

**EXPERIENCIA ESPAÑOLA EN CARRILES DE ALTA
OCUPACIÓN. LA CALZADA BUS/VAO EN LA N-VI:
BALANCE DE UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO**

JULIO POZUETA ECHAVARRI

Abril 1997

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA

| | |
|----------------------------|---|
| Dirección | José Fariña Tojo |
| Coordinación de producción | Ester Higuera García |
| Reedición a cargo de | Mónica Fernández Ferreras |
| Diseño y diagramación | Miguel Ángel Prieto Miñano |
| Selección de trabajos | Comisión de Investigación del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETSAM (DUyOT) |
| Edición | Instituto Juan de Herrera (I.J.H.) |
| Redacción y distribución | Sección de Urbanismo del Instituto Juan de Herrera (SpyOT) Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Avenida Juan de Herrera, nº 4 28040 Madrid |

© **COPYRIGHT 1996**

JULIO POZUETA ECHAVARRI

Depósito Legal:

I.S.B.N.: 84-87130-46-1

1ª edición 2ª impresión enero del 2.001

Edita: Instituto Juan de Herrera

Xerocopiado y Encuadernado: **FASTER**, San Francisco De Sales 1, Madrid

ÍNDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Las infraestructuras de alta ocupación | 5 |
| 1.1 | El concepto de alta ocupación | 5 |
| 1.2 | Las infraestructuras de alta ocupación | 6 |
| 1.3 | Tipos de carriles de alta ocupación | 7 |
| 1.4 | Condiciones de implantación | 11 |
| 2 | La experiencia española, el sistema BUS/VAO en la CN-VI | 13 |
| 2.1 | Origen del proyecto | 13 |
| 2.2 | El corredor de la N-VI | 14 |
| 2.3 | El sistema de alta ocupación en la CN-VI | 20 |
| 3 | El proceso de implantación del sistema | 23 |
| 3.1 | Instituciones implicadas | 23 |
| 3.2 | La coordinación institucional | 24 |
| 3.3 | La información y promoción del sistema | 27 |
| 3.4 | Programas de seguimiento, evaluación e incidencias | 30 |
| 4 | Balance de un año de funcionamiento de la calzada BUS/VAO | 31 |
| 4.1 | Movimiento de vehículos | 31 |
| 4.2 | Movimiento de personas | 33 |
| 4.3 | Comparación de tiempos de recorrido | 34 |
| 4.4 | Ocupación de vehículos | 37 |
| 4.5 | Tasa de infracción y de denuncias | 38 |
| 5 | Conclusiones | 44 |
| | Referencias bibliográficas | 43 |

RESUMEN Desde la construcción del primero, en 1969, en la mediana de la autopista I-395, en USA, los carriles de autopista reservados para la circulación de vehículos con un número mínimo de ocupantes se han convertido en una de las experiencias más sugestivas dentro del panorama de renovación de las infraestructuras del automóvil. A pesar de su gran desarrollo en Norteamérica, sin embargo, su eficacia no se considera confirmada definitivamente. Su llegada a Europa, 25 años después, a través de las experiencias de Amsterdam y Madrid parece corroborar el interés de técnicos y políticos por explorar formas de lucha contra la congestión que no impliquen la construcción de nuevas autopistas en áreas urbanizadas. Tras un año de funcionamiento, la experiencia de la calzada BUS/Vehículo de Alta Ocupación en la carretera N-VI, en Madrid, parece demostrar la eficacia de estas infraestructuras a este lado del Atlántico y la receptividad de la población a medios de transporte que implican una participación activa de los ciudadanos.

ABSTRACT *Since the opening in 1969 of two reversible high-occupancy vehicle lanes in the center of the I-395, near Washington D.C., these facilities have become one of the most suggestive transportation tools in metropolitan areas. However, in spite of its great development in North America, the efficacy of high occupancy vehicle lanes is still contested. Its introduction in Europe, 25 years later, through the experiences of Amsterdam and Madrid, seems to justify the interest of technicians and public administrators in exploring new ways of fighting traffic congestion increasing the capacity of urban freeways in terms of persons moved. Particularly, after a year of operation of two reversible high-occupancy vehicle lanes in the median of Madrid N-VI, its great performance figures and people receptivity to them could be considered a new demonstration of its efficiency for some suburban corridors.*

1 LAS INFRAESTRUCTURAS DE ALTA OCUPACIÓN

1.1 El concepto de alta ocupación

El término moderno de “alta ocupación” se aplica a aquellos vehículos que transportan un número mínimo de ocupantes, en general, superior a la media habitual en las horas punta de las áreas metropolitanas.

Se trata, por tanto, de un concepto que encuentra su significado y razón de ser en relación a los bajos índices de ocupación, que caracterizan el tráfico de las horas punta, en la mayoría de las grandes ciudades, y se inscribe en una línea novedosa de aproximación a la resolución de los problemas de la congestión circulatoria.

En efecto, en los estudios sobre la congestión en las horas punta de las grandes ciudades una característica del tráfico ha llamado desde antiguo la atención de los expertos: la baja ocupación de los automóviles y, en concreto, el hecho de que en su gran mayoría van ocupados por una sola persona, el conductor. Índices medios de ocupación de los vehículos inferiores a 1,3 son habituales en la mayoría de los países desarrollados durante las horas punta y la tendencia es a su progresiva reducción. Entre 1,15 y 1,25 se sitúan, en la actualidad, los índices de la gran mayoría de las grandes ciudades norteamericanas (TURNBULL, 1994).

La conciencia cada vez más extendida entre técnicos y políticos de que, hoy día, es ya imposible, por sus costos económicos y ambientales, responder a la demanda de movilidad mediante la construcción o ampliación de las redes de autovías y autopistas en las áreas metropolitanas, hace que el tema de la baja ocupación de los vehículos adquiera una significación especial.

Y, en efecto, la mejora de las condiciones de circulación que proporcionaría un aumento de la ocupación de los vehículos es, sin duda, la razón de la actualidad y vigencia del concepto de “alta ocupación”. De hecho, la rentabilidad de promover una mayor ocupación de los vehículos en circulación puede ser muy alta. Baste pensar que, mientras por un carril convencional de autopista americano circulan en hora punta un máximo en torno a las 2.200 personas (1.700 vehículos con un índice medio de ocupación de 1,25), una elevación de la ocupación media a dos, le dotaría de una capacidad de 3.400 personas y, una ocupación de tres, supondría una capacidad de 5.100. O, planteado en términos inversos, un aumento del índice de ocupación a dos, reduciría de 1.700 a 1.100 el número de vehículos en circulación, para idéntico movimiento de personas, y su elevación a tres lo haría descender a 740, con los positivos efectos sobre la congestión que de ello se derivarían.

De ahí que, en las últimas décadas, la promoción de la alta ocupación constituya uno de los instrumentos en alza para afrontar la recurrente congestión de carreteras y autopistas durante las horas y períodos punta.

Pero, además de ese objetivo funcional, la promoción de una mayor ocupación de los vehículos se inscribe, también, en el marco de las políticas que tratan de reducir el consumo energético y los impactos ambientales, asociados a la circulación automóvil.

6 *Experiencia española en carriles de alta ocupación. La calzada BUS/VAO. Julio Pozueta Echavarri*

En efecto, a nadie se le escapa que transportar el mismo número de personas con un número menor de vehículos, supone reducir la cantidad de estos en circulación y, en consecuencia, reducir proporcionalmente el gasto energético y la contaminación producida.

La promoción de la alta ocupación no es por tanto únicamente una forma de lucha contra la congestión circulatoria. Es, simultáneamente, un medio para reducir los impactos negativos del tráfico y contribuir a la conservación de los recursos energéticos y la calidad ambiental.

De hecho, las primeras experiencias de promoción de vehículos compartidos, tuvieron como objetivo reducir el consumo de combustibles en los Estados Unidos, durante la segunda guerra mundial (KENDALL, 1975).

No obstante, es el recuerdo de la crisis del petróleo, los niveles de congestión que alcanzan las autopistas metropolitanas en gran parte del país y la conciencia de que esta situación es irresoluble sin una mejor utilización de las vías existentes las causas principales de que la promoción de vehículos compartidos, la promoción de la alta ocupación, se haya desarrollado de una forma continua y permanente en Estados Unidos, y más recientemente en Europa, en los últimos 20 años.

En esa línea, la promoción de la alta ocupación ha adquirido formas e incentivos muy diversos, desde la gestión preferencial del estacionamiento para vehículos altamente ocupados, a la construcción de carriles de alta ocupación, pasando por la creación de agencias que tienen como objetivo facilitar compañeros de viaje a los conductores solitarios, etc.

1.2 Las infraestructuras de alta ocupación

En general, se entiende por infraestructuras de alta ocupación aquellos tramos o carriles de carreteras autopistas, cuyo uso se reserva, periódica o permanentemente, para vehículos de alta ocupación, es decir, para vehículos con un número mínimo de ocupantes.

La decisión sobre el tipo de vehículos permitidos en estas infraestructuras y, por tanto, la definición de lo que se entiende por vehículo de alta ocupación varía de unas experiencias a otras. En algunas de ellas, sólo se permite circular a autobuses y funcionan como los carriles-bus europeos. En otras, la admisión se amplía a minibuses o furgonetas ("van pool"), normalmente con un número de viajeros entre 7 y 15. Finalmente, en la mayoría, se admiten vehículos particulares con un número mínimo de ocupantes, que suele oscilar entre 2 y 3.¹

Las infraestructuras de alta ocupación tienen como finalidad inmediata el aumento del volumen de personas que puede desplazarse por una sección de autopista, hecho que puede

¹ En Norteamérica, 9 infraestructuras de este tipo funcionan exclusivamente para autobuses, 10 admiten vehículos particulares con 3 o más ocupantes (3+) y 61 admiten vehículos con 2 o más (2+) ocupantes (DOT, 1994). En Europa, la experiencia de Amsterdam se inició con un requerimiento de ocupación de 3, mientras en la CN-VI de Madrid, se exige únicamente 2.

contribuir a otras finalidades, como la reducción de la congestión, la disminución del volumen de vehículos en circulación, el descenso del consumo de combustible y de la emisión de contaminantes, etc.

Los carriles y, en general, las infraestructuras para vehículos de alta ocupación constituyen un instrumento cada día más utilizados en Estados Unidos y Canadá para aumentar la capacidad en viajeros de las autopistas en las áreas metropolitanas.

Su desarrollo ha sido espectacular en las dos últimas décadas. La primera experiencia, la construcción de dos carriles de alta ocupación reversibles en la mediana de la I-395 en Northern Virginia, data de 1969. En 1985, 16 años después, funcionaban ya 20 infraestructuras de este tipo, en 12 áreas metropolitanas de Estados Unidos y Canadá, con una longitud total de 180 millas. En 1989, se contabilizan 40 infraestructuras de este tipo, en 20 áreas metropolitanas, con más de 332 millas de longitud. (TURNBULL, 1990)

En el último censo global, realizado en 1994, figuran un total de 78 experiencias en marcha en Estados Unidos y Canadá, que suman más de 1.100 millas de carril reservado para vehículos de alta ocupación, es decir, más de 1.800 kilómetros. (DOT, 1994) En el mismo documento, se contabilizan 94 nuevos proyectos, en diversas fases de elaboración, que totalizan más de 2.000 millas de carriles reservados, es decir, más de 3.500 nuevos kilómetros.

A éstas, habrían de añadirse las dos europeas: el carril reversible de 10 kilómetros de longitud construido en la A-1 de Amsterdam² y la calzada bus/vehículo de alta ocupación de 12 Km de longitud, más un carril-bus de 4 Km, construida en el centro de la CN-VI, en Madrid.

1.3 Tipos de carriles de alta ocupación

En su corta historia, los carriles de alta ocupación han conocido una cierta diversificación, de forma que, en la actualidad, existen al menos 4 tipos bien definidos:

- Los establecidos sobre infraestructuras específicas.
- Los establecidos sobre autopistas, pero separados físicamente de los carriles de tráfico general. Pueden funcionar de forma reversible, según el tráfico mayoritario.
- Los establecidos sobre autopistas, simplemente reservando un carril, normalmente el izquierdo, para vehículos de alta ocupación, circulando en el mismo sentido que el resto de los carriles.

² El carril de alta ocupación de Amsterdam, que funcionaba como tal únicamente por las mañanas en sentido Amsterdam, fue inaugurado en Octubre de 1993 para vehículos con 3 o más ocupantes, pero se abrió a todos los vehículos diez meses más tarde, como consecuencia de una reclamación legal aceptada por un juez, que exigía ciertos procedimientos jurídicos para su puesta en marcha. En sus pocos meses de funcionamiento había conseguido los objetivos previstos y la ganancia de tiempo alcanzaba los 15 minutos en hora punta.

8 *Experiencia española en carriles de alta ocupación. La calzada BUS/VAO. Julio Pozueta Echavarri*

- Los establecidos sobre autopistas, contiguos al resto de los carriles, pero circulando en sentido inverso.

Los primeros constituyen verdaderos sistemas de transporte en sitio propio y se desarrollan sobre infraestructuras físicas adaptadas expresamente para ese uso. No constituyen, por tanto, un simple método de gestión más eficaz de una autopista, sino que implican la construcción de nuevos elementos viarios con sus correspondientes accesos, estaciones, etc.

Normalmente, **los carriles de alta ocupación establecidos en sitio propio** suelen reservarse exclusivamente para autobuses y llegan a volúmenes de circulación de personas elevados. Así, por ejemplo, en el Ottawa Southeast Transitway, un solo carril para uso exclusivo de autobuses alcanza los 8.100 pasajeros/hora y el East Patway de Pittsburg, cuya capacidad está limitada por alguna intersección semaforizada, 4.200 pasajeros/hora.(ITE 1988)

Los segundos son **carriles de alta ocupación establecidos en una autopista, pero separados del tráfico general por una barrera** física (normalmente del tipo New Jersey) o un amplio arcén, especialmente señalizado. El acceso a este tipo de carriles se hace en sitios específicos y puede realizarse mediante rampas especiales o directamente desde los carriles de tráfico general.

Los carriles de alta ocupación situados sobre autopistas pero con alguna forma de separación del resto de los carriles pueden utilizarse permanentemente en dos sentidos, en un solo sentido o pueden operar de forma alternativa, en las horas punta de la mañana, por ejemplo, en dirección al centro urbano y, en las horas punta de la tarde, en el sentido inverso.

Este tipo de carriles alcanza, también, altas capacidades. Así, el existente en la Katy Freeway de Houston (Texas), que consiste en un solo carril reversible, separado por barreras, situado en la mediana de la autopista y reservado a autobuses y vehículo de alta ocupación con 3 o más viajeros, alcanza un volumen de 4.400 pasajeros en la hora punta de la mañana. Por su parte, el de San Bernardino (Los Angeles, California), de similares características llega a superar los 7.000 pasajeros en hora punta (INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, 1988), tres veces y media la capacidad de un carril normal.

Los carriles de alta ocupación establecidos en sitio propio o separados del resto mediante barreras implican mayor ocupación de suelo y altos costos de construcción. Son, por ello, costosos inicialmente, pero son fáciles de vigilar y resultan de una gran eficacia

Los terceros, **carriles de una autopista reservados para uso de vehículos de alta ocupación**, consisten en reservar uno de los carriles, generalmente el situado más a la izquierda, aunque en algunas ocasiones se haya hecho de forma provisional a la derecha de los existentes aprovechando el arcén, para vehículos de alta ocupación. Para ello basta con señalarlos de forma que los conductores puedan identificarlos. Normalmente, la señalización consiste en marcas especiales en el pavimento (se ha ido generalizando el uso de la figura del rombo como símbolo de alta ocupación), en informaciones escritas en el suelo ("carpool lane" "commuter lane") o en carteles, donde se precisa el horario de funcionamiento y el número de ocupantes exigido por vehículo.



Estación de intercambio en el Southeast Transitway de Ottawa



El Southeast Transitway, Ottawa

Menos costosos inicialmente que los anteriores, cuando se establecen sobre un carril existente, este tipo de carriles pueden implementarse con mayor rapidez. Cuando se realizan añadiendo un carril a una autopista existente, resultan más costosos y, aunque pueden tener problemas importantes de vigilancia y cumplimiento, son bien aceptados por los conductores americanos. Este tipo de carriles han logrado altos volúmenes de tráfico en número de personas transportadas y reducciones significativas en la duración del viaje con relación a los carriles de tráfico convencional³.

Finalmente, *los carriles de alta ocupación que funcionan a contracorriente* del tráfico consisten, generalmente, en la reserva del carril izquierdo del sentido de menor tráfico para circulación en el sentido del tráfico mayoritario.

Este tipo de carriles de alta ocupación sólo pueden emplearse en aquellas autopistas que sufren regulares desequilibrios en los volúmenes de tráfico que circula en cada sentido y su funcionamiento se reduce a dichas horas.

Los carriles de alta ocupación a contracorriente exigen una especial consideración de los aspectos de seguridad, por lo que normalmente se señalizan con conos u otros elementos físicos y se reservan para vehículos con conductores profesionales o especiales (autobuses o vehículos de alta ocupación conducidos por personas con permisos especiales para utilizar el carril).

Los carriles de alta ocupación a contracorriente pueden implementarse con rapidez, pero implican mayores gastos de operación que los anteriores, al precisar la puesta y retirada diaria de la señalización. Este tipo de carriles ostenta el récord de movimiento de viajeros en hora punta, con los 34.685 alcanzados en el existente en la Rt 495 de New York⁴, a su llegada al Lincoln Tunnel, reservado exclusivamente a autobuses durante cuatro horas al día. (TURNBULL, 1990)

³ La dedicación de carriles de tráfico general para uso de vehículos de alta ocupación durante ciertas horas ha encontrado en algunos casos cierta oposición entre los conductores del corredor. No obstante, esto ha sucedido en casos como el de la autopista de Santa Mónica, en Los Angeles (California), donde la implantación en 1976 de un requerimiento de alta ocupación sobre un carril ya existente, el primero de estas características en USA y probablemente en el mundo, supuso un empeoramiento de las condiciones de circulación en los carriles de tráfico general. Ello unido a que el volumen circulatorio en el carril de alta ocupación era bajo, por lo que este era percibido como infrutilizado por los conductores de los otros carriles, hizo notablemente impopular su mantenimiento. La experiencia en otras autopistas donde no se dieron estas circunstancias y el carril era realmente operativo ha sido, sin embargo, positiva. En el caso de Los Angeles, el carril hubo de ser cerrado a las 21 semanas de su apertura, tras un proceso legal interpuesto en su contra por un comité de ciudadanos, aún cuando, para esas fechas, el carril en cuestión movía ya más personas que antes de su transformación (FUHS, 1990).

⁴ El impresionante número de pasajeros movidos por el carril-bus a contracorriente en la I-495 no debe inducir a la conclusión de que este tipo de carriles son los que ofrecen mayores rendimientos en capacidad. El elevado número de autobuses que circulan por dicha autopista, que conecta New Jersey con Manhattan, y sus altos índices de ocupación, 725 autobuses por hora con una media de 47 pasajeros cada uno, explican unas cifras, que serían probablemente imposibles de conseguir en otras ciudades, al no existir una demanda semejante.

CLASIFICACIÓN DE LOS CARRILES DE ALTA OCUPACIÓN AMERICANOS (1994)

| TIPO | Nº | LONGITUD* | % |
|------------------------|-----------|---------------|--------------|
| En sitio propio | 6 | 74,9 | 4,1 |
| Separados por barreras | 17 | 321,1 | 17,7 |
| Dos sentidos | (5) | (77,1) | (4,2) |
| Reversibles | (12) | (244,0) | (13,5) |
| Sin separación | 48 | 1.375,0 | 75,8 |
| A contracorriente | 7 | 43,0 | 2,4 |
| TOTAL | 78 | 1814,0 | 100,0 |

Fuente: DOT, 1994

* En Kms de carril

Como se ve en el cuadro adjunto, del conjunto de los existentes en Norteamérica, algo más del 4% de la longitud total de carril lo es en sitio propio, el 17,7% están construidos dentro de una autopista, pero separados del resto mediante barreras o arcones, más del 75% ocupan un carril de autopista sin separación especial y el 2,4% de la longitud total son carriles a contracorriente.

Los dos carriles de alta ocupación construidos en Europa, el de Amsterdam y el de Madrid, se implantaron en el centro de una autopista existente, separados del resto de carriles por barreras de hormigón y funcionan de forma reversible, por la mañana, en dirección al centro urbano y, por la tarde, en sentido inverso⁵.

Aunque todavía no hay estudios suficientes para llegar a conclusiones totalmente definitivas al respecto, la opinión más generalizada es que los carriles de alta ocupación, en situaciones adecuadas para ello, constituyen la forma más económica de conseguir aumentos de capacidad en autopistas, medida en desplazamiento de personas y no de automóviles, y que, por regla general, consiguen mejorar la velocidad y los niveles de servicio. No obstante, son necesarios todavía estudios más profundos para resolver cuestiones pendientes en torno al diseño, la vigilancia, las instalaciones de apoyo o la evaluación de los carriles de alta ocupación. (FUHS, 1991; TURNBULL, 1990; ITE, 1986).

⁵ El carril construido en el centro de la A-1 de Amsterdam está compuesto de dos secciones. La primera, de tres kilómetros, está separada de las convencionales por pinturas en el pavimento, mientras, la segunda, de siete, lo está por barreras de hormigón. El conjunto del carril funcionaba en alta ocupación, 3 o más ocupantes, únicamente por las mañanas, de 5,30 a 10 h, en sentido Amsterdam. Por la tarde, funcionaba en sentido salida, pero el acceso era libre para todo tipo de vehículos.

1.4 Condiciones de implantación

Los carriles de alta ocupación resultan eficaces allí, donde se dan las condiciones necesarias para que puedan cumplir sus objetivos: aumento de la capacidad de la autopista, reducciones en los tiempos globales de recorrido, disminución del número de vehículos y de la contaminación debida a la circulación, etc.

No en todas las autopistas se dan, sin embargo, estas condiciones y, en esos casos, el esfuerzo que requiere la planificación, diseño, promoción y puesta en marcha de un carril de alta ocupación puede resultar valdío.

En los 37 años de experiencia americana en proyecto y gestión de carriles de alta ocupación, se han ido elaborando diversos métodos de evaluación de la idoneidad del sistema para mejorar la situación de un determinado corredor.

Normalmente, los más usuales proceden por aproximaciones sucesivas, es decir, analizando datos cada vez más detallados y precisos de los corredores candidatos, que van pasando los diversos niveles de análisis.

Una relación de las condiciones que deben cumplirse en los corredores candidatos a la implantación de un carril de alta ocupación sería, en una primera aproximación, la siguiente⁶:

- Corredores radiales, con puntas agudas, en aglomeraciones de más de un millón de habitantes, con fuerte concentración de empleo en un extremo.
- Existencia o previsión de congestión severa y recurrente⁷.
- Previsión de una ganancia de tiempo en el carril de alta ocupación, en relación a los de tráfico regular, de un minuto por milla (en torno a 40 segundos por kilómetro) y de un ahorro global mínimo de 5.
- Ahorros globales de tiempo en el carril de alta ocupación superiores, en su caso, a los retrasos ocasionados fuera del mismo.

⁶ Prácticamente todas las instituciones con incidencia en el campo han publicado las suyas y numerosos expertos también. Los más completos de estos análisis pueden encontrarse en: AASHTO 1983, MOUNCE 1985, ITE 1986, NEWMAN 1987, NUWORSOO 1988, SCAPINAKIS 1989, FUHS 1990, CALTRANS 1991. En la actualidad, el Department of Transportation (FHWA) está elaborando otra nueva guía, cuya redacción se inició en la Conferencia Internacional sobre este tipo de infraestructuras, mantenida en Pittsburg en agosto de 1996.

⁷ La apreciación de lo que se entiende por congestión y del horizonte a que debe considerarse ofrece algunas variaciones. Para el Departamento de Transportes de California, por ejemplo, debe analizarse si se prevé congestión en 10 años, incluso con ampliación de capacidad. En Texas y New York se considera que en autopistas con niveles de servicio superiores al "D" es mejor mantener el uso mixto de los carriles. Una velocidad inferior a 30 millas por hora se considera congestión, según varios autores. La FHWA considera 5 años el horizonte para evaluar la congestión y la eficacia del carril.

- Previsión de que el número de personas movidas en hora punta por el carril de alta ocupación sea superior al correspondiente a los carriles adyacentes, en un plazo de 5 años.
- Garantía de que el funcionamiento del carril de alta ocupación no supone un empeoramiento apreciable de las condiciones de circulación en los carriles adyacentes.
- Previsión de existencia de la infraestructura y medios necesarios para una eficaz vigilancia.

Entre las características o condiciones consideradas negativas, suelen subrayarse:(FUHS 1990)

- Falta de apoyo local, regional o estatal al proyecto.
- Dificultades de diseño para facilitar la vigilancia o falta de compromiso del organismo responsable de la misma.
- Implementación del proyecto sin el adecuado nivel de congestión.
- Insuficiente inversión en instalaciones de apoyo y acceso.

Para aquellos corredores que reúnen la mayoría de las condiciones consideradas positivas, existen métodos muy afinados de evaluación de la conveniencia de implantación de un carril de este tipo y de definición de sus características.

Estos métodos requieren, normalmente, como primer paso, un estudio detallado de la evolución previsible del tráfico en el corredor y la descripción de los escenarios de funcionamiento según diversas hipótesis (con o sin ampliación, con o sin carril de alta ocupación). Para ello, existen diversos métodos de estimación de la demanda y el cambio modal, algunos de ellos sintetizados en modelos matemáticos procesables por ordenador. Esta estimación requiere una primera idea de diseño del carril (tipo, localización de accesos, número de carriles, etc).

Establecidas las condiciones de tráfico, habitualmente se procede a un detallado estudio de relación coste beneficio en cada una de las posibles alternativas a la situación (normalmente: no hacer nada, añadir carriles normales, añadir carriles de alta ocupación). Entre los costos se consideran, los de construcción, funcionamiento y vigilancia, mientras en los beneficios se contabilizan los ahorros de tiempo, vehículos, energía, etc. Un carril de alta ocupación queda justificado cuando resulta más costo-efectivo que el resto de las alternativas. (NEWMAN 1987, NUWORSOO 1988, SCAPINAKIS 1989)

Este proceso de selección y evaluación de la instalación de carriles de alta ocupación, junto a la concertación institucional que exige y sumado a los plazos de construcción determina, en general, una período medio de 3 a 8 años para la puesta en funcionamiento de una infraestructura de este tipo en los Estados Unidos de Norteamérica, desde que se inician los

primeros estudios (TURNBULL 1990). La duración precisa del mismo depende, naturalmente del tipo de carril de que se trate, pero la experiencia de algunos estados indica una gran dificultad en reducir el plazo por debajo de los 6 años⁸.

En los ejemplos europeos, los plazos de planificación-construcción de los carriles de alta ocupación han sido considerablemente menores. En el caso holandés, el plazo total ha sido de algo más de tres años, mientras en el madrileño, desde los primeros estudios de 1991 a su total puesta en marcha a finales de 1994, transcurrieron tres años y medio.

2 LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA, EL SISTEMA BUS/VAO EN LA CN-VI

2.1 Origen del proyecto

Ante la situación de congestión existente en la carretera N-VI, en las proximidades de Madrid, el Ministerio de Obras Públicas aprueba, en 1989, un proyecto para la construcción de una calzada central, compuesta por dos carriles de funcionamiento reversible, separada mediante barreras de hormigón de los tres carriles por sentido entonces existentes.⁹

El proyecto, que exigía la ampliación de la sección de la carretera para dar cabida a la calzada central, preveía únicamente dos puntos de acceso a la misma, situados en sus extremos de Puerta de Hierro, a la entrada de Madrid, y de Las Rozas, en el otro extremo. Sólo en dichos puntos podría accederse a la calzada.

Este proyecto suponía ya una solución novedosa al problema recurrente de capacidad que presentaba la N-VI desde antiguo. Aprovechando el agudo desequilibrio de los volúmenes de tráfico por sentidos en los periodos punta, trataba de conseguir una mejora equivalente a una ampliación a cinco carriles, dos más por sentido, mediante esta única calzada central reversible, cuyo presupuesto equivalía a una ampliación de un sólo carril por sentido. De hecho, la solución de la calzada central reversible vino a sustituir a la idea inicial de ampliar un carril por sentido, prevista en las primeras fases de estudio.

Con el proyecto de calzada reversible aprobado, llega al Ministerio de Obras Públicas un nuevo equipo, que concede mayor importancia a la planificación en materia de transporte y a su coordinación con las decisiones territoriales y urbanísticas y que reorganiza algunas unidades administrativas en ese sentido.

⁸ Conclusión expresada por el Director de Planificación de la Metropolitan Transportation Commission de la Bahía de San Francisco, California, en conversación mantenida en Febrero de 1992.

⁹ De hecho, ya en 1987 se habían iniciado los estudios de capacidad que servirían de base a este proyecto.

La mayor sensibilidad ministerial coincide con la divulgación en España de la positiva experiencia americana en la construcción y funcionamiento de los carriles de alta ocupación. Lo que, unido a las particulares características del corredor noroeste de Madrid, que por su alto índice de motorización y amplios desarrollos residenciales de densidad media o baja resulta asimilable, en cierta medida, a las periferias americanas donde se han construido este tipo de infraestructuras, animó al ministerio, en 1991, a evaluar las posibilidades de convertir la calzada reversible prevista sobre la N-VI en una calzada de alta ocupación.

Ante los positivos resultados de todos los estudios e informes encargados, se acomete la modificación de los proyectos en 1992, dentro de un contexto de extrema urgencia, en la medida en que, no sólo la congestión en la carretera alcanza cotas insostenibles, sino que, además, la construcción del primer tramo del proyecto de calzada reversible había sido ya adjudicada a una empresa constructora.

Las modificaciones del proyecto, que deben hacerse por tanto sobre la marcha, se concretan en la dotación de tres accesos intermedios a la calzada, en el diseño de un área de control en Puerta de Hierro y en la prolongación de la calzada desde Puerta de Hierro hasta Moncloa, donde se inicia el casco denso de Madrid, mediante un carril-bus. La decisión concertada del Consorcio Regional de Transportes de Madrid, de construir una estación de autobuses subterránea al final del carril-bus, directamente conectada a la estación de Metro de Moncloa, completa el sistema de alta ocupación, que se proyecta en 1992.

Con estos antecedentes, se inician, en 1993, las obras del primer tramo del proyecto, entre Aravaca y la glorieta del Cardenal Cisneros.

2.2 El corredor de la N-VI ¹⁰

Características generales

El corredor de la N-VI, es decir, el conjunto de áreas en diverso grado de urbanización que utilizan la carretera N-VI como principal vía de comunicación con Madrid, presentaba en 1992 unas características ciertamente especiales, si se las compara con la mayoría de los corredores definidos por las grandes vías de acceso a la capital de España.

Estas características diferenciales pueden concretarse en:

¹⁰ Tanto este apartado, como el siguiente (2.3 El sistema de la alta ocupación en la CN-VI), aunque escritos en su forma definitiva por el autor, son en gran medida deudores del trabajo en común realizado, en 1994, con Ángel Aparicio Moruelo y Eduardo Molina Soto, técnicos del Ministerio de Fomento y responsables en gran medida del proyecto, en el marco de las tareas de coordinación de la puesta en marcha de la calzada bus/vehículo de alta ocupación. Ante la imposibilidad de distinguir claramente las ideas que provienen de cada uno, deben considerarse estos apartados como obra común de los tres, aunque el autor se reserve la responsabilidad de posibles inexactitudes o errores.

a) Modelo de asentamientos

El corredor de la N-VI presenta un modelo de asentamiento básicamente residencial caracterizado por la dispersión y la baja densidad. Estas características, típicas de los desarrollos suburbanos en los países más desarrollados, a las que habría de añadirse el alto nivel de calidad y precio de las viviendas, distinguen claramente este sector del resto del área metropolitana. Sólo el área Norte, en torno a la N-I y a la autovía de Colmenar, ofrece algunos rasgos similares, pero, en ella, el desarrollo de las urbanizaciones de baja densidad es cuantitativamente muy inferior al de la N-VI y, por el contrario, el peso de los núcleos urbanos densos muy superior (Alcobendas, San Sebastián de los Reyes, San Agustín de Guadalix, etc).

Es interesante subrayar, por otra parte, que la N-VI ha sido desde los años sesenta el eje estructurante de los asentamientos del corredor, en relación al cual se ha articulado todo el sistema de comunicación viaria con Madrid. La estructura viaria que sirve a los desarrollos suburbanos en este sector de la periferia madrileña se ha caracterizado, hasta hace escasos años, por una forma mayoritariamente arborescente, a partir de la carretera N-VI como tronco, que permite el drenaje de la zona hacia la capital y la distribución en sentido inverso.

Aunque la construcción reciente de otras vías de comunicación (ronda Sur Aravaca-Pozuelo, eje Pinar, etc) matizan esta situación, puede todavía decirse que el conjunto de asentamientos dispersos en los municipios de Pozuelo de Alarcón, Majadahonda, Las Rozas y otros, más alejados, como El Escorial, Hoyo de Manzanares, Villalba, etc, constituyen un corredor cuyo eje central es la carretera N-VI.

b) Alto grado de motorización.

Con sus 344.6 vehículos por cada 1.000 habitantes, el índice de motorización del sector Oeste del área metropolitana, en el que está incluido el corredor, era en 1991 el más alto del conjunto de la aglomeración madrileña, cuyo índice medio se situaba en 228.3 vehículos por cada 1.000 habitantes (MOPT, 1991). Era, también, el sector del área metropolitana que contaba con mayor porcentaje de hogares con dos o más vehículos, 38,1% frente al 11,0% en el conjunto metropolitano, y con menor número de familias sin vehículo automóvil, 16,8 frente al 36,1%.

A este alto grado de motorización corresponde una distribución modal, con gran peso de los viajes al trabajo en automóvil, que suponen un 62,3% del total, porcentaje muy superior a la media metropolitana estimada en torno al 40,0%, y sólo superado ligeramente por el sector Norte con un 64,2%. (INECO, 1990).

c) Inadecuada articulación del ferrocarril y el desarrollo urbano.

A pesar de que el ferrocarril y, más concretamente, sus estaciones fueron el foco de desarrollo de los primeros asentamientos suburbanos en el área, en general, el importante

desarrollo residencial que se inicia en los años sesenta y llega hasta la actualidad no se ha apoyado en las estaciones de ferrocarril, sino que, se ha localizado con independencia de éstas, en función de la autonomía que le proporcionaba el automóvil y confiando, fundamentalmente, en la capacidad de la N-VI para su comunicación con Madrid.

Esta forma de desarrollo ha producido un modelo de asentamiento residencial muy poco articulado al trazado ferroviario existente, cuyas estaciones quedan alejadas respecto a gran parte de las urbanizaciones, y que resulta, así, inadecuado para hacer frente a los problemas de comunicación con Madrid que presenta el área ante la congestión de la carretera.

Incluso con la construcción del “by-pass” Las Rozas-El Tejar, con el aumento de accesibilidad que supone para la línea y que se ha traducido ya en una elevación sustancial del número de viajeros, más del 50% en 3 años (APARICIO, 1992), esta desarticulación ferrocarril-urbanizaciones limita en gran medida las posibilidades de desarrollo de este medio.

d) Alto valor ambiental del entorno.

El corredor de la N-VI se caracteriza, también, por el alto valor que, en general, tiene su entorno. Este se concreta en la existencia de espacios naturales de alto valor ecológico y cultural, como el Monte del Pardo y la Casa de Campo, que ocupan amplias superficies de terreno en las proximidades de la carretera, pero, también, en la propia calidad de la urbanización, las edificaciones y los jardines y, especialmente, de los propios bordes de la carretera.

Esta positiva característica del medio ambiente en el corredor resulta, sin embargo, negativa desde el punto de vista de la ampliación de las infraestructuras de transporte. En efecto, tanto la existencia de ricos espacios naturales que, debían preservarse, como el alto valor paisajístico-urbanístico del entorno, planteaban dificultades prácticamente insuperables para la ampliación futura de la carretera o para la construcción de vías alternativas de alta capacidad, dada la escasez de espacio libre utilizable y el alto precio del urbanizado.

e) Importante proporción de los activos residentes en el corredor con puestos de trabajo en el centro de Madrid, al que se desplazan diariamente.

Esta característica se manifiesta principalmente en el alto porcentaje de desplazamientos del corredor que tienen por destino el centro de Madrid, la almendra central del municipio. En efecto, este porcentaje suponía en 1990 el 54% de todos los viajes en medios motorizados del Oeste del área metropolitana, el más alto de todos los sectores de la metrópoli (52,7% el sector Norte, 52,3 el Sur y 39,3 el Este). (INECO, 1990).

Este porcentaje es todavía mayor y se distancia mucho más del resto de los sectores, cuando se consideran únicamente los viajes en automóvil privado. En efecto, un 71,1%

de los desplazamientos en automóvil privado por motivo de trabajo generados en el corredor tienen como destino el centro de la ciudad, lo que supone más del doble de la media del conjunto de los corredores metropolitanos (35,3%).

De estos rasgos distintivos del corredor, los tres primeros parecen apuntar a que la comunicación de este área con Madrid iba a seguir basándose, también en el futuro, en la utilización del automóvil.

La alta calidad del entorno, por su parte, parecía reclamar, por un lado, un esfuerzo en el control de la contaminación producida por la carretera para evitar su impacto negativo y, por otro, parecía requerir la optimización de su aprovechamiento, ante la práctica imposibilidad de ampliación futura.

Estas cuatro características diferenciales del corredor de la N-VI, aunque no demostrativas de la idoneidad de una solución de alta ocupación, si parecían indicar, que una iniciativa que parte de la aceptación del automóvil como uno de los medios de transporte básicos para el futuro corredor, promueve una mayor ocupación de los vehículos, reduciendo la contaminación emitida, y potencia aumentos de la capacidad, en personas, sin ampliación de la plataforma viaria, resultaba en principio plenamente coherente con dichas características.

Finalmente, la concentración del empleo en el centro de Madrid podía considerarse, también, claramente positiva en relación con la implantación de infraestructuras de alta ocupación en el corredor. En efecto, esta característica es importante para una primera evaluación del corredor, pues muestra, hasta qué punto se cumple en la N-VI una de las condiciones unánimes que los especialistas en alta ocupación exigen de los corredores candidatos a la misma: la existencia de una fuerte concentración de empleo en uno de sus extremos¹¹. En el caso de la N-VI, los datos anteriores muestran que esa fuerte concentración de empleo en su extremo oriental, es decir, en el centro de Madrid, es además el destino de la gran mayoría de los viajes en vehículo privado, lo que puede facilitar, en gran medida, la formación de vehículos compartidos o el cambio modal hacia el autobús, si este medio ofrece un buen servicio y comunicación con las zonas de empleo en Madrid.

En definitiva, los rasgos característicos de los asentamientos y sistemas de transporte en el corredor de la CN-VI mostraban una clara adecuación a la instalación de infraestructuras de alta ocupación y hacían presumible el buen funcionamiento de las mismas.

Características del tráfico en la N-VI

A.- Intensidades y congestión

¹¹ Ya se ha indicado que la mayoría de los manuales y recomendaciones americanas consideran la existencia de una concentración de empleo en un extremo del corredor como una condición positiva para la instalación de carriles de alta ocupación. Algunos van más allá, sugiriendo que “todas las autopistas radiales en áreas urbanas de más de un millón de habitantes deberían reservar suelo para futuros carriles de alta ocupación”. (NCTCOG, 1978)

Otra de las condiciones de implantación de carriles de alta ocupación es la existencia de congestión recurrente o previsión de la misma en un futuro próximo en la infraestructura analizada. (AASHTO, 1991; FUHS, 1990; CALTRANS, 1991).

En el caso de la carretera N-VI, en las proximidades de Madrid, la congestión es, sin duda, recurrente desde hace muchos años y las previsiones no hacían sino confirmar la necesidad de iniciar actuaciones que aumentarían la capacidad de la vía.

De acuerdo con los datos disponibles, ya en 1989 se alcanzan niveles de servicio "F", durante un período de media hora a tres horas diarias, en los tramos finales de la autopista y, en 1991, la velocidad media cae por debajo de los 40 km/h a partir del P.K. 17, en Majadahonda, e incluso por debajo de los 20 km/h, a partir de Aravaca. (ETP, 1992)

Entre las 8 y las 9 de la mañana, la intensidad horaria alcanzó los 2.218 vehículos en Las Rozas y los 5.277 en el P.K. 8,0, en 1991. En el total del período punta de mañana (7-10 h), el volumen de tráfico era, respectivamente, de 6.082 y 15.809 vehículos. Estas cifras muestran que se producía una importante entrada de vehículos a lo largo de la carretera en las incorporaciones intermedias. Debe señalarse, por otra parte, que la hora punta estaba muy extendida, ya que se mantienen unas intensidades elevadas en todo el período (7-10h).

Los puntos más críticos eran Las Rozas (la cola de entrada al 4º carril, que diariamente se utilizaba a contracorriente, señalizado con conos sobre la calzada de salida), la incorporación de la carretera de Castilla y la llegada al nudo de Puerta de Hierro (a partir de la curva sobre el Manzanares).

EVOLUCIÓN DE LA INTENSIDAD MEDIA DIARIA EN LA N-VI

| ESTACIÓN DE AFORO | 1986 | 1990 | Incremento 86-90 | |
|----------------------|---------|---------|------------------|-------|
| | | | Total | Anual |
| Aravaca (M-2) | 100.194 | 124.284 | 24,0% | 5,5% |
| Las Rozas (M-4) | 63.007 | 84.446 | 34,0% | 7,6% |

Fuente: APARICIO, 1992

Dada la evolución experimentada por el volumen de tráfico en la carretera en los últimos años, las perspectivas serían todavía más sombrías. En efecto, de continuar el crecimiento de la demanda a un ritmo similar al de los últimos años, las velocidades medias entre Las Rozas y Madrid, hubieran bajado por debajo de los 19 km/h y la velocidad efectiva se hubiera situado en torno a 13 km/h. (ETP, 1992)

Debe subrayarse que este crecimiento de la demanda era muy probable, habida cuenta, por ejemplo, de que el planeamiento urbanístico aprobado en los municipios de Pozuelo de Alarcón, Majadahonda y Las Rozas, establecía un techo de viviendas edificables superior a las 63.000, cuando las existentes apenas rebasan las 30.000 (MOPT, 1991), o si se tiene en cuenta que el índice de motorización en el área, por elevado que resultara en relación al resto del área metropolitana, estaba lejos de alcanzar los 450 vehículos por 1.000 habitantes que se alcanzaban en las áreas suburbanas de otros países desarrollados.

B.- Índice de ocupación de los vehículos

En cuanto a la distribución del tráfico según el índice de ocupación de los vehículos, entre las 7 y las 10 de la mañana, el conjunto del tramo Las Rozas-Madrid presentaba los siguientes porcentajes (ETP, 1992):

N-VI, LAS ROZAS-MADRID, DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO SEGÚN OCUPACIÓN (1991)

| Ocupación | Vehículos (en %) | Pasajeros (en %) |
|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Vehículos con un solo ocupante | 70% | 35% |
| Vehículos con 2 ocupantes | 22% | 22% |
| Vehículos con 3 o más ocupantes | 7% | 11% |
| Autobuses | 1% | 31% |

FUENTE: ET&P, 1992.

Esta distribución muestra, por un lado, el alto porcentaje de vehículos que circulaban en el período punta con un solo ocupante, el 70%, para trasladar a un 35% de la demanda. Por otro lado y a la inversa, los datos muestran también la importancia que el transporte de pasajeros en autobús tenía en la N-VI, con casi un tercio del total de pasajeros, y su reducido impacto en el total de vehículos, 1%.

Globalmente, los datos revelan el alto porcentaje de personas que se desplazaban habitualmente por la N-VI en modos de alta ocupación y a las cuales beneficiaría directamente la construcción de infraestructuras de este tipo. En efecto, para un requerimiento de ocupación de 3 o más ocupantes, el 42% de las personas que se desplazaban por la N-VI podrían utilizar una infraestructura de este tipo, porcentaje que se elevaría a un 64% para un requerimiento mínimo de dos ocupantes. Un 42% y 64% de los viajeros que, por otra parte, sólo suponían el 8 y 30% de los vehículos, respectivamente.

Estos porcentajes muestran claramente que el criterio de dotar de infraestructuras preferentes a la alta ocupación no era sólo el reflejo de una política general de transporte, dirigida a aumentar la capacidad en personas de las carreteras y autopistas, sino que, en el caso

de la N-VI, respondía, también, a las formas de desplazamiento de un alto, si no mayoritario, porcentaje de los viajeros que la utilizaban.

En definitiva, la construcción de una calzada de alta ocupación en la N-VI parecía una solución muy adecuada a la distribución de la ocupación de los vehículos, pues no sólo primaría a los pasajeros cuyo desplazamiento supone un menor consumo de espacio, infraestructuras, combustible, etc, y una menor producción de contaminantes, sino que, además, este tipo de viajeros componían la práctica mayoría de los que la utilizan en el período punta.

2.3 El sistema de alta ocupación en la CN-VI

Objetivos

Como se ha señalado, la construcción de infraestructuras reservadas a la alta ocupación puede perseguir diversos objetivos. Entre ellos destacan: el aumento de la capacidad en personas de una determinada carretera o autopista, la reducción del consumo de energía o de la emisión de contaminantes, la mejora de la eficacia en las líneas de autobuses, la promoción de los vehículos de alta ocupación, etc.

La práctica totalidad de las infraestructuras en funcionamiento en la actualidad, todas ellas en Norteamérica, tuvieron como objetivo principal el aumento de la capacidad de la infraestructura o la mejora y promoción del transporte en autobús. Pero, simultáneamente con dicho objetivo, un alto porcentaje de las mismas perseguían alguno de los señalados y, en particular, la reducción de los kilómetros-vehículo recorridos, como medio para reducir la emisión de contaminantes y, en general, el impacto de la circulación. (TURNBULL, 1993)

En el caso de la N-VI, los objetivos del proyecto de calzada bus/vehículo de alta ocupación fueron relativamente similares a los de la mayoría de las experiencias americanas y pueden enunciarse básicamente en tres grandes líneas:

- * Incrementar la capacidad de la carretera en términos de personas transportadas.
- * Reducir el tiempo de viaje de los usuarios, tanto del transporte público como de los automóviles.
- * Reducir el consumo de energía y mejorar la calidad del aire.¹²

En efecto, desde el convencimiento, por un lado, del importante papel que en el futuro va a seguir teniendo la utilización del automóvil en los desplazamientos generados en el corredor y, por otro, de las dificultades de ampliación física de la carretera o de la construcción de otras alternativas, la calzada bus/vehículo de alta ocupación en la N-VI tenía como objetivo aumentar la capacidad en personas de la infraestructura. Es decir, se trataba de promover una forma de utilización de la ampliación prevista en la carretera que maximizara su capacidad en personas, tanto a corto, como a medio y largo plazo.

La versatilidad del autobús para responder a la demanda suburbana de baja densidad, combinada con los rendimientos en tiempo y la regularidad que le proporcionaría una calzada de uso reservado, permitirían utilizar el transporte colectivo como instrumento de ampliación de la capacidad de la infraestructura.

¹² Objetivos expresamente enunciados en el folleto "Sistema bus/vehículo de alta ocupación en la carretera N-VI", editado conjuntamente por la Comunidad de Madrid, la Dirección General de Tráfico, del Ministerio del Interior, y el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, con ocasión de la inauguración de la calzada en noviembre de 1994.

La reducción del tiempo de viaje constituía un doble objetivo de la calzada bus/vehículo de alta ocupación. Por una parte, la ganancia de tiempo, que circular por la calzada debía suponer a los vehículos con el requerimiento mínimo de ocupación, es la clave del funcionamiento del sistema, en la medida, en que constituye el incentivo principal para impulsar el cambio modal. Es decir, para animar a los conductores a agruparse en menos vehículos o para utilizar el autobús. Pero, el objetivo de reducir el tiempo de viaje debe entenderse, simultáneamente como una meta global del funcionamiento del conjunto de la infraestructura. Es decir, se pretende que el tiempo total que el conjunto de los usuarios de la carretera consumen en sus viajes al trabajo se reduzca mediante la nueva infraestructura, un objetivo que demostraría plenamente la eficiencia de misma.

Finalmente, en sintonía con lo anterior, era también un objetivo del proyecto la reducción del número de kilómetros-vehículo recorridos sobre la N-VI, como medio de reducción de la emisión consiguiente de contaminantes, en un entorno que se considera de gran interés, tanto por sus elementos naturales y paisajísticos (Monte del Pardo, Casa de Campo, etc), como por la calidad de la urbanización y la edificación.

A estos tres objetivos básicos, se les unía el objetivo complementario de introducir el concepto de alta ocupación, de cara a promover su desarrollo en las grandes ciudades españolas, como instrumento general de lucha contra la congestión y los impactos negativos de la circulación rodada.

Los tres objetivos básicos expuestos deberían traducirse, a lo largo del proceso de construcción y puesta en marcha de la calzada, en unos umbrales concretos de rendimientos de la misma, que supusieran el establecimiento de unas metas funcionales para el proyecto. La fijación de estos umbrales o metas funcionales debería ser, probablemente, una de las primeras tareas de la Comisión de Coordinación.

Descripción física

El Sistema bus/vehículo de alta ocupación en la carretera nacional VI entre Las Rozas y Madrid (Moncloa) consta de tres elementos bien diferenciados.

- * El primero, entre Las Rozas y el nudo de Puerta de Hierro, consiste en una calzada central reversible de dos carriles de circulación y unos ocho metros de anchura, separada por barreras de hormigón de los carriles convencionales, y reservada en principio para la circulación de autobuses y vehículos de alta ocupación con un número mínimo de ocupantes (2, en principio).

A la calzada bus/vehículo de alta ocupación puede accederse únicamente en los embarques previstos para ello. En sentido Madrid, el más alejado de éstos se sitúa en el tronco de la autopista, a la altura del cementerio de Las Rozas. Además de este acceso, cuenta con dos embarques a distinto nivel, uno en Las Rozas y otro en el Plantío, franqueables para vehículos de alta ocupación y autobuses, y otro en Aravaca reservado para uso exclusivo de autobuses. En sentido salida, los vehículos particulares sólo

24 *Experiencia española en carriles de alta ocupación. La calzada BUS/VAO. Julio Pozueta Echavarri*

pueden acceder en un punto, a la altura de Puerta de Hierro, y pueden abandonarlo en cualquiera de los embarques citados.

La longitud aproximada de la calzada bus/vehículo de alta ocupación es de doce kilómetros, trescientos metros (12,3 km).

- * La calzada bus/vehículo de alta ocupación conecta en su extremo oriental, es decir, en el más próximo a Madrid, con el carril-bus previsto en la segunda parte del proyecto. En dicho punto, se incorporan a la calzada bus/vehículo de alta ocupación o la abandonan, según el sentido de la circulación, los vehículos particulares, pudiendo utilizarlo únicamente los autobuses.

Se trata de un carril reversible de circulación rodada, de unos cinco metros de anchura, construido en el centro de la carretera, entre el nudo de Puerta de Hierro y Moncloa, separado por barreras de hormigón del resto de los carriles. Este carril, reservado para la circulación de autobuses, tiene un tramo subterráneo entre la glorieta del Cardenal Cisneros y el Arco de Triunfo de Moncloa. La longitud aproximada del carril-bus es de tres kilómetros, ochocientos metros (3,8 km).

Tanto la calzada bus/vehículo de alta ocupación, como el carril-bus se han construido ampliando la anchura de la CN-VI y mantienen, por tanto, el número de carriles convencionales anteriormente existentes en cada sentido.

- * Tras el semáforo del Paseo Moret, que señala el límite del casco denso de Madrid, el carril-bus tiene acceso directo al tercer elemento del sistema: la Estación de Intercambio de Moncloa. Se trata de una estación de autobuses subterránea, localizada sobre la estación de Metro. En ella tienen la última parada o inician el recorrido los autobuses que circulan por el carril-bus y la calzada bus/vehículo de alta ocupación. La estación está conectada directamente al Metro, dos líneas, mediante escaleras.

Como elementos complementarios, el sistema cuenta con un área de control de vehículos, localizada en el punto de contacto entre la calzada bus/vehículo de alta ocupación y el carril-bus, consistente en un carril supletorio de más de 200 metros de longitud, mediante el que es posible controlar el requerimiento de ocupación de todos los vehículos que utilicen la calzada en dirección Madrid y detener o estacionar a los vehículos infractores.

El conjunto del sistema funciona en dirección Madrid por las mañanas y en dirección contraria por las tardes.

3 EL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Instituciones implicadas

Tal como se ha indicado, el sistema bus/vehículo de alta ocupación construido sobre la CN-VI en Madrid, es el resultado de la modificación de un proyecto anterior de calzada reversible de uso libre, realizado tras la entrada en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes de un nuevo equipo, en 1991.

La incidencia del nuevo equipo en el ministerio se manifestó inmediatamente en la creación de dos nuevas direcciones generales la de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades, posteriormente de Actuaciones Concertadas en las Ciudades y la de Transporte Interurbano que, junto al Instituto del Territorio y Urbanismo, se adjuntaron a una Secretaría de Planificación directamente dependiente del Ministro.

Fuera de esa Secretaría de Planificación quedó la Dirección General de Carreteras, el organismo de mayor capacidad inversora del ministerio, de donde partió el proyecto original de calzada reversible de uso libre y donde debería concretarse el nuevo proyecto para ser construido.

El cambio, de calzada reversible de uso libre a calzada bus/vehículo de alta ocupación, lo impulsó una de las nuevas direcciones generales, la de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades (DGPITGC), que fue quién encargó los primeros informes, definió los nuevos proyectos y animó su redacción. Sin embargo, la realización de los proyectos y obras estuvo en manos de la Dirección General de Carreteras (DGC), una dirección centrada en el proyecto y construcción de carreteras y disciplinariamente alejada de los problemas globales de coordinación del transporte y, en consecuencia, de las tendencias innovadoras en ese campo.

La puesta en marcha, por tanto, de la calzada bus/vehículo de alta ocupación se realizó impulsada por una unidad administrativa nueva, de escaso presupuesto, pero sin competencia directa en la construcción. Y la concretó y construyó una unidad administrativa tradicional, asentada, poderosa y, en cierta medida, recelosa respecto al concepto de alta ocupación.

En ese contexto, la transmisión de recomendaciones y directrices desde la unidad impulsora (DGPITGC) a la ejecutora (DGC) debía realizarse mediante la intervención directa del Ministro de Obras Públicas y Transporte (MOPT), un notable dentro del Gobierno, con una cargada agenda.

En la puesta en marcha de la calzada bus/vehículo de alta ocupación participó una tercera administración, la Dirección General de Tráfico (DGT), que iba a ser responsable de la explotación de la calzada, es decir, de la regulación de su utilización. Esta administración, sin estar cerrada a innovaciones como la alta ocupación, a la que siempre mostraron su apoyo formal, está centrada en la explotación de la red existente, lo que, en cierta medida, la aleja

también de la problemática global del transporte y de las novedades que se producen en ese campo. En definitiva, aunque respaldaba el proyecto del Gobierno de poner en marcha un sistema de alta ocupación en la N-VI, puede decirse que la Dirección General de Tráfico, encargada de su explotación, no participó muy activamente en su concepción, aunque sí en su implementación técnica.

La pertenencia de la Dirección General de Tráfico a otro departamento ministerial, el de Interior, obligaba, por otra parte, a que la coordinación con esta unidad para el desarrollo del proyecto, tuviera que realizarse a nivel de los ministros respectivos. Algo todavía más difícil que la coordinación entre las otras dos direcciones generales del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.

En cuanto a las competencias y de acuerdo con los informes jurídicos solicitados en su momento, tanto el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, como el Ministerio del Interior tienen competencias para restringir el uso de una carretera a un determinado tipo de vehículos, en este caso, a los de alta ocupación. Por ello, “la implantación del carril tendrá que ser una decisión compartida y la vigilancia del cumplimiento de las restricciones recaerá en las autoridades de tráfico. Dado que se trata de una restricción permanente corresponde a la Dirección General de Tráfico la decisión formal de implantación de esta medida, con el acuerdo de la Dirección General de carreteras” (MOPT, 1993).

En resumen, la puesta en marcha del sistema bus/vehículo de alta ocupación exigía la coordinación y acuerdo entre tres direcciones generales, de dos ministerios diferentes, cada una con su propia cultura y campo de actuación, que serían dirigidas, en principio, por la más bisoña y de menos recursos de las tres, la Dirección General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades.

A estas tres administraciones involucradas en el proyecto habría que sumar la Comunidad de Madrid que, a través de la Dirección General de Transportes, era la responsable de la construcción de la estación de autobuses con conexión al Metro, el llamado Intercambiador de Moncloa, y el Consorcio Regional de Transportes, constituido entre el Ayuntamiento y la Comunidad de Madrid, responsable de los autobuses interurbanos que utilizarían, tanto el intercambiador, como el carril-bus.

Desde el primer momento, estas dos administraciones se mostraron firmes partidarias de la calzada bus/vehículo de alta ocupación y participaron activamente en su definición, siempre que tuvieron ocasión para ello.

3.2 La coordinación institucional

Aunque, en sus primeras etapas, la definición del proyecto pudo realizarse mediante contactos bilaterales entre administraciones, cuando los proyectos empiezan a madurar, la propia DGPITGC, impulsora del proyecto, ve clara la necesidad de constituir algún órgano de coordinación interinstitucional que asegure la coherencia de las actuaciones, a la manera de lo que es común en las experiencias americanas.

En esa línea, y tras algunos contactos bilaterales, el 31 de enero de 1994, se reúne por primera vez una Comisión de Coordinación del Sistema bus/vehículo de alta ocupación en la N-VI, en la que participan, además de las cinco administraciones indicadas, el Gabinete del Ministro de Obras Públicas, el Ayuntamiento de Madrid y dos consultores.

El Gabinete del Ministro es convocado por la importancia que se confiere, en principio, a las tareas de información y comunicación sobre el proyecto y por el hecho de que ya estaba en marcha un encargo del propio Gabinete para un Programa de Comunicación, que desarrolla una empresa consultora, así como dos estudios sobre las actitudes de la población respecto al sistema.

Por su parte el Ayuntamiento de Madrid es convocado por la necesidad de coordinar la construcción y regulación, del tramo final del carril-bus y del embarque de Aravaca.

Finalmente, se convoca al consultor responsable del Programa de Comunicación y a un profesor de la Universidad Politécnica que había asesorado técnicamente a la DGPITGC en la materia.

La Comisión de Coordinación se reúne en siete ocasiones, la primera en enero y la última en junio de 1994. Durante su existencia no se rige por ninguna norma especial de funcionamiento. Los asistentes son en su mayoría técnicos y su número por institución no se establece, por lo que varía de unas a otras¹³. No hay normas sobre cómo deben tomarse las decisiones. Se respeta un orden del día que propone el coordinador y se funciona mediante turnos de palabra. Se recogen y envían actas y se producen varios documentos.

La primera reunión es convocada y dirigida por el Subdirector General de Construcción de la Dirección General de Carreteras, lo que, en cierta medida, refleja del peso de esta dirección general en el conjunto de administraciones involucradas. Sin embargo, en la segunda reunión transfiere el cargo y tareas de coordinador al profesor, consultor de la DGPITGC, que los mantiene a lo largo de la vida de la Comisión.

Es interesante resaltar que, cuando se crea la Comisión, la situación del proyecto es la siguiente:

- Se encuentra en construcción un primer tramo de la calzada bus/vehículo de alta ocupación y el carril-bus, entre Aravaca-Glorieta del Cardenal Cisneros, con fecha prevista de terminación de las obras en abril de ese mismo año.
- Están en redacción por la Dirección General de Carreteras los proyectos de: Embarques de Las Rozas y El Plantío y el ensanchamiento del paso inferior de la Glorieta del Cardenal Cisneros.

¹³ Normalmente, se convocaba a 2 técnicos de la DGPITGC, 4 de la DGC, 3 del Consorcio, 1 de la DG de Transportes de la Comunidad, 1 del Ayuntamiento, 3 del Gabinete del Ministro y dos consultores. Nadie puso en cuestión en la Comisión la presencia de ninguno de los asistentes, ni se discutieron procedimientos formales de representación o votación.

- Está en redacción por la Comunidad de Madrid el proyecto de intercambiador de Moncloa.
- Están en redacción, encargados por el Gabinete del MOPT, un Programa de Comunicación y dos encuestas.

Todo ello significa que la Comisión inicia su trabajo cuando buena parte del proyecto está definido, su primera fase está en obras, se encuentran en marcha algunas de las principales iniciativas complementarias del proyecto, y existe un brevísimo plazo de tiempo, tres meses, para la inauguración de la primera fase.

El trabajo de la Comisión se centró básicamente en:

La definición geométrica de los elementos pendientes del proyecto, como el paso del carril-bus bajo la glorieta del Cardenal Cisneros, la resolución de la llegada del carril-bus al intercambiador, el paso de la calzada por Las Rozas, etc.

Las condiciones de uso provisional de la infraestructura al inaugurarse la primera fase.

La presentación del sistema a la prensa, en su inauguración provisional.

Los requerimientos de ocupación a exigir a los vehículos en el funcionamiento definitivo.

La previsión de un programa de seguimiento y evaluación del funcionamiento de la calzada una vez puesta en servicio.

La previsión de los métodos y procedimientos de resolución de las incidencias que pudieran producirse en el funcionamiento de la calzada.

A pesar de que, ya en la segunda reunión, se expusiera en la Comisión un avance de programa de Comunicación, este tema no constituyó un elemento de debate en la misma. Tal vez por ello, nunca se llevó a la práctica.

Probablemente, el mayor debate de la Comisión fue el referente a los requerimientos de ocupación. Respecto a este tema, las previsiones de utilización de la calzada indicaban una situación frecuente en este tipo de infraestructuras: habría demasiados vehículos con dos o más ocupantes y demasiado pocos para tres o más.

De hecho, las previsiones indicaban que estableciendo el requerimiento mínimo de ocupación en tres personas, la calzada alcanzaría los rendimientos mínimos exigibles y quedaría justificada. El problema era el denominado “síndrome del carril vacío”, es decir, el posible rechazo que sufriría el sistema, si la calzada se percibía como poco utilizada desde los carriles convencionales, a pesar de que alcanzara los mínimos funcionales necesarios.

Por su parte, establecer en dos personas el requerimiento básico de ocupación suponía dos riesgos: por un lado, la posibilidad de una pronta congestión de la calzada si la intensidad crecía, por otro, la dificultad de rectificar, elevando el requerimiento de dos a tres ocupantes, ya que

ello supondría: expulsar de la calzada a la mayoría de sus usuarios (los vehículos con dos ocupantes) y, simultáneamente, elevar bruscamente la congestión en los carriles convencionales por la incorporación de estos vehículos.

Los miembros de la Comisión más claramente partidarios de la alta ocupación apoyaban mayoritariamente la opción 3+, mientras que el resto defendían la 2+. La Comisión fue incapaz de decidir, tampoco se llegó nunca a votar y la cuestión pasó a decisión de la Secretaría de Planificación, donde se optó por la opción 2+.

Otros temas de debate de cierta importancia fueron las condiciones de utilización por las tardes, con algunos partidarios de hacerla libre, o los fines de semana, donde el argumento de que en esos días prácticamente todos los vehículos llevan dos o más personas sirvió, paradójicamente, para justificar el libre uso de la calzada en esos días¹⁴.

En resumen, puede decirse que el funcionamiento de la Comisión permitió la coordinación de algunas cuestiones, que se concretaban bilateralmente, y la organización conjunta de la inauguración de la primera fase el 12 de abril de 1994¹⁵.

En general, en la Comisión se manifestó un cierto enfrentamiento entre los partidarios claros de primar la alta ocupación de los vehículos y otro grupo más receloso al respecto que, al menos, en un principio, trataba de dificultar o limitar la operación.

Sin embargo, si para algo sirvió la Comisión fue, probablemente, para conseguir que el grupo más reticente al proyecto terminara por entender que la construcción y funcionamiento de infraestructuras de alta ocupación, no sólo era posible, sino conveniente. Al final del proceso, prácticamente todas las reticencias se habían disipado.

3.3 La información y promoción del sistema

Paradójicamente con el hecho que, ya en 1993, se hubieran encargado un Programa de Comunicación y dos encuestas sobre la aceptación del sistema, la información y promoción fue probablemente el aspecto menos desarrollado y más insuficiente del proceso y al que menor atención real prestó la Comisión.

¹⁴ Si, durante el fin de semana, casi todos los vehículos van ocupados por más de una persona, no había, en realidad, ninguna necesidad de permitir el libre acceso a la calzada: la inmensa mayoría podría utilizarla y habría suficientes vehículos 2+ para colapsarla. Por otra parte, el mantenimiento del requerimiento durante el fin de semana hubiera permitido una regulación más sencilla de la infraestructura y posiblemente contribuiría a reforzar y primar de forma continuada a los vehículos más ocupados.

¹⁵ La inauguración de la primera fase, dio también lugar a algunas discusiones, entre los partidarios de hacerla de acceso libre y los que pretendían introducir el concepto de alta ocupación, desde el principio. Incluso, algún miembro de la Comisión sugirió el uso libre del carril-bus. Finalmente, se impuso la opción de funcionamiento libre de la primera fase, pero no del carril-bus.

De hecho, el Programa de Comunicación, promovido por el Gabinete del Ministro, cuya exposición ocupó, en forma de Avance, toda una sesión de la Comisión, nunca llegó a llevarse a cabo. Ni siquiera se realizaron algunas de las reuniones, que todos los manuales americanos indican como imprescindibles. Así, por ejemplo, no se explicó el proyecto a los responsables municipales del área, ni a los técnicos especialistas en transporte, ni a las asociaciones de automovilistas, ni a las asociaciones ciudadanas y ecologistas. No se realizó un Symposium técnico sobre experiencias en alta ocupación, que constituía la primera propuesta del Programa y que hubiera arropado al proyecto de Madrid, dotándolo de cobertura técnica internacional, ni se repartieron folletos explicativos.

El programa real se redujo a la presentación del sistema a la prensa por los responsables políticos, con reparto de material informativo, algo que se hizo en dos ocasiones (inauguración primera fase, inauguración conjunto de la calzada) y en esporádicas ruedas de prensa sobre el tema, en general, obligadas por comentarios desfavorables de algún medio de comunicación.

El concepto de alta ocupación y la opción en política de transporte de primar a los vehículos altamente ocupados frente a los conductores solitarios, con objeto de incentivar el cambio modal y el aumento del índice de ocupación, y reducir así la congestión y la contaminación, objetivos principales del proyecto y valores principales del concepto, no fueron objeto de una campaña explicativa específica.

A la falta de desarrollo del Programa de Comunicación contribuyó, seguramente, la ausencia de una institución líder del proyecto, con presupuesto y autoridad suficiente¹⁶ y, también, en cierta medida, la confianza que la opción 2+ y los resultados de las encuestas de aceptación proporcionaron a los responsables políticos.

La opción 2+ daba la confianza de saber que la infraestructura iba a ser masivamente utilizada, lo que minimizaba los riesgos de fracaso por ineficacia y limitaba posibles críticas sobre la cantidad de usuarios. Por su parte, las encuestas reflejaban una buena disposición de los usuarios potenciales ante el sistema bus/vehículo de alta ocupación.

En efecto, de los estudios cuantitativos de opinión realizados¹⁷, se desprendía que:

- * Una amplia mayoría de las personas entrevistadas, casi un 70%, valoraban positivamente el proyecto.

¹⁶ Las dificultades concretas en la Comisión y la conciencia general de una situación poco consolidada y un enorme y difícil campo de trabajo con un escueto presupuesto, llevaron a la DGPITGC a una actitud cada vez más cautelosa, tanto respecto al liderazgo real del proyecto, que poco a poco va abandonando, aunque conserva el liderazgo técnico-moral, como con respecto a impulsar nuevas acciones, entre ellas las de comunicación.

¹⁷ Se realizaron dos estudios, uno, cuantitativo denominado “Movilidad en el área de influencia del sistema bus/vehículo de alta ocupación”, para el que se hicieron 2.016 entrevistas telefónicas, entre el 27 de Enero y el 3 de Febrero de 1994, con un amplio cuestionario (ALEF, 1994) y, otro, cualitativo, denominado “Estudio Cualitativo: comprensión y actitudes ante el carril bus/vehículo de alta ocupación”, para el que se realizaron cuatro reuniones con personas del área (jóvenes, mujeres, hombres y ejecutivos), en marzo de 1994 (CONTRAPUNTO, 1994).

- * Un 40% estimaba bastante o muy probable utilizar regularmente el bus/vehículo de alta ocupación.
- * Aunque, en general, existía cierto escepticismo entre los conductores sobre la capacidad de ponerse de acuerdo para compartir vehículo, más de un 60% se mostraba dispuesto a intentarlo si alguien se encargara de organizar los contactos con otras personas.

Por su parte, el estudio cualitativo concluía que:

- * El “conocimiento que tiene los grupos ante el proyecto bus/vehículo de alta ocupación, previamente a la presentación conceptual del mismo, es escaso y confuso”¹⁸. Esta conclusión es confirmada por los estudios cuantitativos que cifran en un 10% los encuestados que tienen una idea más o menos aproximada del proyecto.
- * “Una vez presentado conceptualmente aparece como un proyecto interesante, razonable, valorado en general de forma positiva...”

Simultáneamente a esta aceptación, se constata la aparición de iniciativas complementarias al proyecto. Así, la prensa había informado, al menos, de tres empresas privadas que mediante sistemas telefónicos, ofrecían la posibilidad de conseguir compañeros de viaje, tanto en el corredor de la N-VI, como en el resto del área metropolitana de Madrid e, incluso, fuera de ella. Y este interés de la iniciativa privada por el tema parecía, en efecto, demostrar la existencia de una demanda potencial de vehículos compartidos, incluso antes de la puesta en servicio del sistema bus/vehículo de alta ocupación, lo que animaba al optimismo respecto a la aceptación del proyecto.

La práctica inexistencia de acciones de comunicación en profundidad, que sensibilizaran a la población sobre el problema de la congestión, de la baja ocupación de los automóviles, de la imposibilidad de atender a la demanda en la forma tradicional de ampliar carreteras y autopistas y de la necesidad consecuente de utilizar mejor las infraestructuras, potenciando por ejemplo una mayor ocupación de los vehículos, así como de campañas que informaran de las ventajas, económicas, ambientales, personales, etc., de compartir vehículos contrasta claramente con dos hechos.

Por un lado, con la importancia que en la experiencia americana se concede a la construcción de un consenso social y un fuerte apoyo ciudadano al proyecto, considerados como las únicas garantías de la pervivencia a medio y largo plazo de este tipo de infraestructuras.

Por otro, con la llamada de atención que suponía una de las principales conclusiones del estudio cualitativo, la detección de las fuertes reticencias que despertaba el concepto de

¹⁸ Téngase en cuenta que las reuniones se celebraron sólo un mes antes de la inauguración de la primera fase y tras más de un año de obras en la carretera.

vehículo de alta ocupación¹⁹.

¹⁹ “El concepto inédito deVAO) (vehículo de alta ocupación) es el que despierta más problemas...”, pero estos “no son más que coartadas, justificaciones que ocultan fuertes frenos a la idea. Los frenos provienen de la naturaleza del coche (prolongación del yo, intimidad, mismidad)...” (CONTRAPUNTO, 1994, 59)

3.4 Programas de seguimiento, evaluación e incidencias

Tal vez el mayor logro de la Comisión de Coordinación fue la puesta en marcha de un Programa de Seguimiento y Evaluación del funcionamiento del Sistema y el diseño de los protocolos de actuación para el caso de que se produjeran incidencias en el sistema que reclamaran la intervención de los servicios de emergencia.

En cuanto a seguimiento y evaluación, impulsado fundamentalmente por la DGPITGC, se preparó un programa para la realización de análisis y evaluaciones periódicas del funcionamiento del sistema, una vez este en operación. Dicho programa establecía los datos que cada institución debería proporcionar en las fechas previstas, así como, aquellos otros, cuya recogida debería ser objeto de contratación externa, por no estar disponible en ninguna de las instituciones existentes.

Tanto la Dirección General de Tráfico, en lo relativo a intensidades de tráfico, accidentes e infracciones, como el Consorcio Regional de Transportes, en lo relativo al funcionamiento de los autobuses (nº, ocupación, tiempos de viaje, etc), aportaron durante el año 1995 los datos necesarios para que, completados con los encargados a consultores (ocupación de los vehículos, tiempos de recorrido en la calzada bus/vehículo de alta ocupación, retenciones, etc), permitieran evaluar el funcionamiento del Sistema, evaluación que se encargó a la Universidad Politécnica de Madrid, a través del Instituto Juan de Herrera (Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Escuela Técnica Superior de Arquitectura).

Como se verá más adelante, los datos trataban de precisar la intensidad de utilización de la calzada, sus efectos sobre el reparto modal y el índice medio de ocupación, las ganancias de tiempo de sus usuarios, etc.

Por su parte, la prevención de incidencias, que la Comisión promovió, tenía por objeto establecer los procedimientos de actuación a seguir para el caso de que algún incidente perturbara el funcionamiento del sistema, habida cuenta de su carácter cerrado. Se estudiaron los tipos de incidencias (averías, accidentes, nieve, etc), la forma de detectarlas con rapidez (cámaras de televisión, sensores en el pavimento), el aviso a los servicios de emergencia (bomberos, grúas, policías, ambulancias, etc), su acceso al lugar y formas de operación, la regulación de la circulación durante ese tiempo, etc. Todo ello, dependiendo del tipo de incidencia y del lugar en que se desarrollara (calzada bus/vehículo de alta ocupación, carril-bus, carriles convencionales, etc).

El trabajo de la Comisión dio lugar a protocolos escritos, como el elaborado por el Consorcio Regional de Transportes y repartido a todos los conductores de autobús, en el que explicaba la forma de proceder ante una avería mecánica o accidente.

4 BALANCE DE UN AÑO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CALZADA BUS/VAO

Tal como se ha indicado, la Comisión de Seguimiento puso en marcha un Plan de seguimiento y control del funcionamiento del Sistema bus/vehículo de alta ocupación en la CN-VI. Dicho Plan consistía, para un primer año, en la realización de tres Informes, a partir de datos suministrados por las instituciones implicadas (básicamente la DGT y el Consorcio) y los obtenidos por consultores externos.

Financiados mediante contratos de la DGPITGC, se realizaron tomas de datos y los correspondientes Informes en los meses de marzo, junio y noviembre. Asimismo, se realizó un Informe resumen, a principios de 1996, para el que se contó con datos parciales del mes de febrero de ese mismo año.

A continuación, se presentan sintéticamente los principales datos y evaluaciones que proporcionaron los referidos informes.

Al analizarlos, debe tenerse en cuenta que, los datos correspondientes a junio, se tomaron ya en fechas de vacaciones escolares y de utilización de las viviendas secundarias que existen a lo largo del corredor de la N-VI. Ello confiere cierta especificidad a los datos de ese mes, que resulta algo diferente al resto²⁰.

4.1 Movimiento de vehículos

De acuerdo con los datos disponibles, en noviembre de 1995, por la calzada bus/vehículo de alta ocupación circulaban durante el período y hora punta de la mañana más de la tercera parte de los vehículos que utilizan la N-VI en dirección Madrid: un 37%.

²⁰ Tanto para valorar esta circunstancia, como para conocer con más precisión los datos en que se basan los análisis que siguen, se remite al lector a los referidos Informes, elaborados por el Instituto Juan de Herrera para la Dirección de Actuaciones Concertadas en las Ciudades del actual Ministerio de Fomento. (LAMIQUIZ, 1995 y 1996)

INTENSIDAD DE CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS, CN-VI
(Media días laborables, sentido Madrid, Km 9, noviembre 1995)

| Horas | CALZADA BUS/VAO | | Total | RESTO N-VI | TOTAL |
|-----------------|-----------------|-------|--------------|---------------|----------------|
| | Bus | VAO | | | |
| De 7 a 8 horas | 72 | 2.301 | 2.373 37% | 3.998 63% | 6.371 100% |
| De 7 a 10 horas | 253 | 5.645 | 5.898 37% | 10.052 63% | 15.950 100% |

Fuente: DGT, CRT e IJH

Desde la primera toma de datos, en marzo, a noviembre del 96, el número de vehículos que utilizan la calzada bus/vehículo de alta ocupación durante el período punta de la mañana ha aumentado en más de un 9 %. El máximo de intensidad de circulación en la calzada se obtuvo en las observaciones del mes de junio. La circulación de autobuses en la calzada bus/vehículo de alta ocupación ha conocido un crecimiento continuo a lo largo del período estudiado, habiéndose incrementado en un 35% de marzo a noviembre. A subrayar que la intensidad de tráfico en el período punta ha decrecido en un 9% en los carriles convencionales durante el período estudiado.

EVOLUCIÓN DEL MOVIMIENTO DE VEHÍCULOS EN LA CALZADA BUS/VAO
(Media días laborables, sentido Madrid, Km 9, 7 a 10 horas)

| | Autobuses | VAOs | Total |
|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Marzo 95 | 187 (100) | 5.239 (100) | 5.426 (100) |
| Junio 95 | 213 (114) | 5.796 (111) | 6.009 (111) |
| Noviembre 95 | 253 (135) | 5.645 (108) | 5.898 (109) |

Fuente: DGT, CRT e IJH

La participación de la calzada bus/vehículo de alta ocupación en la intensidad del conjunto de la N-VI, durante el período punta de la mañana, se ha elevado significativamente, pasando del 32,9, en marzo, al 35,8, en junio, y al 37,5%, en noviembre. Estos mismo datos para la hora

punta revelan un aumento, entre marzo y noviembre, del 34,7% al 37,2%, con un máximo en junio del 38,3%.

DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO EN EL INTERIOR DE LA CN-VI
(Media días laborables, sentido Madrid, Km 9, 7 a 10 horas)

| Fecha | Calzada BUS/VAO | Carriles convencionales |
|----------------|------------------------|--------------------------------|
| Marzo 1995 | 5426 (33,0%) | 11.028 (67,0%) |
| Junio 1995 | 6.009 (35,8%) | 10.758 (64,2%) |
| Noviembre 1995 | 5.898 (37,0%) | 10.052 (63,0%) |

Fuente: DGT, CRT e IJH

4.2 Movimiento de personas

Aunque la participación de la calzada bus/vehículo de alta ocupación en el conjunto de la circulación de vehículos por la CN-VI es muy importante, habida cuenta de que ésta sólo dispone de dos carriles, frente a los 3-4 convencionales que funcionan por sentido, donde una infraestructura de alta ocupación debe probar su eficacia es en el movimiento de personas, dados sus mayores índices de ocupación de los vehículos.

De hecho, el concepto de alta ocupación y todo el desarrollo de instrumentos para potenciarla implica un cambio de foco en el objeto del transporte viario desde los automóviles a las personas, siendo estas últimas las que realmente deben considerarse los usuarios del sistema y no los automóviles, su material móvil, objeto de la ingeniería convencional de tráfico.

Pues bien, en el terreno de las personas, los datos muestran que, durante el período y hora punta de la mañana y en todas las tomas de datos realizadas, la calzada bus/vehículo de alta ocupación transporta un número mayor de personas que los carriles convencionales. Y ello a pesar de que la calzada bus/vehículo de alta ocupación dispone de un menor número de carriles, como ya se ha indicado.

En números absolutos, los usuarios de la calzada bus/vehículo de alta ocupación han aumentado sistemáticamente a lo largo de todo 1995, alcanzando un máximo de 23.624 en noviembre, durante el período punta de la mañana.

La proporción de personas que utilizan la calzada bus/vehículo de alta ocupación, durante el período y hora punta de la mañana, frente a quienes utilizan los carriles convencionales de la N-VI, no ha dejado de aumentar durante 1995, superando el 64% en noviembre.

Dentro de los usuarios de la calzada bus/vehículo de alta ocupación, los pasajeros de autobús suponen más del 45% del total, habiendo experimentado un aumento desde marzo superior al 28%. Los ocupantes de vehículos particulares también han aumentado desde marzo, aunque en una menor proporción.

EVOLUCIÓN DEL MOVIMIENTO DE PERSONAS CN-VI
(Media días laborables, Km 9, sentido Madrid)

| Total | CALZADA BUS/VAO | | | | RESTO N-VI | |
|----------------------------|-----------------|--------|--------|------|------------|-------|
| | Bus | VAO | Total | % | Total | % |
| HORA PUNTA, de 7 a 8 h | | | | | | |
| Marzo 1995 | 3.014 | 4.760 | 7.774 | 57,7 | 5.696 | 42,3 |
| 13.470 | (100) | (100) | (100) | | (100) | (100) |
| Noviemb. 1995 | 2.415 | 5.103 | 7.518 | 61,4 | 4.736 | 38,6 |
| 12.254 | (80) | (107) | (97) | | (83) | (91) |
| PERIODO PUNTA, de 7 a 10 h | | | | | | |
| Marzo 1995 | 8.684 | 11.664 | 20.348 | 57,6 | 14.969 | 42,4 |
| 35.317 | (100) | (100) | (100) | | (100) | (100) |
| Noviemb. 1995 | 10.258 | 12.517 | 22.775 | 64,3 | 12.670 | 35,7 |
| 35.445 | (118) | (107) | (112) | | (85) | (100) |

Fuente: DGT, CRT, TAPRO S.L. e IJH.

Si se calculan ahora los rendimientos en personas por carril, la superior eficacia de la calzada bus/vehículo de alta ocupación respecto a los carriles convencionales queda claramente de manifiesto.

En efecto, cerca de 4.000 personas se desplazaban por hora en cada carril de la calzada bus/vehículo de alta ocupación, durante el período punta de la mañana, en enero de 1996. Si se compara esta cifra con la correspondiente a los carriles convencionales, el rendimiento de la calzada bus/vehículo de alta ocupación en personas movidas por hora y por carril, resulta más de dos veces y media superior, de acuerdo a los datos de noviembre de 1995, última fecha para la que se dispone de datos. También durante el período punta de la tarde, el rendimiento en personas por hora y por carril resulta superior en la calzada bus/vehículo de alta ocupación en

comparación con los carriles convencionales, aunque en menor proporción que en el período de la mañana.

Tanto el rendimiento en números absolutos de los carriles de la calzada bus/vehículo de alta ocupación, como su proporción con respecto a los convencionales, han experimentado un crecimiento continuo durante 1995, en el período y hora punta de la mañana.

MOVIMIENTO DE PERSONAS POR HORA Y POR CARRIL EN CN-VI
(Media días laborables, Pk 9, sentido Madrid, noviembre 1995)

| | BUS/VAO | RESTO N-VI | BUS-VAO/RESTO |
|--------------------------|----------------|-------------------|----------------------|
| De 7 a 8 h | 3.759 | 1.579 | 2,38 |
| De 7 a 10, media horaria | 3.796 | 1.408 | 2,70 |

Fuente: DGT, CRT, TAPRO S.L. e IJH.

4.3 Comparación de tiempos de recorrido

En todas las tomas de datos efectuadas, se comprueba que los usuarios de la calzada bus/vehículo de alta ocupación obtienen ganancias de tiempo en relación a los carriles convencionales. La media de estas ganancias se sitúa entre los 6 y los 15 minutos, durante el período punta de la mañana.

Las mayores diferencias en tiempo de recorrido se producen en torno a las ocho de la mañana, cuando la congestión circulatoria alcanza su máximo, siendo menores antes y después de dicha hora.

Resulta difícil deducir una tendencia evolutiva en las ganancias de tiempo que ofrece la calzada bus/vehículo de alta ocupación. Aceptando una cierta excepcionalidad para los datos del mes de junio (últimos días del mes), debido a los cambios de residencia y desplazamientos de esta época del año, podría indicarse una cierta tendencia al mantenimiento o ligero aumento de las ganancias de tiempo desde la primera toma de marzo.

No obstante, el mantenimiento o incluso ligero aumento de las ganancias de tiempo de los usuarios de la calzada bus/vehículo de alta ocupación no debe ocultar la tendencia al aumento de los tiempos totales de recorrido en su interior.

COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDO (1991 Y 1995)
(Las Rozas-Puerta de Hierro, media de cuatro días. minutos y segundos)

| Hora | 7 h | 8 h | 9 h | 7-10 h |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| 1991, carriles convencionales | 35:29 | 19:56 | | |
| 1995, marzo | | | | |
| Calzada BUS/VAO (A) | 08:56 | 12:10 | 08:00 | |
| Carriles convencionales (B) | 13:10 | 21:04 | 14:29 | |
| Diferencia (B-A) | 4:14 | 08:54 | 06:29 | 6:32 |
| junio | | | | |
| Calzada BUS/VAO | 09:15 | 10:46 | 08:38 | |
| Carriles convencionales | 19:13 | 34:02 | 22:10 | |
| Diferencia | 09:58 | 23:16 | 13:32 | 15:35 |
| noviembre | | | | |
| Calzada BUS/VAO | 09:40 | 22:01 | 08:02 | |
| Carriles convencionales | 13:29 | 29:04 | 16:47 | |
| Diferencia | 03:49 | 07:02 | 08:44 | 6:31 |
| 1996, enero | | | | |
| Calzada BUS/VAO | 09:47 | 13:52 | 08:33 | |
| Carriles convencionales | 15:53 | 26:00 | 15:18 | |
| Diferencia | 06:06 | 12:08 | 06:45 | 8:20 |

Fuente: ET&P, IJH y TAPRO S.L..

El aumento de los tiempos totales de recorrido en el interior del bus/vehículo de alta ocupación no se debe al agotamiento de la capacidad de la propia infraestructura, sino que deriva de los problemas de congestión que se producen aguas abajo de la salida del bus/vehículo de alta ocupación hacia Madrid, a causa de la baja capacidad de las conexiones de la N-VI con la M-30, sobre todo en sentido Norte.

Las colas de entrada que se producen en las salidas hacia la M-30, situadas a unos centenares de metros del fin de la calzada bus/vehículo de alta ocupación, se transmiten aguas arriba, afectando progresivamente a mayor número de carriles, hasta llegar a perturbar la circulación en los de la izquierda, en los que desemboca la calzada bus/vehículo de alta ocupación. La perturbación se introduce así en la propia calzada bus/vehículo de alta ocupación, creando retenciones importantes en su interior.

Aunque las retenciones en el interior de la calzada bus/vehículo de alta ocupación no alcanzan las proporciones de las que se originan simultáneamente en los carriles convencionales y afectan a un período de tiempo mucho menor, tienen como consecuencia el aumento de los tiempos de recorrido para los vehículos que utilizan la calzada, entre ellos, los autobuses, que se ven retenidos sin poder acceder al carril-bus, que se inicia al final de la calzada.

Estas retenciones en el tramo final de la calzada bus/vehículo de alta ocupación se producen en torno a las ocho de la mañana y se han hecho más importantes, a medida que ha ido aumentando la intensidad de circulación en el bus/vehículo de alta ocupación.

En la actualidad, están en redacción unos proyectos de remodelación del enlace entre la N-VI y la M-30, que aumentarán sustancialmente su capacidad y cuya realización debería suponer el final de las citadas retenciones. A partir de entonces, las retenciones de la N-VI se producirán, lógicamente, en su punto final, en los semáforos de entrada a Madrid, y no afectarán a los autobuses que utilizan el carril-bus y acceden subterráneamente al intercambiador de Moncloa.

Como puede verse en el cuadro siguiente, los autobuses se han visto claramente perjudicados por los fenómenos de retención que se producen en el interior de la calzada bus/vehículo de alta ocupación, como reflejo de los problemas de capacidad del enlace con la M-30. Tanto entre 7 y 8 de la mañana, como entre 8 y 9, los tiempos de recorrido en autobús entre Las Rozas y Moncloa han aumentado sustancialmente. Fuera del entorno de las ocho de la mañana, en que la congestión de la N-VI afecta al bus/vehículo de alta ocupación, los autobuses han incluso mejorado su velocidad comercial y reducido o mantenido sus tiempos de viaje.

TIEMPOS DE RECORRIDO EN AUTOBÚS LAS ROZAS-MONCLOA
(Autobús, media días laborables, minutos)

| Horas | 1991 | Marzo 95 | Junio 95 | Noviemb. 95 |
|--------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| De 7 a 8 | 26 | 11 | 13 | 16 |
| de 8 a 9 | 32 | 12 | 14 | 17 |
| de 9 a 10 | 27 | 12 | 10 | 11 |

Fuente: CRT e IJH.

En cualquier caso, los tiempos de recorrido actuales de los autobuses constituyen un avance notable con respecto a la situación anterior a la puesta en marcha del sistema bus/vehículo de alta ocupación.

4.4 Ocupación de los vehículos

La puesta en marcha del sistema bus/vehículo de alta ocupación en la N-VI parece haber tenido efectos directos e inmediatos sobre la ocupación media de los vehículos que circulan por dicha vía.

En efecto, de acuerdo con los datos disponibles, el porcentaje de vehículos con dos o más ocupantes, es decir, los que cumplen el requerimiento de ocupación del sistema, no sólo aumentó drásticamente con la apertura del sistema, pasando del 30% al 39,3%, sino que, ha continuado creciendo a lo largo de las siguientes mediciones efectuadas, hasta alcanzar en noviembre el 42,7%.

Coherentemente con ello, el porcentaje de vehículos con un sólo ocupante, su conductor, ha ido disminuyendo sistemáticamente a lo largo del período estudiado, desde el 70% de 1991, al 57,3% de noviembre de 1995. Una reducción considerable y una prueba del éxito de la infraestructura, toda vez que uno de los objetivos centrales de estas experiencias es la reducción del medio de transporte considerado menos eficiente desde el punto de vista infraestructural y energético: el vehículo ocupado únicamente por su conductor.

VEHÍCULOS SEGÚN SU OCUPACIÓN, TOTAL CN-VI, MAÑANAS
(Km 9, dirección Madrid, en porcentaje)

| Ocupación | 1991 | 1995 | 1995 | 1995 |
|--|------|-------|-------|------|
| | | Marzo | Junio | Nov. |
| Vehículos con un sólo ocupante | 70,0 | 60,7 | 58,6 | 57,3 |
| Vehículos con 2 ocupantes | 22,0 | 31,5 | 36,3 | 34,5 |
| Vehículos con tres o más ocupantes | 8,0 | 7,8 | 5,0 | 8,2 |
| Vehículos con 2+ | 30,0 | 39,3 | 41,3 | 42,7 |
| Índice medio de ocupación de los vehículos | 1,36 | 1,49 | 1,48 | 1,53 |

Fuente: ET&P, TAPRO S.L. e IJH

El índice medio de ocupación de los vehículos, que se evaluó en 1991 en 1,36, ha experimentado una evolución parecida, alcanzando un máximo de 1,53, en la toma de datos de noviembre del 95, correspondiente, al año de la apertura. Durante el mes de junio, posiblemente por efecto de la reducción de los desplazamientos escolares, desciende ligeramente el índice de ocupación, al mismo tiempo que el porcentaje de vehículos con más de tres ocupantes, mientras aumentan simultáneamente los de dos.

4.5 Tasa de infracción y de denuncias

Las observaciones del número de ocupantes de los vehículos que circulan por la calzada bus/vehículo de alta ocupación, durante el período punta de la mañana, muestran que un pequeño porcentaje de vehículos no cumplen el requisito mínimo, de dos ocupantes, transportando sólo al conductor. Las tasas de infracción, porcentaje de vehículos con un sólo ocupante sobre el total que circulan por el bus/vehículo de alta ocupación, han sido:

TASAS DE INFRACCIÓN EN LA CALZADA BUS/VAO

| Período | Tasa |
|------------------------|-------------|
| Mañana, marzo de 1995 | 4,76 % |
| Tarde, marzo 1995 | 5,84 % |
| Tarde, mayo de 1995 | 7,64 % |
| Mañana, junio 1995 | 3,20 % |
| Tarde, junio 1995 | 3,45 % |
| Mañana, noviembre 1995 | 4,10 % |
| Tarde, noviembre 1995 | 9,91 % |

Fuente: IJH y TAPRO S.L.

En el cuadro, se observa que, mientras por la mañana, la tasa de infracción no ha llegado en ninguna de las mediciones al 5%, manteniéndose prácticamente estable, con ligeras oscilaciones, la tasa de infracción por la tarde parece ir en aumento y se acerca, en la última medición al 10% de los vehículos que utilizan la calzada bus/vehículo de alta ocupación.

Este hecho puede explicarse, probablemente, por las mayores dificultades de vigilancia de la calzada, por las tardes, cuando funciona en sentido hacia fuera, hacia La Coruña. En efecto, en sentido Madrid, todos los usuarios del bus/vehículo de alta ocupación deben pasar por el área de control, ampliamente diseñada y situada inmediatamente antes de la incorporación de los carriles de alta ocupación a la circulación convencional. Esta circunstancia actúa probablemente de forma disuasoria para potenciales infractores. Sin embargo, en sentido La Coruña, la infraestructura carece de un área de control donde verificar la ocupación de los vehículos y esta operación debe efectuarse en cada una de las cuatro salidas, o embarques, existentes. La improbabilidad de que todas las salidas estén controladas en un día concreto, anima probablemente a más conductores solitarios a introducirse en la calzada.

Aunque el índice de infracción no supera todavía el umbral del 10%, considerado en Estados Unidos (AASHTO 1991) como el límite de aceptabilidad para la tasa de infracción, la evolución de ésta resulta ya altamente preocupante.

Esta preocupación se confirma, si analizamos ahora la tasa de denuncias, es decir, el porcentaje de infractores que son denunciados por los agentes responsables del control de la ocupación de los vehículos.

En efecto, de acuerdo con los datos de los Informes, la tasa de denuncias experimentó un considerable descenso en los últimos meses del primer año de funcionamiento de la infraestructura. Frente a una denuncia por cada 190 o 160 infractores durante el primer semestre del año, en los últimos cuatro meses, la tasa de denuncias se redujo a menos de la mitad.

TASA DE DENUNCIAS BUS/VAO, 1995

| | |
|----------------------|-------|
| Enero-marzo | 1/190 |
| Abril-Junio | 1/160 |
| Septiembre-diciembre | 1/478 |

Fuente: DGT e IJH

Ello parece implicar que se ha producido una reducción sustancial en la intensidad de la vigilancia²¹. Con ella, la tasa de denuncias que podía considerarse ya bastante baja, cuando se multaba a menos de un infractor cada 150, se ha convertido en insignificante. De hecho, con la actual tasa de infracción, a un conductor solitario podría compensarle económicamente usar todos los días el bus/vehículo de alta ocupación y pagar la multa una vez al año, pues esa sería, más o menos, la media actual, si se descuentan los días de vacaciones y la calzada se usa dos veces al día.

4.6 Evaluación global del sistema BUS/VAO

Con objeto de disponer de una referencia global para evaluar su rendimiento, se han preparado, a continuación, los datos necesarios para poder comparar el sistema bus/vehículo de alta ocupación de la CN-VI con otras infraestructuras de alta ocupación, siguiendo el método de evaluación propuesto por una conocida publicación especializada (ITE, 1994).

El método consiste en evaluar los ahorros anuales de tiempo que supone la infraestructura, traducir el tiempo a dinero, aplicando un precio medio a la hora, y refiriendo la cantidad resultante al costo total de construcción de la infraestructura. Ello proporciona una referencia sobre el porcentaje de recuperación de la inversión que supondría el proyecto.

²¹ Diversos estudios experimentales demuestran que es prácticamente imposible verificar con exactitud el número de ocupantes de un vehículo sin proceder a su detención (BILLHEIMER, 1990 a y b; CAPELLE, 1988). Se estima en torno a un 15 el porcentaje de error, debido a la presencia de personas en el asiento posterior, la utilización de cristales ahumados, los reflejos del sol o la mala visibilidad durante la noche o en días de lluvia, etc. Ello significa que no pueden utilizarse medios automáticos de control (cámaras de video, etc), por lo que resulta imprescindible la presencia de agentes, lo que encarece considerablemente el sistema de vigilancia.

El método se ha aplicado a las tres tomas de datos del sistema bus/vehículo de alta ocupación, en 1995, y los resultados se han comparado con los de las tres infraestructuras de este tipo que figuran en la citada publicación. La comparación muestra que la calzada bus/vehículo de alta ocupación, a un año de su puesta en funcionamiento, ha alcanzado rendimientos comparables a las construidas en los Estados Unidos.

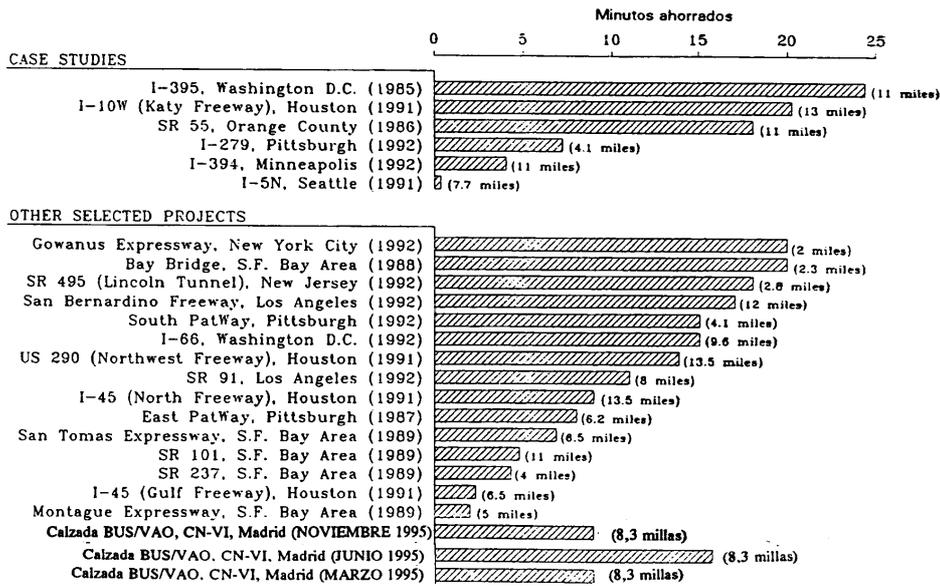
**EVALUACIÓN GLOBAL DE LA CALZADA BUS/VAO
ÍNDICE COSTO/BENEFICIO EN CARRILES DE ALTA OCUPACIÓN**

| | CN-VI Madrid marzo 95 | CN-VI Madrid junio 95 | CN-VI Madrid nov. 95 | Katy I-10 Houston | I-394 Minneapolis | I-5 North Seattle |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Personas Transportadas | | | | | | |
| Hora punta | 7.599 | 8.570 | 8.877 | 4.810 | 3.630 | 5.640 |
| Período punta | 20.209 | 19.451 | 22.775 | 10.060 | 7.260 | 12.240 |
| Duración período punta | (3 h) | (3 h) | (3 h) | (3.5 h) | (4 h) | (3 h) |
| Ahorro de tiempo (min.) | | | | | | |
| Hora punta | 11,8** | 21,16 | 11,7 | 13,8 | 4 | 2,5 |
| Período Punta | 10,2** | 14,02 | 10,1 | 5,5 | 1,5 | 1 |
| Valor tiempo ahorrado* (Mpts.) | 1.043 | 1.364 | 1.168 | 755 | 157 | 168 |
| Costo de construcción (Mpts.) | 8.749 | 8.749 | 8.749 | 3.356 | 1.469 | 1.060 |
| Valor anual del ahorro /Costo de construcción | | | | | | |
| | 11,9% | 16% | 13,3% | 23% | 11% | 16% |

Fuente: ITE 1994, TAPRO S.L. e IJH.

Comparando, ahora los ahorros de tiempo con los de otros de carriles de alta ocupación, la calzada bus/vehículo de alta ocupación de la N-VI se sitúa en una posición intermedia entre los ejemplos americanos de los que se tienen datos e, incluso, durante el mes de junio, se situó en el tercio superior de estos.

**COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDO EN LA CN-VI
CON EJEMPLOS E.E.U.U.**



Fuente TURNBULL 1994 e IJH

5 A MODO DE CONCLUSIÓN

En un año de funcionamiento, la calzada bus/vehículo de alta ocupación de la N-VI ha demostrado unos rendimientos que parecen justificar, en principio, la inversión efectuada. Máxime si se tiene en cuenta que este tipo de infraestructuras no deben evaluarse definitivamente hasta cinco años después de su puesta en funcionamiento (FUHS, 1990).

En ese corto período de tiempo, puede decirse que:

La calzada bus/vehículo de alta ocupación se ha mostrado considerablemente más eficaz en el movimiento de personas que los carriles convencionales de la N-VI, durante el período punta de la mañana. La superioridad de la calzada parece tender a incrementarse progresivamente.

Los altos rendimientos por hora y por carril de la calzada bus/vehículo de alta ocupación y su superioridad frente a los carriles convencionales, justifican sobradamente la reserva de estos carriles para vehículos de alta ocupación.

Las ganancias medias de tiempo en la calzada bus/vehículo de alta ocupación (6-15 minutos) están en su gran mayoría dentro de los umbrales comúnmente admitidos por los manuales americanos como inductores del cambio modal: un ahorro mínimo de un minuto por milla, lo que equivaldría a siete minutos y medio para el caso de la calzada bus/vehículo de alta ocupación de la N-VI, y un ahorro total mínimo de 5 minutos.

La calzada bus/vehículo de alta ocupación parece haber actuado realmente como inductora del cambio modal, contribuyendo a aumentar la ocupación media de los vehículos sobre la N-VI.

La comparación del índice costo/beneficio y de los ahorros globales de tiempo en la calzada bus/vehículo de alta ocupación con las cifras de otras infraestructuras americanas de este tipo la sitúan en unos rendimientos intermedios en relación a los de éstas. Los rendimientos obtenidos por la calzada bus/vehículo de alta ocupación a menos de un año de su apertura confirman su rentabilidad funcional y su adecuación a las características del corredor de la N-VI.

Pero, a estas evaluaciones claramente positivas, se oponen tres aspectos que generan una cierta incertidumbre la evolución futura de la eficacia del sistema:

Por un lado, el aumento continuo de la congestión en el interior de la calzada, que tiende a alargarse en el espacio y en el tiempo, y el incremento continuo de sus usuarios, que reducen considerablemente las ventajas del uso del bus/vehículo de alta ocupación.

Por otro, la importante reducción de la tasa de denuncias, y con ella el alza del porcentaje de infractores, que pueden minar la confianza y el respeto ciudadano al sistema y fomentar el desarrollo de actitudes contrarias al mismo.

Finalmente, la ausencia de una política de promoción de la infraestructura e, incluso, de

explicación de sus problemas actuales de funcionamiento que, en combinación con las anteriores, podría socavar el consenso ciudadano en torno al sistema bus/vehículo de alta ocupación de la N-VI, poniendo en peligro la propia supervivencia de la única experiencia europea en carriles de alta ocupación. A este respecto, cabe reseñar, que la puesta en marcha de una agencia pública para promover la formación de equipos para que compartan coche (el Centro de Viaje Compartido de la Universidad Politécnica de Madrid, creado en febrero de 1996, en la Escuela de Arquitectura), puede constituir un claro apoyo al bus/vehículo de alta ocupación, aunque por sí sólo, probablemente incapaz de compensar los efectos negativos de los anteriores aspectos, si estos se mantienen en los próximos años.

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO

- 1983 *Guide for the Design of High Occupancy Vehicle and Public Transfer Facilities*, Washington D.C.
1991 *High-Occupancy-Vehicle Guide*, Washington.

ALEF MILLWARD BROWN

- 1994 *Movilidad en el área de influencia del sistema BUS/VAO*, Madrid.

APARICIO, A.; FERNÁNDEZ, F.; MOLINA, E.

- 1992 "La mejora de la movilidad metropolitana en Madrid", *Estudios Territoriales*, nº 39.

BILLHEIMER, J. M.

- 1990a *HOV Lane Violation Study*, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.
1990b *Use of Videotape in HOV Lane Surveillance and Enforcement*, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

BORCHARDT, DARRELL W.

- 1988 "Operational Experience on Houston's Transitways", *Institute of Transportation Engineers 41st Annual Meeting*, District-6, Colorado.

CALTRANS

- 1991 *High Occupancy Vehicle (HOV) Guidelines for Planning, Design and Operations*, State of California Business, Transportation and Housing Agency, California.

CAPELLE, DON

- 1988 "Common Misperception Associated with Preferential Facilities for High-Occupancy Vehicle", *1988 National HOV Facilities Conference Proceeding*, Minneapolis, Minnesota.

CECHINI, FRANK

- 1989 "Operational Consideration in HOV Facility Implementations: Making Sense of It All", *Transportation Research Records*, 1232.

CHIRA-CHAVALA, T.

- 1992 "HOV Lanes Accidents and Benefits of Advanced Technology: An in Depth Analysis of PAR's", *TRB 71st Annual Meeting*, Nº 491, January 1992, Washington D.C.

CHRISTIANSEN, DENNIS

- 1988a "The Effectiveness of High-Occupancy Vehicle Facilities", *Institute of Transportation Engineers Annual Meeting*, Vancouver.
- 1988b "Report on the Change of Occupancy Requirements on the Katy Transitway", *1988 National HOV Facilities Conference Proceeding*, Minneapolis, Minnesota.
- 1990a "The Effectiveness of the Katy Freeway (I-10) Transitway. Houston, Texas", *Technical Papers. ITE's 1990, 1989 and 1988 Conferences*, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.
- 1990b "Implications of Increasing Carpool Requirements on Katy Freeway High-Occupancy-Vehicle Lane in Houston, Texas", *Transportation Research Record*, nº 1280.

CONRAD, JOHN F.

- 1987 "The Seattle Experience", *Second National Conference on High-Occupancy Vehicle Lanes and Transitways*, Oct. 25-28, Houston, Texas.

CONTRAPUNTO

- 1994 *Estudio Cualitativo: comprensión y actitudes ante el carril BUS/VAO*, Madrid.

DEHGANI, YOUSSEF

- 1990 "Planning and Design Conceptualizations of HOV and Transitway Facilities: A Summary Review", *ITE's 1990, 1989 and 1988 Conferences*, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

DEPARTMENT OF TRANSPORTATION (DOT)

- 1980 *Evaluation of Freeway High Occupancy Vehicle Lanes and Ramp Metering*, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.
- 1994 *High Occupancy Vehicle (HOV) Lane Marketing Manual*, U. S. Department of Transportation, Washington D.C.

EPTISA

- 1993 *Estudio sobre viabilidad jurídica de la creación de una calzada de uso restringido en la carretera N-VI*, Dirección General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades, Madrid.

ETP

- 1991 *Estudio de Implantación de Carriles-Bus en las Carreteras de Acceso a Madrid*, Consorcio de Transportes, Comunidad Autónoma de Madrid.
- 1992 *Estudio de simulación de un carril de alta ocupación en la carretera nacional VI. Documento final*, Dirección General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades, MOPT.

ETT

1991 ***Sistema de Mejora para la circulación de autobuses y vehículos con alta ocupación en la N-VI, tramo Las Rozas-Madrid***, Dirección General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades, MOPT.

FUHS, C.

1988 "The Evolution of HOV Facilities in Southern California", *Compendium of Technical Papers*. Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

1990a "Public Attitudes toward HOV Facilities in the West. The Times are A'Changing", *Institute of Transportation Engineers, Compendium of Technical Papers*, Boise, Idaho.

1990b ***High Occupancy Vehicle Facilities. A planning, Design and Operation Manual***, P.B.Q. and D., New York.

1991 "Enforcement Issues associated with HOV Facilities", *National Conference in HOV Systems, Seattle, Washington, April 29-May 1, 1991*, Proceeding, National Research Board.

GOLOB, THOMAS

1988 ***Safety Impacts Associated with Installation of HOV Lanes***, WP-88-2 University of California, Berkeley, Institute of Transportation Studies.

INECO

1990 ***Análisis espacial de la movilidad metropolitana***, Consorcio de Transportes de Madrid.

ITE

1986 ***Guidelines for High-Occupancy Vehicle (HOV) Lanes: A Recommended Practice***, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

1988 ***The Effectiveness of High-Occupancy vehicle Facilities***, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

JEFFREY, BILL

1987 "The Washington D.C. Experience", ***Second National Conference on High-Occupancy Vehicle Lanes and Transitways Proceeding***, Oct. 25-28, Houston, Texas.

KENDAL, D.C.

1975 ***Carpooling: Status and Potential***, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

KNAPP, BEVERLY G.

1980 "Experimental Examination of Width and Density of Delineation Design Elements for HOV Lanes", ***Papers from the TRB 59th Annual Meeting***, Washington, D.C.

LAMIQUIZ, F.; POZUETA, J.

1995 ***Plan de evaluación y Seguimiento del Sistema BUS/VAO en la CN-VI. Primero, segundo y tercer Informe***, Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades, MOPTMA. Documentos sin publicar. Copias de estos informes existen en el Instituto Juan de Herrera (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid) y en la Dirección General citada.

1996 ***Plan de evaluación y Seguimiento del Sistema BUS/VAO en la CN-VI. Memoria resumen. Evaluación año 1995***, Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades, MOPTMA. Documento sin publicar. Copias de este informe existen en el Instituto Juan de Herrera (Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid) y en la Dirección General citada.

LEWIS, RONALD J.

1985 "Seattle Area HOV Lanes: Innovations in Enforcement and Eligibility", ***Transportation Research Records***, nº 1047.

MILLER, CRAIG

1981 "Enforcement Requirements for HOV Facilities", ***Transportation Research Board 60th Annual Meeting***, Washington.

MOPT

1991 ***Informe sobre la instalación de sistemas de mejora para la circulación de autobuses y vehículos con alta ocupación en la CN-VI***, Dirección General de Planificación Intermodal del Transporte en las Grandes Ciudades, MOPT.

MOUNCE, J. M.

1985 ***Manual for Planning, Design and Operating Transitway Facilities in Texas***, Texas Transportation Institute.

NEWMAN, LEONARD

1987 ***Design of Bus and Carpool Facilities: A Technical Investigation***, Research Report 87-15, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

NCTCG

1978 "A Review of the Preferential Treatment Concept and Planning Guidelines", ***Technical Report nº 16***, North Central Texas Council of Governments, Arlington.

NUWORSOO, C.

1988 ***A technical Memorandum for Planning HOV Lanes on Freeways***, WP-88-3 Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

OWENS, ROBERT

1974 ***The 3M Company Commute-a-Van Program. Status Report***, 3M Company, Saint Paul, Minnesota.

1977 *The 3M Company Commute-a-Van Program. Status Report*, 3M Company, Saint Paul, Minnesota.

PERFATER, MICHAEL A.

1984 *Motorist Impression of the HOV Signs on I-66: Final Report*, Virginia Highway and Transportation Research Council, Virginia.

PINT, ALLAN

1988 "The Minnesota Experience I-394", *1988 National HOV Facilities Conference Proceedings*, Minnesota.

POZUETA, J.

1991 "Entre la planificación urbanística y la del transporte: Los métodos de gestión de la demanda I", *Ciudad y Territorio*, n° 92.

RUTHERFORD, G. Scott

1990 "Agency Practice for Monitoring Violations of High-Occupancy-Vehicle Facilities", *Transportation Research Records n° 1280*, Washington.

SCAPINAKIS, Dimitris

1989 *Demand Estimation, Benefit Assessment, and Evaluation of on-Freeway High-Occupancy-Vehicle lanes: Level I, Qualitative Evaluation*, Institute of Transportation Studies, WP 89-4, University of California, Berkeley.

TOLLET, David

1990 "Enforcement activities in Northern Virginia", *Fourth National HOV Facilities Conference*, T.R.B., Washington D.C.

TURNBULL, Katherine

1990 *A Description of High-Occupancy Vehicle Facilities in North America*, U.S. Department of Transportation, Washington D.C.

1994 *High Occupancy Vehicle Project Case Study*, U.S. Department of Transportation. Washington.

WASHINGTON STATE TRANSPORTATION CENTER

1988 *Evaluation of the Cost-Effectiveness of HOV Lanes*, WSTC, Seattle.

WORKSHOP

1988 "Building a Consensus and Constituency for HOV Facilities", *1988 National HOV Facilities Conference Proceedings*, Minneapolis-Minnesota.

LOS CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA pretenden difundir aquellos trabajos que por sus características, muchas veces de investigación básica, tienen difícil salida en las revistas profesionales. No se trata de una revista, ni existen criterios fijos sobre su periodicidad ni dimensiones, dependiendo exclusivamente de la existencia de originales, y de las subvenciones que puedan obtenerse para su publicación. Están abiertos a cualquier persona o equipo investigador que desee publicar un trabajo realizado dentro de la temática del urbanismo y la ordenación del territorio. Todos los originales deberán estar mecanografiados en un fichero de formato ASCII o ANSI. Si incluye dibujos serán en blanco y negro, a ser posible de trazo y sin grises o medias tintas, y con una dimensión máxima de 15x21 cm. La decisión sobre su publicación la tomará la Comisión de Investigación del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. El autor tendrá derecho a diez ejemplares gratuitos. Para envío de originales, compras, petición de números atrasados, etc.:

CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN URBANÍSTICA
Seminario de Planeamiento y Ordenación del Territorio
Instituto "Juan de Herrera"
Escuela Técnica Superior de Arquitectura
Avenida Juan de Herrera s/n 28040 Madrid
Teléfono: (91) 3.36.65.08 Fax: (91) 3.36.65.34

NÚMEROS ANTERIORES:

- 1 José Fariña Tojo: *Influencia del medio físico en el origen y evolución de la trama urbana de la ciudad de Toledo*, 30 páginas, abril de 1993.
- 2 Julio Pozueta: *Las ordenanzas de reducción de viajes*, 31 páginas, abril de 1993.
- 3 José Manuel Escobar Isla y Antonio M^a Díaz (colaborador): *Hortus conclusus, el jardín cerrado en la cultura europea*, 48 páginas, mayo de 1993.
- 4 Julio García Lanza: *Análisis tipológico de los términos municipales de la comunidad de Madrid por medio de indicadores urbanísticos*, 44 páginas, octubre de 1993.
- 5 Aida Youssef Hoteit: *Cultura, espacio y organización urbana en la ciudad islámica*, 48 páginas, noviembre de 1993.
- 6 Jesús Caballero Vallés: *El índice favorecedor del diseño (influencia del diseño de los sectores en el igualatorio reparto de cargas y beneficios en el suelo urbanizable)*, 41 páginas, mayo de 1994.
- 7 Julio Pozueta, Teresa Sánchez-Fayos y Silvia Villacañas: *La regulación de la dotación de plazas de estacionamiento en el marco de la congestión*, 37 páginas, enero de 1995.
- 8 Agustín Hernández Aja: *Tipología de calles de Madrid*, 71 páginas, febrero de 1995.
- 9 José Manuel Santa Cruz Chao: *Relación entre variables del medio natural, forma y disposición de los asentamientos en tres comarcas gallegas*, 55 páginas, febrero de 1995.
- 10 José Fariña Tojo: *Cálculo de la entropía producida en diversas zonas de Madrid*, 74 páginas, abril de 1995.
- 11 Agustín Hernández Aja: *Análisis de los estándares de calidad urbana en el planeamiento de las ciudades españolas*, 75 páginas, septiembre de 1995.
- 12 José Fariña Tojo y Julio Pozueta: *Tejidos residenciales y formas de movilidad*, 77 páginas, diciembre de 1995.
- 13 Daniel Zarza: *Una interpretación fractal de la forma de la ciudad*, 70 páginas, abril de 1996.
- 14 Ramón López de Lucio (Coord.): *El comercio en la periferia sur metropolitana de Madrid: soportes urbanos tradicionales y nuevas centralidades*, 58 páginas, septiembre de 1996.
- 15 Agustín Hernández Aja: *Pisos, calles y precios*, 63 páginas, diciembre de 1996.