

Vulnerabilidad territorial en situaciones de bloqueo de ejes viarios. Propuesta de análisis de la viabilidad de las rutas alternativas.

M. Mérida Rodríguez¹, M.J. Perles Roselló¹, S. Reyes Corredera¹

¹Departamento de Geografía, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos s/n, 29071Málaga.

mmerida@uma.es, mjperles@uma.es, sreyes@uma.es

RESUMEN: El bloqueo de ejes viarios importantes por problemas derivados de riesgos ambientales (desprendimientos, inundaciones, etc.) comporta una situación de vulnerabilidad territorial por los problemas de accesibilidad generados, tanto para la población como para las mercancías, especialmente en ámbitos periurbanos y metropolitanos. Entre otros criterios considerados en su análisis, la vulnerabilidad será mayor cuanto menor sea el número y la viabilidad de las rutas alternativas existentes, y este dato será diferente en función del tramo concreto de carretera afectado por el bloqueo. En este trabajo se ofrece un método de análisis de la viabilidad de las rutas alternativas a un determinado eje viario relevante, con el objetivo de estimar el grado de vulnerabilidad potencial de sus diferentes tramos. La zona de estudio es el valle del Guadalhorce, en la provincia de Málaga, y la carretera seleccionada es la vía autonómica A357, que sirve de conexión entre el ámbito metropolitano de Málaga y el espacio rural del interior de la provincia.

Palabras-clave: vulnerabilidad, espacios periurbanos, carreteras.

• INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El concepto y el estudio de la vulnerabilidad frente al riesgo ha sido una línea progresivamente desarrollada a lo largo de las últimas décadas (Olcina, 2008; Cutter, 1996). Se trata de una noción de conceptualización difusa (Perles, 2010; Perles et al., 2016), en la que se incluyen diversas dimensiones (Birkmann, 2006). Habitualmente se orienta hacia el efecto que los riesgos causan directamente en la población o en sus bienes (Maskrey, 1993; Blaikie, 1994; Calvo, 2001; Cutter et al., 2003), la denominada vulnerabilidad social. Este trabajo se detiene en un determinado elemento territorial, las infraestructuras, específicamente las infraestructuras viarias que, por un lado, suponen un bien material para la sociedad y, por otro lado, constituye un recurso, cuya afectación, medida en pérdida de funcionalidad, repercute en los daños que un peligro pueda causar en la población circundante y en su actividad económica.

La trascendencia que implique el bloqueo de una carretera por una situación de riesgo dependerá de la intensidad del tránsito registrado en el vial y de la funcionalidad de los espacios productivos y poblaciones a las que éste de acceso y que, como consecuencia del peligro, puedan quedar aislados. Se traduce en la existencia de puntos especialmente frágiles, tanto por la concurrencia del peligro como las repercusiones que dichos tramos concretos tengan en la funcionalidad territorial de la carretera. Los peligros sobre las infraestructuras, por otra parte, a menudo no responden a una única etiología, sino que poseen un carácter mixto y un funcionamiento complejo. Por ello, situar a las infraestructuras viarias como

escenarios concretos de los riesgos ambientales exige disponer de una metodología de análisis específica. Los antecedentes relativos a la identificación de puntos negros o de máximo riesgo en carreteras son frecuentes, pero alusivos normalmente a problemas de siniestralidad en el tráfico, como los informes sobre puntos negros realizados en España por la Dirección General de Tráfico y publicados en su página web (www.dgt.es), y en mucha menor medida a situaciones provocadas por riesgos ambientales (Junta de Andalucía, 2002). De igual modo, aunque son escasas, existen algunas investigaciones sobre el concepto de peligros naturales y tecnológicos de funcionamiento asociado y sinérgico (Perles y Cantarero, 2010), aunque no dirigidas al ámbito específico de las infraestructuras viarias. Por último, tampoco son comunes los estudios que relacionen los bloqueos del viario con las consecuencias para la población y actividades económicas afectadas (Rodríguez Nuñez y Gutiérrez Puebla, 2012).

Para dar respuesta a este problema, en el proyecto de investigación en el que se enmarca este trabajo se ha diseñado una metodología orientada a detectar con antelación aquellos puntos conflictivos que, por sus características intrínsecas, factores del entorno inmediato y repercusiones de su posible bloqueo, pueden constituir puntos especialmente conflictivos por riesgos múltiples en episodios de precipitaciones de alta intensidad y con ello poder implementar las medidas de mitigación del riesgo adecuadas en cada caso, tanto en la fase preventiva como en la simultánea a la producción de la catástrofe.

Dentro de este proyecto, el análisis de la vulnerabilidad de los tramos de carreteras atiende a dos grandes grupos de variables: las relacionadas con la pérdida de conectividad de la propia carretera y las relacionadas con la afectación a la funcionalidad territorial de su entorno. En esta comunicación nos centraremos en las variables relacionadas con la pérdida de conectividad viaria, y especialmente en el análisis de la viabilidad de las rutas alternativas. El reto era disponer de un método de análisis ágil, poco costoso en tiempo o recursos, y, especialmente, extrapolable a otras carreteras. Se descartaron, en este sentido, procedimientos que implicaran un trabajo de campo específico para cada carretera seleccionada, optando por la utilización de fuentes de información ya existentes, al menos en el ámbito de la Comunidad Autónoma andaluza.

El área de estudio seleccionada es la parte central de la provincia de Málaga, mientras que la carretera objeto de análisis es la carretera autonómica A357, desde Málaga a Campillos. En concreto, el sector analizado discurre desde el municipio de Cártama, por el sur, en el punto donde la entonces autovía se convierte en carretera de doble calzada, hasta el cruce con el ramal que conduce a Ronda, en el municipio de Ardales. La carretera recorre en buena parte el valle del río Guadalhorce, para, una vez atravesadas las sierras que lo enmarcan por el norte, alcanzar en su tramo final los suaves terrenos alomados del Surco Intrabético, entre las depresiones de Antequera y Ronda (ver figura nº 1). Su trayecto es territorialmente muy diverso, combinando, de sur a norte, un ámbito metropolitano, la aglomeración urbana de Málaga, con su correspondiente franja periurbana, y entornos marcadamente rurales, tanto agrarios, con cultivos de regadío en el centro del valle y de secano en su tramo final, como naturales, especialmente en el marco montañoso de la Sierra de Aguas. Los asentamientos de población son numerosos, sirviendo la carretera de eje articulador de esta parte de la provincia, y tanto en forma de núcleos consolidados como en pequeños asentamientos y de viviendas diseminadas, muy abundantes en las zonas agrarias. Al margen de la ciudad de Málaga, los municipios directamente vinculados a la carretera tienen un tamaño medio o reducido, y serían, de sur a norte, Cártama (24.592 h.), Pizarra (9.148 h.), Alora (13.003 h.), en el valle, Carratraca (775 h.), en la orla montañosa, y, en la parte norte, Ardales (2.527 h.).

mercancías, etc., que se incorporan por un mismo nodo pueden transitar por cualquiera de los arcos adyacentes al nodo.

Por ello se ha propuesto otra unidad de análisis, el tramo, que resulta de mayor utilidad para esta cuestión. El tramo viene definido como el segmento que, tomando como referencia un nodo, abarca desde la mitad de uno de los arcos que parten del nodo en un sentido hasta la mitad del arco que parte del nodo en sentido contrario. Por ello, los objetos que conectan con la red a través de un nodo son asignados a un único tramo, lo que facilita el análisis. Al mismo tiempo, cada tramo alberga en su interior un único nodo. Los tramos iniciales y finales del eje viario parten del inicio o final del eje viario hasta el punto central del primer arco (ver figura 2).



Figura 2. Delimitación de tramos. Fuente: Elaboración propia.

- **Metodología de análisis de la viabilidad de las rutas alternativas.**

Entre las diferentes variables o grupos de variables utilizadas para determinar la accesibilidad de los diferentes tramos (intensidad de tráfico, análisis topológico), se encuentra el análisis de la viabilidad de las rutas alternativas. Este indicador se compone a su vez de tres variables: el índice de rodeo, la intensidad de tráfico del recorrido alternativo y la jerarquía de las vías alternativas. Durante el planteamiento y el desarrollo del proyecto de investigación se barajaron otras posibles variables, de naturaleza analítica, como la sinuosidad o la pendiente, o de carácter sintético, como el estado de conservación (tipo de firme, anchura útil) o la accesibilidad para vehículos pesados (pendiente, sinuosidad, etc.). Sin embargo, fueron descartadas por la ausencia de fuentes directas de información, y la consiguiente necesidad de llevar a cabo laboriosos trabajos de campo, incompatibles con los objetivos y aplicabilidad del proyecto. En este sentido, es necesario recordar que se perseguía, respondiendo a los intereses de la Administración, elaborar un método ágil, basado en fuentes de información accesibles (y, por tanto, no dependientes de trabajos de campo específicos para cada caso), que permitiera su aplicación relativamente rápida a cualquier carretera de la red andaluza.

- **2.2.1. Índice de rodeo.**

Este índice persigue mostrar la diferencia en longitud entre el recorrido por el eje de estudio y su recorrido alternativo, es decir, cuál sería el incremento proporcional de distancia si hubiera que utilizar una vía alternativa por un corte en un determinado tramo del eje de estudio ante un evento de lluvias torrenciales. Se contempló otro indicador, la medición en tiempo de desplazamiento, pero se descartó, tanto por la menor disponibilidad de datos como por la interferencia en el tiempo de recorrido de la intensificación del tráfico.

Las diferencias entre distancia directa y distancia por recorrido alternativo se calculan en ambos sentidos de circulación. El cálculo de la distancia del recorrido alternativo se realizará desde el inicio del tramo del eje principal, sumándole la longitud de la vía alternativa desde su punto de salida hasta su punto de reincorporación a la vía principal más inmediato. Para el cálculo de la distancia en el propio eje de estudio, se realizará el cálculo desde el inicio del tramo en el sentido de la circulación hasta el punto de incorporación desde la red alternativa. De este modo podremos calcular la diferencia de distancia entre el trayecto alternativo y el

principal entre ambos puntos. Finalmente se calcula el valor medio de ambos sentidos por tramo de estudio para obtener un valor unificado. Atendiendo a estos valores, se establecieron 3 grados de vulnerabilidad, aplicables a cada tramo del eje principal:

- Vulnerabilidad alta (Puntuación: 3): Índice de rodeo superior a 10.
- Vulnerabilidad media (Puntuación: 2): Índice de rodeo entre 2 y 10.
- Vulnerabilidad baja (Puntuación: 1): Índice de rodeo inferior a 2.

• **2.2.2. Intensidad Media Diaria de la ruta alternativa**

Para la determinación de la Intensidad Media Diaria de la ruta alternativa se deberá tomar el valor máximo existente en el conjunto de la ruta alternativa, considerada ésta desde su salida de la red principal hasta su reincorporación al eje de estudio, para eventuales situaciones de bloqueo en cada tramo del eje principal. Utilizando el valor máximo de IMD contemplamos el peor de los escenarios si se utilizara esta alternativa, no siendo relevante que exista una menor intensidad de tráfico en alguna otra parte de dicha ruta alternativa. Cabe aclarar que no se incluye en el cálculo el propio valor de IMD del tramo del eje principal a analizar, ya que no se considera representativo de la red alternativa y, además, supone otra variable de la metodología general del proyecto.

Para el cálculo en la Intensidad Media Diaria, y para evitar establecer intervalos absolutos, de distinta interpretación en función de las características de la red, se han establecido unos umbrales diferentes en función de la tipología de la red, atendiendo al volumen de tráfico máximo existente en sus vías principales. De alguna forma, mediante los umbrales escogidos se pretende diferenciar distintos modelos territoriales, en líneas generales, una red metropolitana de otra red de carácter más rural y de otra tercera de tipo mixto. Los umbrales se han determinado a partir de los datos de aforo de las carreteras existentes en los ámbitos espaciales que distingue el Plan de Ordenación Territorial de Andalucía. En función de estos criterios se ha distinguido los siguientes intervalos para cada tipología de red:

Tipo 1: Para aquellas áreas de estudio que dispongan de valores medios de aforo (IMD media) superior a 15.000 vehículos/día se clasificará en:

- Vulnerabilidad alta (Puntuación: 3). Tramos con más de 50.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad media (Puntuación: 2). Tramos entre 10.000 y 50.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad baja (Puntuación: 1). Tramos con menos de 10.000 vehículos/día.

Tipo 2: Para aquellas áreas de estudio que dispongan de valores medios de aforo entre 7.500 y 15.000 vehículos/día se clasificará en:

- Vulnerabilidad alta (Puntuación: 3). Tramos con más de 10.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad media (Puntuación: 2). Tramos entre 5.000 y 10.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad baja (Puntuación: 1). Tramos con menos de 5.000 vehículos/día.

Tipo 3: Para aquellas áreas de estudio que dispongan de valores medios de aforo inferiores a los 7.500 vehículos/día se clasificará en:

- Vulnerabilidad alta (Puntuación: 3). Tramos con más de 5.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad media (Puntuación: 2). Tramos entre 2.000 y 5.000 vehículos/día.
- Vulnerabilidad baja (Puntuación: 1). Tramos con menos de 2.000 vehículos/día.

• **2.2.3. Jerarquía de las carreteras de la red alternativa.**

Para definir la valoración de la jerarquía de la red de vías alternativas se ha recurrido a una clasificación oficial de la red de carreteras de Andalucía, incluida en la base de datos DERA (Datos Espaciales de Referencia de Andalucía), del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA), cumpliendo

con los requisitos de accesibilidad de la fuente y sencillez de cálculo exigidos en la metodología general del proyecto. Esta clasificación distingue los siguientes niveles:

- Red básica estatal y autonómica
- Intercomarcal
- Comarcal
- Provincial
- Urbanas y otras

Siguiendo estos datos, se asignará a cada tramo del eje principal, el valor de la vía de menor jerarquía de aquellas que conformen su ruta alternativa, considerando que la vía de menor jerarquía es la menos adecuada para absorber el tráfico del eje principal y que, por tanto, reduce la eficiencia de la ruta alternativa y aumenta su vulnerabilidad. Por ejemplo, de un recorrido alternativo compuesto por una carretera comarcal, una provincial y una local, se asignará al tramo el rango local, ya que es el de menor valoración. Por tanto, la existencia de vías de alta capacidad en la ruta alternativa quedaría invalidada si ésta incluyera una vía de menor capacidad. De esta estructura jerárquica se definen los siguientes grados de vulnerabilidad:

Vulnerabilidad alta (Puntuación: 3): Aquellos tramos que dispongan en su recorrido alternativo de al menos de una vía que sea de tres rangos inferiores al del eje de estudio.

Vulnerabilidad media (Puntuación: 2): Aquellos tramos no contemplados en el grupo anterior que dispongan en su recorrido alternativo al menos de una vía que sea entre 2 y 3 rangos inferiores al del eje de estudio.

Vulnerabilidad baja (Puntuación: 1): Aquellos tramos no contemplados en los grupos anteriores que dispongan en su recorrido alternativo al menos de una vía que sea de igual o un rango inferior al del eje de estudio.

Tras asignar las puntuaciones a todas las vías alternativas, se procederá a un cálculo del valor medio entre los dos sentidos de la circulación, siendo este resultado al que se aplique al tramo correspondiente del eje principal.

• RESULTADOS

En el caso analizado, la carretera A357, se han distinguido, según el método propuesto, 8 tramos, con distintas longitudes en función de la cercanía o lejanía de los nodos, como se puede comprobar en la tabla nº 1 y en la figura nº 3. El tramo medio posee una longitud de 4.1 kms, pero, como se puede observar, existe una alta disparidad entre el valor mínimo (0.5) y el máximo (7.2).

| <i>TRAMO</i> | <i>KM</i> |
|--------------|-----------|
| 1 | 3,3 |
| 2 | 3,7 |
| 3 | 0,5 |
| 4 | 1,9 |
| 5 | 7,1 |
| 6 | 7,2 |
| 7 | 5,5 |
| 8 | 3,7 |

Tabla 1. Longitud de tramos. Fuente: Elaboración propia.

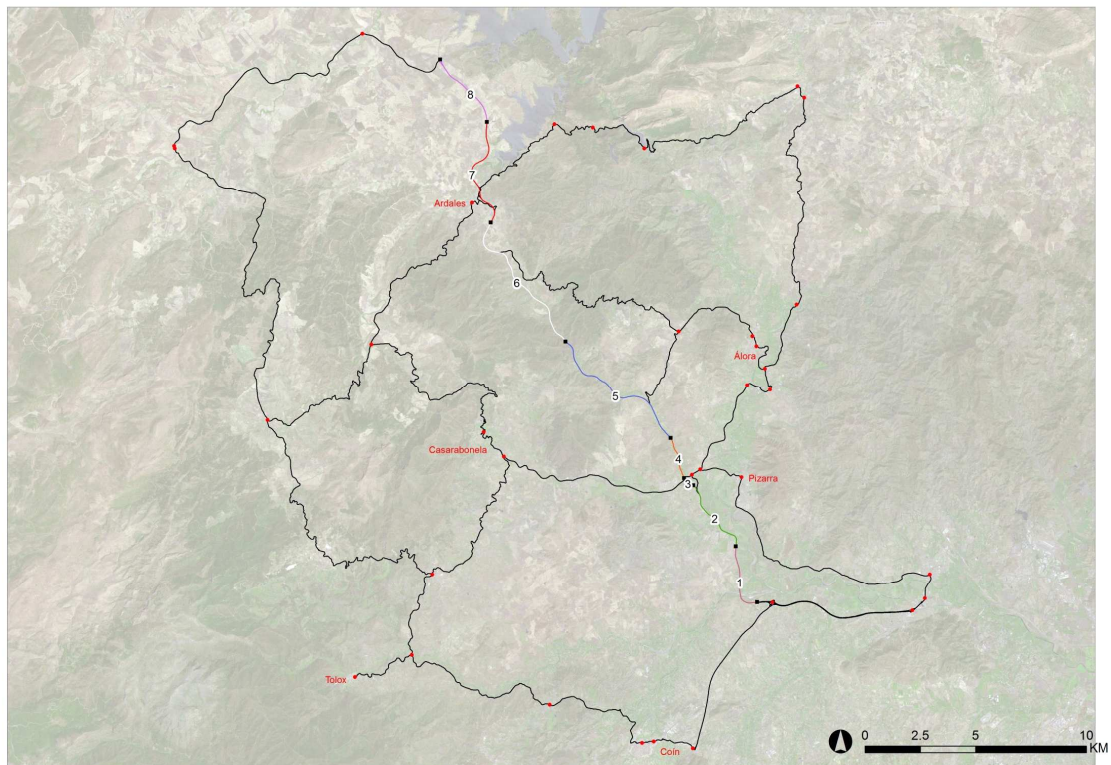


Figura 3. Localización de tramos. Fuente: Elaboración propia.

- **Índice de rodeo**

Los cálculos relativos al índice de Rodeo han dado los siguientes resultados, por sentido de la circulación y medio (tablas 2, 3 y 4).

| <i>TRAMO</i> | <i>INCREMENTO (Nº VECES SOBRE LONGITUD DEL TRAMO)</i> | <i>TRAMO</i> | <i>INCREMENTO (Nº VECES SOBRE LONGITUD DEL TRAMO)</i> | <i>TRAMO</i> | <i>INCREMENTO (Nº VECES SOBRE LONGITUD DEL TRAMO)</i> |
|--------------|---|--------------|---|--------------|---|
| 1 | 4.77 | 1 | - | 1 | 4,77 |
| 2 | 1.85 | 2 | - | 2 | 1,85 |
| 3 | 2.07 | 3 | 6.55 | 3 | 4.31 |
| 4 | 5.35 | 4 | - | 4 | 5,35 |
| 5 | 1.79 | 5 | 5.35 | 5 | 3.57 |
| 6 | 15.43 | 6 | 1.79 | 6 | 8.61 |
| 7 | 7.74 | 7 | 6.96 | 7 | 7.35 |
| 8 | - | 8 | 7.54 | 8 | 7,54 |

Tablas 2, 3, 4. De izquierda a derecha, cálculo del índice de rodeo en Carretera A357 Sentido Málaga-Ronda (tabla 2), Ronda-Málaga (tabla 3) y valor medio de ambos sentidos (tabla 4). Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, existen importantes diferencias atendiendo al sentido de la circulación, careciendo algunos tramos de rutas alternativas en los dos sentidos; en esos casos se ha asignado el valor correspondiente a la existente en uno de los sentidos. Atendiendo a los umbrales de vulnerabilidad establecidos para esta variable, se han asignado los siguientes valores de vulnerabilidad a cada tramo según el índice de rodeo medio (ambos sentidos) de sus respectivas rutas alternativas. El valor más bajo de vulnerabilidad (menor índice de rodeo), se da en el tramo 2, en torno al cual se disponen los principales núcleos del valle del Guadalhorce, que llevan asociada una mayor densidad de redes viarias.

| TRAMO | Vulnerabilidad |
|-------|----------------|
| 1 | Media (2) |
| 2 | Baja (1) |
| 3 | Media (2) |
| 4 | Media (2) |
| 5 | Media (2) |
| 6 | Media (2) |
| 7 | Media (2) |
| 8 | Media (2) |

Tabla 5. Vulnerabilidad según índice de rodeo. Carretera del Guadalhorce, tramo Casapalma - Cruce A-367, Carretera de Ronda. Fuente: Elaboración propia.

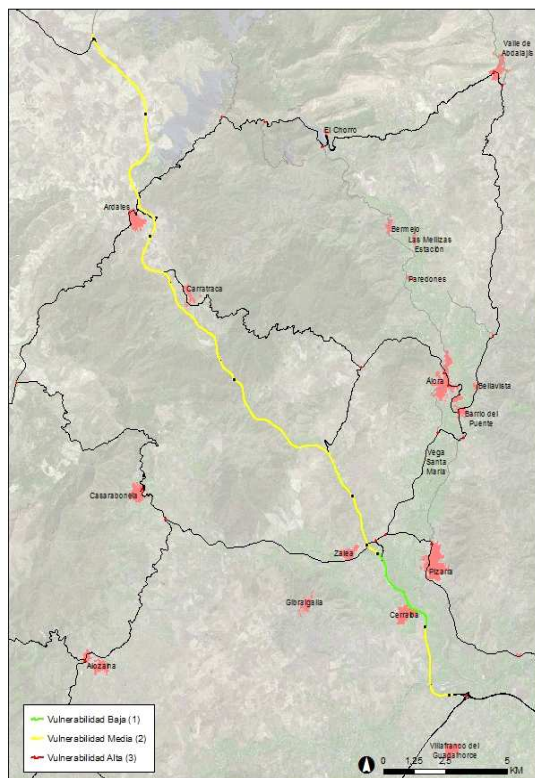


Figura 4. Valoración nivel de vulnerabilidad según índice de rodeo. Fuente: Elaboración propia.

- **Intensidad Media Diaria de la ruta alternativa**

Los datos obtenidos en Intensidad Media Diaria son igualmente dispares por sentido de la circulación, siendo inexistentes por ausencia de aforadores en determinados sectores de las rutas alternativas (tablas 6,7 y 8). Igualmente, en los casos de ausencia de rutas alternativas en un sentido, se ha utilizado el valor de la existente en el sentido contrario. El valor más elevado

se produce en el tramo 1, el más cercano a la aglomeración urbana de Málaga, cuyas carreteras, incluso las de menor rango, soportan un mayor volumen de tráfico (ver figura 5).

| TRAMO | IMD | TRAMO | IMD | TRAMO | Vulnerabilidad |
|-------|-------|-------|------|-------|----------------|
| 1 | 17085 | 1 | - | 1 | Media (2) |
| 2 | 5910 | 2 | - | 2 | Baja (1) |
| 3 | 2580 | 3 | 6551 | 3 | Baja (1) |
| 4 | 7033 | 4 | - | 4 | Baja (1) |
| 5 | 1164 | 5 | 7033 | 5 | Baja (1) |
| 6 | 7033 | 6 | 1164 | 6 | Baja (1) |
| 7 | 500 | 7 | 2580 | 7 | Baja (1) |
| 8 | - | 8 | 4157 | 8 | Baja (1) |

Tablas 6, 7 y 8. De izquierda a derecha, Intensidad Media Diaria en rutas alternativas de carretera A357, por tramos, sentido Málaga-Ronda (tabla 6), sentido Ronda-Málaga (tabla 7) y valor medio (tabla 8). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de IMD de 2014.

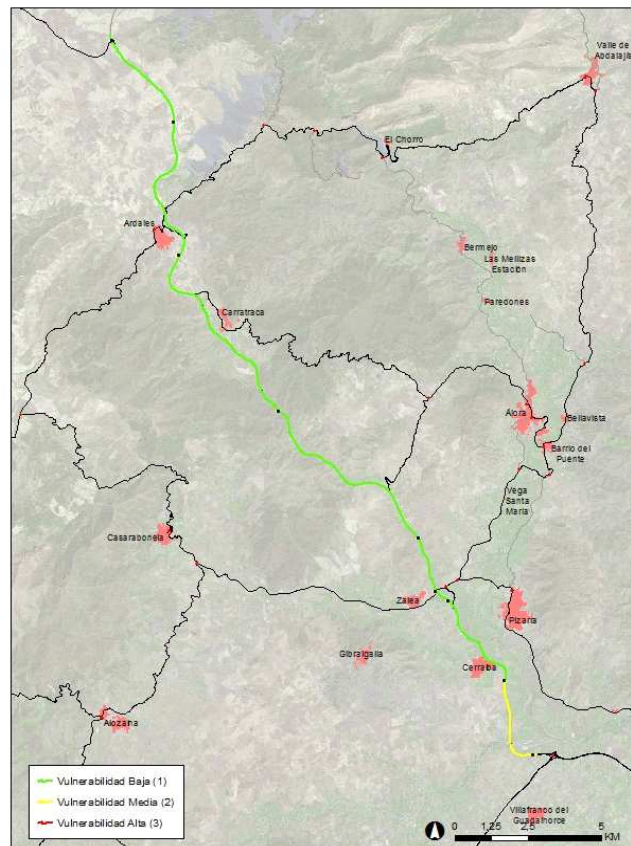


Figura 5. Valoración nivel de vulnerabilidad según Intensidad Media Diaria. Fuente: Elaboración propia.

- **Jerarquía de la red alternativa**

La tercera variable utilizada, la jerarquía viaria en la ruta alternativa, ofrece los resultados mostrados en la tabla 9. Como se puede observar, los niveles de vulnerabilidad, es decir, la existencia de carreteras de menor rango en la ruta alternativa, son mayores en los tramos

centrales de la carretera (figura 6), los que discurren, en buena parte, por zonas de montaña y, por tanto, con carreteras de menor nivel asociadas, así como en el tramo 3, cuya ruta alternativa la suponen carreteras de carácter urbano.

| TRAMO | Jerarquía alternativa (Málaga - Ronda) | Vulnerabilidad (Málaga - Ronda) | Jerarquía alternativa (Ronda - Málaga) | Vulnerabilidad (Ronda - Málaga) | Vulnerabilidad media |
|-------|--|---------------------------------|--|---------------------------------|----------------------|
| 1 | Comarcal | 2 | - | 0 | 1 |
| 2 | Comarcal | 2 | - | 0 | 1 |
| 3 | Provincial | 1 | Intercomarca I | 3 | 2 |
| 4 | Comarcal y otras | 2 | - | 0 | 1 |
| 5 | Comarcal y otras | 2 | Comarcal y otras | 2 | 2 |
| 6 | Provincial y otras | 1 | Comarcal y otras | 2 | 1.5 |
| 7 | Provincial | 1 | Provincial | 1 | 1 |
| 8 | - | 0 | Provincial | 1 | 0.5 |

Tabla 9. Valoración de la vulnerabilidad según la jerarquía de la ruta alternativa. Fuente: Elaboración propia.

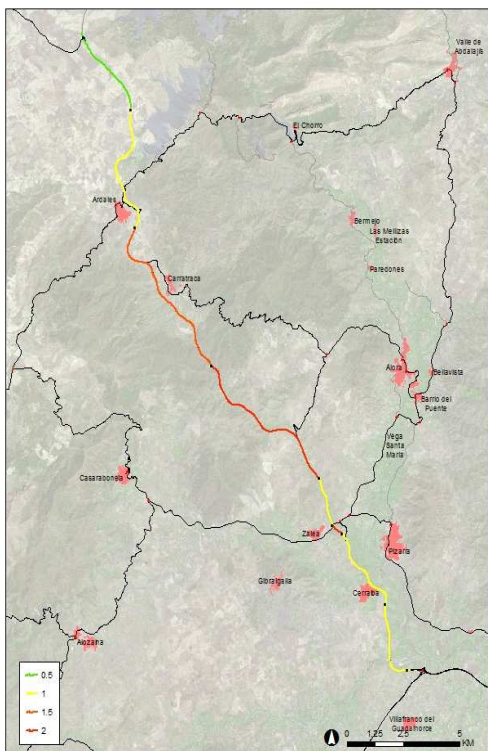


Figura 6. Valoración nivel de vulnerabilidad según jerarquía de la red alternativa. Fuente: Elaboración propia.

- **Valoración conjunta viabilidad rutas alternativas (asignación de pesos).**

En el sumatorio lineal ponderado que se estableció para calibrar la conectividad de los diferentes tramos de la carretera, a las variables relacionadas con la viabilidad de las vías alternativas se les dio, en conjunto, un factor de ponderación de 0.4 (sobre 1), desagregado de la siguiente forma: índice de rodeo: 0,15; Intensidad Media Diaria rutas alternativas: 0,10; jerarquía de la vía alternativa: 0,15

El valor máximo ponderado alcanzaría, potencialmente, 1.20 puntos (valor 3 de vulnerabilidad en cada variables multiplicado por su correspondiente factor de ponderación). Los resultados conjuntos se recogen en la tabla 10. Como se puede observar, los niveles de vulnerabilidad en función de la viabilidad de las rutas alternativas se sitúan en valores medios, siendo mayores en los tramos 5 y 6 (recorridos montañosos) y 1 y 3 (zonas más urbanas, con mayor IMD y carreteras de carácter urbano).

| Tramo | Índice rodeo | Índice rodeo x 0.15 | IMD alternativas | IMD alternativas x 0.1 | Jerarquía vías alternativas | Jerarquía x 0,15 | Valor total ponderado viabilidad rutas alternativas |
|-------|--------------|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|---|
| 1 | 2 | 0,30 | 2 | 0,20 | 1 | 0,150 | 0,650 |
| 2 | 1 | 0,15 | 1 | 0,10 | 1 | 0,150 | 0,400 |
| 3 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 2 | 0,300 | 0,700 |
| 4 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 1 | 0,150 | 0,550 |
| 5 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 2 | 0,300 | 0,700 |
| 6 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 1,5 | 0,225 | 0,625 |
| 7 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 1 | 0,150 | 0,550 |
| 8 | 2 | 0,30 | 1 | 0,10 | 0.5 | 0,075 | 0,475 |

Tabla 10. Valoración de la vulnerabilidad según ponderación de variables. Fuente: Elaboración propia.

- **CONCLUSIONES**

En el marco de un proceso metodológico más amplio se ha desarrollado un método para el análisis de la viabilidad de rutas alternativas como criterio para evaluar la vulnerabilidad de distintos tramos de una misma carretera. El método utiliza fuentes e indicadores accesibles, potencialmente utilizables en otros casos de estudio y de una forma ágil, ofreciendo información sobre zonas más vulnerables. El mapa final de vulnerabilidad por accesibilidad (figura 7), que incluye, además de la viabilidad de las rutas alternativas, el resto de variables utilizadas en el proyecto, señala un valor de vulnerabilidad alta para los tramos centrales, alguno de los cuales se vincula en alto grado con la menor eficiencia de sus posibles rutas alternativas.

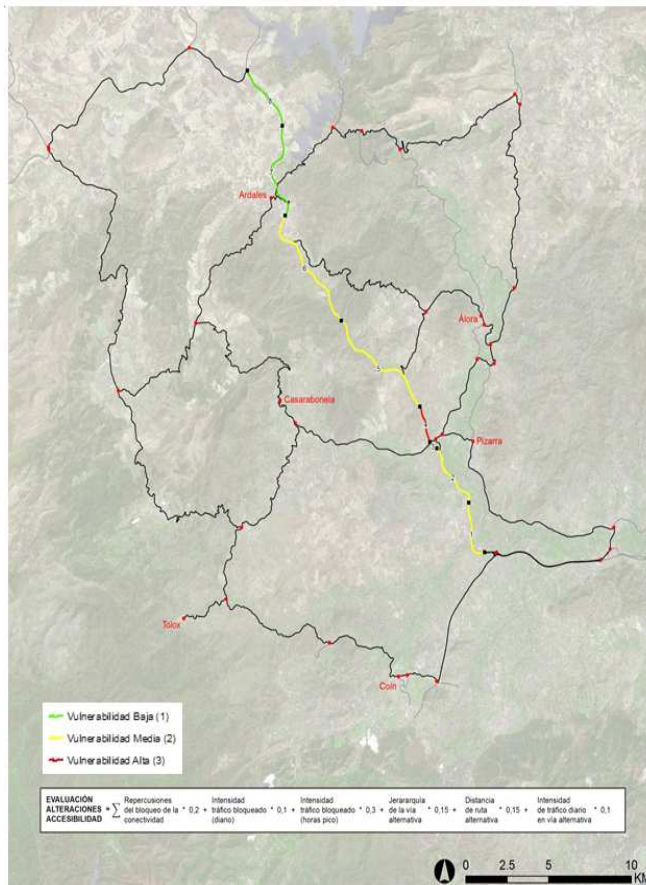


Figura 7. Valoración final de la vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia

• BIBLIOGRAFÍA

- Birkmann, J. (2006): Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies, United Nations University Press.
- Blaikie, P.; Canon, T.; Davis, I.; Wisner, B. (1994): At risks: Natural hazards, people's vulnerability and disasters, Routledge, New York
- Calvo García-Tornell (2001): Sociedades y territorios en riesgo, Ediciones del Serbal, Barcelona.
- Cutter, S. (1996): "Vulnerability to environmental hazards", Progress in Human Geography, 20-4, pp. 529-539
- Cutter, S., Boruff, B.; Shirley, W. (2003): "Social vulnerability to environmental hazards", Social Science Quaterly, 2 (84), 242-261
- Consejería de Fomento y Vivienda (2004): Plan de Mejora de la Accesibilidad, Seguridad vial y Conservación – Plan M.A.S. C.E.R.C.A. Junta de Andalucía
- Junta de Andalucía (2002): Plan de prevención de avenidas e inundaciones en cauces urbanos andaluces. Consejería Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Sevilla.
- Maskrey, A. (ed.) (1993): Los desastres no son naturales. La RED de estudios sociales, Bogotá.

- Perles Roselló, M.J.; Sortino Barrionuevo, J.F.; Cantarero Prados, F.J. (2016): "El rol de la vulnerabilidad de la población en la gestión del riesgo. Precisiones necesarias y criterios a emplear para el diseño de métodos de evaluación útiles y consensuados", en Rodríguez Van Gort, M.F.: Factores fundamentales de la vulnerabilidad en la construcción del riesgo, UNAM, México. En prensa.
- Perles Roselló, M.J. (2010): "Apuntes para la evaluación de la vulnerabilidad social frente al riesgo de inundación", *Baetica*, 32, pp. 103-127.
- Perles Roselló, M.J. y Cantarero Prados, F. (2010): "Problemas y retos en el análisis de los riesgos múltiples del territorio: propuestas metodológicas para la elaboración de cartografías multi-peligros". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (BAGE)*, nº 52, p245-271, Madrid.
- Olcina Cantos, J. (2008): "Cambios en la consideración territorial, conceptual y de método de los riesgos naturales", *Scripta Nova, Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, vol. XII, nº 270 (24).
- Rodríguez Núñez, E. y Gutiérrez Puebla, J. (2012): Análisis de vulnerabilidad de las redes de carreteras mediante indicadores de accesibilidad y SIG: intensidad y polarización de los efectos del cierre de tramos en la red de Mallorca. *Geofocus*, 12, pp. 374-394.