

## METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CICLABILIDAD DE LA RED URBANA DE CARRILES BICI. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE MÁLAGA

Manuel Sánchez-Villalba

Graduado en geografía y gestión del territorio, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n, 29071, Málaga, España.  
[manuelsanchezvillalba@gmail.com](mailto:manuelsanchezvillalba@gmail.com)

### RESUMEN

El presente trabajo muestra una nueva metodología para evaluar la ciclabilidad de los carriles bici urbanos y su aplicación a la ciudad de Málaga. El cálculo de la ciclabilidad está basado en 3 criterios: visibilidad, anchura y sinuosidad. El índice final se obtiene mediante la sumatoria de tres variables y permite conocer los puntos fuertes y débiles de los tramos de la red de carriles bici. Esta metodología tiene el propósito de proporcionar información, a las administraciones, para la mejora de los trazados de los carriles bici de futura creación.

Los resultados de aplicar la metodología en la ciudad de Málaga muestran valores indicativos de la necesidad de mejorar el trazado de la red de carriles bici, puesto que solo 1/3 muestra valores con una aptitud Alta o Muy Alta.

**Palabras claves:** Málaga; carril bici; SIG; visibilidad; anchura; sinuosidad, ciclabilidad.

### ABSTRACT

This paper presents a new methodology to assess the cyclability of urban bike path and its application to the city of Malaga. Cyclability calculation is based on three criteria: visibility, width and sinuosity. The final index is obtained by the sum of three variables and provides insight into the strengths and weaknesses of the sections of the network of cycle paths points. This methodology is intended to provide information, administrations, to improve the paths bike lanes of future creation.

The results of applying the methodology in the city of Málaga are values indicative of the need to improve the layout of the network of cycle paths, since only 1/3 shows fitness values with a high or very high.

**Keywords:** Malaga; bike path; GIS; visibility; width; sinuosity, cyclability.

## 1. ESTRUCTURA DE LA COMUNICACIÓN Y DESARROLLO DE LOS APARTADOS

### 1.1 Introducción

La movilidad sostenible en las zonas urbanas se ha convertido en un objetivo prioritario de las políticas locales (Berloco y Colonna, 2012; p. 1). En este escenario aparece la bicicleta, plenamente reconocida como un medio más de transporte urbano (Delegación de Movilidad. Área de Tráfico y Transporte público, 2011; p. 132), pero, en algunos casos, las personas que usan la bicicleta pueden ser forzadas a adaptarse a condiciones inadecuadas (Alcántara Vasconcellos, 2010; p. 103). La bicicleta puede circular por el centro de la calzada, siempre que no cuente con una infraestructura adaptada a ello, pero es evidente la fragilidad de los usuarios frente al coche, y más aún en calles donde la velocidad de circulación es elevada (MAGRAMA, 2010; p. 60). Por ello, se necesita la construcción de infraestructuras, como carriles bici y la elaboración y distribución de planos de carriles y/o aparcamientos, que animen a su uso (Ull Soíl, 2008, p. 362). Un carril bici no es sólo una pintura sobre la acera o el asfalto, es una infraestructura para mantener la seguridad de un ciclista, junto con las señalizaciones, la conservación de las vías, etc.

La planificación y el diseño de todas las redes de movilidad, es decir, de peatones, bicicletas, transporte público, coche, motos y mercancías, tienen que estar presentes en la planificación urbanística con el mismo

nivel de rigor técnico. La planificación y el diseño de estas redes hacen necesaria la existencia de una normativa urbanística. Para Dombriz Lozano (2009, p.7) “la necesidad de que la normativa urbanística obligue a los planes urbanísticos a incorporar un estudio de evaluación de movilidad generada en el que se dimensionen los efectos sobre la movilidad de las decisiones urbanísticas y se diseñen las redes de movilidad (peatones, bicicletas, transporte público o privado) necesarias para satisfacer las nuevas demandas. Así lo ha realizado la DTG en el Manual de recomendación de diseño, construcción, infraestructuras, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril bici del año 2000, la Junta de Andalucía a través del Plan Andaluz de Bicicleta, del año 2014 o el Ayuntamiento de Málaga mediante el Plan Municipal de Movilidad Sostenible de Málaga de Febrero de 2011. Por otro lado, hay estudios que han analizado aspectos relacionados con la ciclabilidad como el llevado a cabo por Sánchez (2014), quien diseñó una metodología con una serie de variables para conocer la ciclabilidad de un carril bici de la ciudad de Málaga, o el Informe del Carril Bici de Málaga (Ruedas Redondas, 2013), el cual se centra en el estudio de 8 carriles bici teniendo en cuenta la longitud en kilómetros, la anchura (siendo ésta una estimación), el desnivel, la topología (direccionalidad, pavimento, etc.), la conexión con otros carriles y otras observaciones. Por último, las actuaciones rápidas para la mejora de la ciclabilidad (Las Palmas en Bici. 2016), busca apostar por un modo de movilidad y planificación del territorio para satisfacer las necesidades de las personas.

El estudio de la ciclabilidad se ha realizado en la ciudad de Málaga, la cual cuenta con 53,5 Km de carril bici repartidos a lo largo de toda la urbe (Figura 1). De éstos, aproximadamente 44 Km discurren por la acera, mientras que unos 9 Km ocupan un espacio segregado; es decir, el carril bici está separado tanto de la calzada como de la acera, de forma que no se produzcan interferencias con cualquier otro tipo de vehículo (DGT, 2000, p. 8). Además, el carril bici tiene una anchura media de 2,15 m en la zona bidireccional, mientras que en la zona unidireccional ésta es de 1,16 m.



Figura 1. Carriles bici de la ciudad de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

## 1.2 Metodología

La metodología propuesta en este trabajo se basa en tres puntos:

1. Diseño de la red.
2. Creación de la base de datos.
3. Cálculo de la ciclabilidad.

El diseño de la red se ha establecido definiendo previamente que son tramos y nodos. Los tramos se corresponden con aquellos sectores de la red localizados entre dos bifurcaciones, las cuales actúan como nodos. Para la creación de la red se han digitalizado los tramos de carriles bici construidos en la actualidad (Figura 1). Se ha utilizado como base cartográfica la ortofoto 1053 del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del Instituto Geográfico Nacional y el plano de carriles bici del Ayuntamiento de Málaga. Dado que el plano de carriles bici del ayuntamiento no está actualizado, se ha realizado un trabajo de fotointerpretación y de campo para completar la red de carriles bici. El trabajo de campo también sirvió para obtener los datos necesarios de cada uno de los criterios analizados en la metodología.

La creación de la base de datos se creó en formato shp con ArcGIS. Los atributos incorporados a la base de datos para calcular la ciclabilidad de los carriles bici son tres (Sánchez, 2014): visibilidad, anchura y sinuosidad.

**Visibilidad.** El trazado de un carril bici ha de ser lo más recto posible y debe tener una pendiente uniforme para que la visibilidad sea ilimitada. Sin embargo, en la práctica el trazado queda determinado por la existencia de obstáculos laterales como árboles, farolas, edificaciones, etc. (Sánchez, 2014). Para calcular esta variable se utiliza la distancia de visibilidad de frenado, es decir, la distancia que necesita un ciclista para poder detenerse sin llegar a colisionar con un obstáculo. Asimismo, para calcular la distancia de frenado, el Departamento de Transporte de California y el Manual para el Planeamiento, Proyecto y Ejecución de Pistas Ciclistas de la Asociación Española Permanente de los Congresos de Carreteras (DGT, 2000), proponen la siguiente ecuación:

$$S = \frac{V^2}{30(f \pm g)} + 3,67 \times V$$

Donde: S = Distancia de visibilidad de parada en pies; V= Velocidad en millas por hora; f = Coeficiente de rozamiento ( $\approx 0,25$ ) y g = Pendiente en porcentaje.

El valor de velocidad media varía en función de la pendiente, de forma que se ha diferenciado entre una velocidad de subida (10km/h), en llano (15km/h) y de bajada (20 km/h).

Después, se analiza el número de obstáculos que dificultan la visibilidad a lo largo del recorrido (objetos como puede ser una marquesina, un arbusto, un contenedor, etc). Según la distancia del carril bici y el número de obstáculos, se obtiene el porcentaje del carril bici que no es visible. Para la valoración de la visibilidad se ha utilizado la siguiente tabla (tabla 1):

| Visibilidad | Valoración |
|-------------|------------|
| > 10 %      | 0          |
| 10 – 7,5 %  | 0,5        |
| 5 – 7,5 %   | 1          |
| 2,5 – 5 %   | 1,5        |
| < 2,5 %     | 2          |

Tabla 1. Criterio de visibilidad. Fuente: Sánchez, 2014.

**Anchura.** El ciclista necesita una anchura determinada para que el paso sea seguro. Hay que tener en cuenta, además de la ocupación necesaria, el movimiento “serpenteante”, que es la consecuencia de corregir la inestabilidad del vehículo mediante cambios de la trayectoria. Estas oscilaciones serán mayores, cuando más velocidad lleve el ciclista, por lo que según la velocidad ocupará más o menos espacio (DGT, 2000).

También es importante la existencia de objetos laterales (bordillos, bolardos o contenedores), los cuales afectan a la anchura del carril y es algo que no se tiene en cuenta. Según por dónde discorra el carril, por la acera o por el lateral de la calzada, deberá tener una anchura diferente (DGT, 2000). En cada sector, se tomaron medidas cada 100 m, pero la anchura del carril varía, por lo que se realizó la media para obtener unos valores concretos. Para la valoración de la anchura se ha utilizado la siguiente tabla (tabla 2):

| Carril bidireccional |            | Carril unidireccional |            |
|----------------------|------------|-----------------------|------------|
| Anchura              | Valoración | Anchura               | Valoración |
| < 1 m.               | 0          | < 0,5 m.              | 0          |
| 1 – 1,95 m.          | 0,5        | 0,5 – 0,95 m.         | 0,5        |
| 1,95 – 2,05 m.       | 1          | 0,95 – 1,05 m.        | 1          |
| 2,05 – 3 m.          | 1,5        | 1,05 – 1,5 m.         | 1,5        |
| > 3 m.               | 2          | > 1,5 m.              | 2          |

Tabla 2. Criterio de anchura en Carril Bici bidireccional y unidireccional. Fuente: Sánchez, 2014.

La anchura mejor valorada es la que tiene más de 3 m en carriles bidireccionales, mientras que para los carriles unidireccionales, la mejor valorada es la que tiene más de 1,5 m de ancho.

**Sinuosidad.** Lo más recomendable es que el carril sea recto, siempre que el trazado lo permita. Aunque hay momentos en los que se encontrarán curvas, éstas tienen que ser lo más abiertas posible, además de anchas y con buena visibilidad, para que se realice de la manera más gradual posible, permitiendo al ciclista adaptarse a los cambios de dirección.

Puesto que los ciclistas son especialmente sensibles a los cambios de velocidad y existe un mayor riesgo de caída en las curvas debido a su posición inclinada, se recomendaría usar radios de curvatura suficientemente amplios (Sánchez, 2014). Para la valoración del grado de sinuosidad se ha utilizado la siguiente tabla (tabla 3):

| Nº de Curvas         | Valoración |
|----------------------|------------|
| 2 o más curvas > 65º | 0          |
| 1 curva > 65º        | 0,5        |
| 2 o curvas < 65º     | 1          |
| 1 curva < 65º        | 1,5        |
| Recto                | 2          |

Tabla 3. Criterio de grado de sinuosidad. Fuente: Sánchez, 2014.

Para los tramos del carril bici donde encontremos diferentes categorías para este criterio, se escogerá la que tenga peor valoración.

Para la **valoración final** de la ciclabilidad de los tramos de los carriles bici, se ha realizado la suma de las valoraciones anteriores, es decir, anchura, visibilidad y sinuosidad y, según los posibles resultados del índice obtenido (variable entre 0 y 6), se han realizado cinco clases de ciclabilidad como se indica en la tabla 4:

| Índice    | Ciclabilidad |
|-----------|--------------|
| 0 – 1,2   | Muy baja     |
| 1,2 – 2,4 | Baja         |
| 2,4 – 3,6 | Moderada     |
| 3,6 – 4,8 | Alta         |
| 4,8 – 6   | Muy alta     |

Tabla 4. Grado de Ciclabilidad. Fuente: Sánchez, 2014.

### 1.3 Descripción y análisis de resultados

Al analizar los mapas de cada criterio o variable del índice de ciclabilidad, se observa que la visibilidad de los carriles bici de la ciudad de Málaga (Figura 2) es muy alta. En 45,2 Km (84,57%) no se han encontrado obstáculos y si los hay, no dificultan la visión del ciclista. Se ha obtenido una valoración alta de visibilidad en 3,4 Km, tratándose de carriles bicis que discurren por avenidas anchas y rectas, pero en los que encontramos contenedores, marquesinas de autobús o paredes de edificaciones muy cercanas a éstos. Por último, hay visibilidad moderada en 5 Km de carril bici, en concreto el carril que discurre por el paseo marítimo en dirección SO. Esto puede extrañar tratándose de un carril bici que discurre por un paseo marítimo, pero éste no sigue la línea de costa en todo momento (siendo demasiado sinuoso) y se sitúa junto a una mediana ajardinada que dificulta la visión (Figura 3).



Figura 2. Mapa de criterio 1. Visibilidad de los Carriles bici de la ciudad de Málaga. Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Ejemplo de carril bici con visibilidad moderada. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la anchura de los carriles bici de la ciudad de Málaga (Figura 4), vemos que hay una valoración buena en tan sólo en 2,7 Km, correspondiéndose con tramos muy cortos, construidos en avenidas muy anchas y que tiene pocos edificios. Hay que destacar que 23,2 Km (43,36%) de carril bici tiene una valoración alta, siendo tramos largos en el paseo marítimo o tramos que discurren de sur a norte en paralelo al río Guadalmedina. Con valoración moderada encontramos en Málaga unos 5 Km de carril bici, en avenidas que son anchas (lo que propiciaría que hubiese un carril bici más ancho). Por último, hay 22,8 Km (42,66%) de valoración baja, la mayoría en la zona centro, debido a que es difícil introducir un carril bici en esta zona y los que hay son estrechos. (Figura 5).



Figura 4. Mapa de criterio 2. Anchura de los Carriles bici de la ciudad de Málaga. Fuente: Elaboración propia.



**Figura 5.** Ejemplos de carril bici con estrechamiento de la vía. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la sinuosidad de los carriles bici de la ciudad de Málaga (Figura 6) tiene una valoración muy alta en 7 Km de carril bici, que son los tramos más pequeños y que no tienen que cruzar calles. Encontramos una valoración buena en 4,3 Km, tramos pequeños y que tienen 1 curva. En 10 Km (18,69%) de carril bici tenemos valoración moderada, tratándose de carriles bici que en teoría deberían no tener curvas, pero en los que encontramos giros, ya sea buscando pasos de cebras para cruzar una calle, esquivando marquesinas de autobús u otros obstáculos. En unos 800 m de carril bici tenemos valoración baja, siendo curvas con giros bruscos. Por último, 31,5 Km (58,87%) de carril bici tienen una valoración muy baja, lo que indica que se trata de un carril bici muy sinuoso, muy largo, con cruces innecesarios y muchas curvas cerradas (tratándose de una calle recta). Es la variable que peor resultados obtiene, provocado por el trazado del carril bici, el cual en algunas partes del recorrido va buscando los pasos de peatones (Figura 7).



Figura 6. Mapa de criterio 3. Sinuosidad de los Carriles bici de la ciudad de Málaga. Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Ejemplo de carril bici con sinuosidad muy alta. En rojo se han marcado las curvas innecesarias y la dirección lógica de la vía. Fuente: Elaboración propia.

Una vez valorados los tres criterios y calculado el índice de ciclabilidad (Figura 8), se obtiene que en Málaga hay 10,5 Km de carril bici con una ciclabilidad muy alta, tratándose de tramos cortos o de nueva construcción en avenidas muy amplias. Hay 6,7 Km de carril bici con ciclabilidad alta, correspondiéndose con carriles bici un poco más largos que los anteriores y con carriles unidireccionales. Hay 34,5 Km (64,63%) de carril bici con ciclabilidad moderada, tratándose de los carriles bici más largos. Hay 1,6 Km de carril bici con ciclabilidad baja, debido a que son tramos rectos pero en los que encontramos algunos puntos negros, con un alto grado de sinuosidad (en su mayoría innecesarias) y la anchura que no es la estipulada en la normativa. Por último, resaltar que no hay tramos de carril bici con ciclabilidad muy baja.





Figura 8. Mapa del índice de la ciclabilidad para los carriles bici de Málaga. Fuente: Elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

El método utilizado en este trabajo tiene en cuenta criterios relacionados con la seguridad de los ciclistas, pero no incluye criterios también relacionados con la seguridad del ciclista como la pavimentación o tipo de firme y la distancia a peatones y vehículos, aspectos a tener en cuenta en un futuro cercano para la evaluación de la ciclabilidad.

También hay que tener en cuenta que la futura creación de carriles bici introducirá nuevas conexiones en la red actual, lo que haría modificar la valoración a algunos tramos de la red actual, como por ejemplo el grado de sinuosidad, lo que podría influir en la ciclabilidad.

El planteamiento general de la metodología puede considerarse útil para describir la ciclabilidad en un entorno urbano y para proporcionar una herramienta eficaz para su planificación y gestión. Dicha metodología cuenta con la posibilidad de ser extrapolable a otras ciudades, de una manera fácil, aunque se requiere trabajo de campo para analizar la visibilidad en los carriles bici.

Una dificultad añadida ha sido la falta de información actualizada de la red de carriles bici por parte del Ayuntamiento de Málaga, para lo cual ha sido útil la información del Plan Andaluz de la Bicicleta (Consejería de Fomento y Vivienda 2013, p. 138), donde vienen los carriles bici existentes en la ciudad de Málaga.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la Asociación Ruedas Redondas de Málaga toda la ayuda e información proporcionada para realizar este trabajo.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Vasconcellos, E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá. CAF, pp. 204.
- Berloto N. y Colonna P. (2012). *Testing and Improving Urban Bicycle Performance*. Elsevier Ltd, pp. 12.
- Consejería de Fomento y Vivienda. Junta de Andalucía (2013). "Plan Andaluz de la Bicicleta." (España). pp.174.
- Delegación de Movilidad. Área de Tráfico y Transporte público. Ayuntamiento de Málaga (2010). "Plan de Movilidad Municipal Sostenible." (España), pp. 443.
- Dirección General de Tráfico (DGT) (2000). "Manual de recomendación de diseño, construcción, infraestructuras, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril bici."(España). pp. 58
- Dombriz Lozano, M. A. (2009). *Urbanismo y movilidad: dos caras de la misma moneda*. pp. 9
- Las Palmas en bici (2016). "Actuaciones rápidas para la mejora de la ciclabilidad en la ciudad baja de Las Palmas de Gran Canaria". (España). pp. 22
- MAGRAMA. (2010). "Observatorio de la Movilidad Metropolitana." (España). MAGRAMA, pp. 129.
- Ruedas Redondas (2013). *Informe de los Carriles Bici de Málaga (OCU)*. (España). pp. 6.
- Sánchez, M. (2014). *Ensayo metodológico para evaluar la ciclabilidad de los carriles bici de la ciudad de Málaga. Caso del carril bici Universidad–Rectorado. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Málaga*. pp. 28. <http://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/9733>
- Ull Solís, A. (2008) *El impacto de la actividad universitaria sobre el Medio Ambiente*. Revista Eureka Enseñanza, Divulgación y Ciencia, pp. 356 – 366.