

# **Análisis de la accesibilidad territorial debida a la alta velocidad en dos corredores ferroviarios en el marco del PEIT**

**Emilio Ortega Pérez, Santiago Mancebo Quintana, Elena López Suarez, Andrés Monzón de Cáceres**

Centro de Investigación del Transporte -TRANSyT, Universidad Politécnica de Madrid, España

## **RESUMEN**

El PEIT ha establecido las características de las líneas ferroviarias de alta velocidad de manera homogénea. Asimismo, se ha hecho una evaluación todo-nada de las propuestas ferroviarias del PEIT. Sin embargo, no todas las líneas tendrán los mismos impactos territoriales. En el presente trabajo se presenta una metodología para aislar el impacto de la mejora de un corredor ferroviario determinado, comparando los dos escenarios alternativos: hacer ese corredor de alta velocidad o dejarlo en la situación actual, manteniendo el resto de las actuaciones constantes.

La ponencia se centra en la evaluación de la magnitud de dichos efectos en la accesibilidad desde un punto de vista territorial, es decir, cuánto mejora –o empeora– la accesibilidad del territorio como consecuencia de la existencia o no de las líneas de alta velocidad y de su velocidad comercial, mediante el cálculo de un indicador de accesibilidad implementado en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Del análisis de resultados se extraen conclusiones sobre los efectos de las nuevas infraestructuras de alta velocidad en términos de eficiencia de la red y equidad territorial.

Para realizar este análisis se ha escogido como muestra dos corredores ferroviarios. El análisis de los impactos se realiza en términos de diferencias entre el escenario definido por el PEIT para el año 2020 y el escenario de referencia (“do-nothing”), definido como el que en 2020 mantiene la infraestructura y los servicios correspondientes a 2005. Partiendo de estos dos escenarios base se generan otros en función de la presencia y de la velocidad comercial de los dos corredores estudiados.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El PEIT ha establecido las características de las líneas ferroviarias de alta velocidad de manera homogénea. Asimismo, se ha hecho una evaluación todo-nada de las propuestas ferroviarias del PEIT. Sin embargo, no todas las líneas tendrán los mismos impactos territoriales. En el presente trabajo se presenta una metodología para aislar el impacto de la mejora de un corredor ferroviario determinado, comparando los dos escenarios alternativos: hacer ese corredor de alta velocidad o dejarlo en la situación actual, manteniendo el resto de las

actuaciones constantes.

El análisis se realiza aplicando uno de los indicadores de accesibilidad utilizados para la evaluación de los impactos del PEIT en su conjunto. La utilización de indicadores de accesibilidad es una práctica habitual en el proceso de planificación de infraestructuras de transporte. El desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha facilitado las labores de cálculo y representación gráfica (Malczewski, 1999; Geurs and van Wee, 2004; Halden, 2002).

En esta línea, recientes estudios (Halden, 2003; Geurs and van Wee, 2004; Talen and Anselin, 1996) defienden la necesidad de explotar el potencial de los indicadores de accesibilidad como instrumento de apoyo en las tareas de planificación. Las distintas formulaciones existentes aportan enfoques distintos y a la vez complementarios al análisis, lo que permite evaluar diferentes efectos de una determinada actuación.

Una de las posibles aplicaciones de los indicadores de accesibilidad es el cálculo de los efectos sobre la eficiencia de la red, entendida como la calidad de las infraestructuras en las relaciones entre los principales centros de actividad económica. Su cálculo permite analizar los efectos de una nueva infraestructura sobre la vertebración y cohesión territorial.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Diseño de escenarios**

Los escenarios corresponden con las dos situaciones que se quieren analizar, esto es, el efecto en la accesibilidad en función de la velocidad comercial y de la situación de desarrollo de la red. Para ello, se han seleccionado dos corredores como casos de estudio, Galicia y Mediterráneo, con dos velocidades comerciales, 220 km/h y 300 km/h y dos estados de la red en su conjunto, red actual y red PEIT. El año de evaluación es 2020, horizonte temporal de las actuaciones del PEIT.

En los cálculos se ha tenido en cuenta todo el territorio peninsular de España, Portugal y los departamentos del sur de Francia. El cálculo se realiza utilizando como origen y destino de los viajes las capitales de los municipios españoles (8.176), de los concelhos portugueses (278) y de los departamentos (18) del sur de Francia.

### **2.2 Indicador de accesibilidad**

El indicador de accesibilidad seleccionado es un indicador gravitatorio de eficiencia de la red que mide la accesibilidad en términos de eficiencia en las conexiones de cada nodo con los distintos centros de actividad. Este indicador –en varias ocasiones usado y descrito por los

mismos autores (Ortega Pérez et al., 2006; López Suárez et al., 2006)– relaciona los tiempos de acceso reales con los ideales para conseguir ese efecto (Gutiérrez y Monzón, 1998) de la siguiente forma:

$$A_i = \sum \frac{TR_{ij}}{TI_{ij}} \cdot w_{ij} \quad (1)$$

- $A_i$  indica la eficiencia de la red en las conexiones del nodo  $i$  con respecto a los centros de actividad considerados,
- $TR_{ij}$  es el tiempo real de viaje por la red entre el nodo de origen y el centro de actividad económica de destino,
- $TI_{ij}$  es el tiempo ideal de viaje entre el nodo de origen y el centro de actividad económica en destino: el tiempo que se obtendría en línea recta a través de una hipotética autopista o línea de alta velocidad,
- y  $w_{ij}$  es el peso ponderado para esa relación entre  $i$  y  $j$  (en este caso el cociente entre la población en destino y el tiempo de viaje entre  $i$  y  $j$  partido por el sumatorio total):

$$w_{ij} = \frac{P_j / TR_{ij}}{\sum_j P_j / TR_{ij}} \quad (2)$$

Los resultados de este indicador se expresan en unidades fácilmente comprensibles: en cuánto superan las impedancias reales a las impedancias ideales. Cuanto más bajo sea el valor obtenido, más accesible es en términos relativos el nodo considerado. Así, si la infraestructura ferroviaria que conecta un nodo con los centros de actividad es muy eficiente (relativamente recta y de elevada velocidad), el nodo recibe un valor que tiende a 1. Un valor igual a 2 significa que la impedancia real es doble a la impedancia ideal y así sucesivamente. Este tipo de indicador ofrece, por tanto, información sobre los contrastes entre las áreas mejor y peor dotadas de infraestructuras.

## 2.3 Cálculo de la accesibilidad

### 2.3.1. Modelización del sistema territorial y de transporte

El proceso seguido es análogo al realizado anteriormente (Ortega Pérez et al., 2006; López Suárez et al., 2006): recopilar información demográfica y realizar una prognosis de crecimiento hasta 2020 en base a una regresión lineal de las series de datos municipales del Instituto Nacional de Estadística (INE). En cuanto al sistema de transporte, se ha usado una modelización de las redes de carreteras y ferrocarriles de 2005 (Mancebo Quintana y Ortega Pérez), que incluye las redes de todas las titularidades con una precisión estimada de 200 m y

topología de red. Sus atributos incluyen el tipo de vía y una velocidad de recorrido en función del tipo de vía. La red de ferrocarriles incluye, además, datos sobre el ancho de vía y situación de estaciones, junto con datos de oferta de servicios.

### 2.3.2 Cálculo de tiempos de recorrido

El cálculo como tal se realiza usando la aplicación AccesstUls (Mancebo Quintana, 2007) en el Sistema de Información Geográfica Arc/Info. El proceso se basa en el cálculo de caminos mínimos –mínimo tiempo– entre los nodos origen y cada uno de los centroides destino.

En el modo ferrocarril, se han tenido en cuenta las características de la oferta (frecuencia de servicios) en el cálculo de tiempos. El tiempo de recorrido entre cada par  $i$ - $j$  – $IR_f(i,j)$ – se calcula como la suma de tres términos: el tiempo por carretera desde el origen  $i$  hasta la estación origen ( $E_i$ ) – $IR_c(i, E_i)$ –, una penalización por cambio de modo carretera-ferrocarril – $T_{c-f}$ –, el tiempo de recorrido en ferrocarril como la suma de varios términos (tiempo en ferrocarril, de trasbordo, de cambio de ancho de vías y penalizaciones por fronteras y frecuencia de servicios) y el tiempo por carretera desde la estación final hasta el destino – $IR_c(E_j, j)$ –, tal como expresa la ecuación (3):

$$IR_f(i, j) = IR_c(i, E_i) + \theta_{c-f} + \theta_{trasbordos} + \theta_{ancho} + \theta_{fronteras} + \theta_{frecuencia} + IR_c(E_j, j) \quad (3)$$

Para una descripción más detallada de cada uno de los términos, véase López Suárez et al. (2006).

## 3. RESULTADOS

Por limitaciones de espacio, nos limitaremos al análisis de una selección de la investigación realizada. Se analizan por tanto a continuación las mejoras que se producen en el conjunto del territorio nacional peninsular, tanto por la construcción del corredor Galicia como por la del corredor Mediterráneo. En ambos casos se estudian dos variantes del corredor: a 220 y 300 km/h (a esta última se le añade el carácter “+” a su denominación). La siguiente Tabla incluye los porcentajes de mejora obtenidos por CCAA, en cada uno de los escenarios, con respecto al escenario cero. Asimismo, las Figuras 1 a 4 incluyen los mapas correspondientes a los valores incluidos en la Tabla 1.

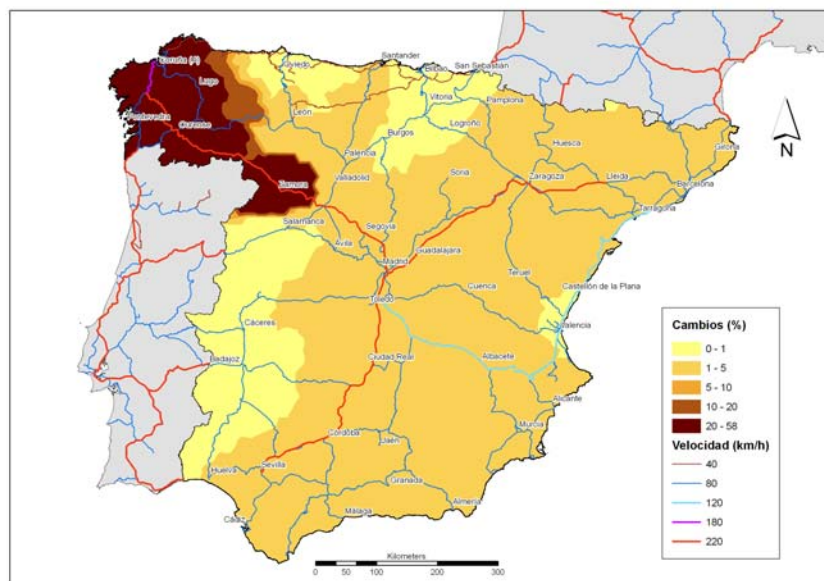
Comunidad Autónoma	Porcentaje de mejora respecto al escenario cero			
	Corredor Galicia	Corredor Galicia +	Corredor Mediterráneo	Corredor Mediterráneo +
Andalucía	1,6	2,2	13,6	22,8
Aragón	2,2	2,9	1,4	3,2
Principado de Asturias	1,1	2,3	0,1	0,2
Cantabria	1,2	2,3	0,2	0,4

Castilla y León	6,9	9,7	0,2	0,4
Castilla-La Mancha	2,0	2,7	1,7	3,4
Cataluña	1,2	1,6	7,8	15,0
Comunidad Valenciana	1,0	1,3	14,4	27,8
Extremadura	0,4	0,6	0,6	1,3
Galicia	38,0	51,2	0,2	0,3
Comunidad de Madrid	2,1	3,1	0,3	0,6
Región de Murcia	1,1	1,4	21,5	37,2
C.F. de Navarra	1,2	1,7	0,7	1,4
País Vasco	0,5	0,7	1,5	2,9
La Rioja	1,0	1,4	0,5	1,1

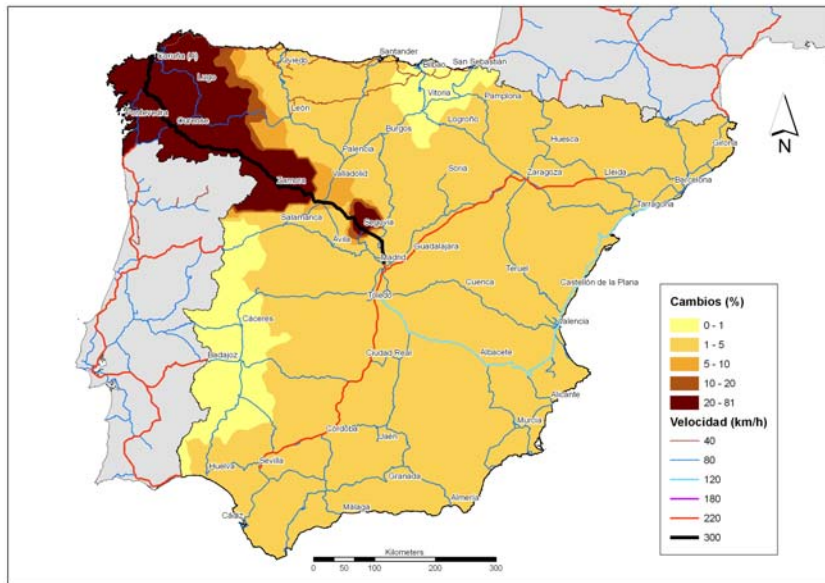
**Tabla 1: Porcentajes de mejora agregados por CCAA**

En primer lugar, respecto al corredor Galicia a 220 km/h, puede observarse que las mejoras se concentran en la Comunidad gallega (38,0%), seguida muy de lejos por la castellano-leonesa (6,9%). Destaca, asimismo, la gran diferencia que supone el aumentar la velocidad a 300 km/h, que traduce los valores anteriores en un 51,2% y un 9,7%, respectivamente. En cualquiera de los dos casos, el porcentaje de mejora obtenido por Galicia es muy significativo. Ello es debido a la combinación de varios factores, entre ellos:

- la deficiente situación de partida con la que cuenta esta Comunidad en el escenario cero,
- el hecho que el corredor conecte a las principales ciudades gallegas con Madrid. Dada la formulación del indicador de accesibilidad utilizado, en el que los destinos se han ponderado de acuerdo con su población, el peso de las mejoras de las relaciones con Madrid es altamente relevante.



**Fig. 1 - Porcentajes de mejora Corredor Galicia vs. Cero**



**Fig. 2 - Porcentajes de mejora Corredor Galicia+ vs. Cero**

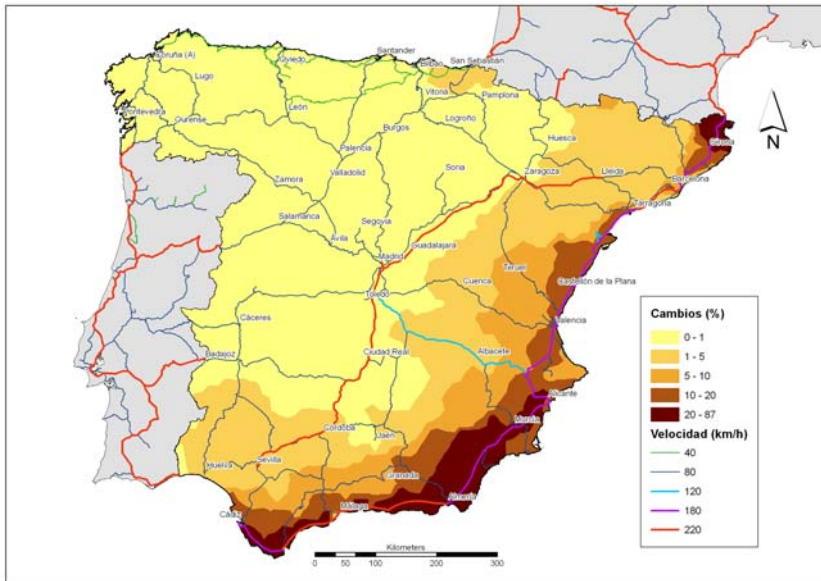
Asimismo, es interesante analizar las mejoras desde el punto de vista del resto de CCAA. En primer lugar, tal como se observa en las Figuras 1 y 2, en ambos casos las mejoras no se distribuyen territorialmente de forma “concéntrica” alrededor del eje de la nueva línea de ferrocarril. En concreto, destaca el hecho de que en comunidades cercanas a Galicia, como Extremadura o Asturias, se obtengan mejoras muy reducidas. Ello es debido a la combinación de varios factores, entre ellos a la mala eficiencia de la red de ferrocarriles en el escenario cero y al hecho de que el corredor no mejora las conexiones de estas comunidades con Madrid o con otras ciudades con gran población.

En segundo lugar, respecto al corredor Mediterráneo a 220 km/h, puede observarse que las mejoras se concentran en la Comunidades murciana (21,5%), valenciana (14,4%) y andaluza (13,6%). En este caso estos porcentajes aumentan a un 37,2%, 27,8% y 22,8%, respectivamente, al aumentar la velocidad a 300 km/h, lo cual también supone aumentos importantes. En comparación con los resultados obtenidos por el Corredor Galicia, los porcentajes de mejora obtenidos son inferiores. También en este caso intervienen un conjunto de factores, entre ellos:

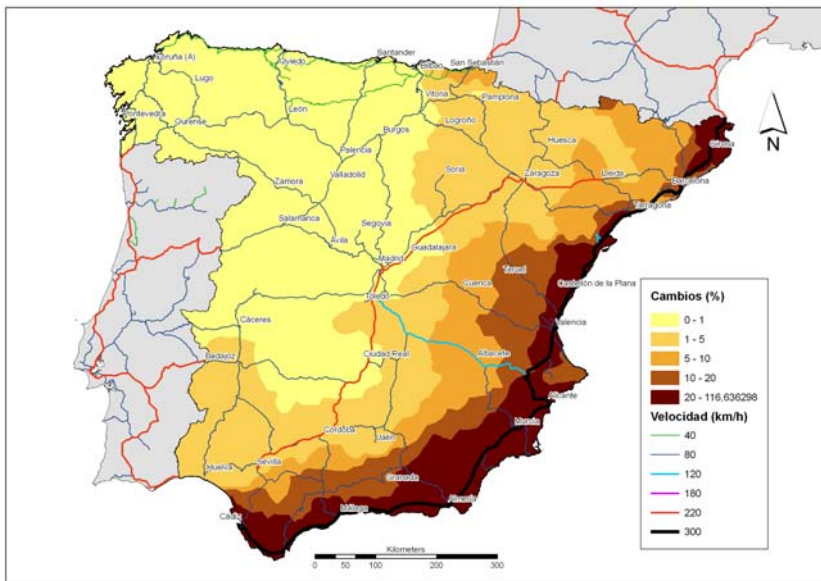
- el corredor mediterráneo ya contaba en el escenario cero con una situación de partida aceptable, debido principalmente a la existencia del Euromed y de la línea Madrid-Valencia, junto con el efecto indirecto de la LAV Sevilla- Madrid- Lleida. La Comunidad que se encuentra en peor situación es la murciana, que es la que obtiene mejores porcentajes de mejora,
- la nueva línea mejora las conexiones con núcleos de población importantes de las aglomeraciones de la costa mediterránea y las andaluzas, pero sólo mejoran de forma indirecta la conexión con Madrid, lo cual limita los porcentajes de mejora resultantes.



En cuanto a la distribución de las mejoras en el resto de CCAA, tal como se observa en las Figuras 3 y 4, en este caso sí que se produce cierto patrón concéntrico: las mejoras son superiores, en general, en las cercanías de la nueva línea, y van disminuyendo conforme nos alejamos de ella. Ello se debe a que el territorio delimitado al este de la diagonal de la LAV Sevilla-Madrid-Lleida cuenta con una situación aceptable de eficiencia de la red en el escenario cero, lo que le permite beneficiarse en mayor medida del “efecto red” que crea la construcción del corredor mediterráneo.



**Fig. 3 - Porcentajes de mejora Corredor Mediterráneo vs. Cero**



**Fig. 4 - Porcentajes de mejora Corredor Mediterráneo+ vs. Cero**

#### 4. CONCLUSIONES

El análisis de la Alta Velocidad por corredores permite aislar los efectos provocados en la mejora de la accesibilidad. Debido a que las redes de infraestructuras se planifican a largo plazo, el conocer estos efectos aislados permitiría priorizar en el tiempo la construcción de cada línea. Este hecho posibilita el evaluar los beneficios sociales y económicos estimados en el proceso de planificación, lo que es muy útil para evaluar correctamente otros corredores cuyos beneficios podrían no ser rentables.

Aún así, este análisis por corredores sería complementario de la planificación estratégica, ya que no permite medir posibles sinergias o redundancias de las actuaciones.

#### REFERENCIAS

- GEURS, K. T. & VAN WEE, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140.
- GUTIÉRREZ, J. Y MONZÓN, A. (1998). Accessibility, network efficiency, and transport infrastructure planning. *Environment and Planning A*, 30, 1337-1350.
- HALDEN, D. (2002). Using accessibility measures to integrate land use and transport policy in Edinburgh and the Lothians. *Transport Policy*, 9(4), 313-324.
- HALDEN, D. (2003). Accessibility analysis: concepts and their application to transport policy, programme and project evaluation. En: A. Pearman, P. Mackie, and J. Nellthorp, (ed.) *Transport Projects, Programmes and Policies: Evaluation needs and capabilities*. Ashgate, Aldershot.
- LÓPEZ SUÁREZ, E.; MONZÓN DE CÁCERES, A.; MANCEBO QUINTANA, S.; ORTEGA PÉREZ, E.; GUTIÉRREZ PUEBLA, J.; GÓMEZ, G. (2006) Impactos territoriales del PEIT: Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020. *VII Congreso de Ingeniería del Transporte*, Ciudad Real, España, 14-16 junio, 2006
- MALCZEWSKI, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- MANCEBO QUINTANA, S. (2007) AccesstUls. Conjunto de herramientas especializadas para cálculos de accesibilidad usando análisis de redes.
- ORTEGA PÉREZ, E.; MANCEBO QUINTANA, S. Y LÓPEZ SUÁREZ, E. (2006). Evaluación de efectos territoriales: accesibilidad y medio ambiente debidos al PEIT en CyL. 5-27 de octubre, *III Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*, Zaragoza
- TALEN, E. & ANSELIN, L. (1996). Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and Planning A*, 30, 595-613.