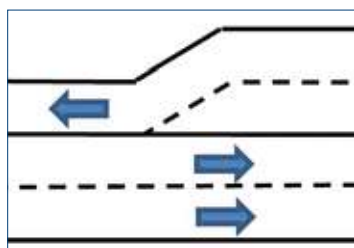


Carreteras de calzada única con carriles adicionales: la ordenación "2 + 1"



Single carriageway roads with additional lanes:
distribution "2 + 1"

Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano
Asociación Técnica de Carreteras

Resumen

En el artículo "Las carreteras a partir de la crisis económica" (RUTAS nº 159, abril-junio 2014) se planteaba la cuestión siguiente: dado que la actual coyuntura económica dificulta o incluso impide que se sigan aplicando los paradigmas hasta ahora vigentes para la construcción de autopistas y autovías de nuevo trazado, ¿qué otras soluciones puede aportar la técnica para seguir mejorando la red de carreteras? En dicho artículo se examinaban las ventajas e inconvenientes de duplicar la calzada como se hizo en el Programa de Autovías del Plan General de Carreteras 1984/1993; y se hacían algunas propuestas sobre la aplicación de la normativa, especialmente la de trazado.

El Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano opina que procede ahora ver qué mejoras substanciales se podrían obtener manteniendo una única calzada en la carretera convencional existente: otro de los paradigmas posibles para los casos en los que la intensidad del tráfico ha aumentado, pero todavía no justifica las calzadas separadas de una autopista o autovía.

PALABRAS CLAVES: diseño geométrico, carril adicional, trazado, carreteras interurbanas, carreteras convencionales.

Abstract

In the article "Roads since the economical crisis" (from RUTAS No. 159, April-June 2014) the following question raised: due to the current economic situation it is still more difficult or even impossible to continue implementing the existing paradigms for the construction of motorways and new designed carriageways, what other solutions can we use to further improve the road network? In that article the advantages and disadvantages of duplicating the roadway were examined as it was done in the Motorway Program from the National Roads Plan 1984/1993; and some proposals were made on the implementation of the legislation, especially the one concerning the design.

The Technical Committee on Interurban Roads and Integrated Interurban Transport thinks that we must now consider the improvements achieved by maintaining a single carriageway on the existing conventional road: this is another possible paradigm for cases where traffic intensity has been increased, but this still does not justify the dual carriageway of a highway or motorway.

KEY WORDS: geometric design, passing lanes, design, interurban roads, conventional roads.

En el mundo se observa una tendencia hacia las carreteras auto-explicativas: se empieza a convenir en que las sanciones no terminan de lograr un comportamiento seguro por parte de los conductores.

Los choques frontales, relacionados con una insuficiente oferta de adelantamiento, entre vehículos que circulan en sentidos opuestos por carreteras convencionales de calzada única representan sólo un 20% de los siniestros con víctimas; pero casi un 40% de los siniestros con víctimas mortales.

La solución más frecuentemente empleada en España para reducir la frecuencia de esos choques, permitir adelantamientos más seguros y mejorar la capacidad es la transformación de la carretera en otra con calzadas separadas; y no se suelen considerar otras ordenaciones del tráfico basadas en que alternativamente se disponga un carril adicional para el adelantamiento en uno de los dos sentidos de circulación¹, manteniendo sólo uno para el sentido contrario. Sin embargo, de esta manera se puede, con coste e impacto ambiental bajos², colmar el hueco que hay, en la oferta de capacidad y adelantamiento, entre una carretera de calzada única y otra con calzadas separadas.

La frecuencia con la que se disponen estos carriles adicionales ha ido aumentando:

- Las primeras realizaciones norteamericanas y luego españolas, a partir de mediados del pasado siglo, consistían en carriles adicionales para circulación lenta (a veces también para circulación rápida), bastante separados y, en general, coincidentes con rampas largas o empinadas. Se han venido utilizando con éxito para una IMD³ entre 4000 y 22 000 vehículos.
- En las más modernas realizaciones europeas, que reciben el nombre de "2 + 1", la alternancia de los carriles adicionales en uno

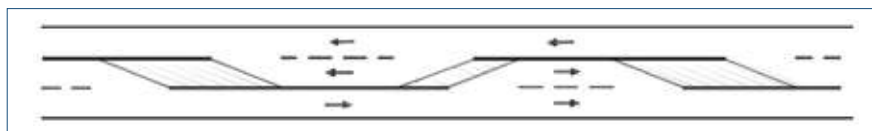


Figura 1. Alternancia de carriles adicionales en uno y otro sentido

y otro sentido es prácticamente continua⁴ (Figura 1). Esta ordenación funciona como un sistema coordinado cuyo objetivo no es ya el de aliviar una situación localizada, sino la mejora de un tramo de cierta longitud⁵. Se aplica a tramos con una IMD mayor³, entre 8000 y 30 000 vehículos.

La decisión de disponer una ordenación del tráfico "2 + 1" se debe fundamentar en un análisis del nivel de servicio, basado en una estimación realista de la evolución de la demanda:

- a) En una red de carreteras convencionales de calzada única con dos carriles, se analizan los tramos⁶ que formen itinerarios y que funcionen por debajo de un cierto nivel de servicio. La Tabla 1 muestra los umbrales de IMD a partir de los cuales se puede justificar una ordenación "2 + 1"; está tomada de un estudio de Mutabazi, Russell y Stokes [9] para el Estado de Kansas (EE.UU.). Su aplicación a las condiciones españolas es dudosa; pero pone de manifiesto que la proporción de vehículos pesados tiene mucha influencia.

- b) Para organizar proyectos concretos se priorizan los tramos identificados en esos itinerarios, según las disponibilidades presupuestarias. Para fijar la configuración de los carriles adicionales de manera que se reduzca al mínimo la proporción de vehículos demorados, se pueden utilizar las indicaciones del estudio citado. Cada vez se utilizan más los programas de micro-simulación del tráfico.

Sin embargo, este tipo de ordenación en las carreteras convencionales de calzada única también presenta algunos inconvenientes:

- No es aplicable en obras de paso de gran longitud que no la puedan alojar, ni en tramos con nu-

meros accesos, ciclistas o peatones en los que resulte muy cara o incluso imposible.

- Donde quede un solo carril, los vehículos que sigan a otro más lento (por ejemplo, a un tractor) quedan atrapados tras él hasta llegar al siguiente tramo con dos carriles.
- Si hay una barrera de seguridad en la mediana, que impida los giros a la izquierda desde la carretera o hacia ella, para acceder a una parcela colindante puede que se tengan que recorrer distancias mayores; los giros se tienen que realizar en las intersecciones.

Configuración

En una ordenación "2 + 1" el carril adicional se suele disponer a la izquierda del carril normal de paso (que se continúa):

- Hacia este último se encauzan los vehículos lentos, por medio de las marcas viales de borde de calzada del tramo de transición.
- Al final del carril adicional para el adelantamiento se han utilizado varias ordenaciones de la circulación para pasar de dos carriles a uno:
 - Una zona de confluencia de anchura variable, sin marcas viales de separación de carriles.

¹ No se trata de disponer un carril adicional sólo en rampas de longitud o inclinación significativas, como se ha hecho desde los años setenta.

² Sobre todo en terrenos llanos u ondulados.

³ Las cifras indicadas son orientativas.

⁴ 1,5 – 2,5 km según las circunstancias locales y, especialmente, la localización de las intersecciones.

⁵ Entre 10 y 75 km.

⁶ Con una longitud orientativa de unos 3 km.

Tabla 1 IMD total mínima en el año horizonte para considerar necesaria una ordenación											
Terreno llano											
% Pesados		10		15		20		30		40	
Nivel de servicio		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Longitud con adelantamiento prohibido (%)	0	3900	6200	3700	5890	3520	5600	3210	5110	2950	4690
	20	3460	5630	3290	5340	3130	5080	2850	4630	2620	4260
	40	3030	5190	2880	4930	2740	4690	2500	4280	2290	3930
	60	2740	4900	2600	4660	2480	4430	2260	4040	2080	3710
	80	2450	4760	2330	4520	2220	4300	2020	3920	1860	3600
	100	2310	4620	2190	4380	2090	4180	1900	3800	1750	3490
Terreno ondulado											
% Pesados		10		15		20		30		40	
Nivel de servicio		B	C	B	C	B	C	B	C	B	C
Longitud con adelantamiento prohibido (%)	0	3000	4850	2630	4240	2340	3770	1910	3090	1620	2610
	20	2660	4500	2320	3940	2070	3500	1690	2870	1430	2430
	40	2190	4040	1920	3540	1710	3140	1400	2570	1180	2180
	60	1960	3690	1720	3230	1530	2870	1250	2350	1060	1990
	80	1730	3460	1520	3030	1350	2690	1100	2210	940	1670
	100	1500	3230	1320	2830	1170	2520	960	2060	810	1740

- Cerrar el carril derecho (el de paso) por medio de marcas viales, obligando a los vehículos lentos que circulan por él a ceder el paso a los más rápidos que vengan por el carril adicional. Aunque se subraye esta obligación mediante señales verticales, la experiencia muestra que los vehículos lentos son reacios a ceder el paso.
- Cerrar el carril izquierdo (el adicional) también por medio de marcas viales, obligando a los vehículos rápidos (más maniobreros) a ceder el paso a los más lentos que vengan por el carril derecho (el de paso), dando por terminada la posibilidad de adelantar. Esta ordenación, idéntica a la de los carriles adicionales para circulación rápida empleados en autopistas y autovías, parece la más ventajosa.

Además del caso de un carril adicional aislado, dispuesto en un solo sentido de circulación para aliviar⁷ un tramo puntual (Figura 2), donde haya una interacción entre carriles adicionales contiguos y correspondientes a sentidos distintos, dichos carriles se pueden disponer con distintas secuencias.

La interacción puede revestir dos formas:

- Si no se permite adelantar en el tramo de carril (único) correspondiente al sentido contrario a aquél para el que se dispone el carril adicional, se reduce el nivel de servicio en aquél.
- La desagregación de las caravanas en un sentido de circulación trae como consecuencia que los vehículos que circulan en el sentido opuesto encuentren menos intervalos entre vehículos que tengan una duración suficiente para completar un adelantamiento; por lo tanto, se agrupan más en caravanas. Pero esto último produce intervalos más largos aprovechables para adelantar por los vehículos que circulan en el sentido primeramente mencionado. De esta manera se crea una diferencia entre ambos sentidos de circulación, que se realimenta a sí misma.

Lo anterior conduce a la consecuencia de que sólo se puede dejar adelantar a los vehículos que circulen por el carril único (invadiendo temporalmente el carril adicional para adelantamiento dispuesto para el sentido contrario) si la IMD es peque-

ña (por ejemplo, < 3000 vehículos). Si fuera suficiente la distancia entre los dos principios (o los dos finales) de los carriles adicionales para ambos sentidos (Figura 3), de manera que cada uno de ellos no tenga influencia sobre el otro⁸, su funcionamiento será parecido al caso anterior; en caso contrario, se parecerá al caso siguiente.

Si dos carriles adicionales en sentidos opuestos se hallan contiguos (Figura 4), serán imposibles los adelantamientos en los tramos de un solo carril si la intensidad de la circulación es alta. Hay investigadores que opinan que la secuencia superior es más eficaz que la inferior, porque la formación de caravanas tiene lugar frente al carril adicional correspondiente al sentido opuesto, seguida de la desagregación de las caravanas: así que al abandonar el carril adicional los vehículos ya no van en caravana. En la secuencia inferior, la desagregación de las caravanas tiene lugar en el carril adicional; pero los vehículos se pueden volver a agrupar frente al carril adicional correspondiente al sentido opuesto. Esto último implica que los vehículos pueden abandonar el tramo provisto de carriles adicionales agrupados en caravanas. Otros investigadores opinan que no hay pruebas suficientes para establecer la superioridad funcional de una secuencia sobre la otra. En cualquier caso, la secuencia inferior es menos favorable desde el punto de vista de la seguridad viaria, puesto que las zonas de convergencia de uno y otro sentido están una frente a otra.

Los argumentos anteriores se basan en carriles adicionales de longitud más bien estricta; puede que mejoraran si se considerase, en vez de la longitud real, la longitud efectiva⁹, es decir: el tramo realmente afectado por la presencia del carril adicional.

La secuencia de ordenación del tráfico "2 + 1" propiamente dicha se representa en la Figura 5. Si la intensidad del tráfico es baja y la visibilidad disponible es suficiente, los con-

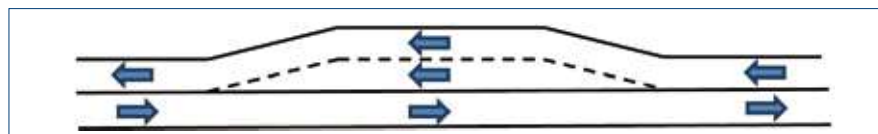


Figura 2. Carril adicional aislado en un solo sentido de circulación para aliviar un tramo puntual

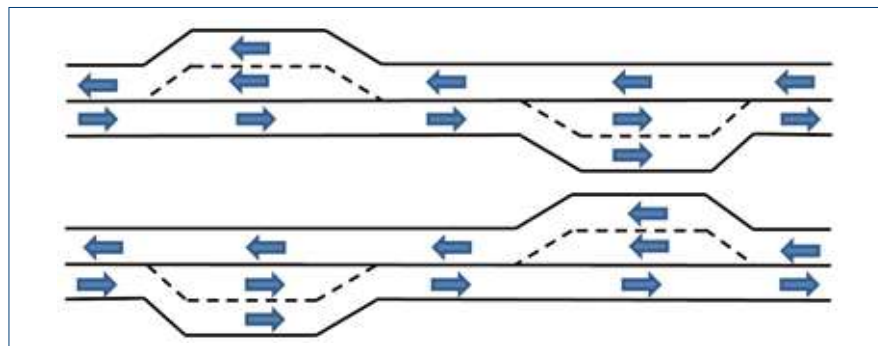


Figura 3. Carriles adicionales para ambos sentidos, cada uno de ellos sin influencia sobre el otro

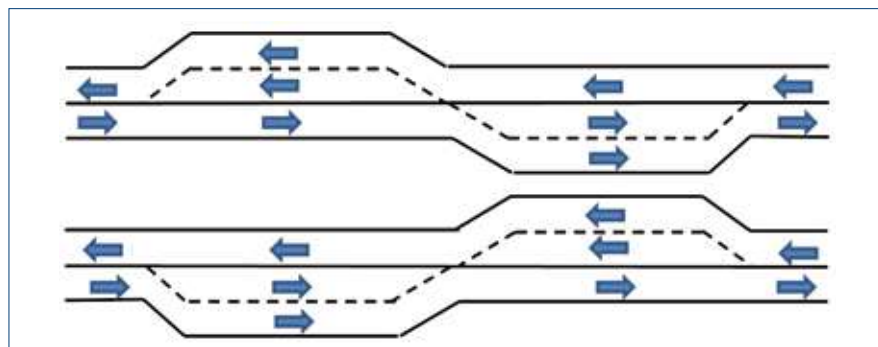


Figura 4. Dos carriles adicionales en sentidos opuestos contiguos

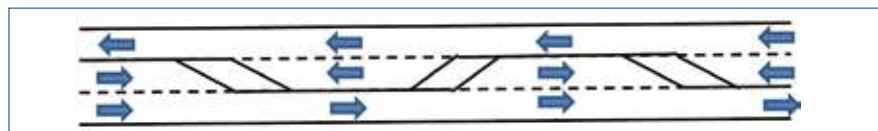


Figura 5. Secuencia de ordenación "2+1" convencional

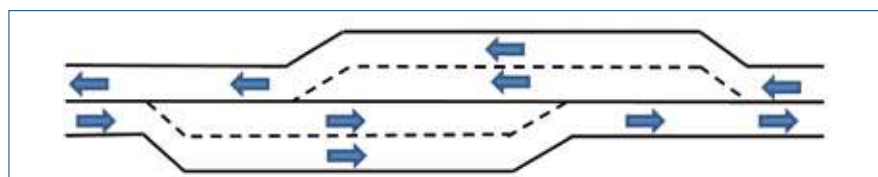


Figura 6. Secuencia de ordenación "2+1" solapada adelantada

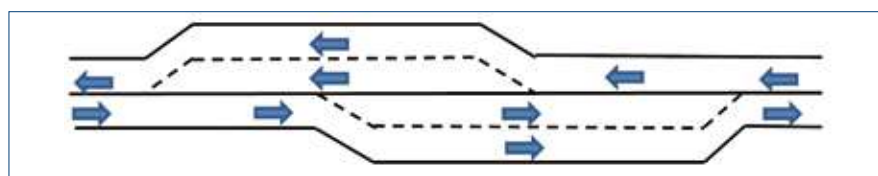


Figura 7. Secuencia de ordenación "2+1" solapada retrasada

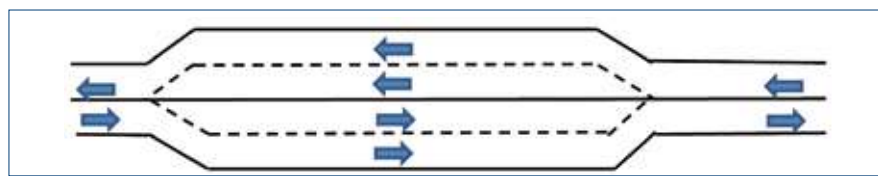


Figura 8. Secuencia de ordenación "2+1" adyacente

ductores que circulan por los tramos con un solo carril, se pueden sentir indebidamente coartados si ese carril es largo y en él está prohibido adelantar¹⁰.

La secuencia de ordenación solapada adelantada de la Figura 6 se puede utilizar en acuerdos verticales convexos en los que hay sendas rampas a la entrada de aquélla.

La secuencia de ordenación solapada retrasada de la Figura 7 se puede utilizar en acuerdos verticales cóncavos en los que hay sendas pendientes a la entrada de aquélla.

Por último, la secuencia adyacente (Figura 8) puede ser conveniente en los casos siguientes:

- Donde se necesiten carriles adicionales para ambos sentidos de circulación.
- Donde la causa principal de no poder adelantar no sea la visibilidad restringida, sino la intensidad de la circulación contraria. En este caso, la ubicación de los carriles adicionales no depende de la visibilidad.
- Donde haya dificultades específicas: falta de terreno, falta de visibilidad al final de un carril adicional, presencia de intersecciones o accesos en correspondencia con éste, etc.

La secuencia adyacente no es conveniente en zonas urbanas ni junto a intersecciones principales.

Capacidad y niveles de servicio

Si la frecuencia de los carriles adicionales para el adelantamiento es baja, la mejora del nivel de servicio suele ser de un escalón, respecto de la carretera convencional de calzada única con dos carriles. Con intensidades medias y altas, una ordenación

⁷ Por ejemplo, en una rampa larga o empinada.

⁸ 150 m para la secuencia superior; 300 a 500 m para la inferior.

⁹ Cf. apartado 3.

¹⁰ Si la intensidad del tráfico fuera baja, no se necesitarían los carriles adicionales.

del tráfico "2 + 1" puede mejorar el nivel de servicio en dos escalones.

Por ejemplo, en condiciones favorables una carretera convencional de calzada única con dos carriles puede funcionar en un nivel de servicio C hasta una intensidad de 1100 veh. lig./h. Si se le añaden carriles adicionales con frecuencia baja, el límite del nivel C se eleva hasta 1370 veh. lig./h; y si la frecuencia es mayor, hasta 1790 veh. lig./h. Una ordenación "2 + 1" puede alcanzar los 2800 veh. lig./h¹¹; y una carretera con calzadas separadas (dos carriles cada una), unos 6000 veh. lig./h. Pero esta última proporciona un significativo exceso de capacidad, para el cual puede que no haya necesidad.

Emplazamiento

En una carretera convencional de calzada única de dos carriles hay circunstancias favorables y desfavorables para disponer carriles adicional para el adelantamiento. Son circunstancias favorables:

- Que el emplazamiento parezca lógico a los conductores, por ejemplo: donde de no disponer un carril adicional, habría un tramo de adelantamiento prohibido.
- En terreno llano, donde la demanda de adelantamiento rebase la oferta.
- Disponer de visibilidad suficiente: mínima de parada al principio del carril adicional, y mínima de decisión al final.
- La posibilidad de aprovechar otros costes de construcción: por ejemplo, que por razones de seguridad se haya decidido mejorar el trazado en planta.
- Una rasante en pendiente, que acentúa las diferencias de velocidad entre un vehículo que adelanta y otro adelantado.
- Los emplazamientos situados más allá de un tramo congestionado, en los que el tráfico se aleja de él.
- Disponer el principio del carril adicional en una curva a izquier-

das, encauzando al tráfico hacia el carril exterior.

Son circunstancias desfavorables:

- Los tramos con estándares estrictos de trazado. Por ejemplo, con curvas de radio reducido donde pueda resultar peligroso adelantar.
- La presencia de intersecciones y accesos que requieran giros a la izquierda con una IMD mayor de 100 vehículos desde la vía prioritaria o hacia ella; especialmente cerca de los extremos del carril adicional.
- La presencia inminente de un tramo con cuatro carriles.
- En terrenos llanos u ondulados, los tramos donde en ambos sentidos de circulación ya haya visibilidad suficiente para adelantar; a no ser que la intensidad de la circulación sea alta y no haya huecos suficientes para completar un adelantamiento.
- Donde resulte difícil o caro ensanchar la plataforma: obras de paso o desagüe, grandes desmontes o terraplenes
- La presencia de curvas en planta o de acuerdos verticales convexos en los extremos del carril adicional.
- Los emplazamientos situados antes de un tramo congestionado, en los que el tráfico se acerca a él.

Longitud

La longitud real de un carril adicional para el adelantamiento no incluye las transiciones en sus extremos.

La longitud efectiva de un carril adicional aislado es la suma de su longitud real y de la distancia (más allá de él) hasta la sección donde el estado de la circulación vuelve a un nivel semejante al inmediatamente anterior al carril adicional. En la Figura 9 se puede observar cómo la presencia de un carril adicional aislado reduce el tiempo perdido en una cola, entre un 10% y un 31%, afectando a una distancia mayor que la longitud de dicho carril. El *Highway Capacity Manual 2010* estima que la mejora está entre el 58% y el 62% del valor del tiempo perdido antes del carril adicional. Lo mismo ocurre con la velocidad media de recorrido: la mejora se estima entre el 8 % y el 11 % de las condiciones antes del carril adicional.

Mediante simulaciones informáticas, Harwood y otros hallaron que:

- La longitud real no debe ser inferior a 0,3 km, para que los vehículos atrapados en una caravana tengan al menos una oportunidad de realizar un adelantamiento.
- Si la longitud real rebasa los 1,6 km, las mejoras de la circulación empiezan a disminuir. Con IMD superiores a 700 vehículos se pueden justificar longitudes superiores.
- La longitud efectiva está comprendida entre 5 km y 13 km, según la longitud real, la intensidad del tráfico, su composición y las posibilidades de adelantamiento más allá del carril adicional.

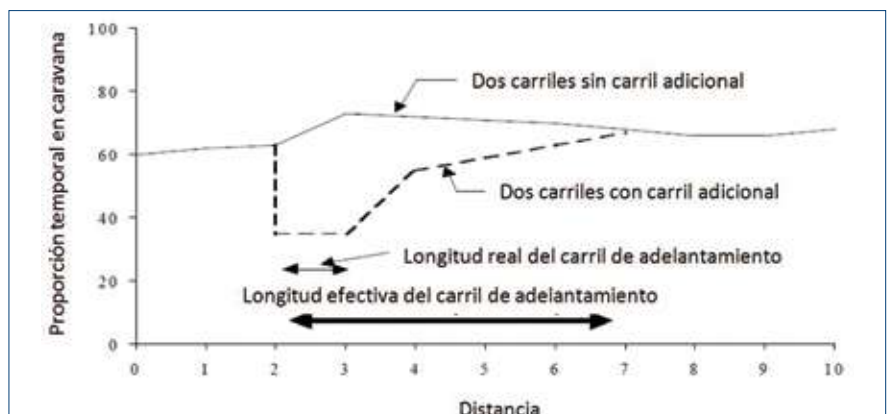


Figura 9. Efecto de un carril adicional en el tiempo perdido en cola

En una ordenación del tráfico "2 + 1" propiamente dicha, la longitud real de los carriles adicionales está comprendida entre 1,0 km y 2,0 km, según el trazado y el emplazamiento de las intersecciones. En la Tabla 2 se consignan la longitud real recomendada de los carriles adicionales con frecuencia baja, y la separación recomendada entre ellos.

Sección transversal

La anchura mínima de la plataforma para que se pueda instalar un carril adicional para el adelantamiento es de 12,20 m.

En los tramos con dos carriles, la anchura de cada carril se reduce de la estándar (3,50 m) a 3,25 m; en cambio, en los tramos con un solo carril, se aumenta (a 3,75 m) si la IMD es inferior a 3000 vehículos, para facilitar el adelantamiento de vehículos aislados.

Las transiciones de los extremos del carril adicional son lineales, y su longitud ha de ser tanto mayor cuanto mayor sea la IMD.

- En la transición de entrada, la co-tangente del ángulo que forma el borde del carril con el eje no debe ser mayor de 25.
- En la transición de salida, la co-tangente del ángulo que forma el borde del carril con el eje no debe ser menor de 50 - 60; se recomienda que la isleta central obtenida a continuación, que es de anchura uniforme y va cebrada, tenga una longitud mínima de 100 m.

No es necesario que haya bombeo en las alineaciones rectas.

La anchura de los arcenes exteriores no tendría por qué diferir de la empleada en los tramos adyacentes¹² (con sólo dos carriles); pero se puede reducir hasta un mínimo de 0,75 m, si de ello se derivara un ahorro sustancial. En los tramos con un solo carril, para que no queden taponados por un vehículo averiado, hay que disponer una zona despejada (arcén + berma afirmada) cuya anchura mínima sea de 1,75 m. De esta manera, esa parte de la plataforma tendrá una anchura mínima de 5,75 m, suficiente para que pasen dos camiones; por lo que la avería de un vehículo en ella no resultará problemática. En ordenaciones provisionales de larga duración, se puede establecer un carril a contramano en la parte contigua (la de dos carriles).

El pavimento de la mediana o zona comprendida entre los sentidos de circulación es una prolongación de las dos partes de la plataforma a las que separa. Su anchura es de 1,25 m y en ella no se diferencian arcenes. Su interior va cebrado.

Señalización

La seguridad y la comodidad de los carriles adicionales para el adelantamiento se reducirían si no estuvieran correctamente señalizados: en especial, su presencia y su final deben ser avisados con antelación por la señalización vertical; y unas marcas viales de borde de calzada y, en su caso, de separación de carriles reducirán la probabilidad de que un conductor intente circular por un carril reservado al sentido contrario.

- Al principio de un carril adicional, se dispondrá una señal del tipo S-50d (velocidad mínima 70 km/h) en la margen derecha de la plataforma, con un cajetín del tipo S-800 que indique la longitud del carril adicional; y se complementará con una señal del tipo R-502, montada sobre el mismo poste
- Antes de la última sección en la que el carril adicional tiene su anchura completa, se dispondrán en ambas márgenes señales de preaviso del tipo S-52b, una a 400 m y otra a 200 m, con cajetines del tipo S-800 que indiquen esas distancias; a partir de la señal de preaviso a 200 m, se dispondrán sobre el pavimento tres marcas viales de fin de carril, uniformemente espaciadas.

Si la distancia al siguiente carril adicional fuera inferior a 20 km, se recomienda complementar la señalización vertical de aviso previo con un cartel situado a 3 km antes del carril adicional: más de la mitad de los conductores decidirá esperar a adelantar. Además, este aviso previo informa a los conductores de la naturaleza reiterativa de esta ordenación del tráfico.

Intersecciones

Ante todo, hay que recordar que, en las carreteras convencionales de calzada única, la normativa española prohíbe cruzar un carril a partir de una IMD de 5000 vehículos

Los carriles adicionales de baja frecuencia pueden funcionar con seguridad aunque haya algunos accesos e intersecciones de poca importancia, siempre que:

- ¹¹ Siempre que la demanda en el sentido en el que sólo hay un carril no exceda de la capacidad, que es del orden de 1200 - 1650 veh. lig./h.
- ¹² Al final del carril adicional, disponer de un amplio arcén pavimentado proporciona una reserva de espacio para los casos de conflicto en la convergencia.

Tabla 2. Recomendaciones de longitud real y separación de carriles adicionales con frecuencia baja. FUENTE: Roadway Design Manual. Texas Department of Transportation, Austin, oct. 2006. <ftp://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/gsd/manuals/rdw.pdf>

Máxima IMD (veh.)		Longitud real recomendada (km)	Separación recomendada (km)
Terreno llano	Terreno ondulado		
< 1950	< 1650	1,3 - 1,8	14 - 18
2800	2350	1,3 - 1,8	6 - 8
3150	2650	1,9 - 2,4	6 - 7
3550	3000	2,4 - 3,2	5,5 - 6,5

- La IMD de la vía no prioritaria no rebase los 100 vehículos.
- La presencia del acceso o intersección sea destacada.
- Los giros a la izquierda desde la vía prioritaria se resuelvan preferentemente mediante vías de giro semidirectas ("cayados").

Las intersecciones importantes deben situarse en las zonas situadas entre carriles adicionales para sentidos opuestos, y deben estar dotadas de carriles centrales de espera para los giros a la izquierda; al acercarse a ellas se recomienda limitar la velocidad a 70 km/h.

Sistemas de contención de vehículos

La experiencia sueca muestra que, si en el centro de la mediana se dispone una barrera doble de seguridad¹³ con un nivel de contención no inferior al N2 y una anchura de trabajo no superior a W5¹⁴, la siniestralidad se puede reducir entre un 40% y un 55% (víctimas mortales y heridos graves); pero aumentan ligeramente los siniestros con heridos leves o sin víctimas. Además, se impide que se realicen adelantamientos en los tramos de un solo carril. Los conductores no suelen estar acostumbrados a que haya barreras de seguridad en el medio de una carretera convencional de calzada única; así que deben adaptarse a esta nueva situación, y es necesario explicar claramente al público cómo funciona este nuevo tipo de carretera.

Una mediana que no lleve barreras sólo alcanza una reducción de un 25% de la siniestralidad.

11. Seguridad vial

Una investigación reciente desarrollada en Texas [1], empleando el método empírico de Bayes para el análisis de cinco corredores con esta tipología (allí denominada Super 2), encontró una reducción estadísticamente significativa del 35% de los ac-

cidentes con víctimas en los tramos, al comparar con los accidentes esperados sin carriles adicionales para el adelantamiento. La reducción de la siniestralidad fue del 42% al considerar todos los accidentes, tanto en los tramos como en las intersecciones.

Hasta ahora sólo habían sido posibles las investigaciones con metodología de análisis transversal, al no disponer de suficientes años con datos de siniestralidad tras la ejecución de las actuaciones evaluadas [9], por lo que los resultados eran poco concluyentes.

Referencias

- [1] BREWER, MARCUS A., VENGLAR, STEVEN P., FITZPATRICK KAY, LIANG DING, AND BYUNG-JUNG PARK (2012). "Super 2 Highways in Texas: Operational and Safety Characteristics". Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2301, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 46–54. DOI: 10.3141/2301-06
- [2] CAMERON, L.J., CENEK, P.D. & WANTY, D.K. (2008). "Passing & Overtaking on New Zealand Two-Lane State Highways: Policy to Practice". 23rd ARRB Conference Research Partnering with Practitioners, Adelaide, Australia.
- [3] CAMPBELL, J.L., RICHARD, C.M., BROWN, J.L., LICHTY, M.G., GRAHAM, J. & O'LAUGHLIN, M. (2010). "Human Factors Guidelines for Road Systems". Collection C: Chapters 16, 17, 18, 19, 20, 22 (Tutorials 4, 5, 6), 23 (Updated), 24, 25, 26 (Updated). NCHRP Report 600C.
- [4] DERR, B.R (2003). "Application of European 2+1 Roadway Designs". NCHRP Research Results Digest No. 275, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- [5] HARWOOD, D. W. & C. J. HOBAN (1987). "Low-Cost Methods for Improving Traffic Operations on Two-Lane Roads". Report No.

- FHWA-IP-87-2, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- [6] HARWOOD, D.W., HOBAN, C.J. & WARREN, D.L. (1988). "Effective Use of Passing Lanes on Two-Lane Highways". Transportation Research Record, 1195, 79-91.
- [7] MORRALL, J.F. & L. BLIGHT (1984). "Evaluation of Test Passing Lanes on the Trans-Canada Highway in Banff National Park". Proceedings of International Transport Congress, Roads and Transportation Association of Canada. Vol. 5, Montreal, 23-27 september 1984, pp B63-B93.
- [8] MUTABAZI, M.I., RUSSELL, E.R. & STOKES, R.W. (1998). "Drivers' Attitudes, Understanding and Acceptance of Passing Lanes in Kansas". Transportation Research Record, 1628, pp. 25-33.
- [9] MUTABAZI, M.I., RUSSELL, E.R. & STOKES, R.W. (1999). "Review of the Effectiveness, Location, Design and Safety of Passing Lanes in Kansas". Report No. K-TRAN: KSU-97-1, Kansas State University, Manhattan, Kansas, EE.UU.
- [10] POTTS, I.B. & HARWOOD, D.W. (2004). "Benefits and Design/Location Criteria for Passing Lanes". Jefferson: Missouri Department of Transportation.
- [11] RINDE, E.A. (1977). "Accident Rates vs. Shoulder Width: Two-Lane Roads, Two-Lane Roads with Passing Lanes (CA-DOT-TR-3147-1-77-01)". Sacramento: California Department of Transportation.
- [12] WOOLDRIDGE, M.D., MESSER, C.J., HEARD, B.D., RAGHUPATHY, S., PARHAM, A.H., BREWER, M.A. & LEE, S. (2001). "Design Guidelines for Passing Lanes on Two-Lane Roadways (Super 2) (FHWA/TX-02/4064-1, TTI: 0-4064)". College Station: Texas Transportation Institute. ❖

¹³ Típicamente de cables. Este tipo de barrera no parece compatible con un tráfico significativo de motociclistas.

¹⁴ Según la Norma UNE-EN 1317.