

Evaluando la gestión de las grandes infraestructuras de transporte en España durante la crisis.

1. Introducción

Tradicionalmente la literatura especializada nos muestra un ciclo virtuoso entre GDP y las infraestructuras de transporte. De esta forma, el incremento del GDP de un país incrementaría la demanda de servicios de transporte (Annema y De Jong, 2011; Dargay et al., 2007). Lo que a su vez llevaría a un incremento en la inversión en infraestructuras de transporte. Para Kim (2002) un incremento del 1% del GDP llevaría aparejado un aumento similar, del 0,99%, en la dotación de infraestructuras de transporte. Dicho incremento a su vez, a su vez, provocan un mayor crecimiento del GDP, tanto en los países desarrollados (Köhler et al., 2008) como en los que no (Ding, 2013). Se observa que GDP y transporte están íntimamente relacionados de forma bidireccional, aunque esta relación se debilita al completarse el desarrollo económico (Beyzatlar et al., 2014).

Desde el inicio de la industrialización, la inversión en transporte es una de las condiciones principales a la hora de iniciar el desarrollo económico de los países (Rostow, 1960). La creencia de que la inversión pública en este sector genera crecimiento económico ha sido utilizada a menudo como justificación para destinar recursos al mismo, aunque hoy se cuestiona esa relación (see for example Banister y Berechman, 2003). De todos modos, son numerosos los ejemplos de países que actualmente apuestan por el desarrollo económico mediante la inversión en infraestructuras, principalmente de transporte, como la Unión Europea con el reciente plan Juncker, en el que se pretenden dedicar 220.000 millones de Euros a infraestructuras de transporte, energía y telecomunicaciones (El País, 2014). Planes similares, basados en infraestructuras de transporte se encuentran actualmente en todas las latitudes, especialmente en Asia. Por ejemplo en Tailandia con 50 000 millones de euros

según la Royal Thai Embassy (2015), así como en China, Japón or India, con unos 65 mil, 35 mil y 25 mil millones respectivamente por citar sólo unos ejemplos. Pero si hay un país que puede sintetizar esa política en la reciente época de crecimiento en la primera década del siglo XXI, ese es España. Durante ese periodo generó lo que se ha considerado una gigantesca burbuja de infraestructuras de transporte.

Este trabajo, analiza la evolución de las infraestructuras económicas españolas a principio de siglo (centrándonos en aeropuertos, tren de alta velocidad, AVE en adelante, y autopistas). Posteriormente se estudia la sensibilidad de los tráficos de las diferentes infraestructuras analizadas en condiciones extremas de un ciclo económico adverso. Por último, y como objetivo principal, se evalúa los efectos de las principales medidas que se han tomado sobre las mismas durante la actual crisis económica. Especialmente destacables han sido la subida de tasas aeroportuarias, y la bajada de precios de los billetes de AVE. De hecho, vemos como el sector público ha empleado estrategias completamente antagónicas: mientras para el transporte aéreo se ha buscado promover una clara estrategia de maximización de beneficios a corto plazo, subiendo las tasas aeroportuarias, con estrategias más sofisticadas para la captación de ingresos no aeronáuticos (un buen ejemplo es la última política de precios para los parkings de larga estancia) y con ajustes en la plantilla laboral; en el tren de alta velocidad se ha buscado incentivar la demanda bajando significativamente los precios. Finalmente hemos visto leves incrementos en las tarifas de las autovías generalmente acordes con la escasa inflación del periodo.

Este artículo está organizado como sigue: En la sección 2 se describe la evolución de las grandes infraestructuras de transporte en España. En la sección 3 se explican las variables y la metodología utilizada. En la sección 4 se muestran los resultados empíricos obtenidos y la discusión sobre los mismos. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones del estudio.

2. El caso de España

Durante los años de gran crecimiento económico que experimentó España durante el boom inmobiliario se realizaron grandes inversiones en infraestructuras de transporte: El HSR español pasó a ser el segundo en longitud, pasando de 471 Km. a principios de 2003 a 2.383 en 2014 (Figura 1), estando actualmente en construcción o planificación otros 2.135, siendo sólo superado por el HST de China (Albalate y Bel, 2011). Por otra parte, se construyó un aeropuerto en casi todas las provincias, apareciendo siete nuevos aeropuertos desde 2007, pasando de 41 a 48. Respecto al transporte por carretera, se hicieron nuevas autopistas, tanto públicas, como en colaboración público-privada, destacando el caso de las radiales de Madrid, pasando de 1.739 km. de autopistas de peaje en 2001, a 2.529 en 2008.



Figura 1. Líneas AVE. Fuente: Adif, 2015.

Este crecimiento hizo que del AVE español un fenómeno de interés internacional, aunque su planificación fuera objeto de críticas debido a su falta de análisis previo (Albalate y Bel, 2012), a pesar que desde los años 60 se considera necesario una planificación detallada dada la complejidad de la toma de decisiones en infraestructuras de transporte (Levinson et al., 2012). Sin embargo, este fenómeno de inversión, sin someterse a un mínimo análisis coste-beneficio previo no es sólo español, como ejemplo citar que la mayoría de los 30

proyectos prioritarios de la Trans-European Transport Network analizados por Proost et al. (2014) fallan en él. Otro ejemplo similar podemos encontrarlo en Asia donde Utsunomiya y Hodota (2011) concluyen que las inversiones también son difícilmente justificables desde el punto de vista económico.

A nivel político, la justificación de las grandes inversiones en AVE abusaron de la supuesto efecto positivo de las infraestructuras en el crecimiento económico regional (ver por ejemplo Hong et al., 2011, sobre esa relación). De hecho el discurso político justificaba el AVE en las decenas de miles de nuevos puestos de trabajo que se generarían, basándose en el incremento del número de viajeros (ver Martín y Nombela, 2007). También se pretendía reducir los costes medioambientales y sociales del avión y la carretera (congestión, contaminación, ruido y accidentes de tráfico) (ver Román y Martín, 2011).

En el caso de los aeropuertos, en España tenemos 49, que reflejamos en la Figura 2, además del autonómico de Lleida. De ellos, los cuatro primeros en número de pasajeros se llevan casi el 60% de los 187 millones de pasajeros de 2013, mientras que los 22 últimos apenas alcanzan el 1% entre todos. Estos últimos, según Lozano y Gutiérrez (2011) tienen escasa eficiencia, siete de ellos superaron en 2013 los 15.000 € de deuda por pasajero, llegando a 232.000€ en el caso de Huesca-Pirineos.

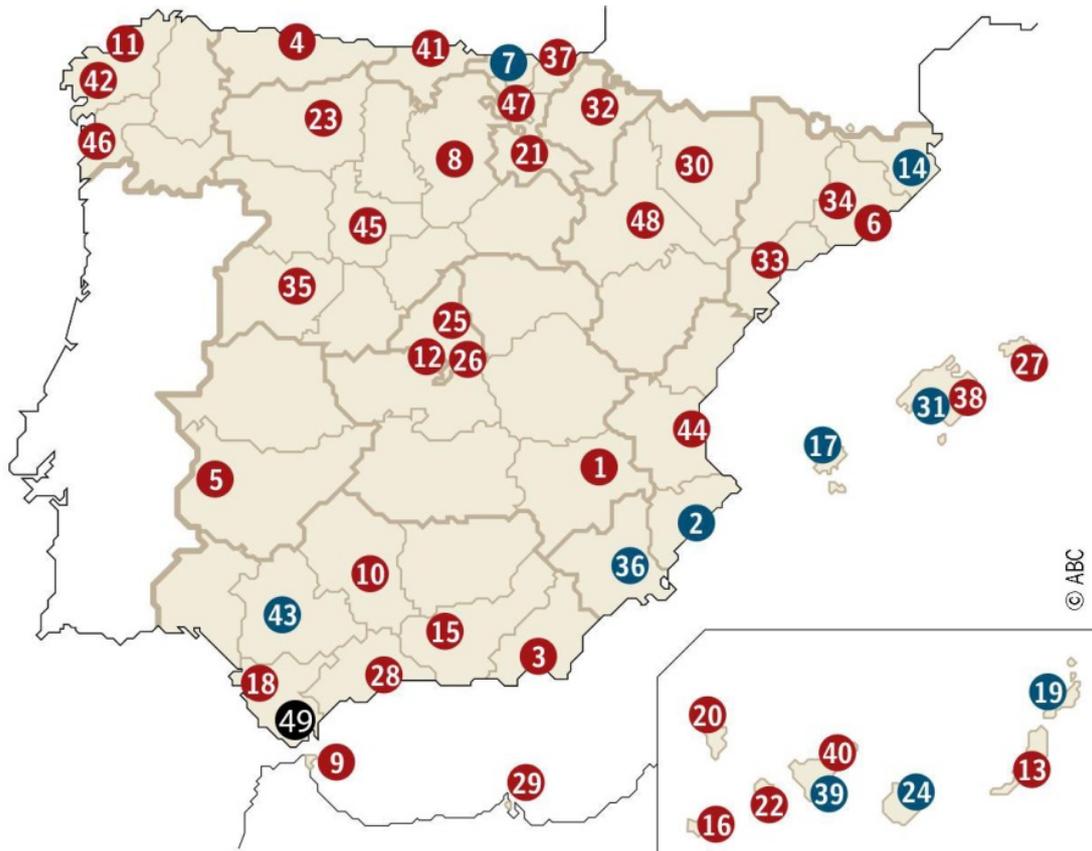


Figura 2. Aeropuertos españoles. Fuente: Abc, 2010 y elaboración propia.

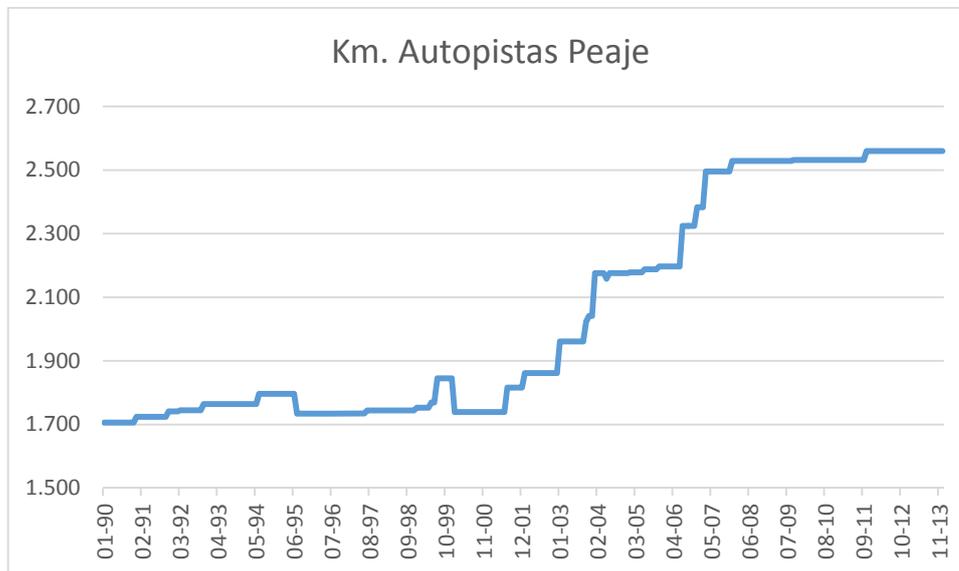


Figura 3. Km de Autopistas de Peaje en España. Fuente: Ministerio de Fomento, 2014a y elaboración propia.

En el caso de las autopistas de peaje, el grueso de la inversión se dio entre los años 2001 y 2007 (ver Figura 3). Varias de estas autopistas estatales, como las radiales, han sido

construidas en colaboración con el sector privado, es decir, en public-private partnership y de forma similar a lo que se está haciendo en otras latitudes (Leruth, 2012).

Es de esperar que este conjunto de infraestructuras, aéreas, ferroviarias y carreteras, hayan incrementado el nivel de competencia entre las mismas (ver por ejemplo Jiménez y Betancor, 2012). Además, son muchos los que defienden (ver por ejemplo Ferreiro et al., 2013) que esta política fiscal expansiva pro cíclica terminó agravando la crisis. Por ejemplo, aunque con carácter general la reciente crisis económica ha afectado a la demanda de transporte aéreo (Voltes-Dorta y Pagliari, 2012; Martín et al., 2013), en España aeropuertos enteros se han quedado sin vuelos. Ello provocó que el aeropuerto de Ciudad Real se cerrara en 2012, o que el de Castellón no haya llegado a operar hasta 2015, con un único vuelo hasta la fecha. Otro ejemplo destacable es el Aeropuerto de Murcia, cuyas obras terminaron en 2012 y todavía no ha sido inaugurado.

En el caso del AVE, en 2012, antes de la bajada drástica de tarifas, 48 rutas de las 206 entre las 22 estaciones en funcionamiento tuvieron uno o menos pasajeros al día, con 10 de ellas con menos de 10 pasajeros al año, y otras 88 tuvieron menos de cinco viajeros al día (Ruiz del Árbol, 2013).

Para el caso de las autopistas de peaje, el mejor ejemplo que ilustra este exceso de capacidad son el conjunto de nuevas radiales de Madrid (concretamente las AP36, AP41, R2, R3, R4 y R5), que en 2012 acumulaban deudas por valor de 3.800 millones de euros, mientras que sólo ingresaban 49,5 millones de euros (Romero y Méndez, 2012), lo que ha llevado a la quiebra de las empresas concesionarias que las explotaban. Más que previsiblemente Estado las va a rescatar mediante una nueva empresa pública, que asumiría los 4.600 millones de deuda en 2014 con una quita del 50% y sustituyéndola por un bono a 30 años, pero sin garantía del Estado (Romero, 2014). Gran parte de esa deuda se debe a un desastroso sistema de expropiaciones que se siguió en la construcción de las mismas. Las constructoras privadas

estimaron que el coste de las expropiaciones estaría por debajo de los 400 millones de euros, mientras que los tribunales están revisando muchas de ellas, fallando a favor de los expropiados, con lo que es de esperar que el coste final pueda superar los 2000 millones.

Ante estas circunstancias, y debido a la restricción presupuestaria impuesta a España por la Unión Europea (Trachanas y Katrakilidis, 2013; Ali, 2012), el Gobierno ha tenido que tomar decisiones para racionalizar la gestión de las mismas. Aunque es llamativo la disparidad de las mismas según el modo de transporte. Por ejemplo, en el AVE se optó por bajar el precio del billete significativamente en febrero de 2013 (Urrutia, 2013), lo que ha permitido incrementar un 19% el número de viajeros, aunque, dificulta aún más el cubrir los costes del tren de alta velocidad (García, 2013). De hecho las pérdidas de RENFE han pasado de 39.5 millones de euros en 2012 hasta 113,17 millones en 2014, sólo en su división de viajeros, sin tener en cuenta los costes de inversión.

Otra opción se ha experimentado ha sido privatizar su explotación, lo que se ha probado en la línea Madrid-Valencia-Alicante-Murcia (de la Peña, 2014). Aunque, para Cowie y Loynes (2012), este tipo de decisiones podría aumentar los costes de explotación a corto plazo antes de disminuirlos a largo.

Por el contrario, en el transporte aéreo se ha optado por subir las tasas aeroportuarias y la privatización de la agencia gestora, AENA, aunque manteniendo al estado como principal accionista de referencia. Lo primero, la subida de tasas, debería provocar una caída del número de pasajeros, lo que a su vez reduciría los ingresos por concesiones (Gillen y Mantin, 2014). Lo segundo, la privatización de los aeropuertos, se suele asociar a una mejora de eficiencia en su gestión (Ohri, 2012) a largo plazo. Lo cierto es que los ajustes debido al proceso de privatización han conseguido que AENA, la empresa pública que gestiona la mayoría de los aeropuertos españoles, cerrase el ejercicio de 2014 con un beneficio bruto de explotación (EBITDA) superior a los 1.800 millones de euros, unos resultados récord para la

empresa, que han provocado que su salida a bolsa en febrero de 2015 haya sido un completo éxito con importantes y rápidas plusvalías.

3. Datos y metodología

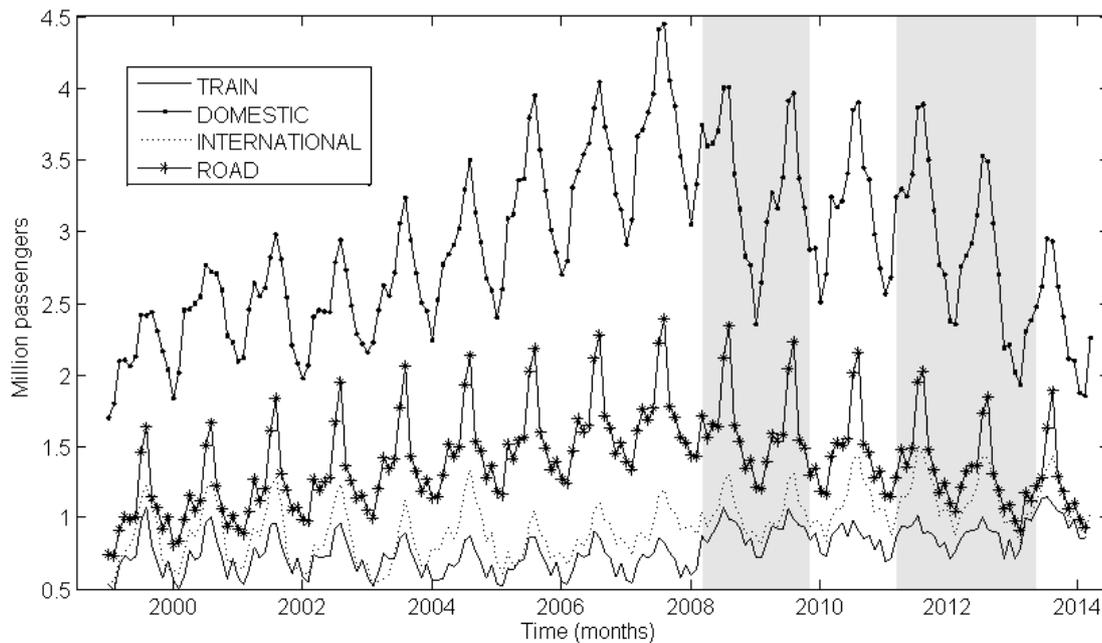


Figura 4:

Variables mensuales endógenas desde 1999 a 2013. Las áreas sombreadas indican periodos de recesión en España.

Para nuestro análisis hemos utilizado una amplia base de datos que se puede dividir en grupos de variables:

A) Variables endógenas: cuatro variables mensuales reflejadas en la Figura 4: pasajeros por km. de Alta Velocidad y larga distancia (Ministerio de Fomento, 2014b), pasajeros aéreos nacionales (Aena, 2015; datos divididos por dos, para evitar la doble contabilización), pasajeros aéreos internacionales (Aena, 2015), y Vehículos por km. en autopistas estatales en España (Ministerio de Fomento, 2014a) (TRAIN, DOMESTIC, INTERNATIONAL y

ROAD en las tablas). Todas las variables están expresadas en millones de pasajeros (o vehículos) y abarcan desde 1999 hasta 2013.

B) Variables exógenas: se han incluido en los modelos un amplio conjunto de variables para estimar los efectos de las medidas antes descritas, así como para incluir shocks externos detectados en la evolución de las series. Las más importantes, con sus definiciones, son:

b.1) Easter: Los tráficos en el periodo vacacional de la Semana Santa. Se le ha asignado un peso a cada día del periodo de vacaciones en función de la densidad de tráfico esperada (estos pesos deben sumar uno). Los pesos máximos se han asignado al Viernes de Dolores, Domingo de Ramos, Miércoles Santo y Domingo de Resurrección. Al Sábado de Pasión y al Jueves Santo se le asignan pesos medios, y cero al resto de los días.

b.2) Trading: El número de días laborables en un mes sobre los días no laborables, asumiendo que cada semana tiene 5 días laborables y dos de fin de semana. Para cada mes esta variable toma un valor igual al número de días laborables menos 2,5 veces los correspondientes a fin de semana.

b.3) Leap: Variable dicotómica que indica el efecto de los meses de febrero con 29 días.

b.4) Price TRAIN: Efecto permanente de la reducción de precios del AVE, consistente en una reducción del 11% desde el 8 de febrero de 2013 para varios tipos de billetes de clase turista, 35% de descuento en bonos de 10 viajes válido para más de 4 meses, 30% de descuento a jóvenes y 20% para viajes múltiples. Todos estos descuentos se han modelizado con una pareja de variables dicotómicas, una con un uno en febrero de 2013, (Price TRAIN(Feb2013) en las tablas), dado que este descuento no se inició con el comienzo del mes; y la segunda variable dicotómica que se convierte en uno desde marzo de 2013 (Price Train (Mar2013-)) (Efe, 2013).

- b.5) Puesta en servicio de la línea de AVE Madrid-Barcelona en febrero de 2008. En la misma línea que las variables anteriores, está dividida en dos grupos, uno hasta febrero de 2008, y otro a partir de marzo de 2008.
- b.6) T2: Inauguración de la T2 en el Aeropuerto Madrid-Adolfo Suárez.
- b.7) Erupción del volcán Eyjafjallajökull: la pequeña erupción causó un desbarajuste enorme en los viajes aéreos europeos durante varios días en abril de 2010.
- b.8) Ciclo económico: El efecto de la crisis económica internacional se ha modelizado con variables dicotómicas en los meses con recesión, i.e. periodos en los que al menos en dos trimestres consecutivos el Producto Interior Bruto tuvo una tasa negativa. Estos dos periodos abarcan en España desde marzo de 2008 hasta noviembre de 2009, y desde marzo de 2011 hasta mayo de 2013 (las áreas sombreadas de la Figure 4). Las variables dicotómicas son rampas en el tiempo.
- b.9) 11S: Esta variable refleja el efecto del ataque terrorista a las Torres Gemelas el 11 de septiembre de 2001. Se asume, siguiendo a Castillo et al. (2015), que este efecto no es fijo, sino que tiene un fuerte efecto al principio que va decayendo a lo largo del tiempo (cambio transitorio).
- b.10) Otras variables determinadas empíricamente: En el caso de los vuelos internacionales es necesario incluir otras variables para obtener series de residuos de Gauss independientes, en febrero de 2003 (modelada como un cambio transitorio similar a b.9), diciembre de 2003 (on-off), y enero de 2005 (on-off).
- C) Otras variables inicialmente consideradas que resultaron ser no significativas en los modelos:
- c.1) Las más importantes son 'Price PLANE': cuatro variables dicotómicas que reflejan el incremento sustancial de las tasas de aeropuertos llevado a cabo por AENA desde 2010 hasta 2013. Aunque los incrementos de precios no son los mismos para cada

aeropuerto, el comportamiento medio de los precios sufrió un incremento del 24.43% desde 2010 hasta el segundo semestre de 2011; un incremento del 28% desde el segundo semestre de 2011 hasta el final de ese año; un 36% durante el primer semestre de 2013, y un 8% en el segundo semestre del mismo año. El incremento acumulado fue del 67.49%, aunque esto no sería tan significativo como parece ya que España es uno de los países con las tasas aeroportuarias más bajas en la UE (Aceta y López Colmenarejo, 2012).

c.2) Construcción de grandes infraestructuras aeroportuarias: se inauguraron varias infraestructuras importantes en el periodo considerado, como la Terminal 4 en Madrid en febrero de 2006; la Terminal 2 en Barcelona en junio de 2009; la Terminal 3 en Málaga en marzo de 2010, y la Terminal 2 en Valencia en agosto de 2012. Ninguna de ellas provocó un claro incremento en el número de pasajeros, excepto la de Barcelona.

c.3) Construcción de grandes infraestructuras ferroviarias: Con un efecto similar a las anteriores, ninguna de ellas tuvo un efecto significativo, salvo la línea Madrid-Barcelona ya recogida en b.5). Desde 1999 las nuevas líneas trajeron aparejadas 15 nuevas estaciones, alguna de las cuales están prácticamente sin uso hoy en día.

La metodología aplicada en este trabajo es ascendente, en el sentido de que primero se ha llevado a cabo un análisis univariante-uniecuacional antes de proceder con modelos multivariantes más complejos. Hemos trabajado con modelos de Función de Transferencia (TF), dado que teníamos un amplio conjunto de variables dicotómicas relativas a las cuatro variables endógenas.

Todas las TF consideradas aquí son de orden uno, con la formulación general mostrada en la ecuación (1), donde B es el operador de retraso, de modo que $B^m x_t = x_{t-m}$.

$$z_t = \frac{b_1}{(1+a_1B)} u_{t,1} + \frac{b_2}{(1+a_2B)} u_{t,2} + \dots + \frac{b_m}{(1+a_mB)} u_{t,m} + \frac{\theta(B)}{\alpha(B)} a_t \quad (1)$$

donde z_t es una de las variables endógenas; a_j y b_j ($j = 1, 2, \dots, m$) son coeficientes a estimar; u_j ($j = 1, 2, \dots, m$) son las variables exógenas de tipo dicotómico señaladas anteriormente; y $\frac{\theta(B)}{\alpha(B)} a_t$ es un modelo ARIMA general que resultó ser el modelo clásico de líneas aéreas excepto en un caso (ver Tabla 3).

Cuando el denominador de cualquier término de la ecuación (1) se elimina, dicho término se reduce a un término de regresión. Asumiendo que una variable dicotómica general $u_{t,j}$ es una variable on-off, varios tipos de comportamientos determinísticos pueden ser replicados dependiendo del valor de su correspondiente a_j :

- Si $a_j = 0$ el modelo se reduce a un simple término de regresión, i.e. hay un efecto súbito únicamente en un mes (Additive effect or outlier, AO).
- Si $a_j = -1$ la variable de impulso se convierte en un paso, i.e. hay un efecto súbito un mes que continúa en el futuro (Level Shift, LS).
- Si $-1 < a_j < 0$ hay un efecto transitorio que se evapora en el tiempo a una tasa constante (Transitory Change, TC).

La formulación previa se ha extendido con el uso de un tipo de modelo de Componentes no Observables (UC) multivariante que permite que una serie temporal sea descompuesta en componentes significativos no observados, como muestra la ecuación (2).

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{T}_t + \mathbf{S}_t + TF(\mathbf{u}_t) + \mathbf{v}_t \quad (2)$$

\mathbf{z}_t , \mathbf{T}_t , \mathbf{S}_t y \mathbf{v}_t representan las cuatro series temporales endógenas y los componentes de tendencia, estacional e irregular, respectivamente. $TF(\mathbf{u}_t)$ mide el efecto de las variables explicativas en la matriz \mathbf{u}_t por medio de modelos TF como en la ecuación (1).

Un marco natural en el que el análisis con UC puede llevarse a cabo es el modelo de Espacio de los Estados (State Space). En este tipo de modelos es necesario especificar las ecuaciones de Estado y Observación. Las ecuaciones de Estados estocásticos discretos en el

tiempo reflejan todo el comportamiento dinámico del sistema, relacionando el valor actual de los estados con sus valores anteriores así como con las entradas determinísticas y estocásticas. En particular, en la ecuación (2) las ecuaciones de estado para las tendencias normalmente incorporan dos raíces unitarias para modelar la parte no estacionaria de las series temporales; los componentes estacionales normalmente incorporan el comportamiento periódico de las series en la frecuencia fundamental del periodo estacional y todos sus armónicos e irregulares se consideran sólo como ruido blanco. Las Ecuaciones de Observación (Observation Equations) definen cómo las variables de estado están relacionadas con los datos observados (de hecho, la ecuación (2) es la ecuación de observación del modelo UC, como se muestra más abajo).

La formulación específica usada en este trabajo es:

$$\begin{cases} \mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{\Phi}\mathbf{x}_t + \mathbf{\Gamma}\mathbf{u}_t + \mathbf{w}_t & \text{State equations} \\ \mathbf{z}_t = \mathbf{H}\mathbf{x}_t + \mathbf{D}\mathbf{u}_t + \mathbf{v}_t & \text{Observation equations} \end{cases} \quad (3)$$

Donde \mathbf{x}_t es un vector n dimensional de estados estocásticos; \mathbf{w}_t y \mathbf{v}_t son un vector n dimensional y escalar de perturbaciones del sistema gaussianas, i.e., ruido blanco de media cero con matriz de covarianza \mathbf{Q} y \mathbf{R} independientes; y $\mathbf{\Phi}$, $\mathbf{\Gamma}$, \mathbf{H} y \mathbf{D} , también llamadas matrices del sistema, con algunos elementos conocidos y otros que deben ser estimados.

Dado el modelo (1), el conocido Kalman Filter (KF, Kalman, 1960) y el estático Fixed Interval Smoother (FIS) producen la estimación óptima de los momentos de primer y segundo orden (media y covarianza) del vector de estado, condicionado a que todos los datos en la muestra minimicen los errores estándar en media (MSE).

Las partes desconocidas del sistema de matrices $\mathbf{\Phi}$, $\mathbf{\Gamma}$, \mathbf{H} , \mathbf{D} , \mathbf{Q} y \mathbf{R} pueden ser estimados por máxima verosimilitud (ML), calculada usando la vía KF (véase para más profundidad Harvey, 1989; Durbin y Koopman, 2001; Pedregal y Young, 2002).

Para mostrar el modelo (2)-(3) más claramente, el sistema (3) se ha extendido en la ecuación (4) sólo con un término de primer orden TF.

$$\mathbf{x}_{t+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{T} \\ \mathbf{F} \\ \mathbf{S}_1 \\ \mathbf{S}_1^* \\ \mathbf{S}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{f}_1 \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{I} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{I} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \hline \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I} \cos \omega_1 & \mathbf{I} \sin \omega_1 & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & -\mathbf{I} \sin \omega_1 & \mathbf{I} \cos \omega_1 & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{I} \cos \omega_2 & \cdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & -a_1 \end{bmatrix} \mathbf{x}_t + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \\ \vdots \\ -a_1 b_1 \end{bmatrix} I_t + \begin{bmatrix} \mathbf{w}_0 \\ \mathbf{w}_0^* \\ \mathbf{w}_1 \\ \mathbf{w}_1^* \\ \mathbf{w}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}_t \quad (4)$$

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{T}_t + \mathbf{S}_t + f(\mathbf{u}_t) + \mathbf{v}_t = [\mathbf{I} \ \mathbf{0} \mid \mathbf{I} \ \mathbf{0} \ \mathbf{I} \ \mathbf{0} \ \cdots \mid \mathbf{I}] \mathbf{x}_t + b_1 u_{t,1} + \mathbf{v}_t$$

Las dimensión adicional que incorpora el modelo multivariante UC respecto del uniecuacional es que las matrices de covarianzas de los componentes pueden ser calculadas.

4. Resultados and discusión.

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos con los modelos ARIMA-TF. Cada columna representa las variables endógenas, mientras que las filas muestran las exógenas. Se pueden extraer varias conclusiones de dicha tabla:

1. Las especificaciones ARIMA muestran que el modelo preferido es el denominado ‘aéreo’, i.e. un $ARIMA(0,1,1) \times (0,1,1)$, con la única excepción de los pasajeros de ferrocarril, que requieren un parámetro $MA(2)$ adicional. Desde un punto de vista estadístico todos los modelos son correctos, dado que los valores residuales muestran claramente que no queda correlación residual, problemas de gaussianidad o heterocedasticidad.
2. Hay algunos efectos de Semana Santa, días laborables y años bisiestos con diferentes grados de influencia y significancia. El más importante de ellos es el de la Semana Santa, que es notoriamente menor en los vuelos nacionales.

3. Las políticas de precios en el AVE (variables Price TRAIN en la Tabla 3) han tenido un efecto muy positivo en los pasajeros por km. de tren, con un incremento puntual del 10.16% sólo en febrero de 2013 y un incremento permanente del 13.38% desde marzo de 2013. También es relevante que estas variables han tenido un mayor efecto negativo sobre los pasajeros de vuelos nacionales, con una reducción del 2.89% en febrero y un 20% posteriormente. No se perciben efectos sobre los pasajeros de vuelos internacionales o sobre el tráfico de vehículos.
4. Otra conclusión destacable es que el incremento de las tasas aeroportuarias no afecta a ninguna de las variables endógenas. Parece especialmente relevante que no afecte a los pasajeros de vuelos nacionales, pero los efectos cruzados de estos precios y del resto de variables endógenas no permite detectar nada.
5. El entorno pesimista de crisis económica que sobrevuela el periodo de cambio de precios tiene un efecto negativo adicional sobre los pasajeros de tren y de vuelos nacionales, además de en el tráfico rodado. El primer valle de la recesión española, en forma de 'W', no ha sido detectable en el caso de los pasajeros de AVE, debido principalmente a que ese periodo (desde marzo de 2008) coincidió con la apertura de la línea del AVE Madrid-Barcelona, que tuvo un efecto muy positivo (véase el siguiente punto). El segundo valle, sin embargo, sí fue claramente detectado por nuestro modelo ARIMA-TF, con una pérdida de 422,370 pasajeros por km. de tren entre marzo de 2011 y enero de 2013 (cerca del 4% del total de pasajeros en 2012), el mes anterior a la drástica reducción de precios de AVE. A pesar de este esfuerzo en el precio, el número de pasajeros continuó disminuyendo hasta el final de la recesión en mayo de 2013, con una pérdida total de 594,810, pasajeros, el 5.71% de los pasajeros de 2012.
6. De todas las grandes infraestructuras aeroportuarias o de ferrocarril llevadas a cabo durante el periodo, sólo la apertura de la línea del AVE Madrid-Barcelona y de la

Terminal 2 en el aeropuerto de Barcelona tendrían un efecto significativo en el total de pasajeros por km. De hecho, el AVE Madrid-Barcelona incremento un 7.62% el número de pasajeros por km. en febrero de 2008 y consiguió un efecto permanente posterior del 23.38%. La sustitución entre el AVE y el avión en la conexión Madrid- Barcelona ha sido tratada en un artículo específico (Pagliara et al., 2012), pero los resultados de nuestro estudio muestran que ese efecto no es lo suficientemente grande como para ser notado en el número total de pasajeros de vuelos nacionales.

7. Los pasajeros internacionales sólo se han visto afectados por fenómenos internacionales, como el 11S o la erupción volcánica. Ni la política nacional de precios, ni la recesión española, ni las obras públicas, etc. han tenido efectos significativos sobre su número.

	TRAIN	DOMESTIC	INTERNATIONAL	ROAD
Easter Trading Leap	0.0789***	0.0168***	0.0701***	0.0815***
Price TRAIN(Feb2013)	0.0497***	0.0203**	-0.0025***	
Price TRAIN(Mar2013-)	0.0968**	-0.0285*	0.0254**	
AVE Barna(Feb2008)	0.1256***	-0.1876***		
AVE Barna(Mar2008-)	0.0734**			
T2	0.2101***	0.0452*		-0.0714***
Eyjafjallajökull Cycle(Mar2008-Nov2009)			-0.0919***	
Cycle(Mar2011-May2013)	-0.0018**	-0.0024**		-0.0021***
11S (TC)		-0.0126***	-0.1924***	
11S Denominator FEB2003 (TC)			-0.6961***	
FEB2003 Denominator			-0.1253**	
DIC2003 (AO)			-0.9403***	
JAN2005 (AO)			-0.1144***	
MA1			-0.1301***	
MA2	-0.5138***	-0.2017**	0.2008**	-0.6008***
MA12	-0.3127***	-0.4609***	-0.4879***	-0.3886***
$\sigma^2 \times 1000$	1.429	0.941	2.153	0.896
Q(4)	1.616	2.269	2.026	1.998
Q(8)	9.957	5.355	3.767	2.545
Q(12)	11.887	6.457	11.874	3.754
Q(24)	23.995	17.842	29.090	17.296
KSL	0.0718	0.044	0.044	0.0436
	(0.026)	(0.456)	(0.449)	(0.464)
H	0.867	0.798	0.947	0.854
	(0.591)	(0.414)	(0.839)	(0.562)

Table 1. Resultados de las estimaciones de los modelos ARIMA-TF. Uno, dos y tres asteriscos representan una significancia del 10%, 5% y 1%, respectivamente. Q(p) son los estadísticos Ljung-Box Q para los retrasos p. KSL es el test de gaussianidad Kolmogorov-Smirnov-Lilliefors gaussianity test (P-valores entre paréntesis). H es una ratio de varianza del test de homoscedasticidad que compara la varianza entre la primera y la tercera parte de la muestra (P-valores entre paréntesis).

La Tabla 2 completa la información de la Table 1, añadiendo la multivariante completa o la versión vector. Los comentarios específicos a esta tabla son:

1. Un problema técnico parece que previene de utilizar los modelos en su formulación estándar, identificado inicialmente por Harvey (1989). El interés en este caso se centra en que, para los datos de pasajeros, es absolutamente necesario estimar diferentes matrices de covarianza de armónicos para poder llegar a un modelo aceptable, debido a que los parámetros constantes producen residuos serialmente correlacionados. Para evitar los problemas de “dimensionalidad”, las estacionalidades son asumidas como independientes entre las variables, esto no es una limitación restrictiva dado que estamos interesados precisamente en tendencias correlacionadas. La Tabla 5 presenta las varianzas finales estimadas para cada armónico y serie temporal, sin dejar lugar a dudas sobre este tema.
2. El efecto de las variables dicotómicas es similar en esencia al de los modelos ARIMA-TF. Los valores más relevantes en este caso son: i) Las variables Price TRAIN experimentan un incremento del 9.79% in febrero de 2013 y otro permanente del 13,55% a partir de marzo de 2013; ii) El efecto sobre los pasajeros aéreos nacionales es de una reducción del 2,43% en febrero, y del a 17,12% tras marzo; iii) El segundo valle de la recesión española produce mayores pérdidas que el modelo ARIMA-TF; en concreto, una pérdida de 537.610 pasajeros hasta enero de 2013 (5.16% del total) y 756.570 de pasajeros por km. de Alta Velocidad (7,26%) hasta mayo de 2013; iv) El AVE Madrid-Barcelona añadió un 5% de pasajeros en febrero de 2008 y un 21.42% después de marzo.
3. Es más relevante el movimiento de tendencias e irregularidades medido por las correlaciones estimadas directamente desde el modelo, véase la Tabla 6. La correlaciones de tendencias entre pasajeros de tren y el resto de variables, una vez que el resto de efectos ha sido tenido en cuenta, es siempre negativa, implicando que a largo plazo el comportamiento del número de pasajeros de ferrocarril se mueve en dirección apuesta a

los del resto. Sin embargo, los pasajeros aéreos y el tráfico rodado se mueven en la misma dirección.

	TRAIN	DOMESTIC	INTERNATIONAL	ROAD
Easter Trading Leap	0.0763***	0.0172***	0.0671***	0.0808***
Price TRAIN(Feb2013)	0.0561***	0.0187**	-0.0023***	
Price TRAIN(Mar2013-)	0.0934**	-0.0240*	0.0249**	
AVE Barna(Feb2008)	0.1271***	-0.1580***		
AVE Barna(Mar2008-)	0.0495**			
T2	0.1941***	0.0406*		-0.0457***
Eyjafjallajökull Cycle(Mar2008-Nov2009)		-0.0022**	-0.0683***	
Cycle(Mar2011-May2013)	-0.0023**	-0.0064**		-0.0019***
11S (TC)			-0.1829***	
11S Denominator FEB2003 (TC)			-0.7023***	
FEB2003 Denominator DIC2003 (AO)			-0.0518*	
JAN2005 (AO)			-0.9214***	
			-0.1116***	
			-0.1402***	
$\sigma^2 \times 1000$	1.304	0.892	2.151	0.882
Q(4)	1.027	0.321	3.734	2.281
Q(8)	3.392	0.416	5.088	4.705
Q(12)	4.320	2.091	14.679	10.679
Q(24)	14.603	13.481	32.053	26.704
KSL	0.052	0.029	0.056	0.063
	(0.279)	(0.756)	(0.213)	(0.089)
H	0.912	0.855	0.822	0.814
	(0.736)	(0.559)	(0.466)	(0.448)

Tabla 2. Resultados de la estimación del modelo del vector UC. El formato es idéntico al de la Tabla 3.

	TRAIN	DOMESTIC	INTERNATIONAL	ROAD
Harmonic 12	0.241	0.063	0.594	0.047
Harmonic 6	0.062	0.021	0.227	0.009
Harmonic 4	0.173	0.033	0.024	0.015
Harmonic 3	0.004	0.025	0.000	0.000
Harmonic 2.4	0.000	0.004	0.000	0.000
Harmonic 2	0.005	0.014	0.002	0.016

Tabla 5. Varianzas estimadas para los armónicos estacionales de cada serie temporal.

	TRAIN	DOMESTIC	INTERNATIONAL	ROAD
TRAIN	-	-0.480	-0.189	-0.603
DOMESTIC	0.993	-	0.235	0.556
INTERNATIONAL	0.982	0.985	-	0.602
ROAD	0.422	0.450	0.403	-

Tabla 3. Correlaciones de tendencias estimadas (triángulo superior sombreado) y correlaciones irregulares (triángulo inferior).

5. Conclusiones

Tras analizar la política de inversiones público-privada del estado español en las últimas décadas, nuestros resultados muestran que el efecto de la política de bajada de precios en los billetes de AVE ha tenido un efecto superior al 13% en el número de pasajeros por km. de Alta Velocidad y larga distancia, pero que ha tenido un efecto negativo sobre el número de pasajeros aéreos totales nacionales de hasta un 20%. Sin embargo, esta medida no ha tenido efecto sobre el tráfico rodado, ni, como era de esperar, sobre el número de pasajeros aéreos internacionales.

Sorprendentemente, la medida política, contraria a la anterior, de cargar el coste de los aeropuertos a los pasajeros, mediante la subida de tasas, no ha tenido efecto sobre las variables anteriores. Esto puede ser debido a España sigue siendo uno de los países de la UE con las tasas más bajas (Aceta y López Colmenarejo, 2012).

Llama la atención que las grandes inversiones públicas en terminales aéreas y nuevas líneas de HSR tampoco han tenido un efecto significativo en el número de pasajeros, salvo la T2 del aeropuerto de Barcelona y la línea HSR Madrid-Barcelona. Esta última tuvo un efecto negativo sobre los pasajeros por carretera significativo y claramente superior al que tuvo sobre el transporte aéreo nacional.

La crisis económica, que en España ha tenido forma de W, ha afectado a los pasajeros nacionales de avión, HSR y a los desplazamientos por carretera, aunque a estas últimas dos categorías sólo le afectó la segunda recesión y no la primera. En resumen, vemos un comportamiento mucho más sensible a la crisis desde el principio en el transporte aéreo nacional que en los otros dos medios de transporte. Sin embargo, ninguna de las principales variables locales testadas, como la crisis económica nacional o los cambios de precios en HSR y tasas aeroportuarias parece haber afectado al transporte aéreo internacional.

Desde un punto de vista económico es incomprensible que se hay optado por subir las tasas aeroportuarias a la vez que se optaba por bajar los billetes de HSR. Más aún si tenemos en cuenta que España ha tenido tradicionalmente los precios por km más bajos en HSR (Nash, 2009).

Dicha estrategia sólo se podría entender en clave socio-política, donde a la vez que optaba por duros recortes públicos en sanidad y educación, o había millones de trabajadores en paro sin protección social se ha optado por seguir ampliando la red de HSR. Concretamente el presupuesto de inversiones ferroviarias en España, donde más del 90% son para HSR, durante la crisis económica (2009-2015) ha superado los 4100 millones de euros al año. Obviamente, dichas inversiones hubieran sido aún más difícil de justificar con la situación de principios de 2012, de completa infrautilización de los trenes, donde al tradicional menor uso de la red española (un quinto de los viajeros por km de otras líneas europeas, o incluso veinte veces menor que la línea Tokyo-Osaka, ver Albalade y Bel, 2011), se sumó el shock negativo de la segunda recesión española (variable Cycle(Mar2011-May2013) de la Tabla 1).

References:

- ABC, 2010. "Blanco retirará a los controladores de «al menos» doce aeropuertos españoles". *Abc Madrid*, 13/1/2010:34-35.
- ACETA y López Colmenarejo, M. 2012. La reforma de las infraestructuras. *Cercle d'Infraestructures, Castellet i la Gornal*, 13 de julio 2012.
- Adif, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, 2015, *Adif - Líneas de Alta Velocidad*. Available: http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml [2015, 3/3].
- Aena, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, 2015. Estadísticas tráfico: pasajeros, operaciones y carga. Available: http://www.aenaeropuertos.es/csee/Satellite?Language=ES_ES&pagename=estadisticas [2015, 4/3].
- Aena, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, 2014, *Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles*, datos provisionales 2013. Available: www.aena-aeropuertos.es/csee/ccurl/894/561/estadisticas_anual_2013_provisionales.xls [2014, 20/7].

- Albalade, D. y Bel, G. 2011, "When economics does not matter: rise and splendour of the High Speedy Rail in Spain", *Revista de Economía Aplicada*, vol. 19, no. 55, pp. 171-190.
- Albalade, D. y Bel, G. 2012. *The Economics and Politics of High-Speed Rail*. Lexington Books, Plymouth, UK.
- Ali, T.M. 2012, "The Impact of the Sovereign Debt Crisis on the Eurozone Countries", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 62, no. 0, pp. 424-430.
- Annema, J.A. y De Jong, M. 2011. "The History of the Transport Future—Evaluating Dutch Transport Scenarios of the Past". *Transport Reviews*, vol. 31, no. 3, pp. 341-356.
- Banister, D. y Berechman, J. 2003. *Transport Investment and Economic Development*. UCL Press, London, UK.
- Beyzatlar, M.A., Karacal, M. y Yetkiner, H. 2014. "Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach". *Transportation Research Part A*, vol. 63, pp. 43-55.
- Castillo-Manzano, J.I., Pozo-Barajas, R. y Trapero, J.R. 2015. "Measuring the substitution effects between High Speed Rail and air transport in Spain". *Journal of Transport Geography*, Vol. 43, pp. 59-65.
- Cowie, J. y Loynes, S. 2012. "An assessment of cost management regimes in British rail infrastructure provision". *Transportation*, vol. 39, no.6, pp. 1281-1299.
- Dargay, J., Gatley, D. y Sommer, M. 2007. "Vehicle ownership and income growth, worldwide: 1960-2030". *Energy Journal*, vol. 28, no. 4, pp. 143-190.
- de la Peña, E. 2014. El Gobierno privatiza el AVE Madrid-Levante y una parte de AENA. Cadena Ser, 13/6/2014. Available: http://www.cadenaser.com/economia/articulo/gobierno-privatiza-ave-madrid-levante-parte-aena/csrscsrpor/20140613csrscsreco_3/Tes [2014,28/7].
- Ding, C. 2013. "Transport Development, Regional Concentration and Economic Growth". *Urban Studies*, vol. 50, no. 2, pp. 312-328.
- Durbin, J. y Koopman, S.J. 2001. *Time Series Analysis by State Space Methods*. Oxford Statistical Science Series, no. 24. Oxford University Press.
- El País, 2014. Juncker lo apuesta todo al plan inversor. Available: http://economia.elpais.com/economia/2014/11/21/actualidad/1416600213_746428.html [2015, 18/1].
- Efe, 2013. El billete general del AVE será un 11% más barato. Available: <http://www.elmundo.es/elmundo/2013/01/29/economia/1359459315.html> [2015, 4/3].
- Ferreiro, J., Gómez, C. y Serrano, F. 2013. "Mistakes in the Fiscal Policy in Spain before the Crisis". *Panoeconomicus*, vol. 60, no. 5, pp. 577-592.
- García, P. 2013. Descalabro comercial de Renfe: la bajada de precios del AVE dispara las pérdidas en 2013. *Vozpópuli.com* 9/10/2013. Available: <http://vozpopuli.com/economia-y-finanzas/32862-descalabro-comercial-de-renfe-la-bajada-de-precios-del-ave-dispara-las-perdidas-en-2013> [2014,28/7].
- Gillen, D. y Mantin, B. 2014. "The importance of concession revenues in the privatization of airports". *Transportation Research Part E*, vol. 2014, pp. 164-177.
- Harvey, A., 1989. *Forecasting Structural Time Series Models and the Kalman Filter*. Cambridge University Press.
- Hong, J., Chu, Z. y Wang, Q. 2011. "Transport infrastructure and regional economic growth: evidence from China". *Transportation*, vol. 38, pp. 737-752.

- Jiménez, J.L. y Betancor, O. 2012, "When trains go faster than planes: The strategic reaction of airlines in Spain", *Transport Policy*, vol. 23, no. 0, pp. 34-41.
- Kalman, R.E. 1960. "A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems". *Transactions of the ASME--Journal of Basic Engineering*, vol. 82, no. D, pp. 35-45.
- Kim, E. 2002. "Determinants of Optimal Level of Transportation Infrastructure". *Journal of Urban Planning and Development*, vol. 128, no. 3, pp. 150-163.
- Köhler, J., Jin, Y. y Barker, T. 2008. "Integrated Modelling of EU Transport Policy". *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 42, no. 1, pp. 1-21.
- Leruth, L.E. 2012. "Public-Private Cooperation in Infrastructure Development: A Principal-Agent Story of Contingent Liabilities, Fiscal Risks, and Other (Un)pleasant Surprises". *Networks and Spatial Economics*, vol. 12, pp. 223-237.
- Levinson, D., Xie, F. y Ocel. N. M. 2012. "Forecasting and Evaluating Network Growth". *Networks and Spatial Economics*, vol. 12, pp. 239-262.
- Lozano, S. y Gutiérrez, E. 2011. "Efficiency Analysis and Target Setting of Spanish Airports". *Networks and Spatial Economics*, vol. 11, no. 1, pp. 139-157.
- Martin, J.C. y Nombela, G. 2007, "Microeconomic impacts of investments in high speed trains in Spain", *Annals of Regional Science*, vol. 41, no. 3, pp. 715-733.
- Martín, J.C., Rodríguez-Déniz, H. y Voltés-Dorta, A. 2013. "Determinants of airport cost flexibility in a context of economic recession". *Transportation Research Part E*, vol. 57, pp. 70-84.
- Ministerio de Fomento, 2014a, *Tráfico en autopistas estatales de peaje*. Available: <http://www.fomento.gob.es/BE/?nivel=2&orden=06000000> [2014, 24/7].
- Ministerio de Fomento, 2014b, *Transporte por ferrocarril. Renfe Operadora*. Available: <http://www.fomento.gob.es/BE/sedal/07201000.XLS> [2014, 3/3].
- Nash, C. 2009. "When to Invest in High-Speed Rail Links and Networks?" Joint Transport Research Centre, Discussion Paper No. 2009-16.
- Ohri, M. 2012. "Discussion Paper: Airport Privatization in India". *Networks and Spatial Economics*, vol. 12, pp. 279-297.
- Pagliara, F., Vassallo, J.M. y Román, C. 2012. "High-Speed Rail Versus Air Transportation: Case Study of Madrid-Barcelona, Spain". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2289, pp. 10-17.
- Pedregal, D.J. y Young, P.C. 2002. Statistical approaches to modelling and forecasting time series. M. Clements, D. Hendry (Eds.), *Companion to Economic Forecasting*, Blackwell Publishers.
- Proost, S., Dunkerley, F., Van der Loo, S., Adler, N., Bröcker, J. y Korzhenevych, A. 2014. "Do the selected Trans European transport investments pass the cost benefit test?" *Transportation*, vol. 41, pp. 107-132.
- Román, C. y Martín, J.C. 2011. "Special Issue on New Frontiers in Accessibility Modelling: The Effect of Access Time on Modal Competition for Interurban Trips: The Case of the Madrid-Barcelona Corridor in Spain". *Networks and Spatial Economics*, vol. 11, pp. 661-675.
- Romero, A. 2014. "El gobierno ultima con la banca el acuerdo para rescatar las autopistas". *El País*, 24/7/2014:28.
- Romero, J.M. y Méndez, R. 2012. "El fiasco de las autopistas de peaje deja ya un agujero de 3.800 millones". *El País*, 25/6/2012:10.
- Rostow, W.W., 1960. *Las etapas del crecimiento económico: un manifiesto no comunista*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Royal Thai Embassy, 2015. Mega project of Thailand Ministry of Transportation. Available: <http://bic.thaiembassy.sg/node/188> [2015, 18/1].

- Ruiz del Árbol, A. 2013. Uno de cada cuatro trayectos del AVE solo tiene un pasajero al día. *El Diario.es*, 14/4/2013. Available: http://www.eldiario.es/economia/Renfe-AVE-Tardienta-Puente_Genil_0_121438139.html [2014,27/7].
- Trachanas, E. y Katrakilidis, C. 2013, "Fiscal deficits under financial pressure and insolvency: Evidence for Italy, Greece and Spain", *Journal of Policy Modeling*, vol. 35, no. 5, pp. 730-749.
- Urrutia, C. 2013. "Mientras Barajas se queda vacío... el AVE resucita las estaciones". *El Mundo*, 9/10/2013:30.
- Utsunomiya, M. y Hodota, K. 2011. "Financial lessons from Asian experience in constructing and operating high speed train networks". *Transportation*, vol. 38, pp. 753-764.
- Voltes-Dorta, A. y Pagliari, R. 2012. "The impact of recession on airports' cost efficiency". *Transport Policy*, vol. 24, pp. 211-222.