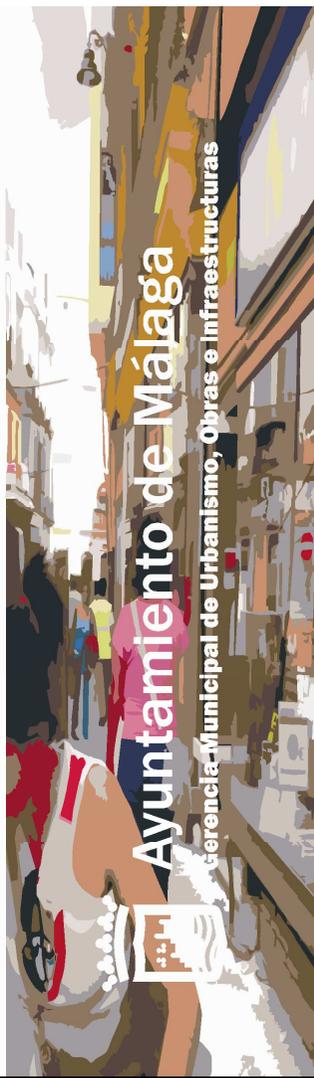




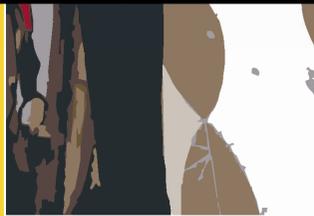
Plan Director de Bicicletas de Málaga
CAPÍTULO 2



Ayuntamiento de Málaga
Gerencia Municipal de Urbanismo, Obras e Infraestructuras



NORMAS BÁSICAS DE DISEÑO PARA VÍAS CICLABLES



2.1. PREMISAS

2.1.1. Consideraciones fundamentales sobre la física de los desplazamientos en bicicleta y su relación con un diseño eficiente de la red ciclable

La bicicleta frente a otros modos de transporte

El ciclista, en su rol de usuario de la vía pública, presenta unas características diferentes a las de los peatones, motoristas o automovilistas, básicamente porque los desplazamientos en el vehículo empleado, la bicicleta, se rigen por factores condicionantes muy diferentes a los de los vehículos motorizados. Así pues el diseño de las vías ciclables, como para cualquier modo de transporte, para ser efectivo, deberá contemplar esta situación diferencial.

En primer lugar, a diferencia del peatón, el ciclista utiliza un vehículo, lo que hace sus condicionantes, comportamientos y necesidades completamente diferentes. Se ha enfatizado esta cuestión debido a que aún en la actualidad la percepción sobre la relación entre ciclista y peatón continúa siendo homogénea en muchos aspectos. Se recomienda, previo a cualquier aproximación sobre estructura y sistemas de la bicicleta en la ciudad, separarlos y tratarlos desde dos categorías independientes, por ejemplo, en lo que a contabilización estadística se refiere. Desde una visión más funcional, se interpreta esta relación diseñando, con frecuencia, vías ciclables sobre las aceras cuando, como se verá en los apartados dedicados a la determinación de elementos para la seguridad vial ciclista y a las reflexiones sobre la idoneidad de uso de vías ciclistas, pueden suponer un factor de riesgo incluso mayor que el relativo al tránsito en coexistencia con el tráfico motorizado.



Imagen 1. Ciclista y peatón compartiendo un espacio transitable.

Como se verá en los apartados dedicados a la determinación de elementos para la seguridad vial ciclista y a las reflexiones sobre la idoneidad de uso de vías ciclistas, pueden suponer un factor de riesgo incluso mayor que el relativo al tránsito en coexistencia con el tráfico motorizado. Ahora bien, separar categóricamente peatones y ciclistas, no significa necesariamente que

ambos individuos no deban en contextos urbanos específicos compartir un mismo espacio transitable (Imagen 1).

La bicicleta, por otra parte, es un vehículo no motorizado, por lo que del mismo modo que en el caso de la comparación con los peatones, sus condicionantes, comportamientos y necesidades son completamente diferentes a los de los conductores de vehículos motorizados. Es necesaria una especial referencia a la confusión categórica también habitual entre bicicletas y ciclomotores, que sin duda debe quedar del mismo modo definitivamente resuelta, tanto en términos estadísticos como prácticos, pues ambos vehículos y modos de desplazamiento exclusivamente comparten muy poco, aparte del hecho de apoyarse sobre dos ruedas.

El espacio del ciclista

Las bicicletas suelen presentar unas dimensiones que oscilan entre los ciento cincuenta y los ciento noventa centímetros de longitud, entre cincuenta y setenta centímetros de anchura, y entre ochenta y ciento diez centímetros de altura, a los que habría que sumar una altura entre setenta y ciento diez centímetros correspondientes al ciclista acomodado en su sillín.

Así pues, un ciclista medio requiere una superficie de poco más de un metro cuadrado, y un volumen de alrededor de dos metros cúbicos de espacio, dimensiones que son la base para el diseño de vías ciclables y aparcamientos para bicicletas.

Evidentemente las dimensiones dinámicas no son las mismas que para un artefacto en movimiento, que deben ser ampliadas en función de la demanda de movilidad para el equilibrio, de la velocidad, de la seguridad y de una serie de factores que se recogen desagregados en el documento.

La inercia como factor fundamental

La energía cinética, aquella derivada del propio movimiento, que es en general muy importante para cualquier vehículo, alcanza en la bicicleta, su máxima relevancia. De hecho, en un mundo hipotético donde no rigieran las leyes de la física y no existiera inercia, la bicicleta sería completamente abandonada como medio de transporte pues la inversión de energía que el ciclista debería realizar continuamente sería tan elevada que no resultaría termodinámicamente rentable.

Es imprescindible, como criterio de diseño, limitar al máximo las pérdidas de energía cinética en los desplazamientos en bicicleta, significando ello pues que el ciclista no debe ser obligado a frenar continuamente su velocidad más de lo estrictamente necesario y que los tratamientos formales de estas infraestructuras deben ser adecuados a este principio.

Por lo tanto, si se pretende maximizar el uso de una vía ciclable, es necesario intentar por todos los medios, priorizar la movilidad continua de la bicicleta y que sean otros los modos motorizados en su utilización de la vía pública a los que se obliga a frenar.

En el caso de los peatones, la inercia no es un factor esencial, por lo que la preferencia de paso no es indispensable.

Por otra parte, los vehículos motorizados sí que aprovechan efectivamente el movimiento inercial, pero con una diferencia sustancial respecto a las bicicletas puesto que la aceleración no depende de un esfuerzo físico notorio, sino de la aplicación de un mecanismo automático.

Así pues, el diseño eficiente de una vía ciclable pasa necesariamente por la premisa indispensable de limitar el frenado continuo para los ciclistas, aún a costa de las preferencias teóricas de otros usuarios, que en cualquier caso podrían asumir sin tan alto coste dicha situación.

La relación equilibrio-velocidad

La bicicleta posee como vehículo una inestabilidad estructural derivada de su limitación a dos puntos de apoyo, que sólo puede ser compensada mediante la aceleración centrífuga obtenida a partir de cierta velocidad.

De este modo el ciclista se ve obligado a realizar continuos microcambios en la trayectoria para corregir la citada inestabilidad hasta alcanzar la velocidad necesaria, momento a partir del cual el vaivén se reduce casi totalmente. Por lo tanto, la longitud del arco de vaivén es tanto mayor cuanto menor es la velocidad.

Este fenómeno de vaivén, en lo referente al diseño de vías ciclables se traduce en primer lugar en que, aunque el conjunto bicicleta-ciclista no suele superar los sesenta centímetros en posición estática, debe contemplarse un margen prudencial de unos diez o quince centímetros de distancia a ambos lados del mismo para compensar el vaivén inherente al desplazamiento (Imagen 2).



Imagen 2. Vaivén del ciclista.

Por otra parte, el fenómeno de vaivén de la bicicleta implica además un riesgo añadido para el ciclista cuando se ve adelantado por otros vehículos, cuyos conductores no suelen percibir claramente estas pequeñas oscilaciones en el movimiento del ciclista, lo que puede provocar un cálculo erróneo de la distancia de seguridad lateral durante el adelantamiento. En el apartado sobre determinación y soluciones para elementos conflictivos en el diseño de vías ciclables, se tratará en profundidad una solución práctica y poco costosa para este inconveniente, consistente en la creación de las denominadas "Advanced Stop Lines" (líneas de parada adelantada para ciclistas).

2.1.2. Determinación de elementos para la seguridad vial ciclista

Análisis de situaciones

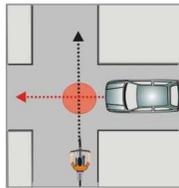
En nuestro país son reducidas los trabajos referidos a la bicicleta como modo de transporte, por lo que se ha recurrido a trabajos realizados en otros países, donde se han realizado numerosas investigaciones, y en particular la llevada a cabo por la Administración Federal de Carreteras de los EEUU¹, acerca de las características de los accidentes más comunes entre bicicletas y vehículos motorizados han establecido una clara relación entre índices de siniestralidad y diseño de la red viaria.

Así, parece imprescindible iniciar el proceso de reglamentación desde el análisis de algunos casos típicos de accidentes que implican a ciclistas en áreas urbanas para tratar de establecer algunas medidas correctoras en el diseño de las vías ciclables, así como en el resto de los elementos del sistema con el objetivo de anticipar posibles situaciones de riesgo en la futura implantación de la bicicleta como medio de transporte habitual en la ciudad de Málaga.

Fuente 1: "Pedestrian and Bicycle Crash Types of the Early 1990's". Pub. Nº. FHWA-RD-95-163, W.H. Hunter, J.C. Stutts, W.E. Pein, and C.L. Cox - Federal Highway Administration, Washington DC, 1996; citado en www.bicyclinginfo.org.

Análisis de problemas actuales

Un **31,2%** de los accidentes entre automóviles y bicicletas se produce al colisionar ambos vehículos en una intersección tras no respetar uno de los dos la preferencia de paso.



Posibles medidas a tomar para solventar o disminuir esta problemática

- ⇒ **Semaforizar la intersección** es la forma mas cara pero sin duda la mas segura para reducir la siniestralidad
- ⇒ Es necesario reforzar la situación de preferencia **con señales de Stop R2**
- ⇒ Colocar una **señal de advertencia P28** de preferencia de paso de los ciclistas puede reducir el riesgo de forma sustancial.

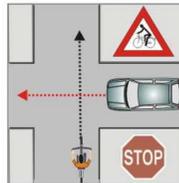
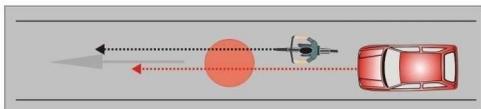


Imagen 3. Solución técnica a las colisiones en intersecciones.

Un **8,4%** de los accidentes entre automóviles y bicicletas tuvo como origen el arrollamiento del ciclista por parte de un automóvil por no respetar éste la distancia mínima de seguridad



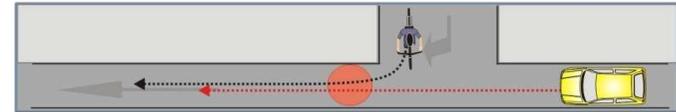
- ⇒ Es necesario colocar una **señal de Carril Bici R412** para obligar al ciclista a circular por su vía reservada, y por otro lado advertir de tal circunstancia a los automovilistas.
- ⇒ Colocar una **señal de advertencia P28** de preferencia de paso de los ciclistas puede reducir el riesgo de accidente de una forma considerada



Imagen 4. Solución técnica a los arrollamientos de ciclistas por parte de vehículos motorizados.

Análisis de problemas actuales

Un **7,4%** de los accidentes entre automóviles y bicicletas tuvo como origen la incorporación hacia una vía principal por parte del ciclista sin respetar la preferencia de paso de los automóviles, provocando una colisión entre ambos vehículos.



Posibles medidas a tomar para solventar o disminuir esta problemática

Se propone colocar una **señal de Stop R2** que recuerde a los ciclistas la obligación de ceder el paso a los vehículos que transitan en línea recta, antes de realizar el giro a la derecha, reforzando además el recordatorio con una marca vial textual.

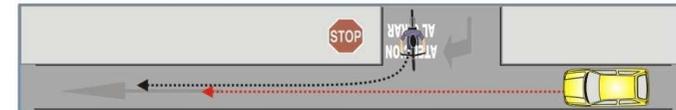
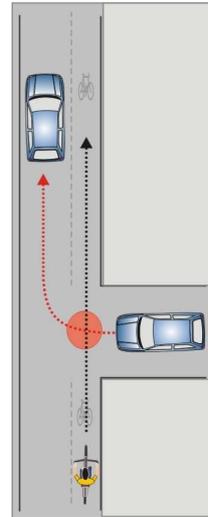


Imagen 5. Solución técnica a las colisiones en intersecciones.

Un **6,9% de los accidentes** entre automóviles y bicicletas tuvo como origen la incorporación desde una calle perpendicular hacia una vía principal por parte del automóvil, sin respetar la preferencia de paso del ciclista, y provocando una colisión entre los dos vehículos.



Se propone colocar una **señal de advertencia P28** de preferencia de paso de los ciclistas, para reducir sustancialmente el riesgo de accidente. Es necesario reforzar la situación de preferencia con una **señal de Stop R2**. También es conveniente pintar una **cuadrícula de marcas amarillas M7.10** que recuerde a los automovilistas la prohibición de obstruir el cruce. Colocar un **resalto P17b**, obliga al automovilista que va a incorporarse a reducir su velocidad, lo cual le permite disponer de más tiempo para comprobar que el carril bici está libre y puede realizar el giro.

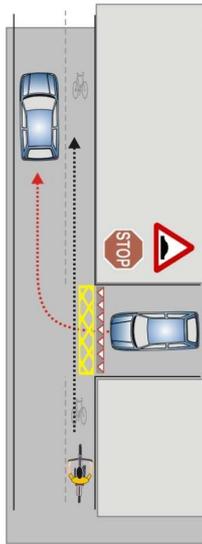
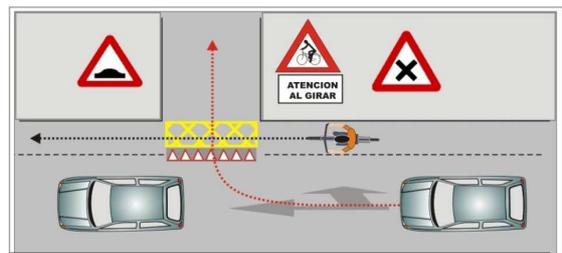
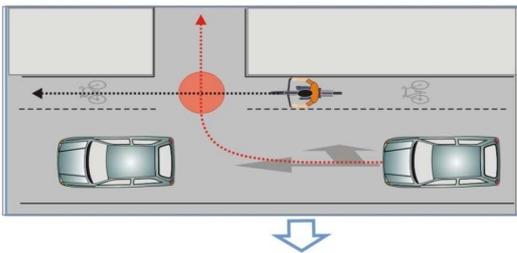


Imagen 6. Solución técnica a las colisiones en intersecciones.

Análisis de problemas actuales

El **11,4% de los accidentes** entre automóviles y bicicletas tuvo como origen la realización de un adelantamiento por parte del automóvil a un ciclista, para inmediatamente después realizar un giro a la derecha para incorporarse a una calle perpendicular, provocando por tanto una colisión entre ambos vehículos

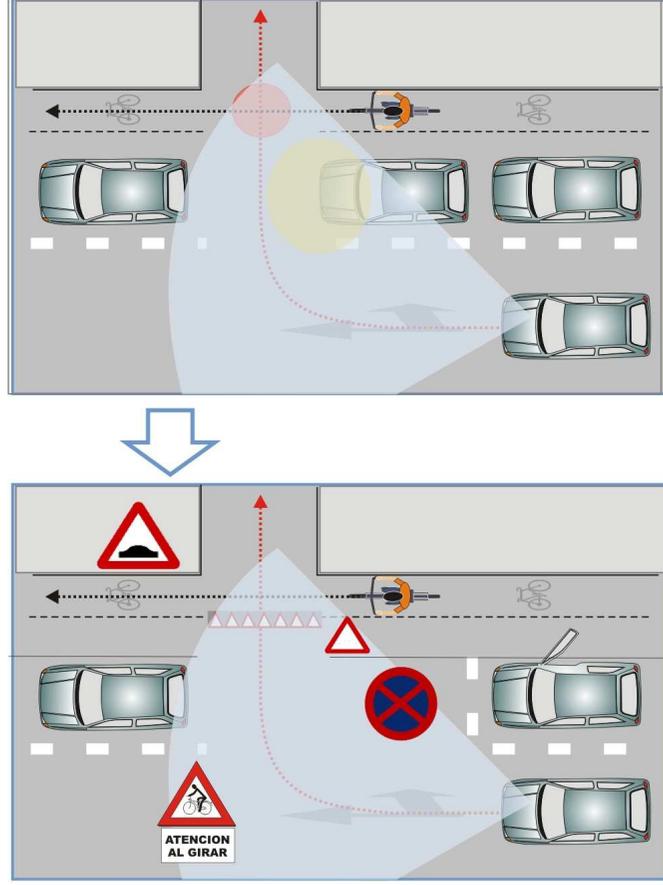
Posibles medidas a tomar para solventar o disminuir esta problemática



Como **soluciones** sería conveniente pintar una **cuadrícula de marcas amarillas M7.10** que recuerde a los automovilistas la prohibición de obstruir el cruce. Además se debería colocar una **señal de Advertencia P28** de preferencia de paso de los ciclistas, reduciendo el riesgo de colisión de forma sustancial. Sería bastante útil reforzar la situación de preferencia con una **señal de intersección con prioridad P2**

Un grave problema de las aceras-bici consiste en que los automovilistas, en primer lugar, no esperan encontrar al girar un vehículo, la bicicleta, que puede circular a velocidades hasta cinco veces superiores a las de un peatón (lo cual implica que la distancia de frenado del mismo se amplía exponencialmente con respecto a la peatonal); y en segundo lugar, porque lo más común es encontrar una fila de aparcamientos entre la acera y la calzada, de modo que el conductor no tiene visibilidad sobre bicicletas y peatones circulando sobre la acera y, sobre todo porque, debido al débil estructural del número de plazas de aparcamientos en la mayoría de las ciudades, se aprovecha hasta el último metro de dicha fila de aparcamientos para habilitar una plaza más que ciega el ángulo de visión del automovilista justo antes de realizar el giro, por lo que sólo en el último momento es consciente de las bicicletas que desde la acera-bici se aproximan hacia la intersección...

Imagen 7. Solución técnica al atropellamiento de ciclistas a causa de las incorporaciones de vehículos motorizados a calles perpendiculares.



Colocar un resalte que no distorsiona la circulación en línea recta, obliga al automovilista que va a girar a la derecha a reducir su velocidad, lo cual le permite disponer de más tiempo para comprobar que el paso está libre y puede realizar el giro.

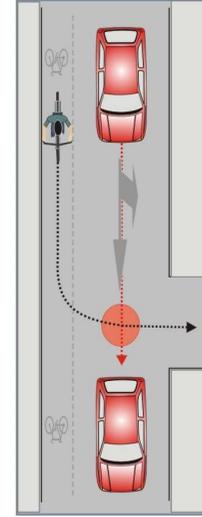
Colocar una señal de advertencia (P-28) de Preferencia de paso de los ciclistas puede reducir el riesgo de accidente de forma sustancial.

Prohibir la parada y el estacionamiento (R-307) permite recuperar el campo de visión necesario para realizar un giro de forma segura.

Imagen 8. Solución técnica al atropellamiento de ciclistas a causa de las incorporaciones de vehículos motorizados a calles perpendiculares.

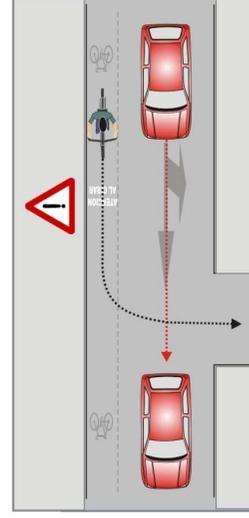
Análisis de problemas actuales

Un 10,5% de los accidentes entre automóviles y bicicletas tuvo como origen la realización por parte del ciclista de un giro a la izquierda, bien para incorporarse a una calle perpendicular, bien para acceder a la calzada desde la acera, provocando con ello en ambos casos una colisión entre los dos vehículos.



Posibles medidas a tomar para solventar o disminuir esta problemática

Se propone colocar una **señal de advertencia de peligro (P-50)**, que recuerde a los ciclistas la obligación de, antes de realizar el giro a la izquierda, ceder el paso a los vehículos que transitan en línea recta; reforzando además el recordatorio con una marca vial textual.



Un interesante estudio revela que alrededor de un 40% de los accidentes entre automóviles y bicicletas son provocados por los automovilistas:

- 34,7% provocado por el ciclista
- 41,1% provocado por el automovilista
- 24,2% otras situaciones no imputables ni a ciclista ni a automovilista

Fuente: "Pedestrian and Bicycle Crash Types of the Early 1990's", Pub. N.º FHWA-RD-95-163, W.H. Hunter, J.C. Stults, W.E. Pein, and C.L. Cox Federal Highway Administration, Washington D.C., 1996

Imagen 9. Solución técnica al atropellamiento de ciclistas por el giro de estos a calles perpendiculares.

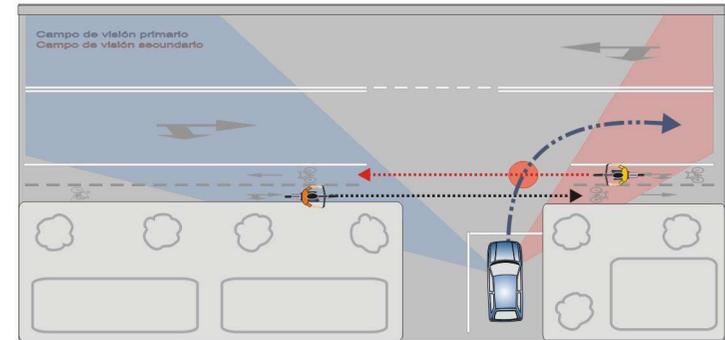
Vías ciclables de doble sentido de circulación

Es obligado, destacar especialmente el caso de las vías ciclables de doble sentido, a las que se recurre de forma habitual con el objetivo de ahorrar espacio físico y abaratar costes económicos, pero que cada vez más se demuestran sus problemáticas implicaciones en cuanto a seguridad vial.

El principal motivo de la peligrosidad inducida de las vías ciclables de doble sentido tiene que ver con la percepción psicológica del tráfico por parte de los usuarios de la red viaria, puesto que la norma asumida es que los vehículos circulan por su derecha, de modo que el conductor no vigila atentamente el lado contrario pues desde este no tienen porqué aparecer vehículos. Para entender gráficamente esta cuestión basta con pensar en un conductor español circulando por calles de una ciudad de Inglaterra. Sus actos reflejos responderán subconscientemente a la norma de conducción por la derecha, lo que le hará encontrarse con mayor probabilidad de situaciones de riesgo, puesto que allí rige la norma contraria.

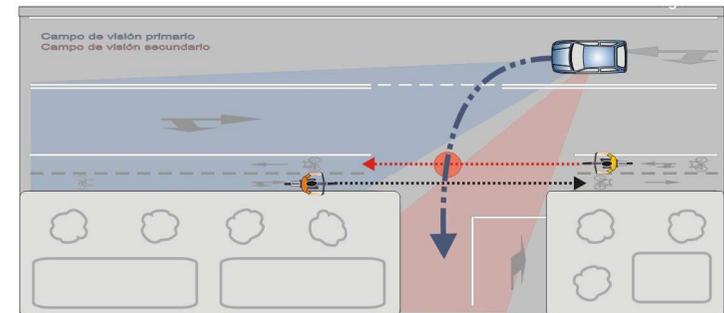
Además, y por otra parte, la colisión frontal implica la suma de las velocidades de ambos vehículos, por lo que el tiempo de reacción se reduce drásticamente y la fuerza del impacto es realmente mucho más elevada.

Así pues, la creación de vías ciclables de doble sentido debe ser muy meditada y sólo empleada en aquellos casos en que la densidad de intersecciones a lo largo del recorrido sea mínima (por ejemplo a lo largo de un paseo marítimo o paralelo a vías de ferrocarril o a un cauce fluvial). Se desaconseja pues el uso de vías ciclables de doble sentido en cualquier situación donde las intersecciones sean frecuentes. No obstante la red propuesta recoge en muchos planteamientos propuestas incluyendo carriles de doble sentido, que obedecen a principios de oportunidad, de economía o simplemente de complejidad en sus alternativas, que deben ser tenidos en cuenta para cuando las circunstancias que hoy motivan su implantación desaparezcan y se puedan implantar carriles independientes.



El ciclista que se aproxima por la izquierda puede ser detectado con claridad por parte del conductor del vehículo que va a girar puesto que su estructura de pensamiento durante la conducción le recuerda subconscientemente que debe mirar hacia la izquierda, que es por donde, de forma habitual se pueden aproximar vehículos que puedan interferir en su trayectoria.

El ciclista que se aproxima por la derecha no puede ser detectado con claridad por parte del conductor del vehículo que va a girar puesto que su estructura de pensamiento durante la conducción le recuerda subconscientemente que por la derecha no es habitual que se aproximen vehículos, por lo que no es necesario controlar este campo de visión secundario.



El ciclista que se aproxima por el frente puede ser detectado con claridad por parte del conductor del vehículo que va a girar puesto que su estructura de pensamiento durante la conducción le recuerda subconscientemente que debe mirar hacia el frente, que es por donde, de forma habitual se pueden aproximar vehículos que puedan interferir en su trayectoria.

El ciclista que se aproxima por el lateral no puede ser detectado con claridad por parte del conductor del vehículo que va a girar puesto que su estructura de pensamiento durante la conducción le recuerda subconscientemente que por dicho costado no es habitual que se aproximen vehículos, por lo que no es necesario controlar este campo de visión secundario.

Imagen 10. Esquematación de los problemas que generan las vías ciclables de doble sentido.

2.2. TIPOLOGÍAS: Catalogación y recomendaciones sobre la idoneidad de elección de vías ciclables.

2.2.1. Introducción

La producción documental sobre tipologías es numerosa, lo que en los planteamientos más recientes de otras ciudades españolas, está conduciendo a la elaboración de documentos complejos y de difícil gestión por los servicios municipales de obras. En este sentido y puesto que existen numerosas definiciones y tipologías sobre vías ciclables, se ha introducido en este documento, un esquema tipológico simple y adecuadamente estructurado que debe servir de guía para la implantación de la futura red ciclable de la ciudad.

Denominación de la Vía	Tipo de Plataforma	Tipo de Tráfico Predominante o Exclusivo	Preferencia de Paso	Tipo de División entre Ciclistas y Otros Modos de Transporte	Velocidad del Tráfico Motorizado junto a Ciclistas	Velocidad Máxima Permitida para los Ciclistas	Nivel de Riesgo Ciclista	Tipo de Vía según Uso de Modos de Transporte
Carril Bus Tradicional	Calzada	Vehículos Motorizados	Determinada por Ley de Tráfico	No existe	Normal (hasta 50 kmph)	Normal (hasta 45 kmph)	Máximo	Segregada
Calzada Tradicional								
Calzada "Verde"		Mixto		Visual	Moderada (hasta 20 kmph)	Moderada (hasta 30 kmph)	Medio	
Carril Bus/Bici								
Carril Bici	Acera	Ciclista	Ciclista	Material	Sin Tráfico Motorizado	Normal (hasta 45 kmph)	Mínimo	Segregada
Ciclovia				Visual		Moderada (hasta 30 kmph)		
Acera Bici				Mixto		Peatonal		
Acera "Verde"		Peatonal						
Acera Tradicional								

Tabla 1. Tabla de características básicas de vías de circulación.

Denominación	Descripción
Carril Bus Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> Discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso exclusivo de servicios públicos motorizados (autobús, taxi...) pudiendo alcanzarse las velocidades máximas permitidas por el reglamento de circulación (50 kmph). Se prohíbe su uso por parte de los ciclistas pues el nivel inducido de riesgo es máximo.

Denominación	Descripción
Calzada Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> Discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso generalizado de vehículos motorizados pudiendo alcanzarse las velocidades máximas permitidas por el reglamento de circulación (50 kmph). Se desaconseja su uso por parte de los ciclistas pues el nivel inducido de riesgo es máximo. El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es mínimo (sería necesario ubicar un número suficiente de señales verticales y marcas viales de advertencia de tránsito de ciclistas a los conductores de vehículos motorizados así como la realización de campañas de comunicación y sensibilización que recuerden a los conductores de vehículos motorizados que las bicicletas tienen pleno derecho de circulación, siendo la preferencia de paso la que determinen las leyes de tráfico vigentes).

Denominación	Descripción
Calzada "Verde"	<ul style="list-style-type: none"> Discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso generalizado de vehículos motorizados y bicicletas. Se establece una moderación de la velocidad máxima permitida (30 kmph). Se aconseja su uso por parte de los ciclistas pues el nivel inducido de riesgo es medio. El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es mínimo (implica ubicar marcas viales y señales verticales, así como la realización de campañas de comunicación y sensibilización entre los conductores de vehículos motorizados). Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la obligación de limitación de velocidad así como el derecho de los ciclistas a transitar por este tipo de carriles, siendo la preferencia de paso la que determinen las leyes de tráfico vigentes.



Imagen 11. Carril bus tradicional, calzada "verde" y calzada tradicional.



Denominación	Descripción
Carril Bus + Bici	<ul style="list-style-type: none"> Discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso exclusivo de servicios públicos motorizados (autobús, taxi...) así como de bicicletas. Se establece una moderación de las velocidades máximas permitidas (30 kmph). Se aconseja su uso por parte de los ciclistas pues el nivel inducido de riesgo es medio. El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario, y ubicar marcas viales y señales verticales, así como realizar campañas de comunicación y sensibilización entre conductores de autobús y taxi). Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad así como el derecho de los ciclistas a transitar por este tipo de carriles siendo la preferencia de paso la que determinen las leyes de tráfico vigentes.



Imagen 12. Carril bus+bici.

Denominación	Descripción
Carril-Bici	<ul style="list-style-type: none"> • Discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso exclusivo de bicicletas. • Se establece una moderación de las velocidades máximas permitidas (40 kmph) tanto para los ciclistas como para los vehículos motorizados que transiten por los carriles contiguos. • Estará su pavimento coloreado en rojo a lo largo del mismo, y en azul en las intersecciones con otras vías. • Se aconseja su uso por parte de los ciclistas y el nivel inducido de riesgo es medio. • El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario y ubicar marcas viales y señales verticales). • Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad en los carriles contiguos, así como la consideración de red viaria básica para los carriles-bici, de modo que la obstaculización, invasión y/o estacionamiento de los mismos por parte de otros vehículos sea considera falta muy grave.



Imagen 13. Carril bici.



Denominación	Descripción
Ciclovía	<ul style="list-style-type: none"> • Discurre sobre plataforma especial y consiste en un carril delimitado por balizas para uso exclusivo de bicicletas. • No existe limitación de velocidad excepto la determinada por las leyes de tráfico. • Se aconseja su uso por parte de los ciclistas siendo el nivel inducido de riesgo mínimo. • El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario y ubicar balizas, marcas viales y señales verticales).



Imagen 14. Ciclovías.



Imagen 15. Aceras-bici.

Denominación	Descripción
Acera-Bici	<ul style="list-style-type: none"> • Discurre sobre plataforma y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso exclusivo de bicicletas. • Las bicicletas deben tener limitada su velocidad a 30 kmph. • Se aconseja su uso por parte de los ciclistas y el nivel inducido de riesgo es medio. • El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario, trazar el carril y ubicar marcas viales y señales verticales). • Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad así como el derecho de los ciclistas a transitar por las aceras-bici siendo la preferencia de paso sobre las mismas para los ciclistas (deben existir suficientes señales de advertencia para que los peatones se mantengan alerta y se deben realizar campañas de comunicación y sensibilización informando de la preferencia de paso ciclistas sobre dicho carril).

Denominación	Descripción
Acera "Verde"	<ul style="list-style-type: none"> • Discurre sobre plataforma y consiste en un carril no delimitado para uso compartido entre peatones y ciclistas. • Las bicicletas deben tener limitada su velocidad a 20 kmph. • Se aconseja su uso por parte de los ciclistas y el nivel inducido de riesgo es medio. • El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es mínimo (implica ubicar señales verticales). • Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad y el derecho de los ciclistas a transitar por las aceras si bien la preferencia de paso es peatonal (aunque deben existir señales de advertencia suficientes para que los peatones se mantengan alerta).



Imagen 16. Aceras-verdes.

Denominación	Descripción
Acera Tradicional	<ul style="list-style-type: none"> • Discurre sobre plataforma y consiste en un carril no delimitado para uso preferente de peatones. • Las bicicletas deben tener limitada su velocidad a 10 kmph. • Se aconseja su uso por parte de los ciclistas y el nivel inducido de riesgo es medio. • El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es inexistente. • Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad así como el derecho de los ciclistas a transitar por las aceras si bien la preferencia de paso es peatonal.

2.2.2. Vías en coexistencia

Los desplazamientos en bicicleta pueden sin lugar a dudas realizarse sobre la calzada de vías generales aunque ello implica la asunción de un mayor riesgo para el ciclista así como la necesidad de un mejor conocimiento del código de circulación y de la dinámica propia del tráfico motorizado, por lo que en ningún caso estarán aconsejados para niños o adolescentes (Imagen 17).



Imagen 17. Circulando sobre una calzada de la red principal.

No obstante, también pueden llevarse a cabo acciones de mayor o menor envergadura y consecuencias sobre el tráfico motorizado para mejorar la seguridad de la circulación ciclista por estas vías generales. A este tipo de vías modificadas podríamos denominarlas "Calzadas Verdes" (Imagen 18).



Imagen 18. Calzada verde.

Así pues, en primer lugar pueden establecerse señales viarias, tanto verticales como horizontales, que alerten a los conductores de vehículos motorizados de la presencia habitual de ciclistas (Señal P-28, marcas viales textuales del tipo "atención ciclistas", etc.). Igualmente, deberán realizarse las oportunas campañas de comunicación y concienciación sobre las nuevas condiciones viales.

Sin embargo, también pueden establecerse limitaciones especiales de la velocidad de los vehículos motorizados, a veinte o treinta kilómetros por hora, en consonancia con los últimamente cada vez más habituales programas dirigidos a "calmar" el tráfico.

De hecho, en la ciudad de Málaga ya existen varios tramos en el Casco Histórico donde impera dicha disciplina especial de circulación, por lo que no debería haber serios impedimentos para extender esta práctica a ciertas vías del resto de la ciudad con el objetivo de potenciar no sólo los desplazamientos en bicicleta, sino también mejorar la calidad y seguridad de los trayectos peatonales.

También pueden establecerse limitaciones de velocidad exclusivamente en el carril derecho de aquellas vías que dispongan de varios carriles de circulación, con lo que no se afectaría tanto a la fluidez de la circulación motorizada. En cualquier caso, la señalización de alerta del cambio de condiciones para los vehículos motorizados debe ser muy llamativa y abundante para evitar así confusiones con consecuencias tal vez muy graves para la seguridad vial.

Finalmente, y de acuerdo con las indicaciones realizadas en el capítulo sobre Normativa, se propone aquí también la creación del concepto de "Acera Verde", prácticamente idéntica a la acera convencional, pero incluyendo reglamentariamente la posibilidad de circulación de bicicletas con una velocidad máxima equivalente al doble de la de un peatón (esto es: 10 km/h). En este caso, las bicicletas deben ceder el paso a los peatones en tránsito, si bien existen señales verticales y marcas viales que alertan a los peatones de la presencia habitual de bicicletas.

2.2.3. Vías ciclables sobre aceras (acera-bici)



Imagen 19. Acera-bici.

Como anteriormente se expuso en el capítulo de catalogación de vías ciclables, debido a la tradicional percepción del ciclista (entendido este como transeúnte) más como un peatón que como un vehículo, es muy común la elección del modelo de acera-bici (Imagen 19) para solucionar el trazado de la red ciclable.

Ahora bien, este tipo de vía ha sido analizado a lo largo de los años noventa por organismos oficiales y universidades en aquellas ciudades

donde se empleó habitualmente y **las conclusiones son ciertamente preocupantes pues en todos los casos coinciden en que las aceras-**

bici pueden inducir un riesgo de accidente incluso más elevado que en el caso de las calzadas tradicionales donde circulan vehículos motorizados y bicicletas sin distinción.

- En este estudio durante 1996 en EEUU y Canadá sobre 2374 ciclistas "urbanos" y los 271 accidentes de tráfico en que se vieron implicados, se llega a la conclusión, en primer lugar, de que un 58%, independientemente del causante del accidente, tuvieron lugar con un vehículo motorizado; y en segundo lugar, de que el ratio de los accidentes acontecidos circulando por carriles-bici fue la mitad que circulando por calzadas sin ningún tipo de señalización relativa al ciclismo y diez veces menor que los ocurridos cuando circulaban por aceras-bici. Así pues, **las aceras-bici son cinco veces más peligrosas que las calzadas tradicionales** sin promoción del uso de la bicicleta².
- Tras constatar que en la ciudad de Helsinki el ratio de siniestralidad de los ciclistas era cinco veces mayor que el del tráfico motorizado, se realizó un estudio basado en estadísticas hospitalarias entre cuyas conclusiones más significativas destacaba el hecho de que sólo un 5% de los kilómetros recorridos en bicicleta por los ciclistas urbanos transitaba por aceras-bici, pero acumulaban un 9% de los accidentes, mientras que los accidentes ocurridos en carriles-bici llegaban al 56% pero sumaban el 45% de los kilómetros totales recorridos en bicicleta. Así pues, **la ratio de accidentes en aceras-bici era de un 145% mayor que la atribuible a carriles-bici**³.
- Durante el mes de Mayo de 1987 el City of Palo Alto's Transportation Division registró un total de 2976 ciclistas circulando por vías ciclables de la ciudad de Palo Alto y se produjeron 89 accidentes en intersecciones. La siniestralidad era de un accidente por cada 24 ciclistas que circulaban por aceras-bici mientras que para los que transitaban por carriles-bici era de un accidente por cada 42 ciclistas. Así pues, **la ratio de accidentalidad fue un 176% mayor en el caso de las aceras-bici frente a los carriles-bici**⁴.
- En una tesis doctoral de la Universidad de Maryland se analizaron unos tres mil cuestionarios respondidos por usuarios de bicicletas como medio de transporte urbano en el territorio de los EEUU, llegándose entre otras a la conclusión de que **el riesgo de accidente en las aceras-bici era seis veces mayor que en los carriles-bici**, puesto que en 705 millas recorridas por carriles-bici se

Fuente 2: "A survey of North American Bicycle commuters", W.E. Moritz, University of Washington, 1997. Citado en www.bicyclinglife.com.

Fuente 3: "The risks of cycling", E. Pasanen, Helsinki City Planning Department, 1999. Citado en www.bikexprrt.com.

Fuente 4: "Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections", Wachtel, A. and Lewiston, D., University of California, 1990. Citado en www.bicyclinglife.com.

produjo un total de 14 accidentes, mientras que en las 663 millas recorridas sobre aceras-bici, se registraron 79 accidentes⁵.

- En un estudio llevado a cabo por el Ministerio Alemán de Transportes, se constató que **tras la reconversión en la ciudad de Berlín de un gran número de tramos de carriles-bici en aceras-bici**, y sin observarse un incremento significativo en el número de usuarios, **el volumen de accidentes en las intersecciones se incrementó en un 34% como promedio y en un 49% en lo referente a accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados.**

La causa principal de esta paradójica situación parece residir en una cuestión de percepción tanto psicológica como visual por parte de los conductores de vehículos motorizados. En primer lugar, estos conductores no esperan encontrar, al girar desde una vía principal hacia otra perpendicular ya sea a izquierda o a derecha, un vehículo, la bicicleta, que puede circular a velocidades hasta cinco veces superiores a las de un peatón (lo cual implica que la distancia de frenado del mismo se amplía exponencialmente con respecto a la peatonal); y en segundo lugar, porque lo más común es encontrar una fila de aparcamientos entre la acera y la calzada, de modo que el conductor no tiene visibilidad sobre bicicletas y peatones circulando sobre la acera y, sobre todo porque, debido al déficit estructural del número de plazas de aparcamientos en la mayoría de las ciudades, se aprovecha hasta el último metro de dicha fila de aparcamientos para habilitar una plaza más que ciega el ángulo de visión del automovilista justo antes de realizar el giro, por lo que sólo en el último momento es consciente de las bicicletas que desde la acera-bici se aproximan hacia la intersección.

La solución, en caso de mantener el trazado de la acera-bici, pasa de un lado por eliminar la plaza de aparcamiento que obstaculiza el campo de visión del automovilista justo antes del giro bien mediante señalización vertical (según la norma R-307) y las oportunas marcas viales, o bien colocando balizas o extendiendo la plataforma de acera de modo que se impida físicamente el estacionamiento, y de otro lado, por colocar sobre la calzada una banda realzada (según la norma P-17b) que obligue al automovilista a reducir notablemente su velocidad con lo que se incrementará exponencialmente el tiempo de respuesta de frenado y podrá así dar la preferencia de paso que por derecho corresponde a peatones y ciclistas. Igualmente, se recomienda colocar una Señal de Advertencia (según la norma P-28) de Preferencia de paso de los ciclistas para reforzar la atención del automovilista hacia la presencia de bicicletas.

Fuente 5: "Characteristics of the regular adult bicycle user". J. Kaplan and Allen, J., University of Maryland and Federal Highway Administration, 1975. Citado en www.bikexprt.com.

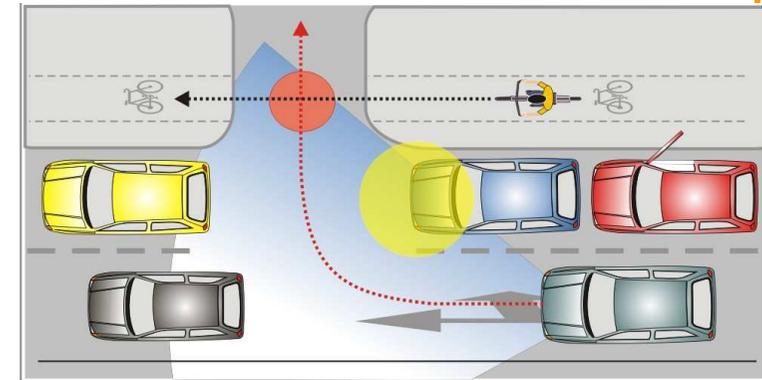


Imagen 20. Problemas comunes de las aceras-bici en relación con el giro de vehículos motorizados.

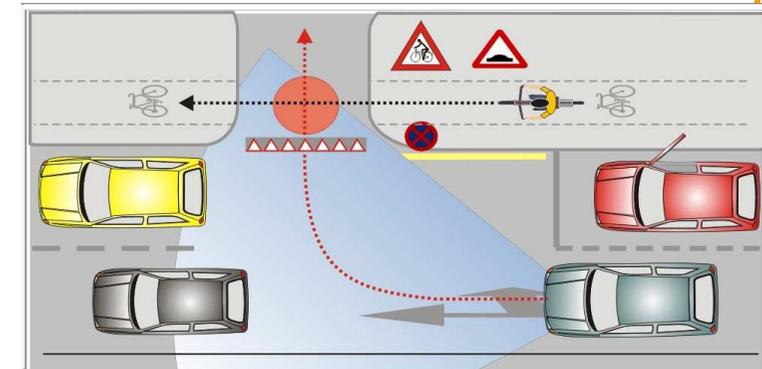


Imagen 21. Posibles soluciones a algunos problemas comunes de las aceras-bici en relación con el giro de vehículos motorizados.

También es habitual encontrar en las aceras-bici una ejecución deficiente de la estructura en los cruces relativa a la altura de los escalones formados por los bordillos pues no se han rehundido suficientemente. Por lo tanto, y al igual que en el caso de las personas con minusvalía que usan silla de ruedas, se debe asegurar una rampa continua sin escalones (nunca mayor de 1 ó 2 centímetros), puesto que en caso contrario, ello obligará al ciclista a frenar para no provocar un posible estallido del neumático contra el escalón así como un deterioro de las llantas y es además necesario recordar que el factor inercial es fundamental en los desplazamientos en bicicleta por

lo que debe evitarse en la medida de lo posible obligar al ciclista a frenar continuamente.

Otro problema muy común al trazado de las aceras-bici tiene que ver con la escasa distancia de seguridad que se deja entre estas y el bordillo junto a la fila de aparcamientos, de modo que cuando se abren las puertas del vehículo invaden peligrosamente el espacio por el que circulan las bicicletas provocando no pocas colisiones bicicleta-automóvil en unos casos y en otros, cuando el ciclista realiza un giro brusco para esquivar una puerta abriéndose, invade la acera y puede chocar contra los peatones. La solución pasa invariablemente por aumentar la distancia de seguridad entre bordillo y acera-bici hasta el equivalente a la longitud de una puerta de automóvil **(entre 75 y 95 centímetros)**.

También en relación con los obstáculos a la circulación ciclista por las aceras-bici, hay que llamar la atención sobre la ubicación de mobiliario urbano (papeletras, bancos, contenedores, etc.) pues ninguno de dichos elementos deberá en ningún caso entorpecer el tránsito ni de peatones ni de ciclistas.

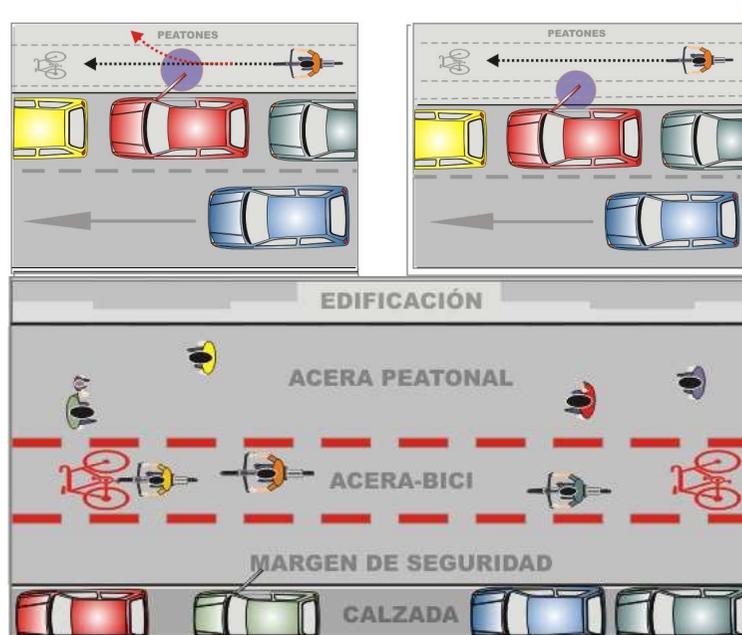


Imagen 22. Posible solución al problema de las aceras-bici en relación con la apertura de puertas de automóviles estacionados.

Por último, un problema más de las aceras-bici tiene que ver con la percepción psicológica de los peatones que, como ha quedado demostrado en Málaga en la acera-bici que discurre por el Camino de Antequera, se sienten atraídos a circular con mayor preferencia sobre la acera-bici que sobre la propia acera peatonal. Una posible explicación tiene que ver con diversos estudios sociológicos sobre comportamiento. En el estudio ADONIS⁶ se constata que los peatones tienden a circular por la zona más central y más despejada de la acera, evitando caminar demasiado cerca de los bordillos así como de las edificaciones, de modo que tienden a seguir la continuidad de la banda que compone la acera-bici. En cualquier caso, la solución pasa en primer lugar por la realización de campañas de comunicación-sensibilización-educación de los peatones para que respeten las aceras-bici. Igualmente, se debe reforzar la señalética de advertencia, tanto horizontal como vertical. Por último, se aconseja usar un color llamativo y altamente contrastado respecto a las baldosas de la acera, así como pequeñas balizas o bolardos que ayuden a recordar a los peatones que está prohibido caminar sobre la acera-bici.

2.2.4. Vías ciclables sobre calzadas

Carril Bus/bici

En la última década se ha venido ensayando una novedosa y en principio sorprendente solución para la circulación ciclista en las ciudades, consistente en la mezcla del tráfico de autobuses junto con el ciclista.

Aunque a priori hacer circular por un mismo carril dos vehículos con características tan diferentes puede parecer poco adecuado, las experiencias en diversas ciudades europeas han dado muy buenos resultados (siempre y cuando la planificación y el diseño han sido realizados correctamente) (Imagen 23).

Fuente 6: "Analysis and Development Of New Insight into Substitution of short car trips by cycling and walkin. ADONIS". A research project of the EU transport RTD programme European Commission, Directorate General for Transport, Copenhagen 1998.



Imagen 23. Compartiendo vías, bus-bici.



En la situación más simple, se habilita la circulación ciclista sobre el carril bus, debiendo las bicicletas circular por la parte derecha del mismo, pudiendo darse dos casos, según se permita o no que los autobuses adelanten a las bicicletas, aunque la practica ha mostrado en reiteradas experiencias que no existe problema para que se permitan los adelantamientos siempre y cuando se introduzcan procesos de formación para los conductores de autobús explicándoles las espaciales características de la circulación ciclista.

De este modo, además de la inclusión de señales viales, tanto horizontales como verticales, de permiso de circulación ciclista por los carriles bus, es necesario ampliar ligeramente la anchura del carril, hasta un mínimo de 4,20 metros, para permitir así los adelantamientos e impedir que el tráfico de autobuses se vea ralentizado.

Por otra parte, las paradas de los autobuses no tienen porqué representar ningún problema, siempre y cuando los conductores de autobuses, antes de entrar o salir de la bahía, deban ceder el paso a los ciclistas. Existen otras soluciones, como el desvío de los ciclistas por la trasera de la parada, pero consideramos suponen más perjuicio que beneficio para la circulación general. En cualquier caso, deberá colocarse una cuadrícula de marcas amarillas (M-7.10) que recuerde a los conductores de autobús la prohibición de obstruir el cruce, así como una marca vial precedente que alerte sobre la preferencia de paso de los ciclistas frente a la entrada del autobús en la bahía de parada. Igualmente para los autobuses que salgan de su parada y se reincorporen al carril de circulación, deberá colocarse una señal vertical de recordatorio de advertencia (P-28) de ceda el paso a las bicicletas.

Carriles-Bici y Ciclovías

Los carriles-bici son las vías ciclables de más fácil implantación y con una mejor relación inversión económica- resultados, y al mismo tiempo ofrecen un nivel de seguridad vial más que aceptable siempre y cuando la señalización sea adecuada y se realicen las oportunas campañas de comunicación y concienciación sobre conducta, derechos y deberes de los usuarios la vía pública.

El carril-bici (Imagen 24) discurre sobre la calzada y consiste en un carril delimitado por marcas viales para uso exclusivo de bicicletas. Sus dimensiones deben estar comprendidas entre noventa y ciento veinte centímetros de anchura.



Imagen 24. Carril-bici.

Podrán crearse carriles-bici de doble vía, pero en ningún caso de doble sentido, pues el riesgo inducido es excesivamente elevado, tal y como se especifica en el apartado sobre Seguridad Vial.

Se establece una moderación de las velocidades máximas permitidas (40 kmph) tanto para los ciclistas como para los vehículos motorizados que transiten por los carriles contiguos.

Se aconseja su uso por parte de los ciclistas y el nivel inducido de riesgo es medio.

El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario y ubicar marcas viales y señales verticales).

Se debe modificar la ordenanza municipal de circulación de modo que se recoja expresamente la limitación de velocidad en los carriles contiguos, así como la consideración de red viaria básica para los carriles-bici, de modo que la obstaculización, invasión y/o estacionamiento de los mismos por parte de otros vehículos sea considerada falta grave.

Por su parte, las ciclovías (Imagen 25) son similares a los carriles-bici, excepto porque existe una separación física que impide la invasión de las mismas por parte de otros usuarios de la vía.

Gracias a esta separación física, que puede establecerse mediante bordillos o balizas, no existe necesidad de limitar especialmente la velocidad del tráfico motorizado adyacente.

Se aconseja su uso por parte de los ciclistas siendo el nivel inducido de riesgo mínimo.

El coste de ejecución y mantenimiento de esta medida es medio (implica reordenar espacios allá donde sea necesario y ubicar balizas).



Imagen 25. Ciclovías separadas físicamente de la calzada (Ámsterdam).

2.3. SOBRE EL DISEÑO DE VÍAS CICLABLES

2.3.1. Dimensiones

De acuerdo con lo especificado en el apartado sobre las Premisas de Diseño, el espacio del ciclista es variable dependiendo de las características individuales del conductor, de las dimensiones del vehículo, y de su velocidad; pero, en cualquier caso, el diseño de vías ciclables debe contemplar como mínimo las siguientes medidas mínimas, expresadas en metros.

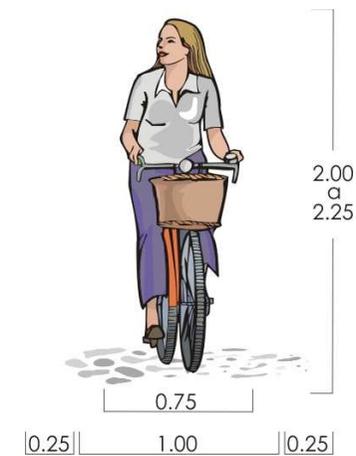


Imagen 26. Dimensiones mínimas en vías ciclables de un sólo carril⁷.

Fuente 7: "Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril-bici", Dirección General de Tráfico, 2.001.

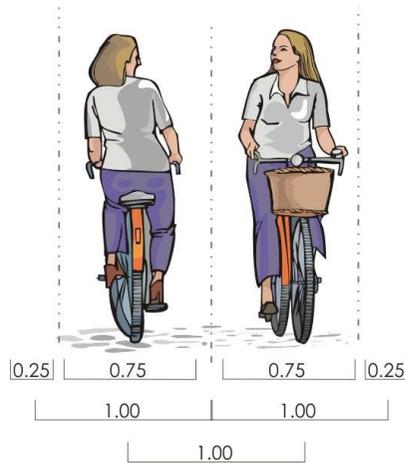


Imagen 27. Dimensiones mínimas en vías ciclables de dos carriles con doble sentido de circulación (Fuente 7).

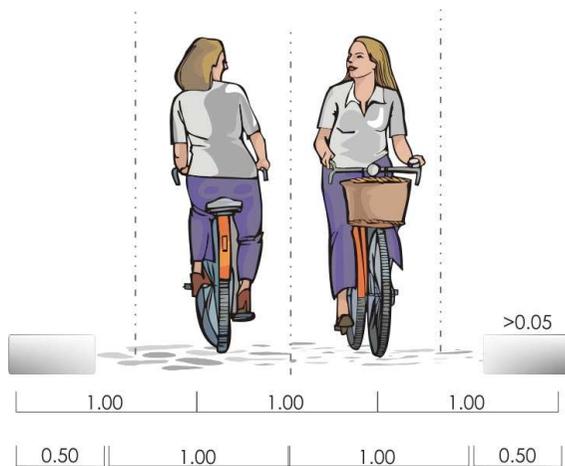


Imagen 28. Dimensiones óptimas en vías ciclables de dos carriles con doble sentido de circulación (Fuente 7).

2.3.2. Estructuras

Introducción

Se reproducen aquí de forma casi íntegra las recomendaciones de la Dirección General de Tráfico en su “Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril-bici”.

La estructura del carril bici, tal como va a ser considerada en este apartado, es aquella destinada exclusivamente al tráfico de bicicletas y por lo tanto preparada para soportar únicamente las cargas de éstas y, naturalmente, de la maquinaria necesaria para su construcción y para su mantenimiento y conservación.

Los carriles bici que sean compartidos con otros vehículos o que puedan ser utilizados por otros vehículos de forma más o menos sistemática, deberán dotarse de unas estructuras capaces de soportar las cargas transmitidas por dichos vehículos, recurriendo para su diseño a lo que sea de aplicación en cada caso, sea la Instrucción 6.1 y 6.2 IC de la Dirección General de Carreteras sobre Secciones de Firme (1989), si el carril bici se implanta en zona interurbana, o sean las normas municipales si se implanta en zona urbana. Igualmente será de aplicación en los casos que se requiera, la Instrucción 6.3 IC de la Conservación y Mantenimiento.

El firme de una carretera se dimensiona en función del tráfico y de la capacidad portante de la explanada. El dimensionamiento del firme de un carril bici debe enfocarse de modo diferente, ya que las cargas transmitidas por los ciclos pueden considerarse despreciables, incluso comparadas con las soportadas por la propia construcción del carril bici.

La estructura del carril bici debe diseñarse en función de la superficie del pavimento a emplear, de la capacidad portante de la explanada y de los materiales disponibles para la ejecución del firme.

El pavimento deberá garantizar una conducción confortable y segura. El ciclista está en contacto directo con el pavimento y es muy sensible a las irregularidades de su superficie. Deberán evitarse los baches, escalones y discontinuidades.

Un carril bici muy confortable, con una excelente regularidad superficial, está en contradicción con una adecuada resistencia al deslizamiento, cualidad ésta que es exigible con vistas a la seguridad del ciclista. Resulta necesaria una acertada textura superficial que establezca un equilibrio entre los dos objetivos.

La capacidad portante de la explanada deberá ser suficiente para la construcción del firme. En general, la explanada estará constituida por el terreno natural regularizado y compactado. El terreno natural, una vez eliminada la tierra vegetal, deberá cumplir unas prescripciones mínimas,

sustituyendo una capa por otra de mejor calidad, o aumentando el espesor del firme si el terreno natural fuese inadecuado.

El firme de un carril bici deberá ser suficiente para soportar su propia construcción y mantener las características mecánicas iniciales durante el tiempo de proyecto. Deberá por ello ser inalterable a las condiciones climáticas del lugar, debe estar provisto para un mínimo mantenimiento y soportar la invasión del entorno.

Efectivamente, la conservación y mantenimiento de los carriles bici existentes es casi siempre nula y por tanto debe partirse de esta hipótesis pesimista.

Otro problema que se presenta con gran frecuencia es la invasión del carril bici por la vegetación que, en muchas ocasiones, lleva a su ruina. El firme previsto debe tener en cuenta este problema, permitiendo el empleo de maquinaria adecuada para la limpieza del carril bici.

Los materiales que se emplean en los carriles bici son los mismos que se utilizan en las carreteras, pero más adaptados al lugar. Pueden utilizarse materiales locales aun cuando no cumplan estrictamente las prescripciones exigibles a dicho material en una carretera.

Pavimentos

Es la parte superior de un firme, la que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura. La superficie de rodadura deberá proteger el firme y garantizar una conducción confortable y segura.

Los materiales más frecuentemente empleados serán las mezclas asfálticas, los tratamientos superficiales, el hormigón "in situ", los adoquines y las baldosas. Cada material tiene sus características propias que le hacen más o menos apropiado, por lo que su elección deberá responder a ciertos criterios técnicos y económicos que se examinan a continuación.

En cuanto a los criterios para la elección de pavimento, pueden considerarse los cuatro grandes grupos que se exponen a continuación.

El criterio económico es básico y condiciona la aplicación de los restantes. En cualquier caso se debe disponer de un mínimo que permita construir una obra durable.

Dentro de las características superficiales deberá considerarse el equilibrio entre la adherencia (seguridad) y la regularidad de la superficie (confort). No cabe duda que la adherencia es necesaria y que para lograrla en cierto grado deberá conseguirse una textura superficial rugosa, tanto más necesaria, cuanto más lluviosa sea la zona. Por otro lado esta rugosidad hará más incómoda la conducción, y las lesiones - en caso de caída - se agravan notablemente.

La evacuación rápida del agua se considera esencial, tanto por seguridad, debido a la pérdida de adherencia entre pavimento y neumático, como por comodidad, debido a las salpicaduras. En consecuencia, un carril bici deberá tener una pendiente longitudinal mínima del 1% y una pendiente transversal del 2%. Consecuente con lo anterior, deberá evitarse la formación de charcos.

Otra característica superficial es la diferenciación visual del carril bici. Este criterio es esencial ya que identificará el carril bici como tal por parte de los ciclistas y por parte del resto de usuarios, principalmente automovilistas. La clara diferenciación de un carril bici no es suficiente para su aceptación, pero un carril bici no diferenciado probablemente sea poco utilizado por los ciclistas, debido a su inseguridad. La diferenciación puede lograrse por el color y también por la textura superficial y una combinación de ambos puede ayudar al correcto funcionamiento de las intersecciones.

Finalmente, otra característica superficial deseable es la minoración del ruido neumático-pavimento, muy ligada a la regularidad de éste.

En cuanto a la construcción de un carril bici, esta puede ser considerada una obra pequeña, que se implanta dentro de un entorno viario ya existente. La maquinaria a emplear deberá poder adaptarse a las pequeñas dimensiones de la obra e, incluso, prever la ejecución a mano de una parte de ella. Debe resolverse con especial cuidado la continuidad del carril bici con la red viaria colindante, para la que, en función de ésta, estará mejor adaptado uno u otro tipo de pavimento.

Finalmente, el tipo de pavimento empleado va a tener una influencia capital en los siguientes aspectos derivados de la conservación y mantenimiento del carril bici:

- La fisuración de la superficie, que con ciertas estructuras del firme resultan prácticamente inevitables.
- La colocación de bordillos laterales, que puede compensar económicamente si se compara con los sobreanchos que en otro caso se debería dar al carril bici. Los bordillos laterales, al limitar nítidamente el carril bici, evitan la degradación de los bordes y la invasión de la vegetación. En el caso de pavimentos, mezclas asfálticas, etc., facilitarán notablemente la ejecución de la obra.
- La facilidad para efectuar las labores de limpieza.
- La durabilidad de la señalización horizontal.

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS SOBRE EL PAVIMENTO

Se determinan a continuación las prescripciones técnicas que deberán cumplir los tipos de pavimento considerados. No se pretende que sean unas prescripciones rigurosas, sino una referencia a la que adaptar las disponibilidades locales.

a. Mezclas asfálticas

En general, las mezclas asfálticas a emplear en la construcción de un carril bici son similares a las empleadas en la construcción de carreteras, cuyas características se recogen en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3/75. Dentro del mismo espíritu de utilización de materiales locales, podrán adaptarse las fórmulas habitualmente utilizadas para lograr una mezcla económica y que cumpla los objetivos deseados. Para ello, deberán respetarse los criterios siguientes:

- Puede admitirse una gran variedad de áridos.
- El tamaño máximo del árido deberá limitarse, 8 Mm. se considera adecuado, para evitar la segregación y mejorar la manejabilidad del aglomerado.
- El betún deberá ser lo menos duro posible. El betún de penetración 80/100 se considera adecuado.
- La mezcla deberá tener las características siguientes, en comparación con la utilizada en carreteras: módulo de riqueza más alto, mayor compacidad, mejor manejabilidad, y una buena compatibilidad árido-ligante.

También podrán emplearse mezclas drenantes de naturaleza similar, e igualmente adaptadas a las disponibilidades locales, a las utilizadas en carreteras.



Imagen 29. Distintos pavimentos.

b. Tratamientos superficiales

Se trata de una estructura económica cuya elección resulta, por tanto, sugestiva. Sin embargo, la ejecución de la obra deberá ser muy cuidadosa y cumplir escrupulosamente las prescripciones del PG-3/75.

Dado que el volumen de áridos necesario para un tratamiento superficial es reducido, y por tanto su relevancia económica también, el empleo de áridos locales deberá limitarse a aquéllos que cumplan las especificaciones contenidas en el PG-3/75.

Con la aplicación esmerada de un doble tratamiento superficial, se obtienen resultados que se aproximan a los de una mezcla bituminosa.

c. Hormigón "in situ"

Es una estructura de gran calidad y un coste elevado en comparación con las mezclas asfálticas y los tratamientos superficiales. Sus características superficiales, adherencia y regularidad, son adecuadas para la circulación ciclista, si bien las juntas transversales hacen que el confort sea inferior al que se consigue con una mezcla bituminosa.

La plataforma sobre la que va a colocarse el hormigón deberá tener una buena capacidad portante para evitar la rotura de las losas. Además, en estas condiciones, no es necesario colocar ningún tipo de mallazo o armaduras en el hormigón.

Las técnicas de ejecución de un pavimento de hormigón "in situ" para carril bici, es una adaptación de las utilizadas en la ejecución de carreteras con firme de hormigón. En consecuencia, son aplicables las especificaciones contenidas en el PG-3/75, aunque se acepta una cierta flexibilidad en su aplicación, sobre todo si hay garantías de que el carril bici no soportará cargas de tráfico automóvil.

Se recomienda que se dispongan juntas de retracción transversales cada 5 m ejecutadas por serrado del pavimento, con una profundidad comprendida entre 1/4 y 1/3 del espesor de la losa. El ancho de la junta deberá ser el mínimo posible.

Un hormigón H-150 con tamaño máximo del árido de 20 mm, con una proporción de cemento de 300 Kg/m³ y un porcentaje de aire ocluido entre el 3% y el 6% se considera adecuado para un carril bici. El espesor de la capa de hormigón podrá variar entre 10 y 15 cm dependiendo de la calidad de la explanada y de la existencia de una capa granular entre la explanada y el hormigón.

d. Adoquines y baldosas

Son pavimentos de coste elevado, tanto de implantación como de mantenimiento. Necesitan un encintado de bordillo a cada lado del carril, para evitar que los adoquines y losetas se separen y se degraden los bordes. Estos encintados no deben formar escalón con el pavimento del carril bici.

La elección de adoquines y losetas deberá tener en cuenta la posibilidad de su pulimento con el tiempo, que los podría hacer muy resbaladizos, especialmente con lluvia.

El espesor de las baldosas será como mínimo de 4 cm, incluso con garantías de utilización del carril bici sólo por ciclos, y el de los adoquines de 6 cm. Se colocarán sobre un lecho de arena 0/6mm, de 3 cm de espesor, de naturaleza silíceo, con equivalente de arena superior a 80. El relleno de las

juntas se hará con arena fina o con mortero. Deberá prestarse una atención especial al drenaje, ya que el agua puede arrastrar los finos de la plataforma y de las juntas y facilitar con ello el desprendimiento de los adoquines y losetas.

Este tipo de pavimentos resulta incómodo debido a las juntas cuya disposición en forma longitudinal, deberá ser evitada por motivos de seguridad.

Se trata de una estructura reservada casi exclusivamente a tramos cortos y con condicionantes estéticos o de integración con el tráfico peatonal. Resulta adecuada, intercalada en un pavimento continuo, como contraste para resaltar puntos singulares, como por ejemplo un paso de peatones, un cruce con otras vías, etc.

e. Otros Pavimentos

Se reúnen aquí los pavimentos constituidos por materiales granulares, tanto en seco, como mezclados con cemento o ligantes: capas granulares, suelo-cemento y grava-cemento, suelo-emulsión y grava-emulsión.



Imagen 30. Otros pavimentos.

Son estructuras de bajo coste de implantación, pero de conservación difícil y cara. El buen éxito de un pavimento de este tipo depende de su buena ejecución, para lo que es imprescindible su fabricación en central, salvo algunas capas granulares que pueden encontrarse en la naturaleza, como las zahorras naturales. La puesta en obra deberá hacerse con el equipo adecuado. Deberán respetarse las prescripciones que para estas estructuras se exigen en la ejecución de carreteras (PG-3/75). Transcurrido cierto tiempo en servicio, será previsiblemente conveniente, o incluso necesario, aplicar un nuevo pavimento de los indicados en los apartados anteriores: una mezcla asfáltica de 4 cm de espesor o, más modestamente, un tratamiento superficial constituirá una mejora importante para este tipo de carril bici.

En el cuadro siguiente se recogen los criterios más importantes para la elección del tipo de pavimento. Se trata de una valoración cualitativa, que

junto con el criterio económico, debe servir de orientación para una elección acertada.

		PAVIMENTO					
		Aglomerados Asfálticos	Tratamientos Superficiales	Hormigón "In Situ"	Adoquines y Baldosas	Capas Graduales, Suelo-Cemento, Grava-Cemento, Grava-Emulsión	
CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO	CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES	DIFERENCIA VISUAL DE LA VÍA	Posibilidad de usar betunes y áridos de color	Regular	Buena	Buena	Regular
		REGULARIDAD SUPERFICIAL	Buena	Aceptable	Buena, pero condicionada por las juntas	Regular	Regular
		ADHERENCIA	Buena	Buena	Buena	Depende del material utilizado	Suficiente
	IMPLANTACIÓN	EJECUCIÓN	Casi artesanal	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil
		INTEGRACIÓN CON LAS VÍAS EXISTENTES	Buena	Buena	Buena	Buena	Debe resolverse en cada caso
	CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN	FISURACIÓN	Las fisuras terminan por aparecer	Las fisuras terminan por aparecer	No con un buen sistema de juntas	No	Aparecen fisuras
		DE LA SUPERFICIE	Buena	Buena, si la Implantación fue buena	Buena	Buena	Con el tiempo habrá que aplicar un nuevo pavimento
		SEÑALIZACIÓN	Sin problemas	Sin problemas	Sin problemas	Pueden utilizarse los propios adoquines	Debe resolverse en cada caso
		BORDILLOS	No necesario	No necesario	No	Necesario	Conveniente
		LIMPIEZA	Fácil	Fácil	Fácil	Regular	Difícil

Tabla 2. Pavimentos para vías ciclables y características básicas.

Explana y firme

Explanada es la superficie sobre la que se asienta el firme, no perteneciente a una estructura; y firme es el conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, colocadas sobre la explanada para permitir la circulación en condiciones de seguridad y comodidad.

La explanada de un carril bici, al igual que la de una carretera, es la superficie sobre la que se asienta el firme de la vía. La característica más importante de la explanada es su capacidad de soporte, que en función de su uso, deberá ser suficiente para soportar el tráfico previsto. No tendría ningún sentido construir un firme de gran calidad sobre una explanada muy deformable, ya que en poco tiempo sería inevitable la ruina de la vía.

Para analizar las características de la explanada y del firme de un carril bici se van a considerar tres situaciones diferentes:

- Carril de nueva creación.
- Carril adyacente a una carretera.
- Carril sobre una plataforma existente.

El estudio del carril de nueva creación, aunque no es el caso más habitual para la creación de un carril bici, va a permitir establecer el procedimiento general para la redacción del proyecto y ejecución de una obra de esta naturaleza.

VÍAS CICLABLES DE NUEVA CREACIÓN

En principio resulta cómodo y útil conservar los criterios de dimensionamiento contemplados en la Instrucción 6.1 y 2-IC de la Dirección General de Carreteras sobre Secciones de Firmes. En ella, en función de la Intensidad Media Diaria de Vehículos Pesados (IMDP), para la que establece 5 categorías (T0, T1, T2, T3 y T4) y de la capacidad portante de la explanada sobre la que ha de asentarse el firme, para la que establece 3 categorías (E1, E2 y E3), selecciona un Catálogo de Secciones de Firme.

Tomando la categoría de tráfico T4, que corresponde con la menor IMDP (menos de 50 vehículos pesados por día) y la categoría de explanada E1, que se corresponde con la menos exigente, la Instrucción selecciona las secciones de firme numeradas desde la 411 a la 416 (el primer dígito es la categoría del tráfico, el segundo es la categoría de la explanada y el tercero indica los materiales que componen el firme), que constituyen unas buenas estructuras para un carril bici.

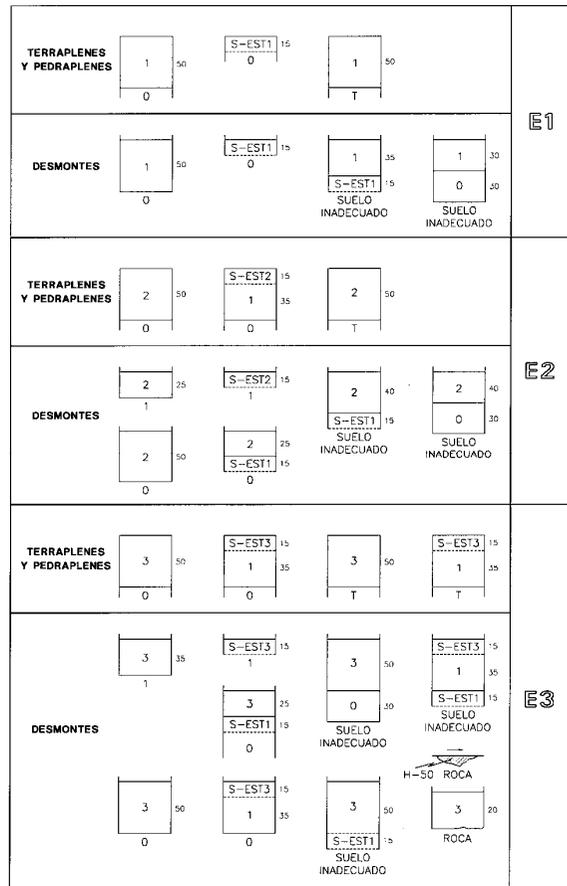
Estas secciones de firme resultantes son adecuadas para un carril bici que deba soportar cargas de tráfico automóvil. Si el suelo existente tuviese las características de explanada E2 ó E3, de más calidad que la E1, las secciones de firme entre las que habría que seleccionar la del proyecto serían las numeradas desde la 421 a la 426 y desde la 431 a la 436 respectivamente. La elección es clara ya que estas secciones de firme son más ligeras, y por tanto más económicas que las correspondientes a explanada E1.

A continuación se incluye un cuadro, tomado del catálogo de secciones de firme de la Instrucción 6.1 y 6.2- IC, que recoge las secciones de firme para la categoría de tráfico pesado T4 en función de las 3 categorías de explanada, y otro cuadro con la clasificación de explanadas según la citada Instrucción.

TRÁFICO	T4																	
	411	412	413	414	415	416	421	422	423	424	425	426	431	432	433	434	435	436
SECCIÓN Nº						20						20						20
HORMIGÓN VIBRADO																		
MEZCLAS BITUMINOSAS	5	TS	8	6	*		5	TS	8	6	*		5	TS	8	6	*	
HORMIGÓN COMPACTADO					20						20						20	
GRAVA										18	**					18	**	
CEMENTO																		
SUELO									22	**					22			
CEMENTO	30	30					20	20					30	30				
ZAHORRA ARTIFICIAL																		
ZAHORRA NATURAL	20	25	20		20	20	20	25			20							
EXPLANADA	E1						E2						E3					

TS = Tratamiento superficial mediante riegos con gravilla
 * = TS ó 4 cm de mezcla bituminosa
 ** = Sólo con explanada con superficie estabilizada

Tabla 3. Catálogo de secciones de firme.



Espesores mínimos en cm.

Imagen 31. Clasificación de explanadas.

Un carril bici concebido y funcionando como tal, requiere una estructura más ligera que deberá estudiarse en cada caso.

El primer punto que deberá estudiarse es la capacidad de soporte de la explanada, que pasa por un estudio del suelo donde se implantará el carril bici.

Tratando de buscar referencias bien conocidas y contrastadas para la clasificación de los suelos se utiliza la que se recoge en el Artículo 330 "Terraplén" del PG-3/75.

CARACTERÍSTICAS	SUELOS TOLERABLES	SUELOS ADECUADOS	SUELOS SELECCIONADOS
COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA	Máx. 25% de piedras > 15 cm	100% inferior a 10 cm máx. 35% pasa 0,080 UNE	100% inferior a 8 cm máx. 25% pasa 0,080 UNE
PLASTICIDAD	LL < 40 o bien LL < 65 e IP > (0,6 LL-9)	LL < 40	LL < 30 e IP < 10
CAPACIDAD DE SOPORTE HINCHAMIENTO	CBR > 3	CBR > 5 Hinchamiento < 2%	CBR > 10 Sin hinchamiento
DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR	Mín. 1,450 Kg/dm ³	Mín. 1,750 Kg/dm ³	-----
CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA	Inferior al 2%	Inferior al 1%	Exento

Tabla 4. Clasificación de suelos (art. 330 pg-3/1975).

La clasificación se completa con los llamados suelos inadecuados, que son aquéllos que no cumplen las condiciones mínimas de un suelo tolerable.

La ejecución de un carril bici de nueva creación requiere en general la construcción de terraplenes, para lo que son válidos todos los suelos no inadecuados. La coronación del terraplén o fondo del desmonte como constituyentes de la explanada, es aconsejable que cumpla las prescripciones correspondientes a la categoría E1. Con ello se garantiza una capacidad portante suficiente, aún en el caso, muy habitual por otra parte, de que las condiciones reales de utilización del carril bici no sean las contempladas en el proyecto.

En un carril bici es razonable contar con que los suelos para la construcción de la explanada deben ser, salvo excepciones, los que se encuentran en la misma traza. El presupuesto para una obra de esta naturaleza suele estar muy limitado y no permite ir a buscarlos lejos de la traza. Hay que sacar el máximo aprovechamiento de los suelos locales, por lo que es admisible la elección de una explanada de calidad inferior a la E1. Dicha elección deberá justificarse tanto técnica como económicamente.

La estabilización con cal puede constituir un buen recurso para la utilización de suelos locales, básicamente arcillosos o limosos, que no satisfagan la calidad de una explanada E1. Las características que deberán cumplir los materiales para la estabilización "in situ" con cal, así como las condiciones para su ejecución, se recogen en el artículo 510 del PG-3/75. El contenido de cal sobre el peso del suelo seco no podrá bajar del 3%, estando, en general, comprendido entre el 4 y el 5%. En la estabilización de suelo con cal deberá alcanzarse a los siete días un CBR mínimo de 5, cuando se parta

de un suelo con CBR comprendido entre 3 y 5, y superior a 10, cuando se parta de un suelo con CBR comprendido entre 5 y 10.

Tratando el carril bici como una vía de baja intensidad de tráfico, y siguiendo el Manual de Pavimentos Asfálticos para Vías de Baja Intensidad de Tráfico de Miguel Ángel del Val y Alberto Bardesi, en lugar de utilizar únicamente la categoría de tráfico T4, (IMDP < 50) ésta se subdivide en 5 categorías, manteniendo como elemento diferenciador de ellas el número diario de vehículos pesados por sentido en el momento de la puesta en servicio.

CATEGORÍA DE TRÁFICO	Nº DIARIO DE VEHÍCULOS PESADOS
T41	25-49
T42	12-24
T43	6-11
T44	2-5
T45	0-1

Si se tiene la convicción de que el carril bici sólo será utilizado por ciclos, la categoría de tráfico será la T45 y la sección de firme puede seleccionarse entre las siguientes:

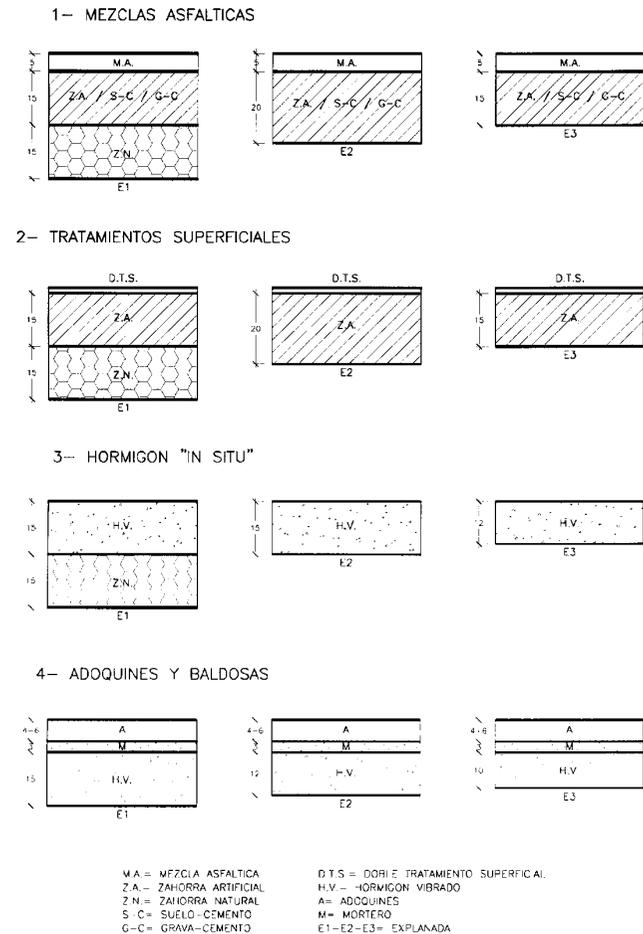


Imagen 32. Clasificación de firmes.

En resumen, un carril bici de nueva creación deberá asentarse en todos los casos, al menos, sobre una explanada E1, salvo excepciones justificadas, y disponer un firme de los de la Instrucción 6.1 y 6.2-IC, correspondiente a categoría de tráfico T4, si se prevé, aunque sea de forma accidental, la utilización del carril bici por vehículos motorizados, y firmes más ligeros correspondientes a categoría de tráfico T45, si el carril bici será sólo utilizado por ciclos.

VÍAS CICLABLES SOBRE UNA CARRETERA EXISTENTE

Se considera aquí la implantación de un carril bici aprovechando en parte o en todo el arcén de una carretera existente.

En esta situación, el trazado del carril bici, tanto en planta como en alzado, viene prácticamente obligado por el de la carretera.

La exigencia de una capacidad de soporte suficiente para la explanada quedará plenamente satisfecha si el arcén está pavimentado. En este caso, la estructura del firme es válida para el carril bici, que sólo necesitará para su implantación una limpieza del arcén y el extendido de una capa de rodadura que sea apta para la circulación segura y confortable de ciclos. A destacar la importancia del color de esta capa de rodadura para lograr una clara diferenciación visual del carril bici respecto de la carretera adyacente.

Si el arcén de la carretera está formado por capas granulares o suelos seleccionados, como ocurrirá en la mayor parte de los casos, estos materiales podrán ser utilizados para constituir la explanada del carril bici y disponer sobre ella un firme compatible con la categoría de la explanada y terminar con el pavimento deseado. Debe hacerse un reconocimiento previo del arcén para detectar las zonas degradadas del mismo y prever actuaciones localizadas para asegurar una calidad homogénea. Se considera imprescindible una limpieza general y una regularización de la superficie en toda su longitud.

Cuando se tengan garantías, normalmente a través de ensayos, de que la explanada es de la categoría prevista, podrá extenderse el firme proyectado.

CARRIL SOBRE PLATAFORMA EXISTENTE

Un caso habitual es el aprovechamiento de antiguas vías de ferrocarril sin servicios y normalmente ya desmanteladas.

Al igual que ocurre con el carril aprovechando el arcén, el trazado en planta y alzado viene obligado por la plataforma que se desea reutilizar.

El proyecto deberá comenzar con el estudio de la plataforma para aprovecharla como explanada del carril bici. Habrá que determinar las operaciones a ejecutar para lograr una explanada asimilable a las de categoría E2 ó E3. Puede tratarse de:

- Limpieza, regularización, nivelación y compactación.
- Excavación de la parte superior de la plataforma seguida de su nivelación y compactación.
- Adición de suelos, sean arenas o materiales gruesos, para ajustar la granulometría de la explanada.
- Estabilización con cal, especialmente indicado cuando la plataforma contiene materiales arcillosos o limos.

- Estabilización con cemento o con emulsión, indicadas cuando la plataforma está constituida por arenas.

Una vez ejecutadas, deberán realizarse los ensayos que confirmen el resultado deseado. En ciertos casos es aconsejable la ejecución de un tramo de ensayo para comprobar la idoneidad de las medidas previstas. Confirmada la categoría de la explanada se podrá proceder a la extensión del firme proyectado.

2.4. SOBRE LA SEÑALIZACIÓN DE VÍAS CICLABLES

En los Artículos 137 y 139 del Reglamento General de Circulación, se otorga a las autoridades competentes la capacidad de situar, ampliar, mejorar y/o crear señales de circulación, siempre y cuando cumplan las normas y especificaciones que se establecen en el Reglamento y en el Catálogo oficial de señales de circulación.

De este modo, cuando las autoridades competentes estimen conveniente concretar el significado de una señal o de un símbolo o, respecto de las señales de reglamentación, limitar su alcance a ciertas categorías de usuarios de la vía o a determinados períodos, y no se pudieran dar las indicaciones necesarias por medio de un símbolo adicional o de cifras en las condiciones definidas en el Catálogo oficial de señales de circulación, se colocará una inscripción debajo de la señal, en un panel complementario rectangular, sin perjuicio de la posibilidad de sustituir o completar esas inscripciones mediante uno o varios símbolos expresivos colocados en la misma placa.

Así pues, corresponde a la autoridad local responsable de la regulación del tráfico la determinación de las clases o tramos de carreteras que deban contar con señalización circunstancial o variable, así como la determinación en cada momento de los usos y mensajes de los paneles de mensaje variable, sin perjuicio de las competencias que, en cada caso, puedan corresponder a los órganos titulares de la vía.

En cualquier caso, para una correcta señalización viaria, se deberá atender al orden de prioridad de las señales, correspondiendo el primer lugar a los semáforos, en segundo lugar a las Señales Verticales y por último, a las Marcas Viales.

2.4.1. Semáforos

El Reglamento General de Circulación determina en su Artículo 148 las características de los semáforos reservados a determinados vehículos, indicando que cuando las luces de los semáforos presentan la silueta

iluminada de un ciclo, sus indicaciones se refieren exclusivamente a ciclos y ciclomotores.

No obstante, se aconseja eliminar la ambigüedad referida al tipo de vehículos, especificando claramente que dicho tipo de semáforos se refieren exclusivamente a las bicicletas.

Los semáforos específicos para bicicletas deberán ubicarse en cualquier punto de la red viaria donde se considere que su regulación no es factible con otros tipos de señales no mecánicas. Es el caso de las intersecciones, donde la multiplicidad de movimientos, direcciones y sentidos de la circulación, aconsejan segregar el tránsito de los vehículos motorizados respecto a las bicicletas con el objetivo de reducir sustancialmente el nivel de riesgo probable de accidentes. De este modo, se establecerán tres fases alternativas y consecutivas para vehículos motorizados (autobuses, en caso de existir carril-bus), bicicletas, y peatones.

2.4.2. Señales Verticales

Se lleva a cabo en este apartado un pequeño resumen sobre las señales verticales más importantes para la implantación de una red ciclable. No se han incluido numerosas señales que serán necesarias para la correcta regulación del tráfico ciclista pues son las mismas que se emplean habitualmente para regular el tráfico motorizado (stop, ceda el paso, prohibido girar a la derecha, etc.). Además, se incluyen algunas propuestas de señales que deberían autorizarse para una mejor implantación y funcionamiento de una red ciclable en la ciudad de Málaga.

a. Señales de advertencia de peligro.



P-16.a. Bajada peligrosa.

Peligro por la existencia de un tramo de vía con fuerte pendiente descendente. La cifra indica la pendiente en porcentaje. Deberá ubicarse en la vía siempre y cuando la pendiente supere el seis por ciento.



P-16.b. Subida con fuerte pendiente.

Peligro por la existencia de un tramo de vía con fuerte pendiente ascendente. La cifra indica la pendiente en porcentaje. Deberá ubicarse en la vía siempre y cuando la pendiente supere el seis por ciento.



P-17-b. Resalto.

Peligro por la proximidad de un resalto en la vía. Deberá ubicarse siempre que se localicen resaltes para frenar la velocidad de los vehículos motorizados, especialmente en los giros a la derecha desde una vía principal hacia una secundaria perpendicular que intercepte una vía ciclable.



P-22. Ciclista.

Peligro por la proximidad de un paso para ciclistas o de un lugar donde frecuentemente los ciclistas salen a la vía o la cruzan. Deberá ubicarse en todas las vías generales donde exista una alta intensidad de circulación ciclista, en las vías donde haya carril-bici o carril-bus/bici, o en las intersecciones con aceras-bici o ciclovías.

b. Señales de prohibición.



R-103. Entrada prohibida a vehículos de motor.

Prohibición de acceso a vehículos de motor, excepto vehículos de dos ruedas. Deberá ubicarse en el inicio de cualquier vía ciclable, especialmente al comienzo de tramos de carril-bici. o de carril-bus/bici.



R-102. Entrada prohibida a vehículos de motor.

Prohibición de acceso a vehículos de motor. Deberá ubicarse en el inicio de cualquier vía ciclable, especialmente al comienzo de tramos de carril-bici, carril-bus/bici o ciclovías.



R-104. Entrada prohibida a motocicletas.

Prohibición de acceso a motocicletas. Deberá ubicarse en el inicio de cualquier vía ciclable, especialmente al comienzo de tramos de carril-bici, carril-bus/bici o ciclovías.



R-105. Entrada prohibida a ciclomotores.

Prohibición de acceso a ciclomotores. Deberá ubicarse en el inicio de cualquier vía ciclable, especialmente al comienzo de tramos de carril-bici, carril-bus/bici o ciclovías.



R-114. Entrada prohibida a ciclos.

Prohibición de acceso a ciclos. Deberá ubicarse allí donde la intensidad del tráfico motorizado desaconseje el paso de ciclistas.



R-116. Entrada prohibida a peatones.

Prohibición de acceso a peatones. Deberá ubicarse en el inicio de cualquier vía ciclable, especialmente al comienzo de tramos de acera-bici y ciclovías.



R-307. Parada y Estacionamiento Prohibido.
Prohibición de parada y estacionamiento para cualquier vehículo. Deberá ubicarse intermitentemente a lo largo de todo el recorrido del carril-bici.

c. Señales de obligación.



R-407. Camino reservado para ciclos.
Obligación para los conductores de ciclos y ciclomotores de circular por el camino a cuya entrada esté situada y prohibición a los conductores de los demás vehículos de utilizarla. **Consideramos que no debe existir obligación de uso, sino sólo recomendación**, de acuerdo con lo expuesto en el apartado sobre Normativa del presente Plan Director de Bicicletas de Málaga.



PROPUESTA. Fin de camino reservado para ciclistas.
Señala el lugar desde donde deja de ser aplicable una anterior señal.

d. Señales de indicación.



PROPUESTA (a partir de S-28). Calle residencial.
Indica las zonas de circulación especialmente acondicionadas que están destinadas en primer lugar a los peatones y bicicletas y en las que se aplican normas especiales de circulación.



PROPUESTA (a partir de S-17) Estacionamiento de bicicletas.
Indica un emplazamiento donde está autorizado el estacionamiento de bicicletas. La inscripción del símbolo de la bicicleta, indica que el estacionamiento está reservado a ellas.



PROPUESTA (a partir de S-14a). Paso Superior para ciclistas.
Indica la existencia de una infraestructura especialmente habilitada para el paso de bicicletas.



PROPUESTA (a partir de S-14b). Paso Inferior para ciclistas.
Indica la existencia de una infraestructura especialmente habilitada para el paso de bicicletas.



PROPUESTA. Situación de un paso para ciclistas.
Indica la situación de un paso para ciclistas.



PROPUESTA (a partir de S-19). Parada de autobuses donde se permite el acceso de bicicletas.
Indica la existencia de una línea de autobuses que permite subir al vehículo con la bicicleta, siempre y cuando quede libre al menos una plaza de las habilitadas específicamente para bicicletas. Estas líneas se proponen para los principales ejes (Universidad-Centro-El Palo o Universidad-Carretera de Cádiz, etc.) cuando las condiciones meteorológicas lo aconsejen (lluvias intensas).



S-33. Senda Ciclable.
Indica la existencia de una vía segregada para bicicletas y peatones. Se propone **excluir a los peatones** y no emplear esta señal más que para **ciclo vías**, evitando su uso en carriles-bici o cualquier otro tipo de vía ciclable.

e. Señales de carriles.



S-64. Carril-bici adosado a la calzada.
Indica que el carril sobre el que está ubicada la señal ciclista sólo puede ser utilizado por bicicletas. Las flechas indicarán el número de carriles, así como el sentido de la circulación.



PROPUESTA. Carril reservado para bicicletas.

Indica la prohibición a los conductores de los vehículos que no sean bicicletas de circular por el carril indicado.



PROPUESTA. Carril reservado para uso compartido de ciclistas y autobuses

Indica la prohibición a los conductores de los vehículos que no sean bicicletas o autobuses.

2.4.3. Marcas Viales.

De acuerdo con el Reglamento General de Circulación, las marcas sobre el pavimento, o marcas viales, tienen por objeto regular la circulación y advertir o guiar a los usuarios de la vía, y pueden emplearse solas o con otros medios de señalización, a fin de reforzar o precisar sus indicaciones, pudiendo ser longitudinales o transversales, blancas o amarillas (o de otros colores).

En cuanto a las marcas longitudinales, y de especial interés para la regulación de la circulación ciclista, resultan las líneas blancas continuas sobre la calzada, que sirven para indicar la existencia de un carril especial (carril-bici). En este caso la **marca debe ser sensiblemente más ancha** que en el caso general. Los conductores de los vehículos que circulen por el carril especial podrán sobrepasarla con las debidas precauciones para abandonarlo cuando así lo exija la maniobra o el destino que pretenden seguir; pero en ningún caso el resto de vehículos que circulen por la red viaria podrán invadir este carril especial traspasando la citada línea. Igualmente, para las situaciones oportunas, se podrá transformar esta línea en discontinua, para reforzar la capacidad de traspasarla por parte de los vehículos autorizados, debiendo en este caso acompañarse esta línea discontinua por otra continua y paralela por el lado izquierdo, de modo que otros conductores no autorizados no tengan la menor duda acerca de la prohibición de invadir el carril-bici.

En cuanto a las marcas transversales, el Reglamento recoge además las marcas de paso especiales para ciclistas, consistentes en una marca con dos líneas transversales discontinuas y paralelas sobre la calzada, que indica un **paso para ciclistas**, donde éstos tienen preferencia sobre el resto de usuarios de la red viaria.

Por otra parte, las marcas amarillas longitudinales continuas paralelas al bordillo de la calzada se emplean para indicar que la parada y el

estacionamiento están prohibidos o sometidos a alguna restricción temporal, indicada por señales, en toda la longitud de la línea y en el lado en que esté dispuesta. Deben establecerse a lo largo de todos los segmentos de carril-bici. Finalmente, un conjunto de líneas amarillas entrecruzadas, cuadrícula de marcas amarillas, recuerda a los conductores que aún cuando goce de prioridad de paso, no deberá penetrar con su vehículo en una intersección o en un paso para peatones o en un **paso para ciclistas** si la situación de la circulación es tal que, previsiblemente, pueda quedar detenido de forma que impida u obstruya la circulación. Deberán ubicarse este tipo de marcas en el carril-bici siempre y cuando se produzca una intersección con el resto de la red viaria.



Marca vial: Pictograma

Señalización horizontal dibujada en el firme del carril reservado para el uso exclusivo de bicicletas (Fuente 7).



Marca vial inicio/fin de carril

Señalización horizontal que dibujada en el suelo, indica el inicio o final de un carril para uso exclusivo de la circulación ciclista⁸.

Imagen 33. Varios pictogramas específicos para vías ciclables.

2.4.4. Señales de Balizamiento y Dispositivos de Guía

De acuerdo con el Reglamento General de Circulación, tienen por finalidad indicar el borde de la calzada, la presencia de una curva y el sentido de circulación, los límites de obras de fábrica u otros obstáculos, pudiendo ser de varios tipos:

- Hito de vértice: elemento de balizamiento en forma semicilíndrica en su cara frontal provisto de triángulos simétricamente opuestos, de material retro reflectante, que indica el punto en el que se separan dos corrientes de tráfico.
- Hito de arista: elemento cuya finalidad primordial es balizar los bordes de las carreteras principalmente durante las horas nocturnas o de baja visibilidad.
- Paneles direccionales permanentes: dispositivos de balizamiento implantados con vistas a guiar y señalar a los usuarios un peligro puntual, mediante el cual se informa sobre el sentido de circulación.
- Captafaros horizontales ("ojos de gato").
- Captafaros de barrera.

⁸ Propuesta desde el Plan director de bicicletas de Málaga para el diseño del pictograma de las vías ciclables.



- Balizas planas: indican el borde de la calzada, los límites de obras de fábrica u otros obstáculos en la vía.
- Balizas cilíndricas: refuerzan cualquier medida de seguridad, y no puede franquearse la línea, imaginaria o no, que las une.
- Barreras laterales: rígidas, semirrígidas y desplazables. Indican el borde de la plataforma y protegen frente a salidas de la vía.

Estos dispositivos de guía resultan muy útiles para la complementación señalética de la red ciclable de la ciudad de Málaga, puesto que sirven de alerta a los usuarios de la vía fundamentalmente acerca de los límites físicos de su espacio de movimiento permitido, con lo que se refuerza el elemento de seguridad en una circunstancia de siniestralidad muy común, ya que aproximadamente uno de cada diez accidentes de bicicleta se producen por la invasión del espacio por el que circula un ciclista por parte de un vehículo motorizado.

Pueden destacarse dos elementos concretos de especial relevancia en el balizamiento de vías ciclables: los **bordillos** y **separadores** de cualquier otra disposición.

En relación con los bordillos, pueden considerarse éstos como un tipo de balizamiento para las **ciclovías**. Se estima apropiado su uso cuando la infraestructura para las bicicletas, por las circunstancias que así lo determinen, deba estar especialmente protegida frente a posibles invasiones de la misma por parte de otros vehículos.

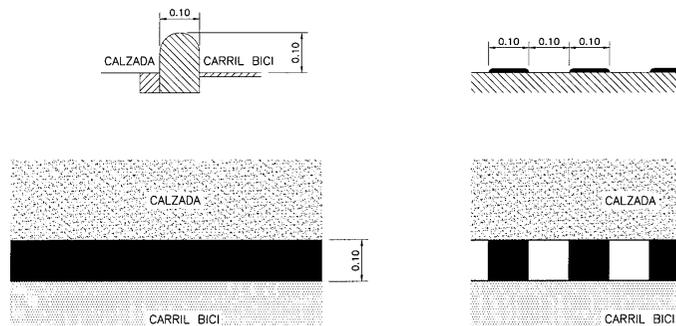


Imagen 34. Elementos separadores de una Ciclovía, imagen de la izquierda, y de un carril-bici, imagen de la derecha (Fuente 7).

Cuando los tráficos han configurado por su intensidad y velocidad un carril segregado tipo Ciclovía, puede ser más adecuado un balizamiento constituido básicamente por una mediana rígida de hormigón tipo "New Jersey".

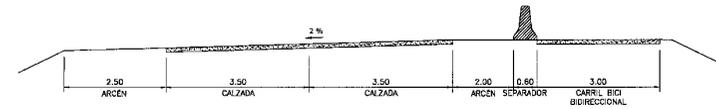


Imagen 35. Ciclovía separada por una barrera de seguridad rígida.

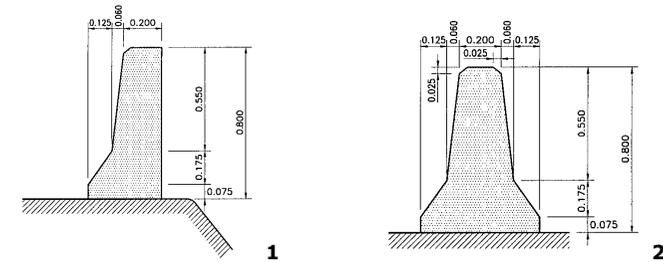


Imagen 36. (1.) Barrera de seguridad rígida "estándar"; (2.) Barrera de seguridad rígida "en mediana" (Fuente 7).

Se evitará, en la medida de lo posible, el empleo como balizamiento de barreras metálicas, por su claro déficit, especialmente en el aspecto de potencial seguridad del ciclista, frente a otros tipos como las medianas rígidas.

2.5. DETERMINACIÓN Y SOLUCIONES PARA ELEMENTOS CONFLICTIVOS

2.5.1. Glorietas

El Instituto para la Investigación de la Seguridad Vial dependiente del gobierno de Holanda (<http://www.swov.nl>) ha realizado numerosos estudios acerca de la cuestión de la circulación ciclista en rotondas urbanas, entre los que cabe destacar el realizado en el año 2004 referente a las reflexiones sobre seguridad ciclista en rotondas dependiendo del tipo de vía ciclable y de la preferencia de paso asignada según tipos de vehículos.

La principal conclusión de este estudio es que las rotondas con carril-bici son mucho más seguras que las rotondas con vías ciclables segregadas del tráfico motorizado (aceras-bici y ciclovías).

Nadie duda ya de la rentabilidad de la inclusión de rotondas en la estructura viaria urbana, tanto por sus menores costes operativos (no necesita sistemas mecánicos de regulación) como por su mayor eficiencia en la fluidez del tráfico así como también en los menores índices de siniestralidad respecto a las intersecciones en cruz, de modo que cada vez son más empleadas en la estructuración de la red viaria en las ciudades.

Sin embargo, esta solución que tan interesante resulta para el tráfico motorizado, representa diversos inconvenientes para los modos de transporte no motorizados. Así, tanto peatones como ciclistas perciben en primer lugar las rotondas como elementos negativos pues obligan a realizar significativos rodeos; y en segundo lugar, ahora ya específicamente para los ciclistas, las rotondas se perciben como lugares peligrosos puesto que los vehículos motorizados que abandonan la rotonda muy habitualmente no tienen en consideración a las bicicletas que circula por su derecha lo que provoca numerosos puntos de intersección en la trayectoria de ambos vehículos, siendo siempre el ciclista el que lleva las de perder en tales circunstancias, por lo que se ve obligado a frenar continuamente a pesar de tener teóricamente preferencia de paso al continuar dentro del movimiento circular de la rotonda frente a los vehículos que la abandonan girando a la derecha.

No obstante, el citado estudio holandés constató sin lugar a dudas que las rotondas, aún percibidas como negativas por parte de los ciclistas, son mucho menos peligrosas para las bicicletas que las intersecciones en cruz.

Ahora bien, y como se citaba anteriormente, son más seguras siempre y cuando no se integren vías ciclables segregadas, como son las aceras-bici o las ciclovías. Por lo tanto, la recomendación desde el presente Plan consiste en el tratamiento de las rotondas mediante carriles-bici, los cuales deberán

segregarse visualmente mediante color destacado sobre el asfalto, así como con una especial señalización en cada punto de entrada y salida de las rotondas, empleando la señal P-28 de alerta sobre presencia de ciclistas. Además, se recomienda ampliar la anchura típica de la sección del carril bici en al menos un veinte por ciento. También se recomienda instalar una banda estrecha de resalte en todo el perímetro de la rotonda para obligar a una reducción notable de velocidad para los vehículos tanto entrantes como salientes.

En cualquier caso, en cuanto a la preferencia de paso, las bicicletas tendrán la misma consideración que el resto de vehículos, no otorgándosele pues preferencia especial. De este modo, las bicicletas que se incorporen a la rotonda deberán ceder el paso antes de acceder a la misma; pero las que se encuentren dentro de la dinámica del movimiento circular poseerán preferencia de paso frente a los vehículos que quieran entrar o salir de la rotonda, y es por ello, que deben incorporarse marcas viales textuales en el carril de los vehículos motorizados para aquellos que quieran girar a la derecha, advirtiéndoles de la preferencia de paso ciclista.

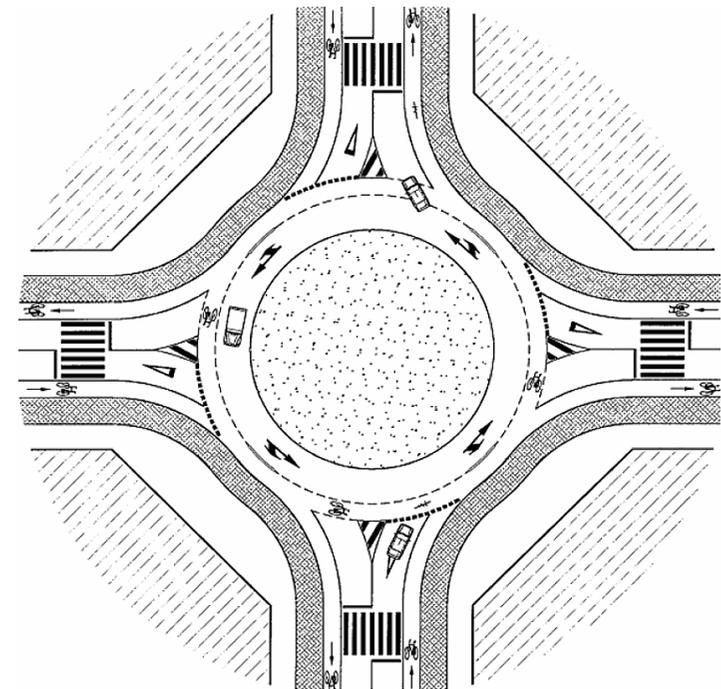


Imagen 37. Diseño recomendado para rotondas (Fuente 7).

Por otra parte, el Departamento de Transportes del gobierno británico⁹ realizó a finales de los años noventa un estudio sobre la siniestralidad en rotondas urbanas a partir del cual propuso la modificación del diseño de las mismas consiguiendo en los siguientes años importantes descensos en el número de accidentes, sobre todo los relacionados con ciclistas.

El principal factor determinante de la mayor peligrosidad del diseño preexistente tenía que ver con una cuestión de percepción por parte de los conductores de vehículos motorizados al acceder al interior de las rotondas, pues los vehículos que circulaban en el margen más exterior (derecho) de la rotonda, las bicicletas, no entraban dentro del campo de visión primario del automovilista, por lo que se incorporaban al movimiento circular sin ceder el paso. Con la modificación llevada a cabo en el diseño de las rotondas, **se consiguió una mayor perpendicularidad en los viales de acceso, lo que redireccionó el ángulo de visión primario del automovilista de modo que ahora los ciclistas eran mucho más fácilmente percibidos.**

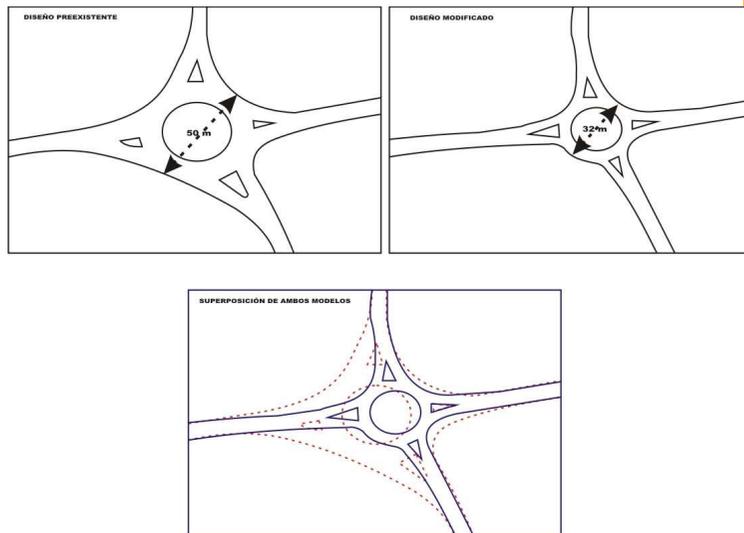


Imagen 38. Modificaciones recomendadas para el diseño eficiente y seguro de rotondas.

Fuente 9: Departamento de Transportes del gobierno británico
<http://www.dft.gov.uk>

2.5.2. Intersecciones

Tal y como se constata en el apartado sobre Seguridad Vial, en las intersecciones se producen la mayor parte de los accidentes que afectan a un ciclista, por lo que un diseño deficiente de las mismas no sólo hará disminuir la potencialidad de uso de la vía ciclable, sino que pondrá en serio peligro la integridad física de los ciclistas, por lo que se hace necesario extremar las precauciones al resolver este tipo de elementos estructurales de la red viaria urbana.

De este modo, y de acuerdo con las recomendaciones de la Dirección General de Tráfico, una intersección bien concebida debe satisfacer unos principios generales y el incumplimiento de los mismos puede acarrear consecuencias muy graves:

- Señalización clara y limitada a lo imprescindible necesario.
- Superficie suficiente para poder detectar los otros vehículos o peatones que acceden a la intersección y para reaccionar en caso necesario.
- Garantizar la visibilidad recíproca entre vehículos y peatones.
- Limitar la velocidad de los automóviles, incluso mediante pavimentos diferenciados.
- Reducir el recorrido del ciclista.

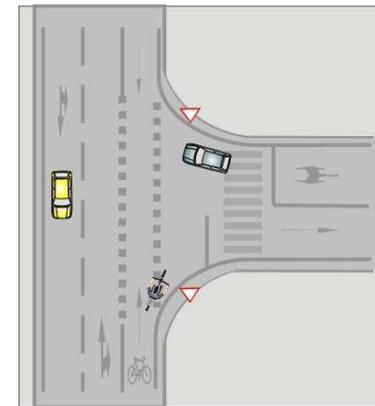


Imagen 39. Cruce rectilíneo tradicional sin isleta de separación (Fuente 9).

Así mismo, y dependiendo del tipo de intersección, se hace necesario matizar algunas cuestiones y principios:

En las intersecciones en T o en ángulo el mayor problema es consecuencia del giro a la derecha de los vehículos motorizados. La casuística es muy amplia y, por tanto, también las soluciones que pueden adoptarse. A continuación se incluyen varias soluciones que resuelven la mayor parte de las situaciones posibles y, desde luego, las más habituales.

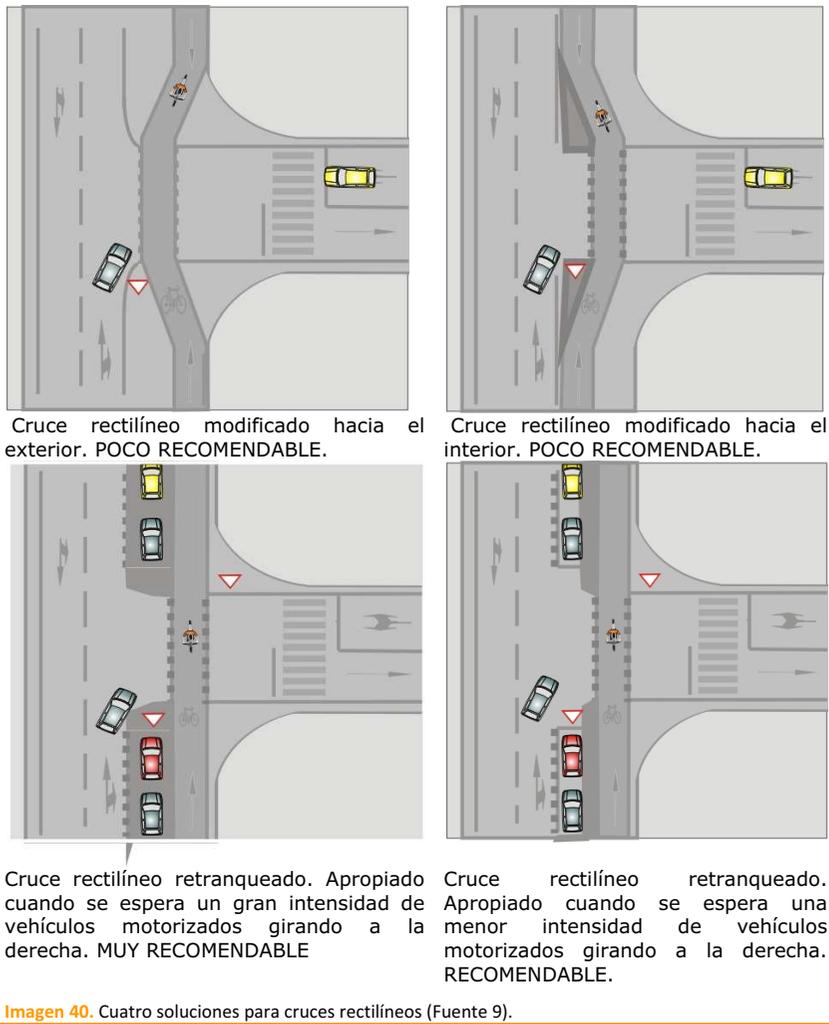


Imagen 40. Cuatro soluciones para cruces rectilíneos (Fuente 9).

Es esencial una buena visibilidad entre automóviles y ciclistas, que las prioridades estén bien establecidas y que la señalización horizontal sea clara. Tanto es así que según se cita en el proyecto ADONIS, se ha desarrollado una señalización horizontal específica para los cruces en T que está obteniendo muy buenos resultados desde el punto de vista de la seguridad.

En concreto, tal y como se muestra en la Imagen 41, se establecen unas franjas horizontales unos 30 m antes de llegar al cruce que reducen el espacio para la circulación dentro del carril bici, canalizando el tráfico ciclista de forma que tanto conductores de vehículos motorizados como ciclistas son más conscientes de la presencia de ambos. Conviene así mismo recurrir a acondicionamientos locales que mejoren la visibilidad y la seguridad: creación de isletas, pavimentos diferenciados de color y de textura y preavisos, que pueden llegar a constituir pequeños obstáculos.

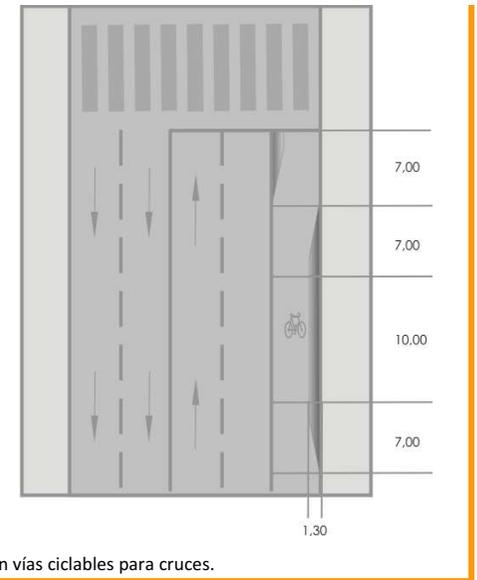
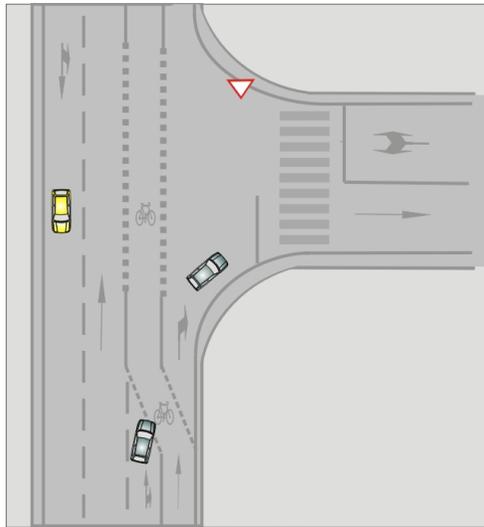


Imagen 41. Señalización horizontal en vías ciclables para cruces.

En cualquier caso, será necesario instalar un resalte en la calzada (P-17b), perpendicular a la dirección del giro, de modo que los vehículos motorizados se vean obligados a disminuir notablemente su velocidad. Igualmente se colocará una señal P-28 de advertencia de preferencia ciclista en el giro.

Otra solución interesante consiste en los denominados cruces trenzados, aunque se trata de una solución arriesgada e incompatible con una circulación rápida, por lo que debe analizarse cuidadosamente.

En este caso (imagen 42) se crea un carril específico para el giro a la derecha de los automóviles. Como consecuencia, se produce un tramo de trenzado con los ciclistas que van por el carril bici. La longitud del tramo de trenzado no debe ser inferior a 80 m y el carril bici sólo debe ser de un sentido de circulación, coincidente con los vehículos que se entrecruzan.



Respecto de los automóviles, puede también recurrirse a pavimentos

diferenciados, adoquinado por ejemplo, antes del carril bici y, sobre todo, señalización de preaviso, que se debe implantar con carácter obligatorio.

Imagen 42. Cruce Trenzado (Fuente 7).

Otra buena recomendación extraída del proyecto ADONIS y en concordancia con lo expresando en el siguiente apartado del presente Plan Director de la Bicicleta, es que en todas las intersecciones en T o en ángulo, la línea de parada o espera de los ciclistas esté unos 5 m por delante de la línea de parada de los vehículos que van a girar hacia la derecha.

Esta medida implantada en los cruces de muchas ciudades europeas reduce el número de accidentes entre los vehículos que giran a derecha y los ciclistas que atraviesan el cruce en línea recta.

La razón de que sean 5 m se basa en las conclusiones de diversos estudios suecos y daneses, que demuestran que los ciclistas son más visibles para los vehículos pesados cuando están situados a más de 4 m delante de ellos (Imagen 43).

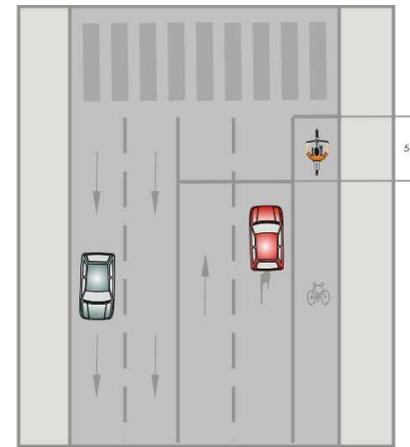


Imagen 43. Adelantamiento de la línea de parada de bicicletas (Fuente 7).

En las intersecciones con giro a la izquierda la situación se complica notablemente, pues esta es una maniobra muy peligrosa que debe tratarse con sumo cuidado.

Si la intensidad del tráfico, tanto de automóviles como de ciclistas, es baja, bastará con dotar a la intersección de una señalización adecuada que establezca claramente las prioridades. Estas prioridades pueden afectar a las vías, a los usuarios o a ambos simultáneamente.

Si la intersección es poco importante y la velocidad de circulación lenta, puede establecerse un carril de giro a la izquierda, de 1,00 m de ancho, situado a la derecha del carril de giro a izquierda de los automóviles. Para ello hay que permitir la incorporación de los ciclistas al tráfico general con una antelación de, al menos, 40 m respecto de la intersección (Imagen 44).

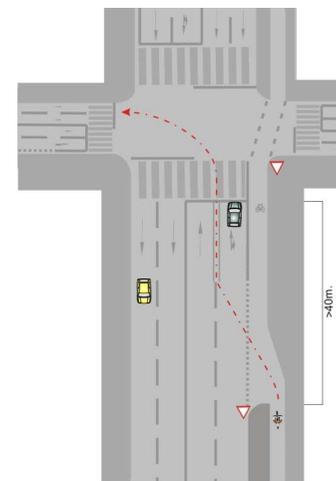


Imagen 44. Carril bici con giro a la izquierda (Fuente 7).

Por el contrario, si la intersección soporta altas intensidades de tráfico, la implantación de una zona de espera situada por delante del paso de peatones de la vía transversal puede ser una buena solución.

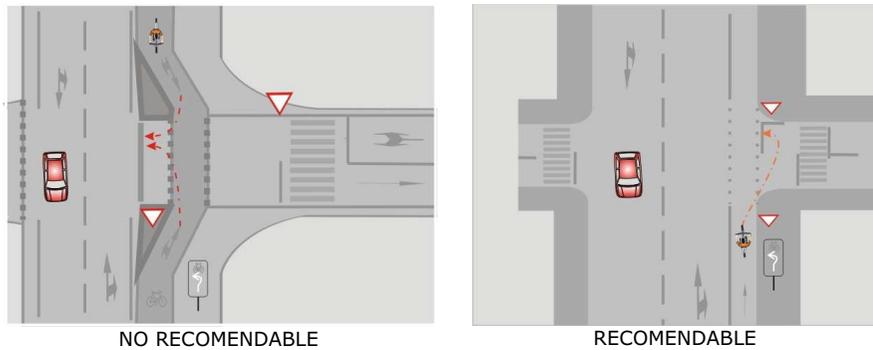


Imagen 45. Dos soluciones para cruces con giro ciclista a la izquierda creando una zona de espera para ciclistas (Fuente 7).

Si, como se ha supuesto, la intersección es importante, es presumible que esté semaforizada, debiendo entonces implantar proyectores independientes para el tráfico ciclista.

La incorporación de semáforos específicos para los ciclistas permite la programación diferenciada de fases, lo que mejora su seguridad. Un buen ejemplo de una intersección semaforizada con todos los movimientos permitidos es el siguiente (Imagen 46):

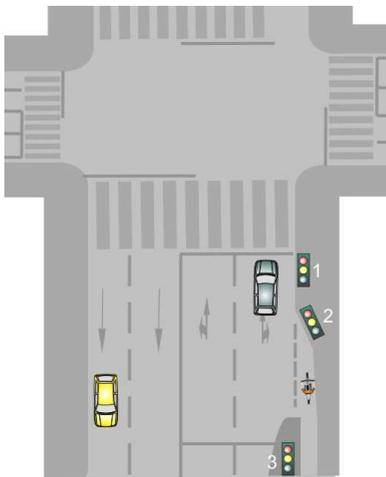


Imagen 46. Intersección semaforizada con fase específica para ciclistas (Fuente 7).

Fase 1.- El semáforo 2, sólo para ciclistas, está en rojo mientras el 1 y el 3 están en verde. El 3 pasa a rojo con lo que se despeja la zona entre las líneas de parada de los semáforos 1 y 3. Finalizado el tiempo de despeje, pasa a rojo el semáforo 1.

Fase 2.- El semáforo 2 pasa a verde dejando avanzar a los ciclistas hasta la línea de parada del semáforo 1.

Fase 3.- El semáforo 1 pasa a verde permitiendo la salida de los ciclistas en la dirección que deseen. Durante esta fase, los vehículos de la vía transversal tienen su semáforo en rojo.

Con esta disposición, los ciclistas hacen dos paradas en la intersección.

Si no hay acera de separación entre la calzada y el carril bici o no existe éste, puede crearse una fase especial para los ciclistas que actúe de forma similar a la descrita más arriba (Imagen 47):



Imagen 47. Intersección semaforizada con fase específica para ciclistas (Fuente 7).

En este caso, los semáforos 1 y 2, sólo para ciclistas, pasan a verde al mismo tiempo, permitiendo la incorporación de los ciclistas a la intersección.

Si la intersección es entre un carril bici y una vía motorizada, pueden instalarse semáforos con pulsador para los ciclistas o incluso, detectores de bicicletas bajo el pavimento que activen el semáforo.

Otra solución muy interesante para reducir el riesgo de los ciclistas al atravesar intersecciones consiste en la instalación de refugios de espera para bicicletas, de modo que el trayecto dentro de la intersección se realiza en dos fases, de modo que se minimiza el tiempo que el ciclista está expuesto durante el cruce. Estas isletas-refugio deben tener unas dimensiones aproximadas de dos metros, para que pueda situarse en ella un ciclista de forma cómoda, y estar debidamente protegidas del tráfico motorizado (elementos que sobresalgan por encima del nivel de la calzada) y señalizada mediante marcas viales según la Norma de Carreteras 8.2-IC.

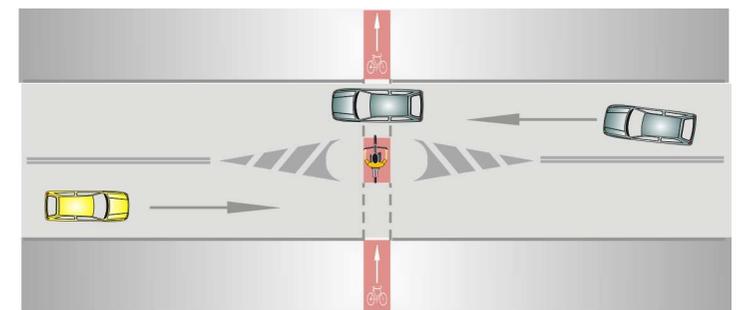


Imagen 48. Intersección simple con refugio de espera para ciclistas¹⁰.

Fuente 10: Elaboración propia; A. I. Ozomek; a partir de "La bicicleta como medio de transporte: Directrices para su implantación".

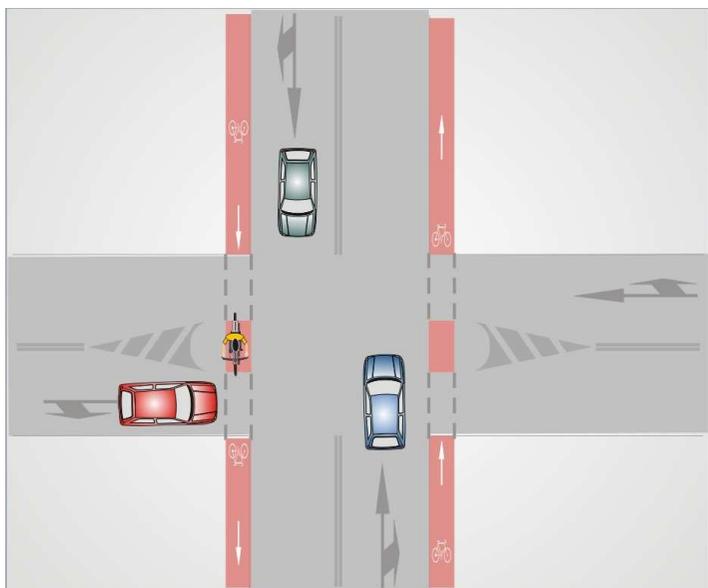


Imagen 49. Intersección doble con refugio de espera para ciclistas (Fuente 10).

2.5.3. Líneas de parada adelantada para ciclistas

Tal y como se citaba en el apartado sobre “Consideraciones fundamentales sobre la física de la bicicleta”, la relación equilibrio-velocidad es un factor a tener muy en cuenta a la hora de diseñar vías ciclables efectivas y seguras.

La inestabilidad estructural de la bicicleta a bajas velocidades se traduce en una trayectoria oscilante y en un amplio arco de vaivén, que, además de en otras situaciones diversas, se produce cada vez que el ciclista debe reanudar la marcha tras una parada obligatoria (semáforo, stop, ceda el paso...).

De este modo, cuando el ciclista se ve adelantado por otros vehículos que poseen una mayor capacidad de aceleración y cuyos conductores no suelen percibir claramente estas pequeñas oscilaciones en el movimiento del ciclista, lo que puede provocar un cálculo erróneo de la distancia de seguridad lateral durante el adelantamiento, aumenta exponencialmente el riesgo de accidente.

Así mismo, y como ya se expuso en el apartado sobre “Elementos para la seguridad vial ciclista”, una de las situaciones más comunes en que se producen accidentes entre vehículos motorizados y bicicletas es cuando los

primeros adelantan a los segundos para inmediatamente girar cruzándose en su camino. Esto es muy común en intersecciones señalizadas que obligan al vehículo motorizado y la bicicleta que circulan en la misma dirección y sentido a parar antes de continuar su trayectoria (semáforo, stop, ceda el paso...).

Tras décadas de estudio y aplicación, en países como Holanda, Dinamarca, Reino Unido o Estados Unidos de América, se ha constatado satisfactoriamente la utilidad y rentabilidad de las llamadas “líneas de parada avanzadas para ciclistas” (“Advanced stop lines” o “bike box” por su nomenclatura en inglés).

Las líneas de parada avanzadas para ciclistas consisten básicamente en situar uno o dos metros por delante la línea de parada de los ciclistas respecto a la de los vehículos motorizados; o a la inversa: situar uno o dos metros por detrás la línea de parada de los vehículos motorizados respecto a la de los ciclistas.

Con este sistema se consigue en primer lugar que los ciclistas queden siempre por delante de los automóviles de modo que resulten claramente visibles para los conductores de estos últimos, a diferencia de cuando ambos vehículos quedan uno al lado del otro, siendo más difícil para el automovilista la identificación de vehículos a su derecha.

En segundo lugar, se consigue que el ciclista disponga de unos metros de ventaja para así alcanzar la velocidad crítica que le permite reducir la oscilación y vaivén de modo suficiente para que durante el adelantamiento por parte de los vehículos a su izquierda su trayectoria sea lo más recta posible.

En el momento de la redacción de estos documentos no se tiene noticia de aplicación de este sistema en España, por lo que es muy importante pues realizar de un lado una campaña de comunicación informativa acerca del funcionamiento, derechos y deberes, relacionados con este nuevo elemento en la red viaria y, de otro lado, deberá reforzarse la señalización horizontal y vertical al menos hasta que la totalidad de los usuarios de la red viaria hayan asimilado por completo la novedad, lo cual difícilmente podrá producirse antes de varios años.

Por otra parte, las líneas de parada avanzada para ciclistas pueden bien incluir únicamente señales estáticas, tanto horizontales como verticales, o bien señales mecánicas tipo semáforo, tanto generales para todos los usuarios de la red viaria, como específicas para cada tipo de vehículo. En este último caso, sería muy útil retrasar el cambio del semáforo para vehículos motorizados de cinco a diez segundos respecto al dirigido a los ciclistas, lo cual incrementaría la seguridad general para todos los usuarios.

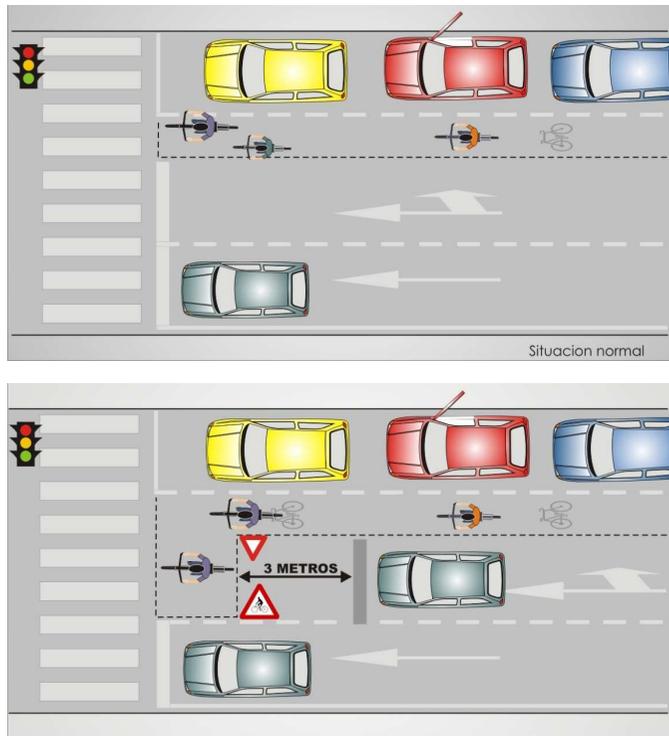
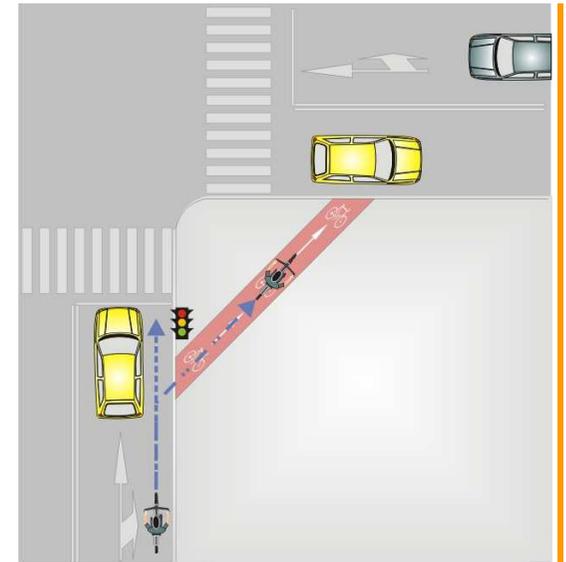


Imagen 50. Líneas de parada adelantada para bicicletas.

2.5.4. Atajos para ciclistas en giros a la derecha

En determinadas condiciones de tráfico peatonal y motorizado es admisible el giro a la derecha de las bicicletas cuando el resto de vehículos está detenido en el semáforo, mediante habilitación de tramos especiales para el tránsito en bicicleta, que en ningún caso suponen una molestia para el tránsito peatonal. Pueden crearse atajos en cualquier esquina, independientemente de si existen vías ciclables o si las bicicletas circulan en coexistencia con el tráfico motorizado por la misma vía general.



En la terminación del atajo, será el ciclista el que deba ceder el paso a los vehículos que transiten por la vía a la que se incorpora.

Imagen 51. Intersección doble con refugio de espera para ciclistas (Fuente 10).

2.5.5. Escaleras

En ocasiones existen en la red viaria cambios bruscos de altitud resueltos mediante escaleras, por lo que si los ejes de desplazamiento ciclistas discurren por dichos espacios, deberán adaptarse convenientemente para facilitar el paso de bicicletas.

Existen al menos dos soluciones indicadas para facilitar el tránsito ciclista por escaleras, pudiéndose en unos casos añadir una rampa adosada a los escalones, de modo que el ciclista pueda subir a pie los escalones empujando la bicicleta sobre la citada rampa, que deberá tener una anchura aproximada de treinta centímetros. En otros casos puede aplicarse una solución innovadora ya probada en países del norte de Europa, consistente en sustituir la rampa por una canaleta adosada que sirva de guía para las ruedas de la bicicleta.



Imagen 52. Rampas en escaleras para bicicletas¹¹.

2.5.6. Tapas de alcantarillas y sumideros.

Es un problema habitual en la práctica del ciclismo urbano la existencia de tapas de alcantarillas y sumideros diseñados sin tener en cuenta ni la seguridad ni la comodidad del ciclista.

Se hace imprescindible pues adecuar estos elementos mediante acciones sencillas y relativamente económicas, fundamentalmente consistentes en disponer las rejillas en perpendicular al sentido del tránsito ciclista y en corregir la nivelación de los sumideros evitando depresiones excesivas (escalones mayores de dos centímetros de altura) y/o pendientes muy pronunciadas (mayores del cinco por ciento).



Imagen 53. Colocación de tapas de alcantarillado.

Fuente 11: "Best practice to promote cycling", Directorate General for Transport of the European Commission, 1998.

2.6. SOBRE LOS APARCAMIENTOS PARA BICICLETAS

La disponibilidad por parte de los ciclistas de aparcamientos especiales para bicicletas, que sean suficientes, accesibles, cómodos y, sobre todo, seguros es una premisa fundamental para el fomento del uso de la bicicleta como medio de transporte habitual en la ciudad.

Su diseño pues debe en primer lugar responder claramente a las necesidades de los ciclistas urbanos y en segundo lugar a las posibilidades financieras de los organismos públicos implicados de cara a la instalación de los mismos así como a su mantenimiento a lo largo del periodo de vida útil.

Además, existen otros criterios a tener en cuenta en la elección del tipo de aparcamientos para bicicletas: la no distorsión del espacio público en tanto que no impida el normal uso de dichos espacios por parte de otros ciudadanos (peatones, automovilistas, etc.) o sus características estéticas (no todos los aparcabicis tienen por qué tener el mismo diseño y, sobre todo en los entornos histórico-monumentales, pueden elegirse modelos con un mayor coste económico pero con un aspecto más cuidado e integrado en la trama urbana).

De este modo, la primera conclusión e indicación vinculante en relación con el principal criterio a tener en cuenta (seguridad) consiste en descartar definitivamente los soportes para bicicletas basados en el apoyo y anclaje de las ruedas puesto que este sistema impide prácticamente la sujeción del cuadro de la bicicleta mediante dispositivos de seguridad (candados, cadenas...) a un elemento fijo y seguro.

En segundo lugar, el material empleado debe ser por una parte suficientemente resistente frente a herramientas industriales de corte (cizallas, sierras...) y, por otra parte, a las condiciones meteorológicas (metal inoxidable o con capa inoxidable). Igualmente, el anclaje al suelo debe ser firme, bien mediante remaches que impidan su fácil extracción, o bien mediante cimentación bajo el suelo de su parte inferior.

Así pues, se recomiendan los soportes para bicicletas con forma de arco invertido con esquinas redondeadas, con una sección de tubo de diámetro mínimo de cuatro centímetros y formado por material metálico, preferentemente acero inoxidable según los estándares mínimos industriales para asegurar su resistencia. La cimentación será de hormigón y contando una longitud bajo rasante no inferior a veinticinco centímetros (si se elige el anclaje sobre rasante, deberán utilizarse remaches o roblones no extraíbles fácilmente). Las dimensiones del arco, teniendo en cuenta una bicicleta estándar de ciento ochenta centímetros de longitud, estarán comprendidas entre sesenta y ciento veinte centímetros de longitud y entre setenta y cinco y ciento diez centímetros de altura.

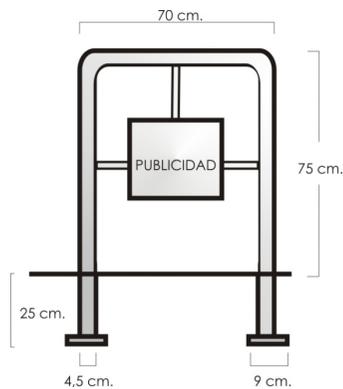


Imagen 54. Dimensiones mínimas para un soporte de bicicletas tipo Arco.

Una ventaja adicional de este tipo de soportes consiste en la posibilidad de agregar en la zona central del arco un panel donde se adhiera publicidad comercial, de modo que se genere una fuente de financiación extra. Por supuesto, dicho panel no deberá en ningún caso dificultar el anclaje de la bicicleta ni de los dispositivos de seguridad. Se aconseja contactar en primer lugar con empresas vinculadas al mundo del deporte y en especial de la bicicleta que, sin duda, podrían estar interesadas en la inversión publicitaria en estos soportes.

Este tipo de soporte en arco tiene además otra ventaja consistente en su facilidad de diseño y fabricación, con lo que el coste se reduce sustancialmente el abanico de empresas distribuidoras se amplía en gran medida.

En cuanto a las dimensiones del espacio reservado a aparcamientos para bicicleta, estas dependerán del número de plazas, pero en cualquier caso, se debe plantear un espacio mínimo de sesenta centímetros de anchura por ciento noventa centímetros de longitud para cada bicicleta. De este modo, un pequeño aparcamiento con cinco soportes y capacidad para diez bicicletas estacionadas en paralelo supondrá una reserva de aproximadamente catorce metros cuadrados de superficie.

La señalización deberá ser inequívoca y efectiva, advirtiendo especialmente a los conductores de ciclomotores y motocicletas de la prohibición de aparcar este tipo de vehículos en los aparcamientos para bicicletas (señal R-307). Se empleará una señal S-17 (aparcamiento) con un "panel complementario para la aplicación de señalización a determinados vehículos de acuerdo con el Art. 163 del Reglamento General de Circulación.



En los centros públicos educativos, sanitarios, o administrativos, deberán crearse aparcamientos para bicicletas que permitan un número de plazas como mínimo de un veinte por ciento sobre el total de trabajadores/estudiantes cuya afluencia esté prevista. Para los establecimientos privados no se pueden ofrecer índices aproximativos, si bien el porcentaje anterior es igualmente válido como cifra de referencia,

sobre todo en áreas de comercio denso y otros polos de atracción significativos.

En cualquier caso, será la observación sobre el uso de los aparcamientos el criterio a seguir para su posible implantación y/o redimensionamiento, siendo previsible que en los primeros años de vida de la red ciclabile el uso sea menor y que una vez que se incremente el número de usuarios de la bicicleta, sea necesario una ampliación del número de aparcamientos y del número de plazas disponibles.

Igualmente, y como se detallará en el capítulo sobre normativa, es necesario que además de la provisión de aparcamientos en destino, se mejore la disponibilidad de espacios de almacenamiento para bicicletas en origen (reserva de espacio en nuevos edificios de viviendas según el plan general de ordenación urbana).

Por último y de acuerdo con la idea antes expresada acerca de la posibilidad de elegir otro tipo de soportes más costosos económicamente pero con una mejor integración en el paisaje urbano de entornos histórico-monumentales, se incluyen algunos ejemplos de fabricantes-distribuidores de soportes para bicicletas de diseño más elegante.



Elegante soporte para bicicletas, imitando aspecto de hierro forjado. Interesante para cascos históricos.
Modelo 178142 City-Form Taurus
Distribuido por HAGS-SWELEK ESPAÑA S.A.
Dirección postal: C/Can Puigdorffila, 8 - 2º Derecha
07.001 Palma de Mallorca
Teléfono: 971 72 75 05 - Fax: 971 71 92 96
E-mail:hags@juniper.es
Página web: <http://www.hags.com>



Elegante soporte para bicicletas, imitando aspecto de hierro forjado. Interesante para cascos históricos.
Modelo Olympic Pool
Distribuido por MAPROVER S.L.
Dirección postal: Avenida Gaudí, 13, 1º 2
08025 Barcelona
Teléfono: 934 553 043 - Fax: 934 354 569
E-mail: oficina@maprover.com
Página web: <http://www.maprover.com>



Sofisticado e innovador soporte para bicicletas. Interesante para cascos históricos.
Modelo Quixote
Distribuido por Tecnología y Diseño Cabanes
Dirección postal: Avenida de la Ciencia, 7
13.005 Ciudad Real
Teléfono: 926 251 354 - Fax: 926 221 654
E-mail: info@tdcabanes.es
Página web: <http://www.tdcabanes.es>



Sofisticado e innovador soporte para bicicletas. Interesante para zonas urbanas modernas.
Modelo Bicipoda
Distribuido por Diseño Ahorro Energético, S.A.
Dirección postal: Marcel·lí Gené, 16 F
08800 Vilanova i la Geltrú (Barcelona)
Teléfono: 938 933 358 - Fax: no disponible
E-mail: comercial@dae.es
Página web: <http://www.dae.es>



Innovador soporte para bicicletas. Interesante para zonas urbanas modernas.
Modelo Bike Hitch.
Distribuido por Dero Innovative Bike Storage
Dirección postal: 2657 32nd Avenue S
55406 Minneapolis (EEUU)
Teléfono: 1- 888 337 6729
E-mail: sales@dero.com
Página web: <http://www.dero.com>