un test de Kolmogorov-Smirnov-Lillieforsgaussianity (P-valores entre paréntesis).

#### 4. Conclusiones

Este trabajo presenta una aproximación metodológica completamente original respecto a trabajos anteriores, basada en modelos dinámicos de regresión lineal del tipo de parámetros variables en el tiempo desarrollado en un marco de Espacio de los Estados. Gracias a los mismos podemos analizar en profundidad la relación de sustituibilidad que existe entre el transporte de pasajeros en AVE y el transporte aéreo. Mediante un caso de estudio relevante como es el rápido crecimiento de la red de alta velocidad española, que se ha convertido en la segunda más extensa del mundo, con más de 3.100 km en servicio en 2013, se consigue ofrecer la visión más precisa hasta la fecha del grado de sustituibilidad entre ambos modos de transporte y contrastar la hipótesis de si realmente existen economías de red en el HST.

En primer lugar, los resultados nos confirman que la visión dinámica de dicha relación de sustitución es la que se debe de adoptar, ya que dicha relación sufre una variación importante a lo largo de todo el periodo de estudio. Concretamente vemos como dicha relación de sustitución va desde un -0.138 en enero de 1996, máximo valor absoluto en el periodo estudiado hasta un valor mínimo de -0.12 en torno al cual fluctuó entre principios de 2008 hasta finales de 2009, lo que implica una disminución de pasajeros de avión de 849.523 pasajeros en un promedio anual. En todo caso el resultado

medio de esa relación de sustitución dentro del periodo objeto de estudio fue de 772.260 pasajeros en un promedio anual.

Poniéndolo en relación con estudios anteriores, vemos que De Rus y Roman (2006) habían previsto que el 91% de los viajeros de AVE provenientes de otros medios de transporte en el tramo Madrid-Barcelona lo fuesen del avión, mientras que Roman et al. (2007) estimaban que en el mejor de los casos, la cuota de mercado del AVE no pasaría del 35%. Martin y Nombela (2007) preveían para 2010 que el avión perdería un 20% de cuota de mercado a nivel nacional, que iría al tren, mientras que Jiménez y Betancor (2012) estimaban esta reducción en un 17%. En resumen, nuestros resultados son bastante más modestos de lo que defienden estos trabajos, generalmente basados en previsiones a priori, o dicho de otro modo, el AVE y las líneas aéreas parecen ofrecer servicios más independientes de lo que a priori podría parecer.

Además dicha relación sigue un patrón muy claro, en primer lugar hasta finales de 2007 va decreciendo en valor absoluto, a pesar de que va aumentando la supuesta “red” de alta velocidad española con nuevos tramos. Éstos no cumplen las hipótesis básicas para que el HST sea eficiente: enlazar grandes centros urbanos, de al menos 750 mil habitantes, a distancias entre 400 y 750 Km, capaces de generar un flujo anual de entre 12 y 15 millones de pasajeros (Vickerman, 1997). Ninguna de las ciudades supera los 140.000 habitantes, salvo Zaragoza que, con 682.000, sólo dista 315 Km de Madrid.

Por otra parte este resultado demostraría que, en condiciones normales, es decir, con tarifas que mínimamente no sólo cubran los costes de explotación sino también los fijos de la inversión, no estaríamos ante ninguna “red” geográfica de transporte sino ante un conjunto de líneas sueltas, y dado que alguna de las nuevas líneas están lejos de los requisitos exigidos vemos cómo los nuevos pasajeros del AVE cada vez proceden menos del avión y su procedencia sería más de antiguos trenes convencionales, coche o autobús. En el caso de procedencia de antiguos trenes no habría una sustitución libre sino inducida por el gobierno, ya que RENFE una vez que inaugura una nueva línea de alta

velocidad, prácticamente suprime todas las frecuencias basadas en trenes convencionales, obligando al usuario a pasarse al AVE con precios significativamente superiores.

En caso de que la procedencia mayoritaria no fuera de los aviones, como nuestros resultados parecen sugerir, esto afectaría en gran medida a los supuestos y resultados de los Análisis de Coste Beneficio que deben sustentar las decisiones de las costosas nuevas líneas de HST. Ya De Rus y Roman (2006) indicaban que la inversión en el tramo Madrid-Barcelona sólo sería rentable, en el mejor de los casos, con una demanda en el primer año de 9,5 millones de viajes, suponiendo que el 91% de los viajeros del AVE procedente de otros medios de transporte lo fuesen del aéreo. Lo cual, según nuestros resultados está muy lejos de la realidad. De hecho, en nuestra estimación esta proporción sería del 9,8% para el periodo 1996-2012, y la disposición a pagar de usuarios que proceden de trenes convencionales, bus o coche estará claramente por debajo de los costes del AVE. Además, los viajeros del corredor Nordeste español, en el cuál se incluye esta línea, nunca han superado los 5,7 millones (Ministerio de Fomento, 2014).

Sin embargo, con la entrada en funcionamiento de las líneas Madrid-Málaga (diciembre 2007) y Madrid-Barcelona (Febrero 2008) la disminución de la sustituibilidad en valor absoluto se paraliza, invirtiendo su tendencia en 2010, fecha en que vuelve a aumentar. Este efecto se ve incrementado por la entrada en funcionamiento de la línea Madrid-Valencia (diciembre 2010). En estos tres casos sí nos acercamos más a las condiciones necesarias que plantea Vickerman, al tratarse de tres grandes ciudades con distancias comprendidas entre los 354,4 Km de Valencia (con 2,5 millones de habitantes en la provincia, frente a los 975 mil de Zaragoza), 530,5 Km de Málaga (con 1,6 millones) y 619,9 Km de Barcelona (con 5,5 millones). Este efecto se ve amplificado al incluir un nodo de alto valor a la red y que tradicionalmente ha estado servido por uno de los puentes aéreos con más pasajeros de Europa, Madrid-Barcelona. Su entrada aumenta claramente la sustitución entre AVE y avión, concretamente un 6%.

Por tanto, nuestras conclusiones nos permiten mantener que incluso en la que actualmente es la “red” de HST más amplia geográficamente del mundo, respecto al tamaño del territorio de referencia, la

península ibérica, no existe evidencia empírica alguna sobre que dicha red haya generado claros efectos de red, valga la redundancia, ya que el valor del coeficiente de sustitución al final del periodo analizado es inferior incluso al del inicio, cuando sólo había una línea operativa Madrid-Sevilla.

De hecho la ampliación de la red, con líneas de más que dudosa rentabilidad y claramente siguiendo criterios políticos, y que en teoría permitía la conexión de ciudades alejadas más de 500 kilómetros, ha disminuido los efectos sustitución con el transporte aéreo. Lo que claramente muestra que para esas distancias los viajeros del HST proceden de la carretera o del ferrocarril tradicional. Por todo ello, incluso para el caso español, difícilmente podemos hablar de red de transporte en HST cuando generalmente, en el mejor de los casos, sólo existe un conjunto de líneas, que deben ser evaluadas de forma individualizada.

#### **Referentes:**

ABC, 2009. Imprevisión total. *ABC Madrid* 10/1/2009, 1.

Adif, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, 2014. *Adif - Líneas de Alta Velocidad*. Available: [http://www.adif.es/es\\_ES/infraestructuras/lineas\\_de\\_alta\\_velocidad/lineas\\_de\\_alta\\_velocidad.shtml](http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml) [2014, 1/11].

Aena, 2014. *Estadísticas tráfico: pasajeros, operaciones y carga*. Available: [http://www.aena-aeropuertos.es/csee/Satellite?Language=ES\\_ES&pagename=estadisticas](http://www.aena-aeropuertos.es/csee/Satellite?Language=ES_ES&pagename=estadisticas) [2014, 2/15].

Albalade, D., Bel, G., 2011. When economics does not matter: rise and splendour of the High Speedy Rail in Spain. *Revista De Economia Aplicada* 19(55), 171-190.

Alonso Logrono, M.P., Bellet Sanfeliu, C., 2009. The high speed train and the urban project: a new railway for the Zaragoza of the third millennium. *Scripta Nova-Revista Electronica De Geografia Y Ciencias Sociales* 13(281). Available: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-281.htm> [2014, 2/15].

Álvarez, P., 2010. Fomento prevé que el AVE a Valencia genere 44.700 empleos en Madrid. *El País Madrid* 10/20/2010, 4.

- Armstrong, J., Preston, J., 2011. Alternative railway futures: growth and/or specialisation? *Journal of Transport Geography* 19(6), 1570-1579.
- Bel, G., 2011. Infrastructure and nation building: The regulation and financing of network transportation infrastructures in Spain (1720-2010). *Business History* 53(5), 688-705.
- Bel, G., Fageda, X., 2010. Privatization, regulation and airport pricing: An empirical analysis for Europe. *Journal of Regulatory Economics* 37(2), 142-161.
- Belingard, P., Poisson, F., Bellaj, S., 2012. Experimental Study of Noise Barriers for High-Speed Trains. *Noise and Vibration Mitigation for Rail Transportation Systems* 118, 495-503.
- Campos, J., De Rus, G., 2009. Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world. *Transport Policy* 16(1), 19-28.
- Castillo-Manzano, J.I., Lopez-Valpuesta, L., Pedregal, D.J., 2012. What role will hubs play in the LCC point-to-point connections era? The Spanish experience. *Journal of Transport Geography* 24, 262-270.
- Chester, M., Horvath, A., 2010. Life-cycle assessment of high-speed rail: the case of California. *Environmental Research Letters* 5(1), 014003.
- DeRus, G., Inglada, V., 1997. Cost-benefit analysis of the high-speed train in Spain. *Annals of Regional Science* 31(2), 175-188.
- De Rus, G., Nombela, G., 2007. Is investment in high speed rail socially profitable? *Journal of Transport Economics and Policy* 41, 3-23.
- De Rus, G., Roman, C., 2006. Economic evaluation of the high speed rail Madrid-Barcelona. *Revista De Economía Aplicada* 14(42), 35-79.
- Dobruszkes, F., 2011. High-speed rail and air transport competition in Western Europe: A supply-oriented perspective. *Transport Policy* 18(6), 870-879.

- Froidh, O., 2008. Perspectives for a future high-speed train in the Swedish domestic travel market. *Journal of Transport Geography* 16(4), 268-277.
- Garmendia, M., de Urena, J.M., Ribalaygua, C., Leal, J., Coronado, J.M., 2008. Urban residential development in isolated small cities that are partially integrated in metropolitan areas by High Speed Train. *European Urban and Regional Studies* 15(3), 249-264.
- Givoni, M., Banister, D., 2006. Airline and railway integration. *Transport Policy* 13(5), 386-397.
- Givoni, M., 2006. Development and impact of the modern high-speed train: A review. *Transport Reviews* 26(5), 593-611.
- Gonzalez-Savignat, M., 2004. Will the high-speed train compete against the private vehicle? *Transport Reviews* 24(3), 293-316.
- Harvey, A., 1989. Forecasting Structural Time Series Models and the Kalman Filter. Cambridge University Press.
- Herrerias, M.J., Orts, V., 2012. Equipment investment, output and productivity in China. *Empirical Economics* 42(1), 181–207.
- Jakeman, A.J., Young, P.C., 1981. “Recursive filtering and the inversion of ill-posed causal problems. *Utilitas Math* 25, 351–376.
- Jiménez, J.L., Betancor, O., 2012. When trains go faster than planes: The strategic reaction of airlines in Spain. *Transport Policy* 23(0), 34-41.
- Kappes, J.W., Merkert, R., 2013. Barriers to entry into European aviation markets revisited: A review and analysis of managerial perceptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 57(0), 58-69.
- Leheis, S., 2012. High-speed train planning in France: Lessons from the Mediterranean TGV-line. *Transport Policy* 21, 37-44.



- Lythgoe, W.F., Wardman, M., 2002. Demand for rail travel to and from airports. *Transportation* 29(2), 125-143.
- Marti-Henneberg, J., 2013. European integration and national models for railway networks (1840-2010). *Journal of Transport Geography* 26, 126-138.
- Martin, J.C., Nombela, G., 2007. Microeconomic impacts of investments in high speed trains in Spain. *Annals of Regional Science* 41(3), 715-733.
- Ministerio de Fomento, 2014. Renfe-Operadora. Viajeros transportados. Alta velocidad y larga distancia. Available: [www.fomento.gob.es/BE/sedal/07103000.XLS](http://www.fomento.gob.es/BE/sedal/07103000.XLS) [2014, 02/15].
- Otero, L., 2010. Blanco vaticina que el AVE a Valencia generará 136.000 empleos en seis años. *El País* 10/14/2010, 17-17.
- Redondi, R., Malighetti, P., Paleari, S., 2013. European connectivity: the role played by small airports. *Journal of Transport Geography* 29, 86-94.
- Roman, C., Espino, R., Martin, J.C., 2007. Competition of high-speed train with air transport: The case of Madrid-Barcelona. *Journal of Air Transport Management* 13(5), 277-284.
- SEPE, Servicio Público de Empleo Estatal, 2014. Estadísticas de empleo. Available: [http://www.sepe.es/contenido/estadisticas/datos\\_estadisticos/empleo/index.html](http://www.sepe.es/contenido/estadisticas/datos_estadisticos/empleo/index.html) [2014, 2/15].
- Socorro, M. P., Viacens, M. F., 2013. The effects of airline and high speed train integration. *Transportation Research Part A-Policy and Practice* 49, 160-177.
- Taylor, C.J., Pedregal D.J., Young, P.C., Tych, W., 2007. Environmental time series analysis and forecasting with the Captain toolbox. *Environmental Modelling & Software* 22(6), 797-814.
- Vickerman, R., 1997. High-speed rail in Europe: experience and issues for future development. *The Annals of Regional Science* 31(1), 21-38.
- West, M., Harrison, J., 1989. Bayesian Forecasting and Dynamic Models. Springer-Verlag, New York.

Yang, H., Zhang, A., 2012. Effects of high-speed rail and air transport competition on prices, profits and welfare. *Transportation Research Part B: Methodological* 46(10), 1322-1333.