

# Efectos sobre la accesibilidad de la red de autovías planeada en el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (España)

FRANCISCO JAVIER CALVO-POYO<sup>1</sup> | BORJA MOYA-GÓMEZ<sup>2</sup>  
JUAN CARLOS GARCÍA PALOMARES<sup>3</sup> | JAVIER GUTIÉRREZ PUEBLA<sup>4</sup>

Recibido: 10/01/2018 | Aceptado: 14/06/2018

## Resumen

En este artículo se analizan los impactos en la accesibilidad territorial en Andalucía de las actuaciones en carreteras planificadas por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía. Para ello, se ha desarrollado una herramienta informática basada en Sistemas de Información Geográfica, y se han calculado una serie de indicadores de accesibilidad y cohesión territorial. Para llevar a cabo el análisis de los efectos del Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía, se han contemplado dos escenarios: uno sin las actuaciones previstas y otro con todas las actuaciones planeadas implementadas. También se han estudiado los efectos de dicho plan sobre la accesibilidad a hospitales, universidades y centros logísticos, así como las mejoras inducidas por cuatro importantes actuaciones concretas. Los resultados muestran mejoras significativas, como una reducción media en los tiempos de viaje del 3,6%, y que las actuaciones del plan de infraestructuras potencian la cohesión territorial.

---

Palabras Clave: Accesibilidad; cohesión territorial; autovía; Plan de Infraestructuras del Transporte; Andalucía.

---

## Abstract

*Effects on the accessibility of the highways network planned in the Infrastructure Plan for the Sustainability of Transport in Andalusia (Spain)*

The present study aims to analyze the territorial impacts in Andalusia (through changes in accessibility) derived from the improvements in the road network planned by the Ministry of Development and Housing of the Junta de Andalusia. For this purpose, a computer tool based on Geographic Information Systems was developed, and a series of accessibility and territorial cohesion indicators were calculated. To carry out the analysis of the effects of the Infrastructure Plan for the Sustainability of Transport in Andalusia, two scenarios were considered (with and without the planned actions). The effects of this plan on accessibility to hospitals, universities and logistics centers, as well as the improvements induced by four strategic actions, were studied as well. The

---

1. Departamento de Ingeniería Civil. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Universidad de Granada. [fcalvo@ugr.es](mailto:fcalvo@ugr.es)

2. Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid. [bmoyagomez@ucm.es](mailto:bmoyagomez@ucm.es)

3. Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid. [jcgarcia@ghis.ucm.es](mailto:jcgarcia@ghis.ucm.es)

4. Departamento de Geografía, Universidad Complutense de Madrid. [javiergutierrez@ghis.ucm.es](mailto:javiergutierrez@ghis.ucm.es)

results show the effects of the actions of this plan of infrastructures: an average reduction of the travel times of 3.6%, and an improvement of the territorial cohesion.

---

Keywords: Accessibility; territorial cohesion; dual carriageway; Transportation Infrastructure Plan; Andalusia.

---

Résumé

### *Effets sur l'accessibilité du réseau autoroutier prévu dans le Plan d'Infrastructure des Transports en Andalousie (Espagne)*

Cet article analyse les impacts dans l'accessibilité territoriale en Andalousie des actions sur les routes, planifiées par le Ministère du Développement et du Logement de la Junta de Andalucía. Pour cela, un outil informatique basé sur les Systèmes d'Information Géographique a été développé, et une série d'indicateurs d'accessibilité et de cohésion territoriale ont été calculés. Afin de mener à bien l'analyse des effets du Plan d'Infrastructures pour la Durabilité des Transports en Andalousie, deux scénarios ont été considérés: le premier sans les actions prévues, l'autre avec ces dernières. De plus, les effets de ce plan sur l'accessibilité des hôpitaux, des universités et des centres logistiques, comme les améliorations induites par quatre actions stratégiques, ont été étudiées. Les résultats montrent des améliorations significatives, comme une réduction de 3,6% des temps de trajet, et que les actions du plan d'infrastructures renforcent la cohésion territoriale.

---

Mots-clés: accessibilité; cohésion territoriale; autoroute; Plan d'infrastructure de transport; Andalousie.

---

## 1. Introducción

La accesibilidad es una pieza fundamental en el desarrollo económico regional. Conseguir una distribución equitativa de accesibilidad a los mercados es considerado uno de los factores clave para el éxito de la integración socio-económica de la Unión Europea (UE) para alcanzar un desarrollo económico armónico. Así, en el Libro Verde de la Red Transeuropea de Transporte (COM, 2009) se menciona que sus principales objetivos son garantizar el funcionamiento adecuado del mercado interior y garantizar la accesibilidad y reforzar la cohesión socioeconómica y territorial con el fin de favorecer especialmente a las regiones fronterizas y periféricas, que sufren de un déficit de acceso a los mercados centrales. La cohesión territorial es, en definitiva, uno de los principales objetivos de la UE, está presente en el borrador de la Constitución Europea (Artículo 3) y fue ratificado en el Tratado de Lisboa.

La cohesión territorial conduce a *un desarrollo más equilibrado, reduciendo las disparidades, evitando desequilibrios territoriales y garantizando que las políticas sectoriales tengan impactos espaciales más coherentes con las políticas regionales* (CEC, 2004). El concepto de cohesión territorial alude particularmente a la igualdad de oportunidades en el acceso a los servicios u otros aspectos fundamentales de la vida humana (Thomopoulos et al., 2009). Por ello, la distribución espacial de la accesibilidad es una de las variables utilizadas para medir las disparidades existentes entre las regiones. Obviamente, la accesibilidad es un indicador más de una larga lista, incluidos en los informes de cohesión periódicos de la UE (CEC, 2004; COM, 2008), junto a indicadores macroeconómicos como el producto interno bruto (PIB) per cápita, los niveles de empleo o las inversiones en I+D. La razón de la inclusión de la accesibilidad en esta lista es que la igualdad de acceso a los servicios se considera una condición clave para la cohesión territorial (CEC, 2004).

La mejora de la accesibilidad que se derive de la inversión en infraestructuras de transporte tiene consecuencias directas sobre la cohesión territorial, al aumentar el bienestar de las familias (que se benefician de un mejor acceso al empleo, a los centros de salud, a la educación y servicios en general) y de las empresas (por la reducción de los costes de transporte en que incurren en sus procesos productivos).

En la UE, y en relación con la cohesión territorial, se presta especial interés a las regiones con desventajas geográficas, caracterizadas por problemas de accesibilidad e integración con el resto de la unión. Por lo tanto, la inversión en infraestructura se considera un factor clave para proporcionar una distribución equitativa de la accesibilidad a todas sus regiones y para reducir las disparidades existentes en la accesibilidad entre ellas. Estas mejoras son especialmente importantes en las regiones periféricas, caracterizadas por las bajas densidades de población y empleo, la debilidad del tejido empresarial y la baja dotación de infraestructuras de transporte (Spiekermann y Neubauer, 2002). Sin embargo, la inversión en transporte y una mayor cohesión no siguen una relación casual. Algunos científicos incluso argumentan que mejores enlaces de transporte entre centros fuertes y competitivos y periferias económicamente débiles pueden aumentar la polarización en lugar de la cohesión (Hey *et al.*, 2002; Peters, 2003; Vickerman, 1995).

Las propias regiones ponen también el acento en sus planes de infraestructuras en la mejora de la accesibilidad y reducción de las disparidades en su distribución espacial. En una región periférica como Andalucía, el *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía 2007-2013* (PISTA) trataba de garantizar unas condiciones adecuadas y equitativas de accesibilidad de la población andaluza al conjunto del territorio y a los centros de interés regional, además de mejorar los servicios de transporte público. Sin embargo, según la propia Junta de Andalucía, la ejecución de las actuaciones incluidas en el PISTA se vio muy limitada por la irrupción de la crisis económica acontecida a la mitad del periodo previsto para la realización del mencionado plan de infraestructuras. Las medidas de restricción de gasto público adoptadas desde 2010, supusieron una disminución en el ritmo general de ejecución de obras, debiendo reprogramar, e incluso paralizar un gran número de ellas. En este contexto, el PISTA se vio prorrogado hasta 2015, siendo en 2016 cuando se llevó a cabo una revisión del mismo, denominada *PISTA 2020 Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía* (PISTA 2020) (Junta de Andalucía, 2016). Con estos antecedentes, el PISTA 2020 presenta una estructura similar al anterior plan de infraestructuras, y sigue recogiendo prácticamente la totalidad de las actuaciones programadas y no realizadas. Por ello, se considera de interés evaluar qué supondría para Andalucía la ejecución de dichas actuaciones. Tal y como se recoge en ambos planes de infraestructuras (PISTA y PISTA 2020), los pilares fundamentales que justifican la inversión en infraestructuras del transporte son el desarrollo regional y la cohesión territorial. Esta política de infraestructuras se ve avalada por las orientaciones de la Unión Europea y de la bibliografía especializada.

En este marco, el objetivo de este estudio es analizar y evaluar, a través de cambios en la accesibilidad, los impactos territoriales en Andalucía de las actuaciones en materia de transporte por carretera planificadas por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía a través del plan PISTA y su continuación en PISTA 2020. Para ello, se ha desarrollado una herramienta, basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) e indicadores de accesibilidad, que permite evaluar los efectos de actuaciones en carreteras en función de los cambios en la accesibilidad territorial que dichas medidas producen. En contexto de la cohesión territorial, el enfoque aquí planteado es el de analizar los cambios en la distribución espacial de los valores de accesibilidad como una herramienta para medir los efectos de cohesión territorial de las inversiones en infraes-

estructura de transporte, similar al usado en López et al (2008). Este enfoque puede utilizarse para enriquecer el proceso de planificación, proporcionando metodologías de evaluación con una herramienta de «cohesión» complementaria.

Los resultados obtenidos permiten apreciar por medio de mapas los cambios de accesibilidad que se dan en el territorio como consecuencia de la construcción o mejora de una nueva infraestructura y mediante indicadores las mejoras tanto desde una perspectiva de eficiencia (incrementos en la situación general de accesibilidad) como de equidad (incremento de la cohesión interna). Esta herramienta ayuda por lo tanto para planificar la inversión en infraestructuras de transportes en Andalucía, ya que permite comparar de una forma rápida y visual las variaciones de accesibilidad del territorio en función de cada alternativa, pudiendo así valorar cuáles de ellas son las que producen las mayores mejoras y establecer prioridades a la hora de realizar la inversión. En términos de cohesión, los responsables en la toma de decisiones en materia de infraestructuras pueden tener información sobre si las disparidades existentes en la accesibilidad se incrementan (es decir, se reduce la cohesión) o se reducen (es decir, aumenta la cohesión) como resultado de la implementación de la nueva infraestructura.

## 2. Estado de la cuestión

La accesibilidad es un término muy utilizado, con frecuencia en diferentes sentidos, por lo que es difícil abarcar en una definición todos los enfoques que se le han venido dando. No obstante, se puede partir de una definición del concepto de accesibilidad como la facilidad con que las actividades pueden ser alcanzadas desde una localización dada y utilizando un determinado sistema de transporte (Morris et al., 1979). Trata, por tanto, de reflejar las oportunidades, disponibles para individuos y empresas, de alcanzar lugares donde realizar actividades que son importantes para ellos (Linneker y Spence, 1992). Así, un territorio tiene una alta accesibilidad cuando desde él es posible interactuar con un número significativo de oportunidades (Hansen, 1959; Breheny, 1978; Bruinsma y Rietveld, 1998).

La construcción de infraestructuras de transporte o las actuaciones sobre las mismas tienen un reflejo inmediato en las condiciones de accesibilidad del territorio y determina ventajas de localización de un espacio en relación a otros. Los espacios con buenas condiciones de accesibilidad son más atractivos, tanto para empresas como para la población, que aquellos en las que los costes de interacción son elevados.

Es bien conocida la relación existente entre infraestructuras de transporte, accesibilidad y desarrollo regional (Vickerman et al., 1999). En el mundo actual, la interacción espacial (flujos de mercancías, viajeros e información) cobra una importancia creciente en el desarrollo de la actividad económica. Las economías son cada vez más interdependientes y las redes permiten integrar las economías locales entre sí y en la economía global. La mejora de las redes de transporte produce una reducción de los costes de interacción, que incide positivamente sobre la competitividad del sistema económico y la aparición de los beneficios de la especialización y las economías de escala (Forslund y Johnson, 1995; Banister y Berechman, 2001). Los análisis de accesibilidad identifican el nuevo marco de condiciones para la interacción creado a partir de la nueva infraestructura territorializando sus efectos.

Los estudios sobre accesibilidad tienen interés también desde la perspectiva del bienestar social. La accesibilidad al empleo (Paez et al., 2013), la sanidad (Rodríguez, 2011), la educación (Salado,

2001), los espacios verdes (Reyes et al., 2014) y los servicios en general es uno de los componentes clave a la hora de evaluar el nivel de bienestar de la población. Los espacios rurales remotos tienen en general graves problemas de acceso a los servicios, lo que constituye un factor determinante en los procesos migratorios y la despoblación de esos territorios (Orcao y Cornago, 2007). En cambio, las regiones que cuentan con una adecuada accesibilidad a los servicios tienden a retener o a ver aumentada su población (Gutiérrez, 2009).

Existe una gran variedad de indicadores para medir la accesibilidad. La mayor parte de indicadores combinan el coste de transporte y la capacidad de atracción de los diferentes centros de actividad en un sólo indicador (Geertman y Ritsema van Eck, 1995, García, 2000). El coste del transporte es una medida de la impedancia o del efecto de fricción de la distancia. Suele expresarse en unidades de distancia, tiempo o coste generalizado de transporte. Por su parte, la capacidad de atracción de los destinos se relaciona con su volumen de actividad económica. En función de los datos disponibles, se pueden utilizar distintos indicadores de atracción. Destacan la población (que refleja la accesibilidad a los consumidores), el empleo (que representa la accesibilidad a las actividades económicas) o el producto interior bruto. Es también habitual medir la accesibilidad a ciertas localizaciones estratégicas en las redes, como puertos o aeropuertos (Forslund and Johnson, 1995; Gómez et al., 2016), o determinados servicios, como los centros comerciales (Vickerman, 1974), centros de salud (Rodríguez, 2011; Jaraíz-Cabanillas et al., 2017) y muchos otros. En la bibliografía internacional aparecen varias revisiones en relación a los indicadores de accesibilidad, con numerosas clasificaciones de los mismos. Para una completa revisión puede verse por ejemplo: Morris et al. (1979), Reggiani (1998), Bruinsma y Rietveld (1998), Geurs y van Wee (2004), Vandenbulcke et al. (2009), Curl, et al., (2011) o Paez et al., (2012).

Para el cálculo y representación de la accesibilidad espacial, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas especialmente útiles (Ortega et al., 2011). Liu y Zu (2002) señalan que la implementación de indicadores de accesibilidad en SIG permite integrar todas las fases necesarias en su análisis, desde la definición del problema y recogida de los datos, la especificación de las medidas, el cálculo de los indicadores en los módulos de redes y su representación cartográfica para la interpretación y evaluación.

Por todo ello, las aplicaciones de los indicadores de accesibilidad mediante herramientas SIG son numerosas. Una de las más habituales es la caracterización de la distribución espacial de la accesibilidad en la evaluación de planes y proyectos y la medición de sus efectos territoriales. La accesibilidad se ha utilizado en la evaluación, por ejemplo, del impacto de las redes transeuropeas (Gutiérrez y Urbano, 1996), del Plan Director de Infraestructuras (PDI) entre 1992 y 2004 en España (Gutiérrez et al., 2006), del Plan de Infraestructuras Territoriales (PEIT) (Monzón et al., 2010) o del Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012-2024 (PITVI) (Gutiérrez et al., 2015). En la evaluación de los planes se pone un especial acento en el estudio de la cohesión territorial a través de indicadores de accesibilidad (Izquierdo y Monzón, 1992). Se trata básicamente de descubrir si las mejoras más importantes en accesibilidad se producen en las regiones que partían de una situación más desfavorable y por lo tanto producen un aumento de la cohesión (equidad) (Gutiérrez, 2001; Martín et al., 2004; López, et al., 2008).

En definitiva, son muchos los trabajos previos que han utilizado indicadores de accesibilidad para la evaluación de actuaciones en materia de infraestructuras de transporte, y lo han hecho apoyándose en herramientas SIG y análisis desde las perspectivas de la eficiencia y la equidad (cohesión). Este artículo aporta una experiencia más, sobre un plan de actuaciones a escala regional, menos

tratados habitualmente, a partir del desarrollo de una herramienta que facilita los cálculos y permite cartografiar los resultados adecuadamente. La herramienta es testada para la evaluación del impacto global del plan, de actuaciones concretas y de diferentes equipamientos de interés.

### 3. Metodología y datos

A continuación se describen las fases, procedimientos y herramientas que se han utilizado en el desarrollo de los análisis de accesibilidad.

#### 3.1. Recopilación, preparación e incorporación de las redes de transporte por carretera de Andalucía a un SIG

Se ha tomado como red de referencia la cartografía de la Junta de Andalucía, disponible a través de la Infraestructura de Datos Espaciales de Andalucía (IDE-Andalucía). Sin embargo, esta red no tiene información sobre velocidades. En consecuencia no es posible obtener los tiempos de viaje en cada uno de los arcos. Para calcular esos tiempos de viaje se han utilizado velocidades tipo, combinando la jerarquía y el tipo de vía de cada arco. El uso de velocidades tipo, frente a la posibilidad de introducir en la red velocidades «reales» obtenidas por ejemplo con vehículo flotante, se justifica en relación con el objetivo del proyecto: la evaluación de planes y actuaciones de infraestructuras. Así, en los estudios donde se evalúan los impactos de planes de infraestructuras en la accesibilidad se utilizan velocidades tipo porque es la forma de poder comparar escenarios analizando el efecto «puro» de las infraestructuras, sin tener en cuenta otros factores.

#### 3.2. Recopilación e incorporación al SIG de los datos demográficos, económicos y de equipamientos

Se ha realizado una recopilación y valoración de información de utilidad para los análisis de accesibilidad propuestos, principalmente de aquellas variables que puedan representar la *atractividad* de los destinos (población, empleos, etc.). Se ha trabajado con información cartográfica a nivel provincial y municipal. En ambos casos la cartografía digital se ha obtenido nuevamente de la IDE-Andalucía, en capas de polígonos en formatos *shp* que representan los límites provinciales y municipales. La base de datos municipal contiene un total de 771 municipios. Estos municipios han sido considerados como destinos en los análisis de accesibilidad. Para ello, se ha creado una capa de puntos (nodos) localizados en la localidad principal de cada uno de ellos. La información de población municipal del Padrón y empleo de la Seguridad Social, en ambos casos para el año 2014.

Junto a la información referente a los municipios, en este trabajo se ha usado información sobre tres tipos diferentes de servicios: hospitales, universidades y áreas logísticas. En el caso de los hospitales los datos proceden de la Memoria Estadística de la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, para el año 2014. La información de universidades ha sido obtenida del centro de descargas del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, mientras los datos de áreas logísticas proceden del DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía), perteneciente al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

### 3.3. Generación de escenarios y cálculo de los indicadores de accesibilidad

Para el análisis de los efectos del plan de infraestructuras se han creado dos redes digitales de carreteras, que simulan los escenarios *con y sin plan* PISTA. Por lo tanto, se ha seguido una metodología en la que se estudian los cambios en la accesibilidad producidos únicamente por las actuaciones en las infraestructuras consideradas sobre la red de carreteras, dejando fijo el valor de la medida de actividad económica y considerando velocidades tipo en las redes. De esta forma se obtiene un valor del efecto del plan o de las actuaciones consideradas (mejora de la infraestructura).

Además de esos escenarios generales, se han analizado escenarios individualizados para las actuaciones individuales más significativas incorporadas en el plan. En concreto se han seleccionado las siguientes actuaciones estratégicas, se ha creado un escenario para cada una de ellas y se comparan los resultados de accesibilidad del escenario Sin Plan con un escenario similar, pero incorporando dicha actuación:

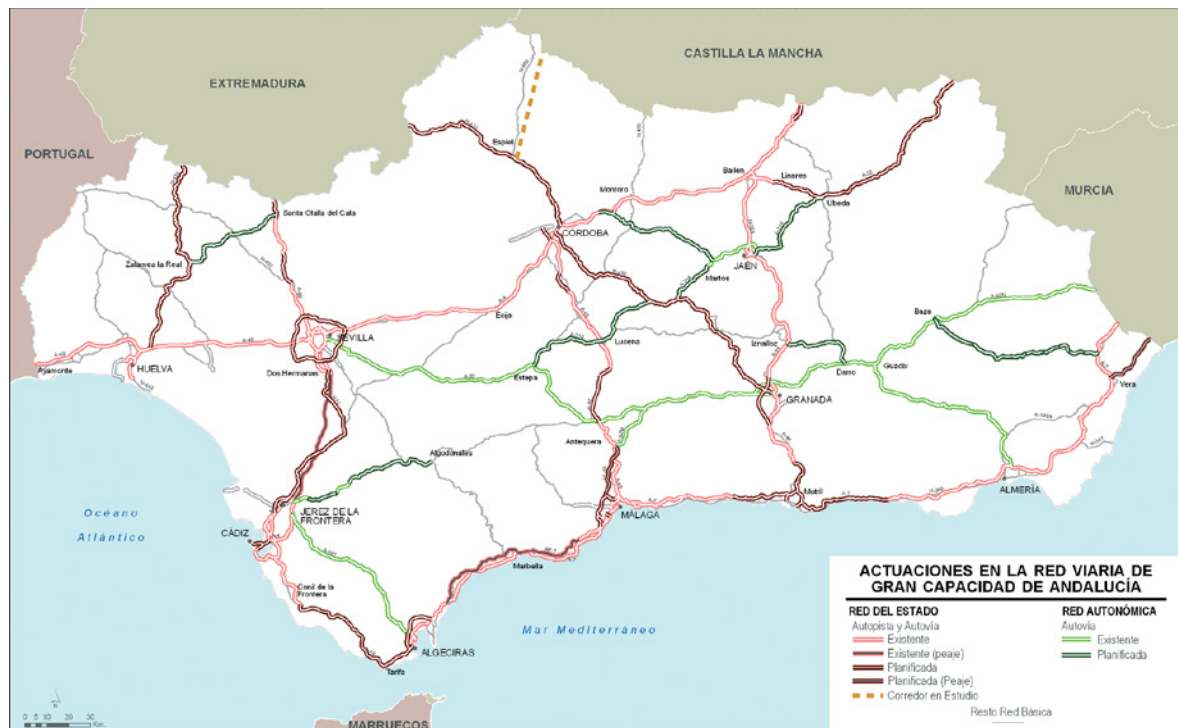
- A-384 (futura A-382) entre Arcos de la Frontera y Algodonales. Esta vía forma parte del eje Jerez-Antequera.
- Córdoba-Jaén. Se trata del tramo autonómico del nuevo acceso del norte de Andalucía (ciudades como Córdoba, Jaén, Úbeda, etc.) a Albacete, la Comunidad Valenciana, Cataluña, Francia (por la frontera de Figueras) y centro y este de Europa (denominado también «Eje Andalucía-Levante», e integrado en la Red Transeuropea de Transporte.
- Autovía del olivar entre Jaén y Úbeda: este tramo de análisis se propone para tratar de justificar, a posteriori, este tramo ya prácticamente concluido. Es el segundo tramo autonómico del Eje Andalucía Levante, y a su vez, también está integrado en la Red Transeuropea de Transporte.
- Iznalloz-Guadix: tramo autonómico que mejoraría sensiblemente las comunicaciones del suroeste andaluz con Jaén, Córdoba y Madrid.

Las actuaciones previstas en carreteras se recogen en la Mapa 1 y configuran el escenario *con plan*. En ellas puede diferenciarse según la financiación sea estatal o autonómica y si la actuación es anterior o posterior a 2008.

Con el objetivo de agilizar los cálculos se desarrolló una herramienta que, a su vez, engloba a otras tres. Estas herramientas se basan en scripts de Python a cuya interfaz se accede a través de ArcGIS y permiten ubicar los centroides de las zonas en la red, generar las matrices origen-destino de mínimas impedancias (utilizando el módulo Network Analyst), y calcular los indicadores de accesibilidad a partir de los datos digitalizados de redes de transporte y ciudades. El archivo de salida es una tabla en formato *csv* cuyos datos pueden ser explotados y representados a través de ArcGIS.

Como indicadores de accesibilidad se utilizaron cuatro: 1) tiempos medios ponderados, 2) indicador de potencial, 3) de eficiencia de la red y 4) oportunidades acumuladas. En este artículo se muestran los resultados obtenidos mediante en el indicador de tiempos medios ponderados para reducir la extensión del mismo. En todo caso, los resultados con el indicador de potencial y de eficiencia son similares (las zonas que presentan las mayores mejoras se encuentran junto a las principales actuaciones). Por su parte, en el caso del indicador de oportunidades acumuladas, la mejora resultó notable sólo en un entorno cercano a la actuación (dependiendo la extensión de la isócrona considerada).

Mapa 1: Actuaciones en la red viaria de gran capacidad de Andalucía



Fuente: Junta de Andalucía (2008)

El indicador de tiempos medios de viaje ponderados mide la accesibilidad de cada uno de los nodos en la red como la media del tiempo de viaje entre ese nodo y el resto de los nodos, ponderada por la importancia de cada uno de los destinos. Se ha utilizado la siguiente expresión:

Donde:

$L_i$  es la localización del nodo  $i$  con respecto a los centros económicos considerados,

$C_{ij}$  es el tiempo de viaje a través de la red entre los nodos  $i$  y  $j$ , y

$M_j$  es la importancia del centro de destino.

Los nodos considerados en el análisis del PISTA han sido los municipios y el valor de importancia de los destinos usado como factor de ponderación ha sido el dato de empleo en cada uno de ellos. De esta forma se da más importancia a estar bien conectado con los municipios o zonas con mayor volumen de empleo. El indicador de los tiempos medios ponderados es un indicador fácil de interpretar, expresado en unidades de tiempo de viaje (minutos). De este modo, la comparación entre los resultados *con* y *sin* plan muestra el descenso de los tiempos medios de cada uno de los nodos por efecto del plan. Es un indicador que destaca los contrastes centro-periferia y el papel de las grandes rutas con valor estratégico.

### 3.4. Cálculo de los indicadores de cohesión

Como indicadores de la cohesión territorial desde la perspectiva de la distribución de la accesibilidad se han considerado dos indicadores: el coeficiente de variación (CV) y el índice de GINI.



El CV relaciona el tamaño de la media con la variabilidad de la variable. Así pues, en este caso, el CV proporciona información acerca de la variabilidad del indicador de accesibilidad (tiempo medio ponderado) en una zona (en este caso Andalucía) con respecto al valor medio del indicador en la misma, y puede ser utilizado por lo tanto como un indicador de la cohesión territorial. Así pues, a mayor valor del CV, mayor heterogeneidad en la distribución de la accesibilidad en la zona (menor cohesión territorial) y viceversa. El CV expresa la desviación estándar como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar.

Por su parte, GINI se calcula a partir de la curva de Lorenz, en la que se representan los valores acumulados de las unidades territoriales (en este caso, municipios) en abscisas, frente a los valores acumulados de la variable a estudiar (en este caso, el nivel de accesibilidad) en las ordenadas. El valor del coeficiente de GINI se calcula como el doble del área comprendida entre la curva de Lorenz y la distribución de equilibrio. Valores cercanos a 0 indican una distribución equilibrada, mientras que valores cercanos a 1 representan un bajo grado de cohesión.

## 4. Resultados

En este apartado se realiza un análisis de la evolución de los niveles de accesibilidad en el territorio andaluz derivada de la mejora de la red de carreteras de alta capacidad contemplada en el PISTA. Dicha evolución consiste en la construcción de nuevas autovías y la transformación de otras carreteras ya existentes en autovías. Para ello, se ha calculado el indicador de tiempos medios ponderados en los dos escenarios señalados: Escenario sin plan, previo al PISTA, el Escenario con plan que considera todas las actuaciones en vías de alta capacidad recogidas por el PISTA (Mapa 1).

### 4.1. Evaluación conjunta de las actuaciones del PISTA

Las actuaciones de plan PISTA producen una mejora de la accesibilidad media de la región de 4,7 minutos, lo que supone una reducción de los tiempos del 3,6% sobre la situación de partida. El plan produce un aumento de la equidad territorial todavía mayor, al reducirse tanto el CV como el índice de GINI en alrededor de un 4% en ambos casos (Cuadro 1).

Cuadro 1: Cambio global en los tiempos medios ponderados (minutos).

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	CV	GINI
Sin plan	94,21	228,80	131,17	23,90	18,22	0,0974
Con plan PISTA	91,10	210,33	126,47	22,05	17,43	0,0935
Cambio (%)			-3,6%		-4,3%	-4,0%

Fuente: elaboración propia

El Cuadro 2 muestra los impactos de la realización del plan en valores de los tiempos medios ponderados según provincias. La provincia de Almería, que registra los tiempos más elevados (con 174,0 minutos) es la provincia que presenta las mayores mejoras, con una caída de sus tiempos de 12 minutos (un 6,5%). Córdoba y Jaén tienen mejoras significativas (casi un 5% en sus

tiempos medios), mientras Sevilla, con la mejor situación de partida, tiene menos mejoras (un 2,3%). En general, son las provincias con peor situación inicial las que tienen los mayores incrementos, salvo el caso de Huelva. El cuadro 3 muestra los valores de los indicadores del CV y GINI en las distribuciones de accesibilidad de los municipios de cada provincia. En la mayoría de las provincias la distribución interna de la accesibilidad tiende a situaciones de mayor cohesión al incorporar PISTA. Sin embargo, en Almería las diferencias entre los municipios mejor y peor servidos aumentan.

Cuadro 2: Cambios en los tiempos medios ponderados según provincias (minutos)

Provincias	Sin plan (E0)				Con plan PISTA (E1)			
	Mín.	Máx.	Media	Desv. Est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. Est.
Almería	152	228,8	186,0	13,4	146,7	210,3	174,0	14,4
Cádiz	110,9	157,3	139,2	9	108,1	152,4	134,5	8,7
Córdoba	100,4	179,5	120,2	15,8	96,4	169,2	114,5	14,5
Granada	103,9	199,6	126,3	15,7	101,7	196,4	121,8	15
Huelva	122,8	202,3	156,7	13,2	120,7	199,7	154,2	13
Jaén	117,1	220,6	143,3	18,6	107,4	208,6	136,4	18
Málaga	94,8	181,8	116,2	6,6	92,2	176,8	112,6	6,2
Sevilla	94,2	174,9	114,7	8,2	91,1	170,4	112,1	8,1

Fuente: elaboración propia

Cuadro 3: Cambios en los coeficientes de variación y GINI de las distribuciones de tiempos medios ponderados según provincias

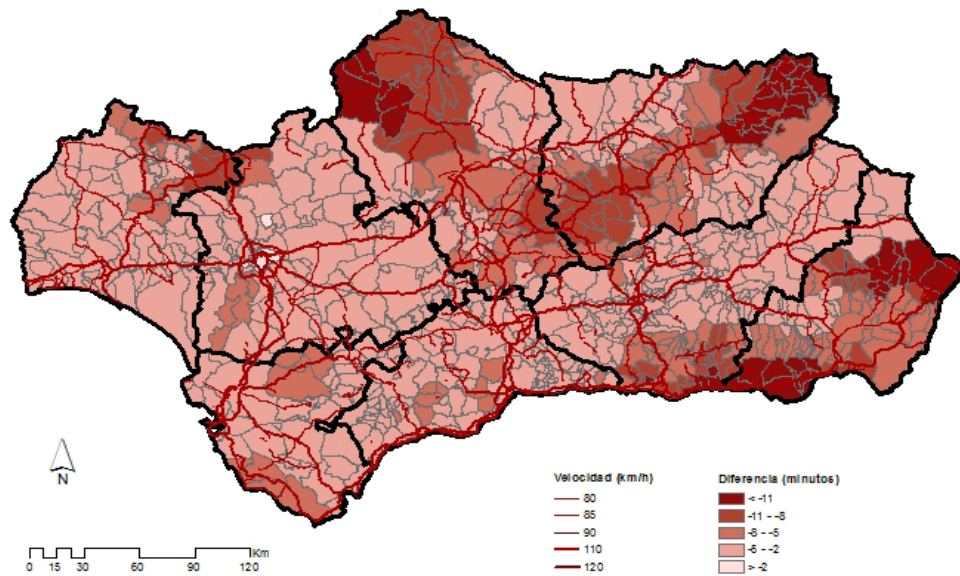
Provincias	Sin plan (E0)		Con plan PISTA (E1)		Cambios	
	CV	GINI	CV	GINI	CV (en %)	GINI (en %)
Almería	7,2	0,0037	8,3	0,005	15,3	35,1
Cádiz	6,5	0,0008	6,5	0,0008	0,0	0,0
Córdoba	13,1	0,0064	12,6	0,0061	-3,8	-4,7
Granada	12,4	0,0231	12,3	0,0238	-0,8	3,0
Huelva	8,4	0,0057	8,5	0,0055	1,2	-3,5
Jaén	13	0,0061	13,2	0,0059	1,5	-3,3
Málaga	5,7	0,0032	5,5	0,0031	-3,5	-3,1
Sevilla	7,2	0,0047	7,3	0,0048	1,4	2,1

Fuente: elaboración propia

Los mapas 2 y 3 muestran los cambios a nivel de municipio. Los resultados reflejan con claridad las zonas que concentran las mejoras como consecuencia de la implantación del plan. Destacan las ganancias en accesibilidad experimentadas en los municipios del norte de la provincia de Córdoba. Estas mejoras se deben, principalmente, al efecto provocado por la construcción de la autovía Granada-Córdoba-Badajoz (A-81). Así, la reducción en los tiempos medios en estos municipios supera los 10 minutos (una mejora superior al 7%). Otros espacios con mejoras significativas son el noreste de la provincia de Jaén y la parte más oriental de Almería, con reducciones

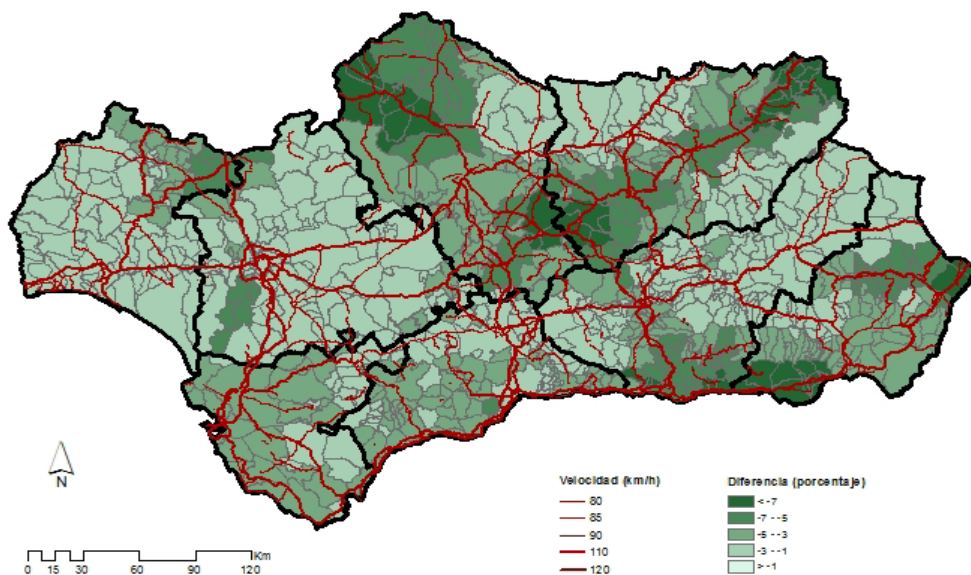
de tiempos también superiores a 10 minutos y una mejora superior al 7%. Estas mejoras en estas dos zonas se deben principalmente al desarrollo de actuaciones como la autovía del Olivar, la autovía Linares-Albacete y la autovía Baza-Huércal-Overa (eje A-318, A-316, A-32). Finalmente, se observa una importante mejora en las zonas de costa comprendidas entre Granada y Almería, debida a la finalización de la construcción de la autovía del Mediterráneo (A-7). Los ahorros de tiempo en estos municipios superan los 12 minutos en el indicador de media ponderada (una disminución superior al 10%) (Cuadro 4).

Mapa 2: Diferencia entre el indicador de tiempo medio ponderado por municipios (cambios en minutos)



Fuente: elaboración propia

Mapa 3: Diferencia entre el indicador de tiempo medio ponderado por municipios (cambios en porcentaje, %)



Fuente: elaboración propia

Cuadro 4: Municipios con mayores mejoras en sus niveles de accesibilidad  
(medido en tiempos medios ponderados, minutos)

Municipio	Provincia	Sin plan	Con plan PISTA	Cambio (minutos)	Cambio (%)
Albuñol	Granada	164,9	144,2	-20,7	-12,6
El Ejido	Almería	175,3	157,3	-18,0	-10,3
Adra	Almería	163,1	146,7	-16,4	-10,1
Berja	Almería	173,5	156,3	-17,1	-9,9
Dalías	Almería	177,9	160,3	-17,5	-9,8
Molvízar	Granada	135,9	122,6	-13,3	-9,8
La Mojonera	Almería	178,8	161,3	-17,5	-9,7
Albondón	Granada	167,7	151,7	-15,9	-9,5
Vícar	Almería	178,8	161,9	-16,8	-9,4
Sorvilán	Granada	155,9	142,0	-13,9	-8,9
Polopos	Granada	147,2	134,3	-12,9	-8,7
La Granjuela	Córdoba	167,4	152,9	-14,5	-8,7
Roquetas de Mar	Almería	189,5	173,0	-16,4	-8,7
Peñarroya-Pueblonuevo	Córdoba	162,4	148,3	-14,0	-8,6

Fuente: elaboración propia

#### 4.2. Evaluación individualizada de las principales actuaciones del plan PISTA

En el apartado anterior se han analizado los cambios producidos por las actuaciones consideradas en PISTA de forma global. Sin embargo, se ha considerado de gran utilidad hacer un estudio individualizado de algunas de las actuaciones que pueden tener una mayor trascendencia.

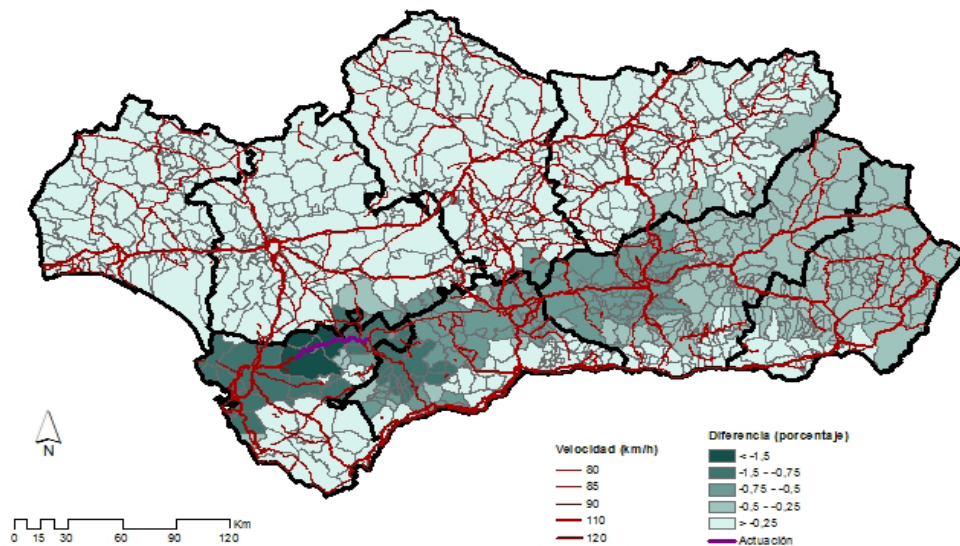
##### 4.2.1. Arcos de la Frontera-Algodonales (A-384)

La A-384 es una carretera autonómica que conecta las localidades de Arcos de la Frontera (Cádiz) con Antequera (Málaga). En la actualidad una parte de esta vía está en fase de conversión a autovía, cambiando su denominación a A-382 y, por tanto, pasando a formar parte de la Red Básica Estructurante del Catálogo de Carreteras de Andalucía (el tramo convertido ya en autovía entre Jerez de la Frontera y Arcos de la Frontera ya se denomina así). En la situación previa al PISTA (escenario sin plan) aparece una carretera convencional entre Arcos de la Frontera y Algodonales perteneciente a la Red Básica de Articulación, por lo que la velocidad considerada es de 85 km/h. Sin embargo, una de las actuaciones previstas en el PISTA consiste en la transformación de todo el tramo analizado en autovía (Mapa4). Para tener en cuenta el efecto de los cambios desarrollados en esta infraestructura, el escenario sin plan se ha comparado con otro en el cual la única variación es la conversión de esta vía a autovía de la Red Básica Estructurante (y su velocidad utilizada pasa a ser 110 km/h).

El Mapa 4 muestra las mejoras (en porcentajes) en los tiempos medios. Se observa claramente que la conversión del tramo Arcos-Algodonales en autovía tiene un efecto no sólo en el entorno más cercano a la vía, sino también en una franja a lo largo de todo el eje Cádiz-Antequera-Granada (carreteras A-384, A-382 y A-92), llegando incluso a extenderse a la provincia de Almería a través de las autovías A-92 y A-92N. El motivo de esta mejora reside en que esta vía conecta

gran parte de la provincia de Cádiz con parte de las provincias de Málaga, Granada y Almería principalmente. La mejora del indicador tiempo medio ponderado llega a ser mayor del 1,5% en municipios de la provincia de Cádiz, debido a que mejora su conexión con una importante extensión del territorio andaluz, mientras que en otros espacios estas mejoras no son tan importantes, ya que solamente ven mejorada su conexión con Cádiz. Así, si nos fijamos en los municipios más favorecidos por esta actuación, los nueve primeros que presentan las mayores mejoras pertenecen a la provincia de Cádiz (Cuadro 5). Arcos de la Frontera es el más beneficiado, mejoras de 4,1 minutos en sus tiempos medios ponderados al resto de la región, lo que supone una disminución del 3,2%.

Mapa 4: Cambios en los tiempos medios ponderados para la actuación Arcos de la Frontera-Algodonales (Porcentaje)



Fuente: elaboración propia

Cuadro 5: Municipios con mayores mejoras en tiempos medios ponderados por la actuación en la A-384

Municipio	Provincia	Sin plan	Con A-384	Cambio (minutos)	%
Arcos de la Frontera	Cádiz	130,9	126,8	-4,1	-3,2
Bornos	Cádiz	123,9	120,4	-3,5	-2,8
Villamartín	Cádiz	120	117,5	-2,6	-2,1
Espera	Cádiz	123,9	121,5	-2,4	-2,0
San Jose del Valle	Cádiz	136,1	134,3	-1,8	-1,3
Puerto Serrano	Cádiz	117	115,4	-1,6	-1,4
Chipiona	Cádiz	147	145,5	-1,5	-1,0
Sanlúcar de Barrameda	Cádiz	157,3	155,8	-1,5	-1,0
El Gastor	Cádiz	116,7	115,2	-1,5	-1,3
Montejaque	Málaga	125,4	123,9	-1,5	-1,2

Fuente: elaboración propia

#### 4.2.2. Córdoba-Jaén (A-306)

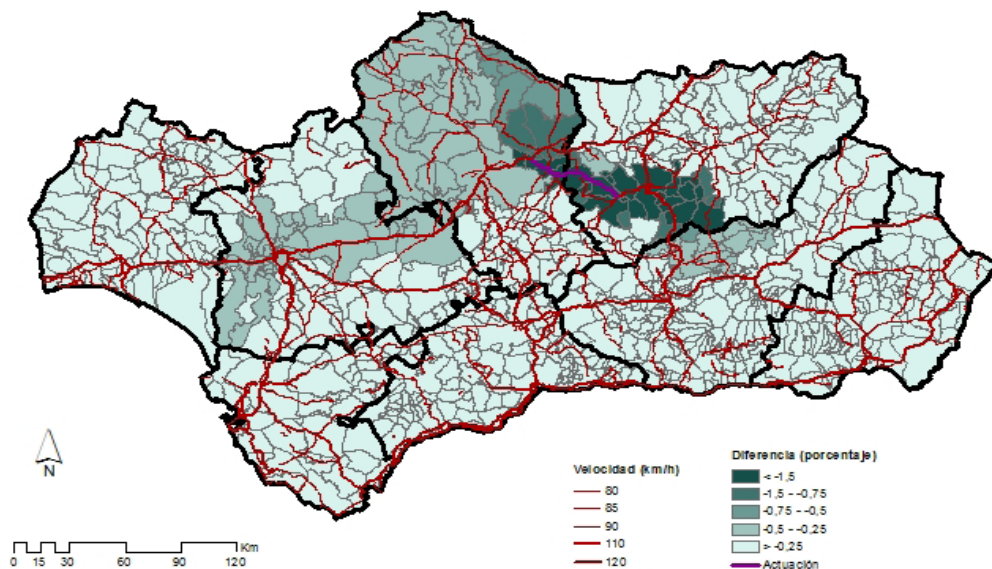
La A-306 es una carretera autonómica que conecta las localidades de El Carpio (Córdoba) con Torredonjimeno (Jaén). Forma parte del nuevo acceso del norte de Andalucía (ciudades como Córdoba, Jaén, Úbeda, etc.) a Albacete, la Comunidad Valenciana, Cataluña, Francia y centro y este de Europa (integrado en la Red Transeuropea de Transporte). En el futuro está prevista su conversión a autovía, lo que mejorará notablemente la conexión entre las ciudades de Jaén y Córdoba (Mapa 5). Así, será posible viajar entre ambas ciudades a través de las autovías A-316, A-306 y A-4.

En el escenario sin plan esta vía es considerada como una carretera convencional autonómica perteneciente a la Red Básica de Articulación, por lo que su velocidad asociada es de 85 km/h. El PISTA prevé su transformación en autovía, por lo que en este caso el segundo escenario a considerar es otro caso de conversión de carretera convencional autonómica a autovía, pasando su velocidad a 110 km/h.

El Mapa 5 muestra los cambios porcentuales que la transformación de la A-306 provoca en el indicador tiempo medio ponderado. Como cabe esperar, la zona más beneficiada es el entorno más directo del corredor entre la A-4 y la A-316, alcanzando mejoras de tiempo superiores al 2%. Por un lado, se observa que gran parte de las provincias de Córdoba, Sevilla y Huelva, ven agilizada su conexión con el noreste de Andalucía. Hay que tener en cuenta que el impacto es mayor en Córdoba y se va difuminando conforme la distancia a la vía analizada aumenta. Por otro lado, el sur de la provincia de Jaén y la zona central de Granada también mejoran su indicador de tiempo medio ponderado, ya que hacen uso de la carretera A-306 para su conexión con amplias zonas de Córdoba, Sevilla e incluso Huelva. De nuevo, el porcentaje de mejora disminuye al alejarse de la carretera modificada.

Lógicamente, los municipios más beneficiados en este caso pertenecen a las provincias de Jaén y Córdoba, destacando Escañuela (Jaén), con una disminución de 3,8 minutos de tiempo medio ponderado y una mejora cercana al 3% (Cuadro 6).

Mapa 5: Cambios en los tiempos medios ponderados para la actuación en el eje Córdoba-Jaén (porcentaje)



Fuente: elaboración propia

Cuadro 6: Municipios con mayores mejoras en los tiempos medios ponderados para la actuación en la A-306.

Municipio	Provincia	Sin plan	Con A-306	Cambio (minutos)	%
Escañuela	Jaén	132	128,1	-3,8	-2,9
Villardompardo	Jaén	131,2	127,4	-3,8	-2,9
Cañete de las Torres	Córdoba	122,1	118,9	-3,1	-2,6
Porcuna	Jaén	125,6	122,6	-3,0	-2,4
Torredonjimeno	Jaén	127,3	124,6	-2,7	-2,1
Bujalance	Córdoba	120,9	118,4	-2,5	-2,0
Jamilena	Jaén	126,0	123,5	-2,6	-2,0
Torre del Campo	Jaén	127,5	124,9	-2,6	-2,0
La Guardia de Jaén	Jaén	131,5	128,9	-2,6	-2,0
Pegalajar	Jaén	133,7	131,1	-2,6	-1,9

Fuente: elaboración propia

#### 4.2.3. Jaén-Úbeda (Autovía del Olivar, A-316)

La denominada autovía del Olivar es una autovía autonómica que conectará Úbeda (Jaén) con Estepa (Sevilla). Actualmente presenta algunos tramos en servicio. La autovía del Olivar incluye las carreteras actuales A-318 (entre Estepa y N-432) y A-316 (entre N-432 y Úbeda). En este caso se analiza un tramo de la carretera A-316 comprendido entre Jaén y Úbeda (Mapa6).

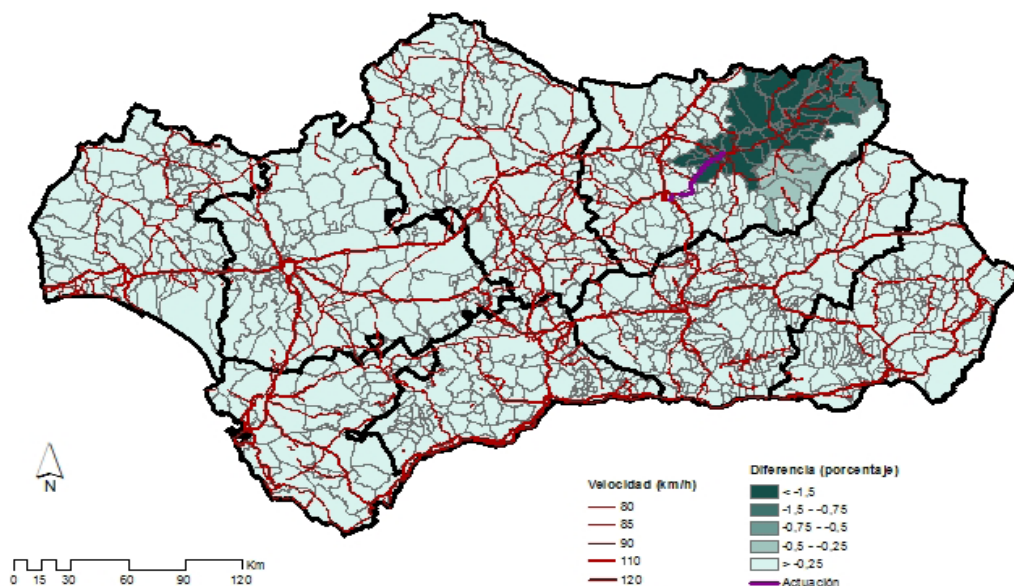
En el escenario inicial sin plan se contempla una carretera convencional autonómica de la Red Básica Estructurante con una velocidad correspondiente de 90 km/h entre Jaén y Úbeda. La implantación del PISTA implica la conversión de todo este tramo a autovía (velocidad de 110 km/h). Por tanto, se define un nuevo escenario con esta única variación con respecto al escenario Sin Plan.

El Mapa 6 muestra los efectos causados por esta actuación. Al encontrarse esta carretera relativamente cerca de la periferia, la mayor parte de los municipios de Andalucía solamente verán mejorada su conexión con el norte de la provincia de Jaén, lo que supone una disminución de los tiempos medios ponderados muy pequeña. Al contrario, precisamente en esta zona de Jaén, cercana a la carretera que conecta con Levante, se observan disminuciones importantes del indicador, que llegan a ser superiores al 2% en municipios contiguos a la autovía del Olivar. Así, todos los municipios más favorecidos por esta actuación pertenecen a la provincia de Jaén, concretamente a su sector nororiental (Cuadro 7).

#### 4.2.4. Iznalloz-Darro (A-308)

La A-308 es una carretera autonómica que une Iznalloz (autovía A-44) con Darro (autovía A-92). En la práctica, se trata de un tramo que se utiliza en las relaciones con Almería (desde Madrid, la provincia de Jaén, etc.), ya que une la autovía A-44 con la A-92 sin pasar por Granada, lo cual acorta considerablemente el viaje. El Mapa 7 muestra la localización de dicha vía, cuya conversión a autovía está prevista, pero en la actualidad este proceso se encuentra paralizado. En el Escenario sin plan la A-308 viene definida como una carretera convencional autonómica que forma parte de la Red Básica de Articulación, cuya velocidad es de 85 km/h. Tras su desdoblamiento (nuevo escenario) la velocidad pasa a ser de 110 km/h.

Mapa 6: Cambios en los tiempos medios ponderados para la actuación en el tramo Jaén-Úbeda de la autovía del Olivar (porcentaje)



Fuente: elaboración propia

Cuadro 7: Municipios con mayores mejoras en los tiempos medios ponderados para la actuación en la A-316

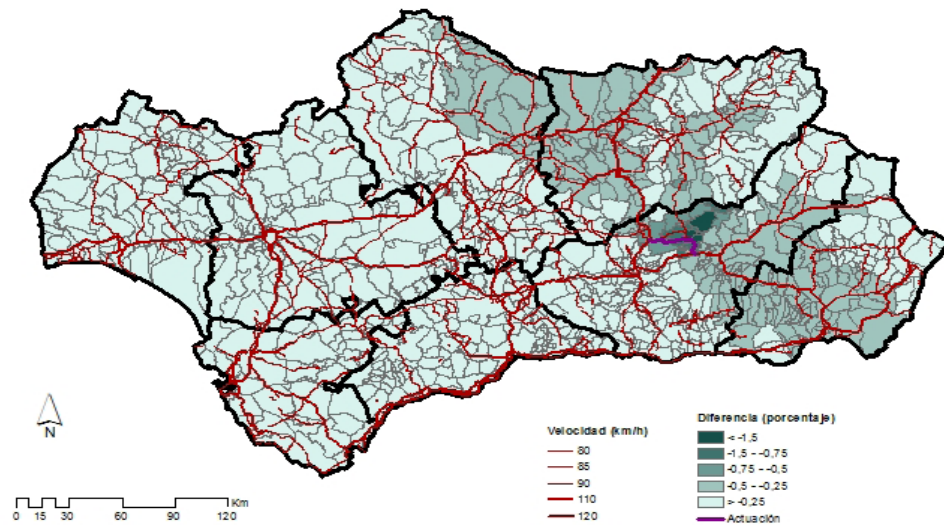
Municipio	Provincia	Sin plan	Con A-316	Cambio (minutos)	%
Torreperogil	Jaén	153,5	150,3	-3,1	-2,0
Rus	Jaén	146,2	143,3	-2,9	-2,0
Sabiote	Jaén	157,1	154	-3,1	-2,0
Torres de Albánchez	Jaén	151,8	148,8	-3,0	-2,0
Villacarrillo	Jaén	166,6	163,5	-3,1	-1,9
Iznatoraf	Jaén	173,3	170,2	-3,1	-1,8
Villanueva del Arzobispo	Jaén	175,3	172,2	-3,1	-1,8
Canena	Jaén	146,7	144,1	-2,6	-1,8
Castellar	Jaén	180,7	177,6	-3,1	-1,7
Arroyo del Ojanco	Jaén	187,5	184,4	-3,1	-1,7

Fuente: elaboración propia

Los cambios en el indicador de tiempo medio ponderado ocurren en el entorno de la carretera analizada (Mapa 7), extendiéndose hacia el norte por la autovía A-44 y hacia el este por la autovía A-92. Esta actuación mejora las conexiones entre Jaén, zona central de Granada y Almería. Se puede observar como sólo la parte más oriental de Andalucía se beneficia por esta actuación, quedando la parte más occidental sin apenas mejora alguna. Así, las mayores mejoras se dan en municipios de la provincia de Granada (Cuadro 8).



Mapa 7: Cambios en los tiempos medios ponderados para la actuación en la autovía Iznalloz-Darro (porcentaje)



Fuente: elaboración propia

Cuadro 8: Municipios con mayores mejoras en los tiempos medios ponderados para la actuación en la A-308

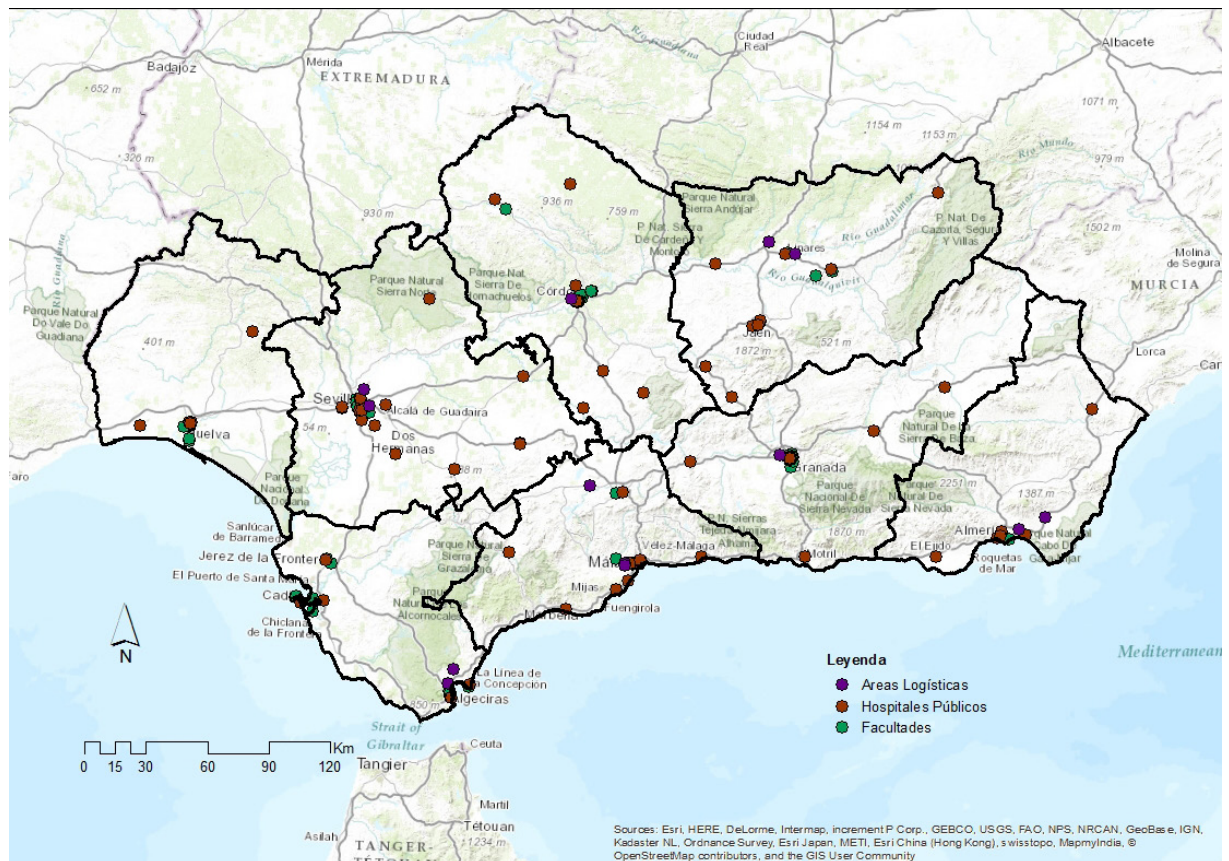
Municipio	Provincia	Sin plan	Con A-308	Cambio (minutos)	%
Huélago	Granada	136,3	133	-3,3	-2,4
Morelábor	Granada	134	131,4	-2,6	-2,0
Pedro Martínez	Granada	144,91	142,7	-2,2	-1,5
Dehesas de Guadix	Granada	164,5	162,4	-2,1	-1,2
Alicún de Ortega	Granada	169,1	167	-2,1	-1,2
Darro	Granada	131,1	129,8	-1,3	-1,0
Díezma	Granada	134,7	133,4	-1,3	-0,9
Piñar	Granada	128	126,9	-1,1	-0,9
Gobernador	Granada	136,3	135,3	-1,1	-0,8
Torre-Cardela	Granada	136,2	135,2	-1,0	-0,7

Fuente: elaboración propia

### 4.3. Evaluación de la mejora de accesibilidad a hospitales, universidades y áreas logísticas

En este apartado se va a analizar la mejora de la accesibilidad a determinados centros de interés como consecuencia de la realización de las actuaciones en carreteras recogidas en el plan de infraestructuras PISTA. La mejora de las infraestructuras de transporte adquiere especial relevancia cuando se analiza la accesibilidad a determinados centros de interés. Los centros de interés estudiados son los hospitales, universidades y áreas logísticas de mercancías (Mapa 8).

Mapa 8: Centros de interés de Andalucía (áreas logísticas, hospitales y facultades)



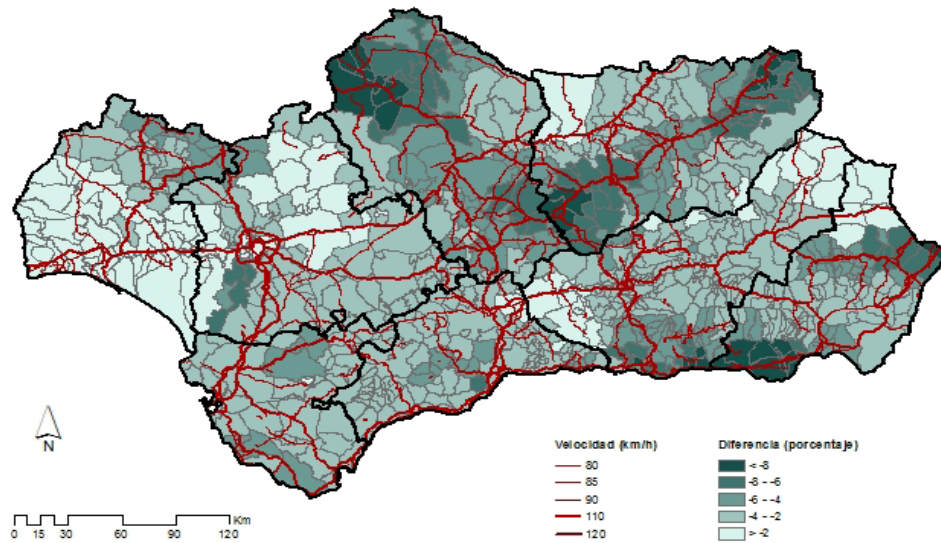
Fuente: elaboración propia

El cálculo del indicador del tiempo medio ponderado se ha realizado nuevamente para los municipios de Andalucía, pero ahora los destinos considerados son los centros de interés y se ponderan según variables que reflejan la importancia de los mismos. Así, en el caso de hospitales se ha ponderado por el número de camas, en las universidades por el número de estudiantes y en el caso de áreas logísticas por su superficie total.

#### 4.3.1. Mejoras en la accesibilidad a los hospitales

En Andalucía hay 70 hospitales públicos, con un total de 13.814 camas, gestionados en su mayoría por la Junta de Andalucía. En el Mapa 9 se observa cómo, en general, las mejoras se producen en las zonas más periféricas de Andalucía, siendo el eje de la A-92 junto con el de la A-49 (Sevilla-Huelva) el que menos reducción de tiempo medio ponderado experimenta. En especial cabe destacar cuatro actuaciones de las que se deriva una reducción de tiempo medio mayor de 12 minutos, estas son: la N-432 (eje Córdoba-Badajoz), N-323 (Linares-Albacete), AP-7 (Vera-Cartagena) y la A-7 (entre Almería y Adra). En la A-316 las mejoras en términos relativos son también importantes (más del 8%).

Mapa 9: Cambios en los tiempos medios ponderados de acceso a hospitales (porcentaje) con PISTA

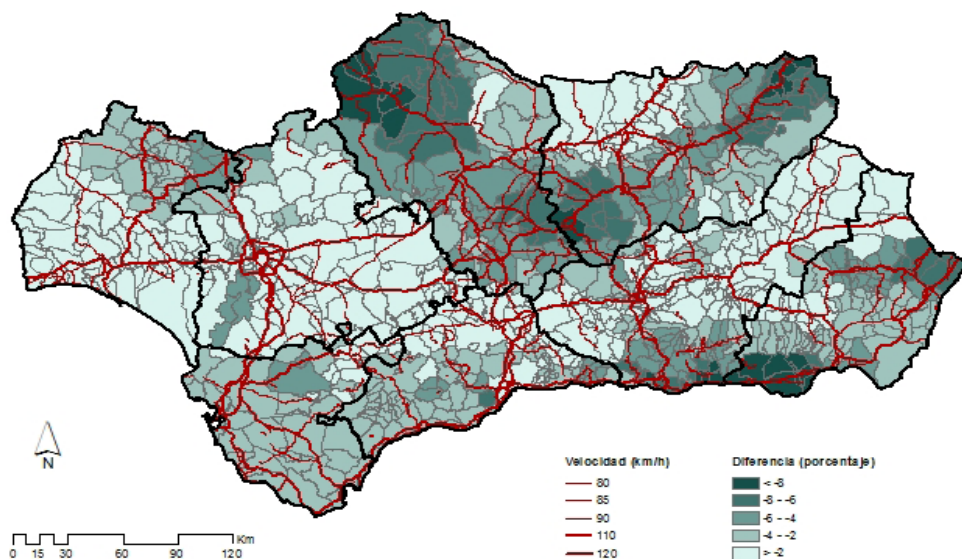


Fuente: elaboración propia

#### 4.3.2. Mejoras en la accesibilidad a universidades

Existen 149 facultades y escuelas públicas universitarias en Andalucía. A partir de los datos de alumnado matriculado según rama de enseñanza, titulación y universidad, se ha realizado una distribución por escuela y facultad. Se han calculado los valores medios de tiempo de acceso de cada municipio a todas las facultades y escuelas de Andalucía ponderándolo con el número de alumnos matriculados, dando de esta forma más importancia a aquellos centros con mayor número de alumnos. En el Mapa 10 se observa, en general, cómo las mejoras se producen nuevamente en las zonas más periféricas de Andalucía. En especial destacan cuatro actuaciones, de las que se deriva una reducción significativa en los tiempos medios ponderados: la N-432 (eje Córdoba-Badajoz), N-323 (Linares-Albacete), AP-7 (Vera-Cartagena) y la A-7 (entre Almería y Adra), algo similar a lo que ocurría en el análisis de los hospitales.

Mapa 10: Diferencia entre los tiempos medios ponderados de acceso a facultades y escuelas universitarias (porcentaje)

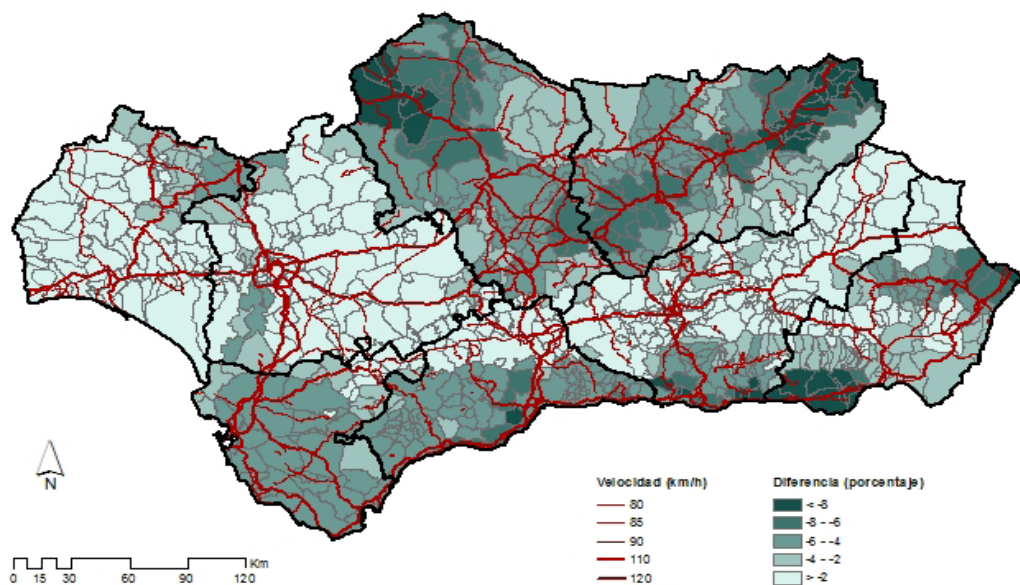


Fuente: elaboración propia

### 4.3.3. Mejoras en la accesibilidad a áreas logísticas

Se han considerado las 13 áreas logísticas que en la actualidad se encuentran operativas, en desarrollo o en proyecto según el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. Se han calculado los valores medios de tiempo de acceso de cada municipio a todas ellas, ponderándolo según su superficie. De esta forma se da más importancia a aquellas de mayor tamaño. En general, las mayores mejoras se dan en el norte y sur de la comunidad, siendo el eje de la A-92 y la A-49 donde menos reducción de tiempo medio se experimenta. En especial cabe destacar cuatro actuaciones de las que se deriva una reducción de tiempo medio ponderado mayor de 12 minutos, estas son: la N-432 (eje Córdoba-Badajoz), N-323 (Linares-Albacete), AP-7 (Vera-Cartagena) y la A-7 (entre Almería y Adra), al igual que ocurría en el análisis de los tiempos medios ponderados de los centros de interés anteriormente descritos (Mapa 11).

Mapa 11: Diferencia entre los tiempos medios ponderados de acceso a áreas logísticas (porcentaje)



Fuente: elaboración propia

## 5. Conclusiones

En este artículo se han evaluado, en base a los cambios en accesibilidad y cohesión territorial, las actuaciones en materia de carreteras recogidas en el Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA). Para ello se ha creado una herramienta en un SIG que permite obtener resultados ágiles en materia de accesibilidad. Para mostrar la utilidad de esta herramienta, aquí se han mostrado los resultados del indicador tiempo medio ponderado, utilizando distintos escenarios (con y sin PISTA), para determinadas actuaciones concretas, y también de la accesibilidad a diferentes tipos de servicios (hospitales, universidades o áreas logísticas). Los resultados validan la utilidad de esta herramienta.

Los resultados obtenidos muestran una mejora media de 4,7 minutos en los tiempos del conjunto de municipios andaluces, lo que supone una disminución del 3,6%. Aunque no parezca un

porcentaje elevado para el número de actuaciones previstas, hay que tener en cuenta que en el escenario previo al plan ya existía una red de carreteras de alta capacidad bastante desarrollada, al menos en las zonas más pobladas de Andalucía, por lo que las autovías planeadas solamente suponen una mejora sustancial en determinados espacios. Las zonas más beneficiadas coinciden con el entorno de algunas de las principales actuaciones: conexión de la zona nordeste de Andalucía con Levante (eje A-318, A-316, A-32), eje Granada-Córdoba-norte de Córdoba (A-81) y autovía del Mediterráneo entre la costa de Granada y Almería (A-7). En algunas localidades de las zonas anteriormente mencionadas se observan mejoras considerables, que llegan incluso a 20 minutos (más del 12% de disminución). Todas estas mejoras favorecen significativamente la cohesión territorial, como muestra la reducción del coeficiente de variación de la distribución de accesibilidad (en un 4,3%), lo que repercute en la cohesión económica y social en Andalucía.

Respecto a las actuaciones particulares analizadas (autovías Arcos de la Frontera-Jaén, Córdoba-Jaén, Jaén-Úbeda e Iznalloz-Darro), solamente provocan cambios de accesibilidad considerables a lo largo de las mismas. Así, las zonas donde se aprecian las mejoras se extienden longitudinalmente a lo largo de los tramos mejorados, mientras que en dirección transversal hay localidades que apenas presentan mejoras a pesar de encontrarse muy cerca.

Por último, es destacable el estudio de accesibilidad realizado a centros de interés. En general, y para los tres tipos de centros analizados, mejoras se producen tanto en el norte como en el sur de la región. En especial cabe destacar cuatro actuaciones de las que se deriva una mayor reducción de tiempo medio ponderado: la N-432 (eje Córdoba-Badajoz), N-323 (Linares-Albacete), AP-7 (Vera-Cartagena) y la A-7 (entre Almería y Adra). El tiempo medio de acceso al hospital, campus universitario o área logística más cercano disminuye poco (0,69, 1,02 y 1,78 minutos respectivamente), pero en algunas zonas concretas (por ejemplo, sur la provincia de Granada y norte de la provincia de Huelva) la disminución se acerca, e incluso supera los 20 minutos. Estos resultados muestran de nuevo la importancia del PISTA en dichas zonas aisladas y su valor para la cohesión territorial. En general, el indicador tiempo medio ponderado a los centros de interés disminuye sobre todo en el entorno de las principales actuaciones del PISTA. Por el contrario, las zonas cuya accesibilidad a los centros de interés apenas cambia son las colindantes al eje Huelva-Sevilla-Granada-Baza-Murcia (ya que antes del PISTA sus conexiones ya eran muy buenas), mientras que los mejores resultados se dan al alejarse de dicho eje.

En definitiva, los estudios de accesibilidad tienen una aplicabilidad ampliamente contrastada. Este artículo se basa en un trabajo más amplio realizado a través de un proyecto de investigación financiado por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía, que se realizó en permanente contacto con sus técnicos. Tanto los datos con los que se han trabajado como la herramienta creada en el SIG fue entregada a los técnicos, con el objetivo de ser utilizada en las evaluaciones de los diferentes proyectos y propuestas de actuación que en materia de infraestructura se realizan desde esta administración regional.

## 6. Agradecimientos

Este estudio ha sido realizado en el marco de los PROYECTOS DE I+D+i 2014-2015 (Código del Proyecto: GGI3003IDID), y financiado por la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía mediante fondos de la UE y de la Junta de Andalucía.

## 7. Bibliografía

- Banister, D., y Berechman, Y. (2001). «Transport investment and the promotion of economic growth». *Journal of Transport Geography*, 9:209-218.
- Breheny, M. J. (1978). «The measurement of spatial opportunity in strategic planning». *Regional Studies*, 12:463-479.
- Bruinsma, F., y Rietveld, P. (1998). «The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches». *Environment and Planning A*, 30:499-521.
- CEC (Commission of the European Communities) (2004). *A new partnership for cohesion: convergence, competitiveness, cooperation: Third Report on Economic and Social Cohesion*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities: Brussels.
- COM (Commission of the European Communities) (2008). *Green Paper on Territorial Cohesion Turning Territorial Diversity into Strength*. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities.
- COM (Commission of the European Communities) (2009). *Libro Verde - RTE-T: Revisión de la política*. Report Number, 44 final.
- Curl, A., Nelson, J. D., y Anable, J. (2011). Does accessibility planning address what matters? A review of current practice and practitioner perspectives. *Research in Transportation Business & Management*, 2, 3-11.
- Dalvi, M. Q. (1978). Behaviouralmodelling, accessibility, mobility and need: concepts and measurement. Proceedings of 3rd Inter. Conf. Behavioural Travel Modelling. Tanunda. South Australia, Groom Helm London.
- Domanski, R. (1979). «Accessibility, efficiency and spatial organization». *Environment and Planning*, 11: 1189-1206.
- Forslund, U. M. y Johansson, B. (1995). «Assessing road investments: accessibility changes, cost benefit and production effects». *Annals of Regional Science*, 29:155-174.
- García, J. C. (2000). «La medida de la accesibilidad». *Estudios de Construcción y Transportes*, 88, 95-110.
- García, M. J. S. (2001). *Incorporación de medidas de accesibilidad espacio-temporal a un sistema de información geográfica* (Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá).
- Geertman, S. C. M. y Ritsema van Eck, J. (1995). «GIS and models of accessibility potential: an application in planning». *International Journal of Geographical Information Systems*, 9:67-80.
- Geurs, K. T., y van Wee., B. (2004) «Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions». *Journal of Transport Geography*, 12:127-140.
- Gutiérrez, J. (2001). «Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border». *Journal of Transport Geography*, 9:229-242.
- Gutiérrez, J. (2009). «Transport and accessibility». *Internacional Encyclopedia of Human Geography*. Elsevier. 410-417
- Gutiérrez, J. y Urbano, P. (1996). «Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network». *Journal of Transport Geography*, 4:15-25.
- Gutiérrez, J., García, J. C. y López, E. (2006). «Análisis de los efectos de las infraestructuras de transporte sobre la accesibilidad y la cohesión regional». *Estudios de Construcción y Transportes*, (105), 215-240.
- Gutiérrez, J., González, R. y Gómez, G. (1996). «The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns». *Journal of Transport Geography*, 4:227-238.
- Gutiérrez, J. A., Naranjo, J. M., Jaraíz, F. J., Ruíz, E. E. (2015). «Estimación de la cohesión social en los municipios españoles tras la implantación de la Alta Velocidad ferroviaria». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (69), 113-138.
- Hansen, W. G. (1959). «How accessibility shapes land-use». *Journal of American Institute of Planners*, 25:73-76.
- Hey, C., Nijkamp, P., Rienstra, S., Rothenberger, D. (2002). «Assessing scenarios on European transport policies by means of multicriteria analysis», en: Giorgi, L. y Pearman, A. (Eds). *Project and Policy Evaluation in Transport* (Aldershot: Ashgate).
- Hou, Q., y Li, S. M. (2011). «Transport infrastructure development and changing spatial accessibility in the Greater Pearl River Delta, China, 1990–2020». *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1350-1360.
- Izquierdo, R. y Monzón, A. (1992). «La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluación de la cohesión económica y social». *TTC*, 56:33-56.

- Jaraíz-Cabanillas, F. J., Gutiérrez-Gallego, J. A., Herrera-Molina, E., Librada-Flores, S., Jeong, J. S., Nabal-Vicuña, M., y Jadad, A. R. (2017). «Network and Spatial Analysis to Assess and Guide Decisions about Equitable Accessibility to Health Services: The Public Palliative Care System in Extremadura (Spain)». *Diversity and Equality in Health and Care*, 14(4): 184-192
- Junta de Andalucía (2008). *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía 2007-2013 (PISTA)*. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Sevilla.
- Junta de Andalucía (2016). *Plan de Infraestructuras para la Sostenibilidad del Transporte en Andalucía (PISTA 2020)*. Consejería de Fomento y Vivienda. Sevilla.
- Linneker, B. J. y Spence, N. A. (1992). «Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain». *Environment and Planning A*, 24:1137-1154.
- Linneker, B., y Spence, N. (1996). «Road transport infrastructure and regional economic development: The regional development effects of the M25 London orbital motorway». *Journal of Transport Geography*, 4:77-92.
- Liu, S. X., and X. A. Zhu. (2004). «Accessibility Analyst: an integrated GIS tool for accessibility analysis in urban transportation planning». *Environment and Planning B*, 31:105-124.
- López, E. (2007). *Assessment of transport infrastructure plans: a strategic approach integrating environmental, efficiency and cohesion aspects*. Tesis Doctoral, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- López, E., Gutiérrez, J., y Gómez, G. (2008). «Measuring regional cohesion effects of large-scale transport infrastructure investments: an accessibility approach». *European Planning Studies*, 16:277-301.
- Martín, J. C., Gutiérrez, J., y Román, C. (2004). «Data envelopment analysis (DEA) Index to measure the accessibility impacts of new infrastructure investments: the case of the high-speed train corridor Madrid-Barcelona-French border». *Regional Studies*, 38:697-712.
- Monzón, A., Ortega, E., y López, E. (editores) (2010). *Evaluación de los impactos territoriales y económicos de planes de infraestructuras de transporte. PEIT 2005-2020*. Cuadernos de Investigación del Transporte, TRANSyT, Madrid.
- Morris, J. M., Dumble, P. L. y Wigan, M. R. (1979). «Accessibility indicators for transport planning». *Transportation Research Part A*, 13:91-109.
- Naranjo, J. M., Gutiérrez, J. A., Ruiz, E. E., y Cuadrado, D. (2016). «Accesibilidad logística del suroeste peninsular europeo». *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (18), 83-104.
- Orcao, A. I. E., y Cornago, C. D. (2007). «Accessibility to basic services in one of the most sparsely populated areas in Europe: the province of Teruel (Spain)». *Area*, 39(3), 295-309.
- Ortega, E., Mancebo, S., Otero, I. (2011). «Road and railway accessibility atlas of Spain». *Journal of Maps*, 7(1), 31-41.
- Páez, A., Farber, S., Mercado, R., Roorda, M., y Morency, C. (2013). «Jobs and the Single Parent: An Analysis of Accessibility to Employment in Toronto». *Urban Geography*, 34(6), 815-842.
- Páez, A., Scott, D. M., y Morency, C. (2012). «Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators». *Journal of Transport Geography*, 25, 141-153.
- Peters, D. (2003). «Cohesion, policentricity, missing links and bottlenecks: Conflicting spatial storylines for pan-European transport investments». *European Planning Studies*, 11(3): 317-339.
- Reggiani, A. (1998). *Accessibility, Trade and Location Behavior: An Introduction*. In *Accessibility, Trade and Location Behaviour*. ed. A. Reggiani, 1-14. Aldershot, England: Ashgate.
- Reyes, S., y Figueroa, I. M. (2010). «Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile». *EURE*, 36(109), 89-110.
- Rodríguez, V. (2011). «Medición de la accesibilidad geográfica de la población a los Hospitales de Alta Resolución de Andalucía mediante herramientas SIG basadas en el análisis de redes». *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (11), 265-292.
- Spiekermann, K. y Neubauer, J. (2002). *European accessibility and peripherality: concepts, models and indicators*. Report Number, Report 2002:9. Nordregio, Stockholm.
- Thomopoulos, N., Grant, S. y Tight, M. R. (2009). «Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology». *Evaluation and Program Planning*, 32:351-59.
- Tillema, T. (2008). *Road pricing: a transport geographical perspective*. Ph.D. dissertation, Utrecht: Faculty of Geosciences, Utrecht University.

- Vandenbulcke, G., Steenberghen, T., y Thomas, I. (2009). «Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning?». *Journal of Transport Geography*, 17(1), 39-53.
- Vickerman, R. W. (1974). «Accessibility, attraction and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility». *Environment and Planning A*, 6:675-691.
- Vickerman, R. (1995). «Location, accessibility and regional development: The appraisal of trans-European networks». *Transport Policy*, 2(4), 225-234.
- Vickerman, R. W., Spiekermann, K., y Wegener, M. (1999). «Accessibility and economic development in Europe». *Regional Studies*, 33:1-15.

## Sobre los autores

### FRANCISCO JAVIER CALVO POYO

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad de Granada con la Tesis Doctoral «Propuesta de sistema de tarificación de la Infraestructura Ferroviaria. Aplicación a la red ferroviaria española». Profesor Titular de la Universidad de Granada, donde imparte las asignaturas de Ferrocarriles, Infraestructuras del Transporte, y Planificación y Gestión de las Infraestructuras y de los Servicios del Transporte. Sus líneas de investigación son: planificación del transporte; transporte por ferrocarril; seguridad vial; y efectos de las infraestructuras del transporte.

### Borja Moya-Gómez

Doctor en Geografía e Ingeniero Técnico en Obras Públicas. Sus líneas de investigación son el BigData, accesibilidad, movilidad, transporte, análisis de tráfico y flujos, efectos spillover y modelos.

### JUAN CARLOS GARCÍA PALOMARES

Profesor Titular de Geografía Humana. Sus líneas de investigación son el transporte, la movilidad y la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (GIS) y BigData en estudios territoriales.

### JAVIER GUTIÉRREZ PUEBLA

Catedrático de Geografía Humana de la Universidad Complutense de Madrid. Su investigación está centrada en el análisis de las redes de transporte y en la movilidad urbana, con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y BigData.