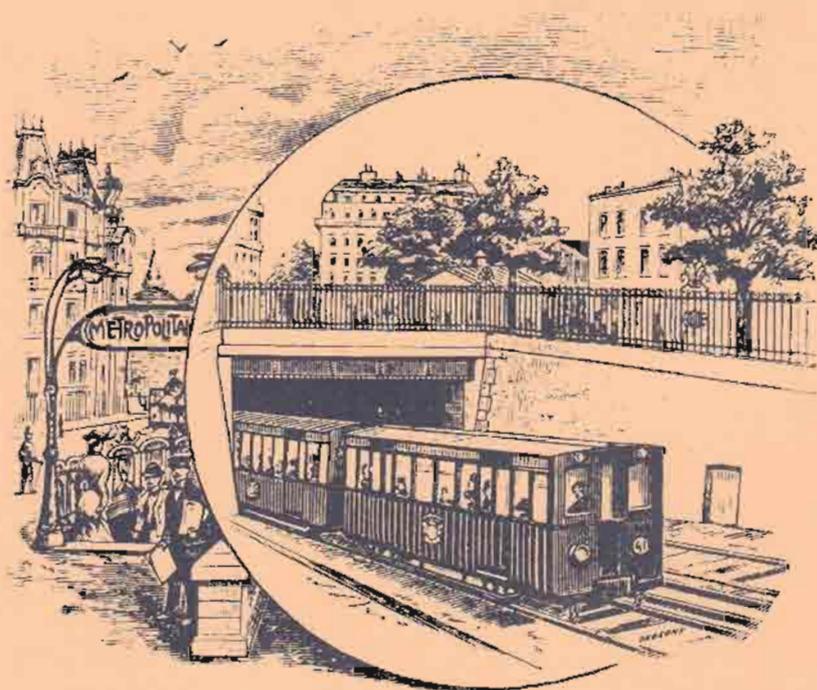


2



El Transporte y la Ciudad

- Los Intercambiadores de Transporte.
- La Planificación del Transporte Público en Madrid.
- Los Sistemas de Información Geográfica y la Planificación de Transportes en el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.

Directora: **SONIA LOZANO OLASO**

Consejo editorial:

MANUEL MARISCAL

MARÍA SERRET

ÁNGELES TÁULER

Diseño: **TORNÉ**

Producción Gráfica: MCF Textos, S.A.
C/ María Teresa, 17. 28028 MADRID.

Edición: **ASOCIACIÓN
INTERPROFESIONAL DE
ORDENACIÓN DEL
TERRITORIO, FUNDICOT.**

D.L: M-22.729-1981. ISSN: 0212-0798

Dirección postal: **Asociación
Interprofesional de Ordenación
del Territorio, FUNDICOT.**
General Arrando n° 38, 28010.
MADRID. Tfno. y Fax: 91-308.50.29

*

FUNDICOT es miembro asociado de
la **FIHUAP** y de la **ISOCARP-AIU**.

Cuadernos de Ordenación del Territorio
considerará los originales recibidos,
pero no mantendrá correspondencia
sobre ellos ni se compromete a su
publicación.

Cuadernos de Ordenación del Territorio
agradece, asimismo, que las
colaboraciones se ajusten a las siguientes
normas: presentación en disco
informático y en papel, sin que
sobrepasen las siete páginas (formato
UNE-A4).

Editorial

El reto del transporte urbano 2

El Transporte y la Ciudad

Los Intercambiadores de Transporte
Francisco Fernández Lafuente 3

La Planificación del Transporte Público en Madrid
Luis Eduardo Cortés Muñoz 9

**Los Sistemas de Información Geográfica y la
Planificación de Transportes en el Consorcio
Regional de Transportes de Madrid**
José Antonio Cascales Moreno
Carlos Cristóbal Pinto
Antonio García Pastor 11

**Posibilidades de mejorar el balance entre
Movilidad y Seguridad de la Circulación
con actuaciones en las infraestructuras**
José M. Pardillo Mayora 16

**Movilidad Urbana Pendular e Intermodal:
una aproximación a su sostenibilidad**
Francisco Pastor
Manuel Román 22

El reto del transporte urbano

CON este segundo número, *Cuadernos de Ordenación del Territorio* pretende continuar el cambio ya iniciado. El espíritu que anima a la revista es el de intentar cubrir ciertos espacios que puedan resultar de utilidad a los lectores.

El presente número es, ante todo, un monográfico sobre transporte que intenta seguir sus aspectos más urbanos, de ahí el título de *El Transporte y la Ciudad*.

Transporte y Ciudad son dos realidades a menudo enfrentadas, ya que responden a planificaciones autónomas. Sin embargo están condenadas a encontrarse: la Ciudad actual no puede sobrevivir sin el transporte, y éste encuentra en ella la mejor expresión de su desarrollo.

Hoy la ciudad es un organismo autónomo que intenta mantener su funcionamiento sin tener en consideración a sus habitantes, es Cronos devorando a sus hijos, funciona por sí misma, sin tener en cuenta que el modelo que genera puede dejar de funcionar.

En la ciudad, el transporte es sinónimo de libertad, porque permite al ciudadano una movilidad que supera a la habitual de su entorno más cercano. Si el transporte en la ciudad es plural, puesto que varios son los modos que conviven en ella, el vehículo privado se presenta, de un tiempo a esta parte, en el obstáculo más serio para un desarrollo urbano equilibrado, que debe basarse en una ciudad accesible, en una movilidad sostenible, y en un respeto del medio ambiente urbano, o lo que es lo mismo: la ciudad habitable.

La dictadura, la hegemonía, la autoconservación y mantenimiento de un modelo basado en el vehículo privado hoy son ya imposibles de permitir. Es una paradoja más: el modo que más ha contribuido a la libertad individual es hoy el culpable del mal funcionamiento de la ciudad. Una vez más, la sociedad supera a sus héroes y los derroca.

La idea rectora de este número ha sido la de aportar unos artículos divulgativos, didácticos y plurales. Divulgativos porque se tratan algunos temas quizá poco conocidos, didácticos porque acercan la problemática del transporte a los lectores, y plurales porque se ha contado con la perspectiva estatal (Dirección General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades, MOPT-MA) y autonómica (Consejería de Política Territorial, Comunidad Autónoma de Madrid), con las aplicaciones del Consorcio Regional de Transportes de la CAM y con aportaciones de empresas técnicas especialistas en el tema.

De esta forma el contenido de este número es heterogéneo, con unas exposiciones más clarificadoras en unos casos que en otros, con unos contenidos más cuidados en unos casos que en otros, y más técnicos en unos casos que en otros.

Si algo hay que destacar es por un lado la dificultad de la planificación del transporte, especialmente a la hora de concertar un marco financiero estable para el fortalecimiento del transporte público entre las distintas administraciones. También es interesante descubrir la relación tan estrecha que existe entre los accidentes en nuestras carreteras y la ejecución de proyectos de seguridad vial en las mismas, sobre todo en lo llamados Tramos de Concentración de Accidentes. Del mismo modo resulta interesante ver aparecer el término MUPI (Movilidad Urbana Pendular e Intermodal), que explica por sí mismo el tipo de movilidad actual en las ciudades. De la misma forma, los sistemas de información geográfica, se empiezan a convertir en un instrumento útil en los procesos de análisis y planificación, permitiendo la conjunción de transporte y ciudad.

Sin embargo, si en algo se está de acuerdo es en que el desarrollo de un transporte público eficaz, moderno y acorde con las nuevas necesidades del ciudadano es la única forma de reconquistar la ciudad. Aunque son aún demasiados los que miran hacia arriba y esperan que las cosas se arreglen por sí solas y aún muy pocos los convencidos de que hay que actuar, entre todos, para que la ciudad encuentre, de nuevo, el equilibrio.

Los Intercambiadores de Transporte

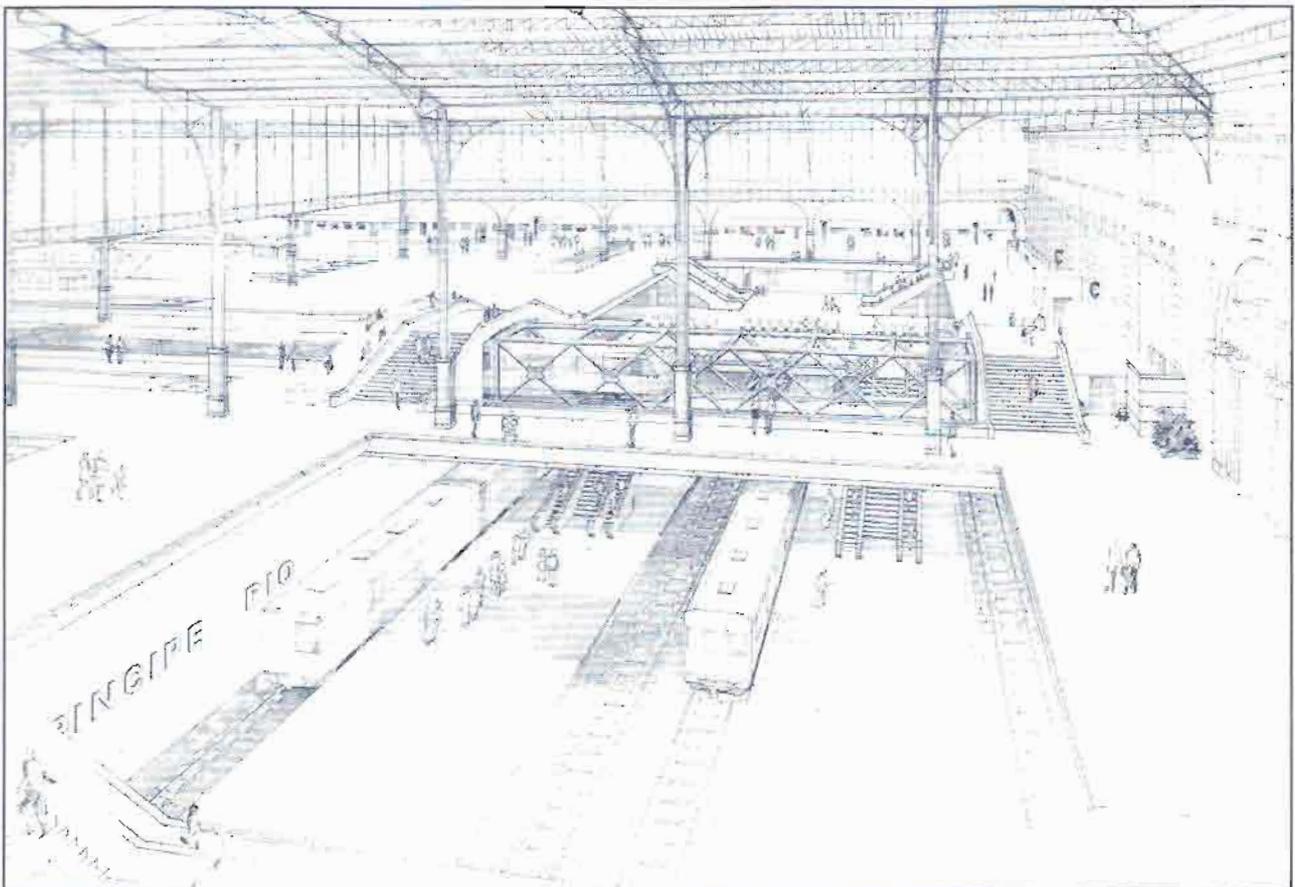
FRANCISCO FERNÁNDEZ LAFUENTE

Director General de Actuaciones Concertadas en las Ciudades

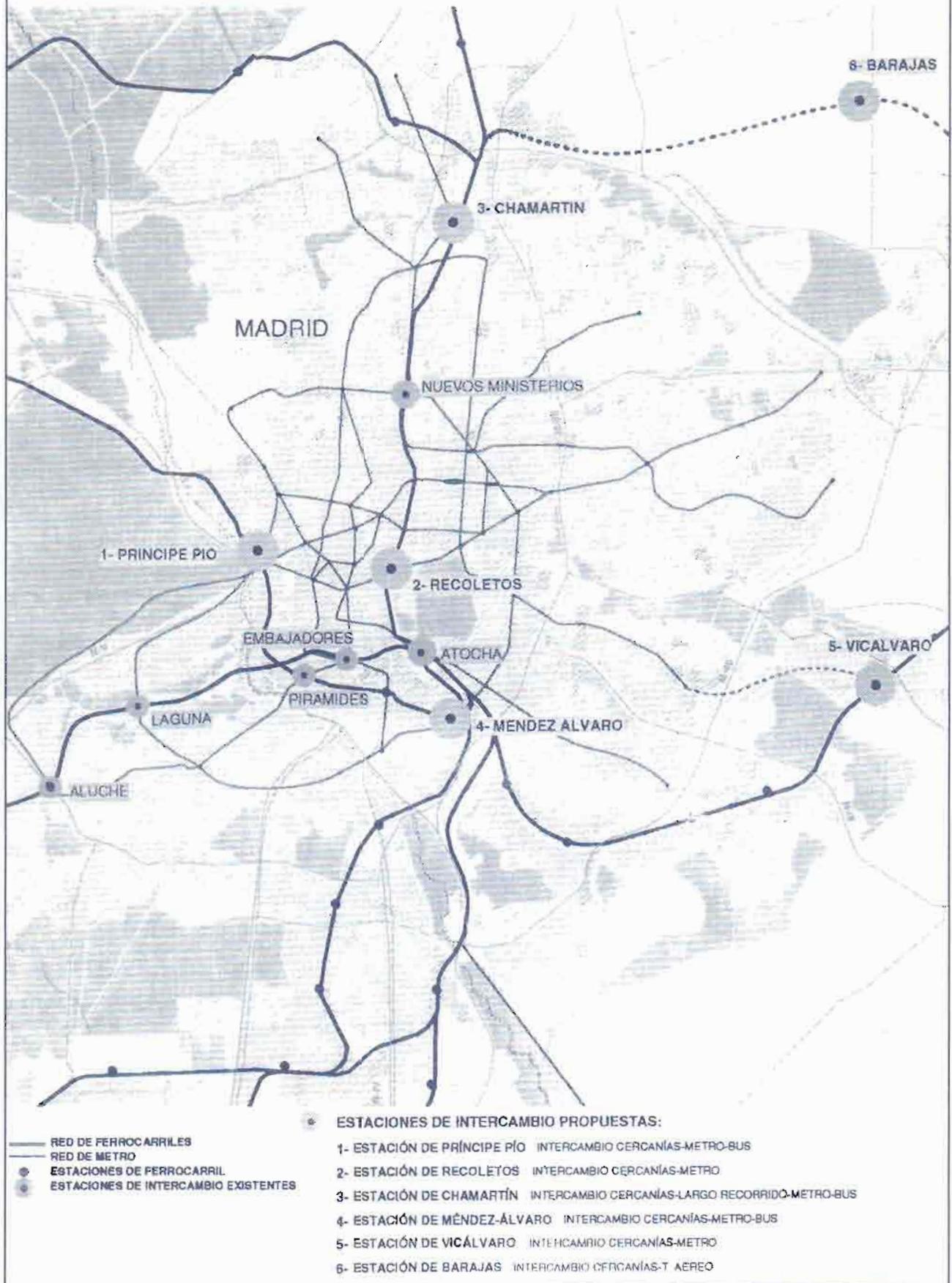
INTRODUCCIÓN

LA internacionalización de la economía viene poniendo en juego la competitividad entre ciudades. Las decisiones de localización de la actividad económica en desarrollo toman en consideración entre otros factores el de la accesibilidad. Pero, la accesibilidad se analiza en referencia a diferentes ámbitos: el local/regional (mercado de trabajo), el nacional/internacional (consumo, demanda de servicios).

En el ámbito local/regional o metropolitano, las ciudades, se esfuerzan, sobre todo en Europa, por ofrecer un sistema de transporte colectivo suficientemente atractivo como para presentarse como una alternativa al vehículo privado. Para ello una orientación clave es la continuidad en el esfuerzo, evitando retrocesos o situaciones dubitativas que siempre son aprovechadas por el crecimiento de la utilización del vehículo privado y su mayor participación en la demanda global.



ACTUACIONES EN ESTACIONES DE INTERCAMBIO



Un indicador relevante de este esfuerzo es el gasto público dedicado a uno y otro modo de transporte, y en particular el grado de «intermodalidad» de las aplicaciones de los recursos financieros. En las ciudades con sistemas de transporte público más avanzados, se aplican recursos obtenidos del vehículo privado (precios, peajes, fiscalidad). Con ello se demuestra que no tiene por qué ser mecánica la decisión de construir nueva capacidad viaria subterránea por la simple justificación de cofinanciarse con la construcción de aparcamientos, por ejemplo.

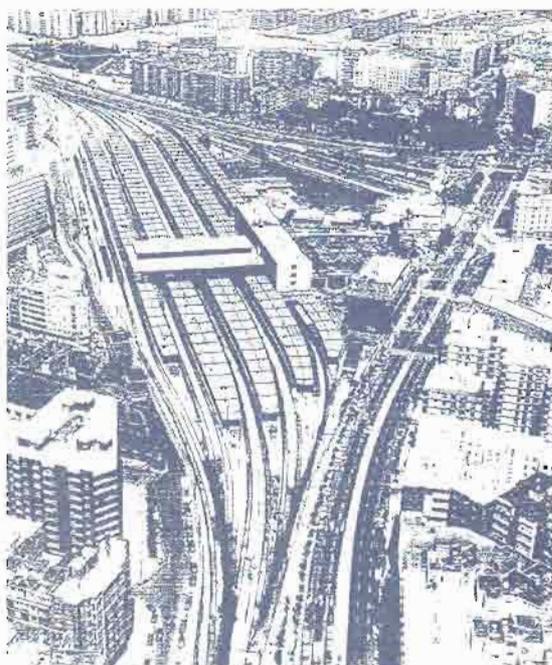
Pues bien, la continuidad en el esfuerzo de apoyo al transporte colectivo se sustenta en un marco financiero estable, en el cual se optimicen los recursos privados y públicos, en decir, los recursos obtenidos de los usuarios vía precios o de los contribuyentes vía impuestos, siempre dentro de hipótesis esquemas de gestión que minimicen los costes. Este marco financiero estable debe contar con instrumentos adecuados de cooperación entre los diferentes niveles de las administraciones implicadas: en nuestro caso, la General del Estado, las Autonómicas y las Municipales, en el caso más complejo de las regiones metropolitanas.

Uno de los instrumentos imprescindibles para sentar las bases de un marco estable de financiación es la planificación y especialmente la que se refiere a las infraestructuras del sistema de transporte. Por tratarse, en general,

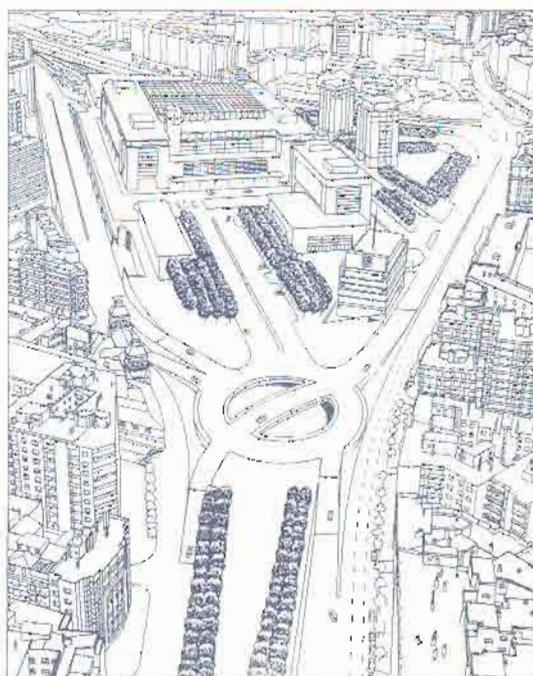
de infraestructuras que pertenecen a la competencia de los tres niveles de la Administración, dicha planificación se debe desarrollar, no sin dificultades, en un espíritu de cooperación con resultados concertados en los llamados Convenios de Red Viaria, de Infraestructura de Metro o de Ferrocarril de Cercanías.

Una de las áreas de mayor dificultad, en estos ejercicios de concertación, aparece en aquellos espacios, de intermodalidad, en los cuales la responsabilidad de iniciativa o de protagonismo está menos clara. Es el caso de los llamados intercambiadores de transporte.

En el ámbito urbano, un intercambiador es una infraestructura de charnela entre las estaciones o paradas de diferentes modos de transporte, cuyo objetivo es facilitar el movimiento de los viajeros entre ellas. Naturalmente, su justificación se corresponde con aquellos puntos de la red con mayor potencialidad de movimientos de intercambio, a lo largo del día o en los períodos punta. Dado el número de viajeros transportados en los trenes de cercanías, es en esta red donde los intercambiadores, su distribución, y buen funcionamiento, tienen mayor relevancia.



VISTA ACTUAL



SOLUCIÓN PROPUESTA

GOBIERNO DE ARAGÓN

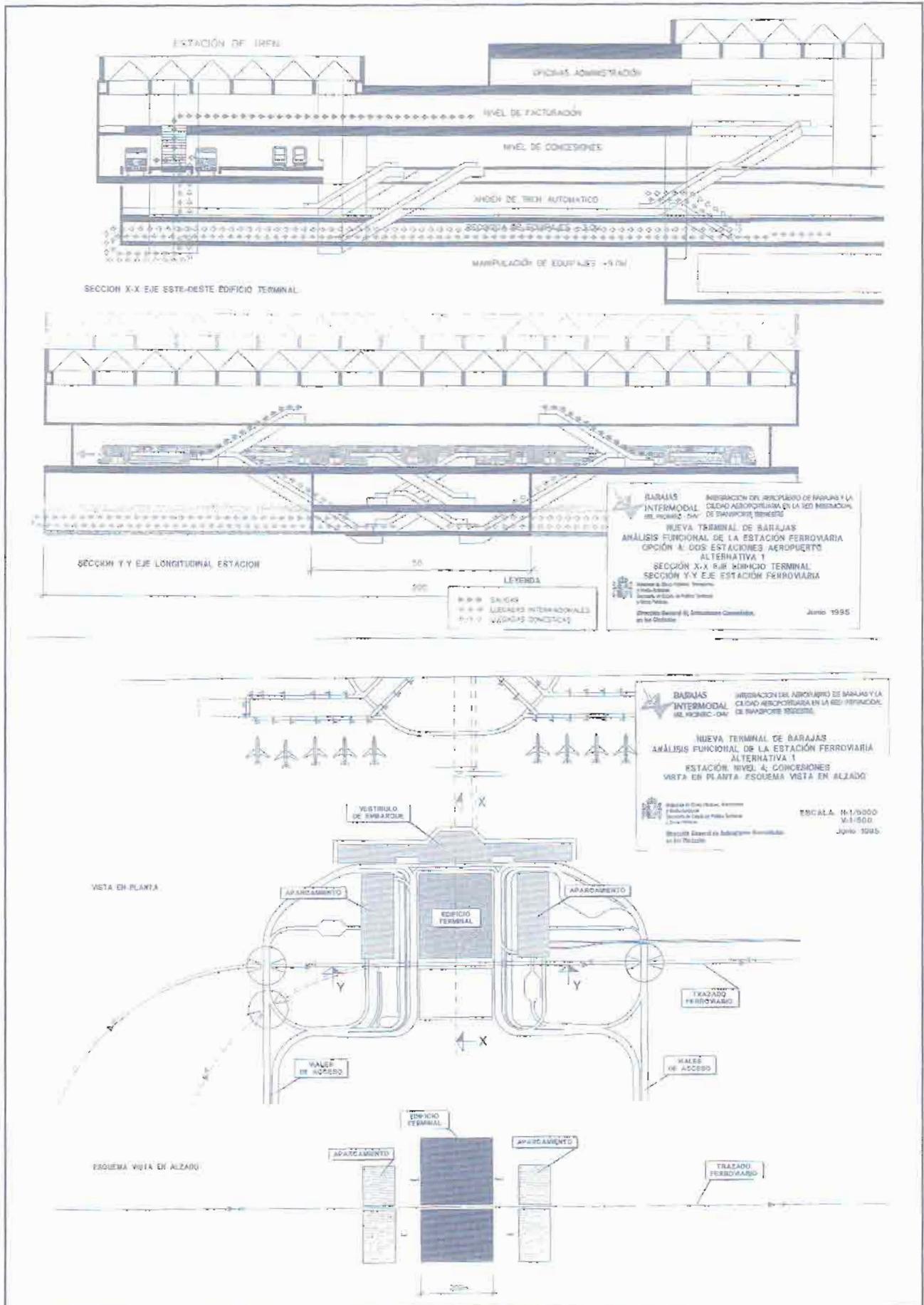
45
AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA

RENFE

CENTRO DE TRANSPORTES DE ZARAGOZA

PERSPECTIVA 3

INFORME DE PROYECTO DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y PLANO DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO



LOS INTERCAMBIADORES DE TRANSPORTE EN EL PLAN DE CERCANÍAS DE MADRID 1996-2001

En los últimos años las Cercanías Ferroviarias de Madrid han pasado a ocupar un papel clave dentro del sistema de movilidad de la región madrileña. Las mejoras en la oferta, la regularidad y calidad del funcionamiento del servicio y la mejor funcionalidad de las infraestructuras de intercambio con otros modos de transporte, han hecho posible que el ferrocarril sea el modo de transporte que experimente mayores crecimientos de demanda y que satisficase más adecuadamente las necesidades de movilidad de la periferia metropolitana de Madrid.

No obstante, en un sistema de transportes complejo y diversificado como es el de la Comunidad de Madrid, la conectividad entre las redes de transporte urbano/metropolitano es un elemento clave para lograr el funcionamiento coordinado y efectivo del mismo.

A pesar de las últimas actuaciones realizadas, de gran incidencia en la configuración del sistema de transportes, el número de conexiones entre la Red de Cercanías y la Red de Metro es todavía escaso.

Para mejorar la conectividad entre estas redes, el Plan de Cercanías de 1995 propone actuaciones en cinco enclaves estratégicos: Príncipe Pío (Estación de

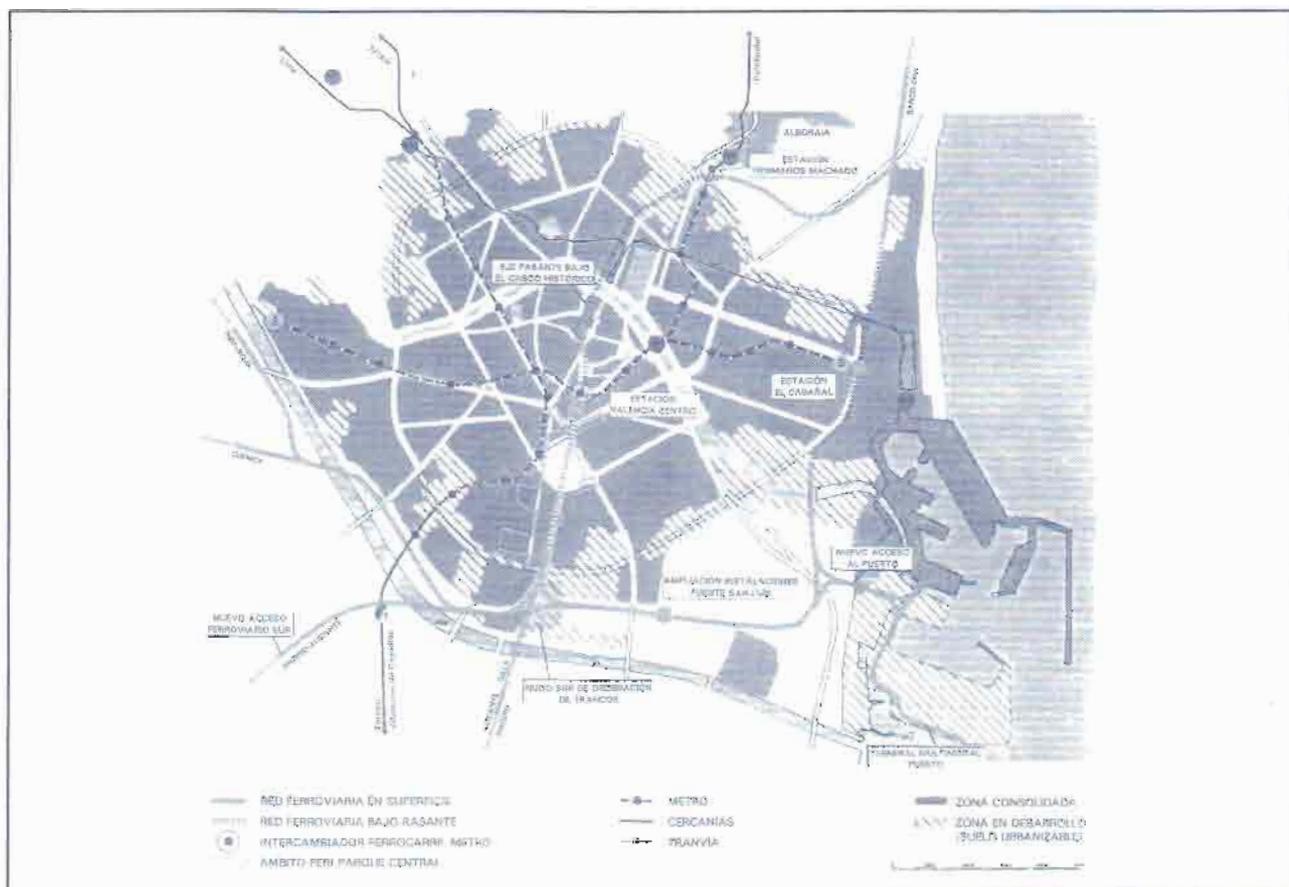
Autobuses), Recoletos, Chamartín, Vicálvaro y Méndez Álvaro.

El intercambiador de Príncipe Pío, que ya tiene en funcionamiento la Línea C-7 de Cercanías, y la Línea 6 de Metro, cuenta con una nueva estación para la Línea 10 en construcción y será completado con una estación de autobuses suburbanos (carretera de Extremadura) con un acceso específico subterráneo.

La actuación de Recoletos, situada en el eje Atocha-Chamartín, con un intercambio modal poco relevante en la actualidad, consistirá en una mejora de los accesos peatonales de la estación ferroviaria, (que se mantiene en su situación actual) especialmente hacia Cibeles, completándose con el traslado de la estación de Metro de Banco en la Línea 2 debajo de la Plaza de Cibeles y la concentración de las paradas de autobuses con accesos directos a la misma Plaza.

La remodelación de los intercambios en la Estación de Chamartín, donde confluyen numerosas líneas ferroviarias tanto de Cercanías como de Largo Recorrido, además de la Línea 8 de Metro (que se constituirá en una de las principales de la Red de Metro al unirse con la Línea 10), se revela como una de las principales actuaciones para mejorar la conectividad entre las redes ferroviarias de Madrid.

La actuación de Vicálvaro supone la conexión de la



Línea C-2 de Cercanías, de Alcalá de Henares, con anticipación a la de Atocha, con la Red de Metro a partir de la prolongación de la Línea 9 desde Pavones, dando servicio además al nuevo barrio de Valdebernardo.

El intercambiador de Méndez Alvaro será la pieza clave para el buen funcionamiento del esquema actual de la Red de Cercanías de Madrid.

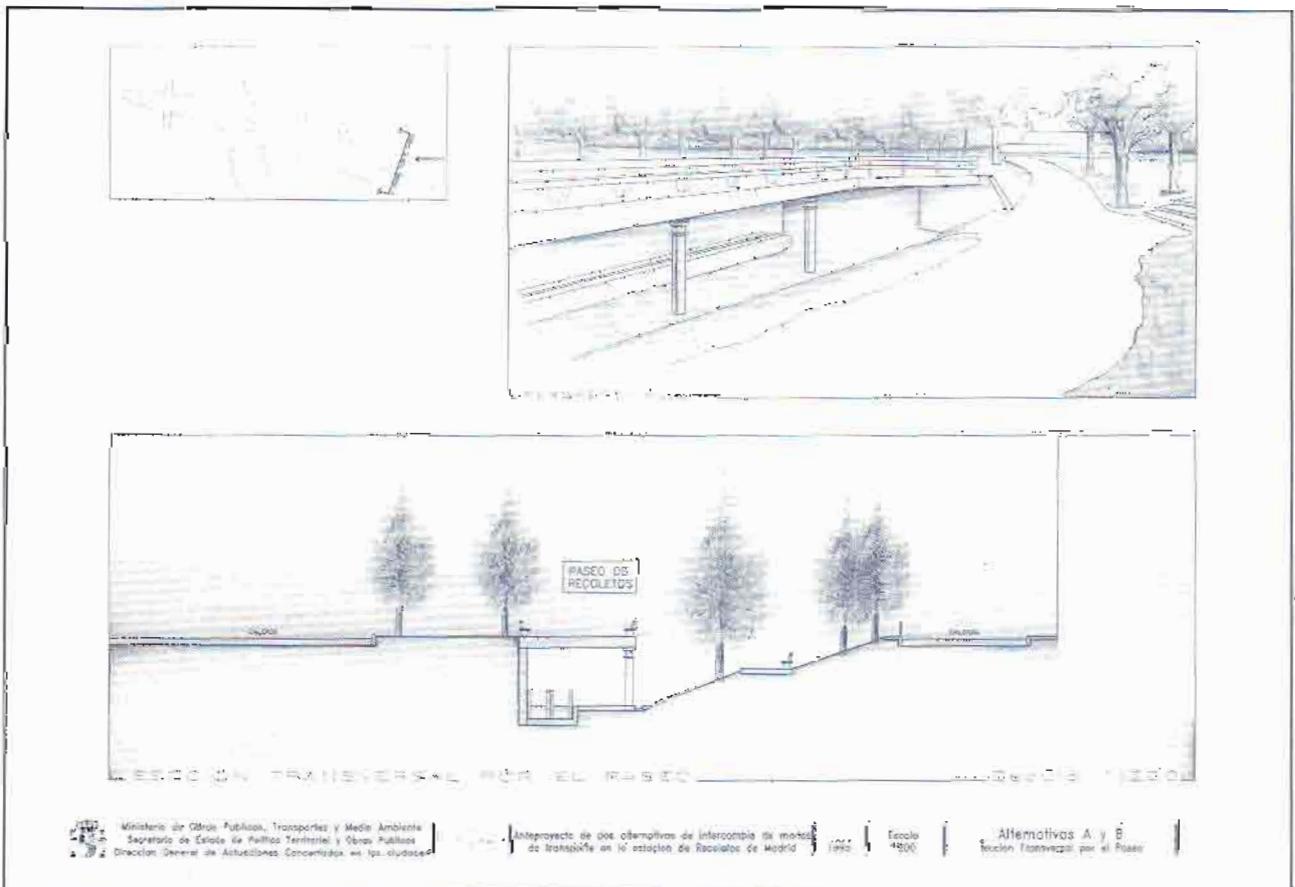
En efecto, la operación cuenta con un objetivo transcendental: la mejora del funcionamiento de la Estación de Cercanías de Atocha, a partir de dos acciones: una acción más visible para el ciudadano, la construcción de una variante para la Línea C-2 (Alcalá de Henares). Con una estación en Méndez Alvaro que se constituye en intercambiador con las Líneas C-5 (Fuenlabrada), C-7 (Las Rozas-Pasillo Verde), Línea 16 de Metro y Estación Sur de Autobuses, desconcentrando en gran medida el número de transbordos que actualmente se realizan en Atocha.

Y, en segundo lugar, permitiendo la ordenación de los servicios ferroviarios que entran y salen de la Estación de Atocha desde o hacia el sur, sin cruzamientos, lo cual permite optimizar su capacidad, y consecuentemente la del túnel Atocha-Chamartín, pieza angular de las Cercanías de Madrid en el esquema actual de la Red.

INTERCAMBIADORES DE TRANSPORTE EN LA RED DE INTERÉS GENERAL DEL ESTADO

La internalización de la economía no sólo lleva a la competencia entre las ciudades, sino que también obliga a los Gobiernos Nacionales a poner en juego complementariedades, y reequilibrios entre los sistemas de ciudades y a constituirlos en redes físicas y accesibles. Los conceptos interurbanos (relaciones en campo abierto) inicialmente manejados por la Unión Europea en sus Redes Transeuropeas de Transporte, se han visto pronto convenientemente completados por el concepto de redes entre ciudades con acceso a las tramas urbanas, y por tanto con terminalidades (en el caso de los transportes colectivos) accesibles a los sistemas urbanos y metropolitanos.

Surgen así, los conceptos de macrointercambiadores de viajeros en las estaciones de la red de servicios de alta velocidad o de velocidad alta, como los propuestos en Zaragoza-El Portillo, Barcelona-La Sagrera o Valencia-Estación del Norte, o en los grandes Aeropuertos como los propuestos en Madrid-Barajas o en Barcelona-El Prat. Todos ellos se encuentran en fase de estudios previos, y pendientes de ser concertados con las Administraciones Territoriales.



La Planificación del Transporte Público en Madrid

LUIS EDUARDO CORTÉS MUÑOZ

Consejero de Urbanismo, Obras Públicas y Transportes de la Comunidad Autónoma de Madrid

La planificación del Transporte público en la Comunidad de Madrid es competencia del Consorcio Regional de Transportes de acuerdo con la Ley de creación de dicho Organismo (Ley 5 de 1985, de 16 de Mayo de la Asamblea de Madrid). De esta competencia queda excluida la Red de Cercanías de RENFE que corresponde al MOPTMA.

Dentro de la actividad del Consorcio, la planificación de la Red de Metro es un elemento básico ya que actúa sobre el transporte ferroviario y los grandes intercambiadores de transporte donde se canalizan los mayores flujos de viajes.

El Consorcio realiza la planificación mediante un modelo de transporte que usa varias herramientas. La primera de ellas, una matriz de movilidad origen-destino con más de 600 zonas de transporte en toda la Comunidad, que se van actualizando tanto en sus valores actuales como los previstos en años posteriores en función de nuevas viviendas, futuros puestos de trabajo o estudio, etcétera.

Además se cuenta con las redes de transporte actuales y futuras de acuerdo con las fechas previstas de entrada en servicio.

Otra herramienta se corresponde con un programa informático llamado EMM-2 para asignar, en cada horizonte temporal, la matriz de movilidad a las redes de transporte público, en función del coste generalizado del transporte. De esta forma se evalúa, junto a las tarifas correspondientes, los tiempos de acceso al primer modo de transporte, el tiempo de espera del tren o autobús correspondiente, los tiempos de viaje y de transbordo y una nueva etapa modal,

en su caso. El programa dispone de un algoritmo para realizar la distribución de demandas de viaje entre los diferentes modos.

El modelo de planificación permite diferentes alternativas de ampliaciones de la Red de Metro y obtener la rentabilidad social de las inversiones y gastos de explotación correspondientes.

Señalemos que la rentabilidad global es muy superior al cálculo que realiza el modelo ya que el transporte público en general, y el Metro en particular, genera muchas más ventajas que el ahorro de tiempo:

- ahorros energéticos
- disminución de la contaminación atmosférica y acústica
- disminución de los accidentes de tráfico
- disminución de ocupación de espacio físico
- disminución de los tiempos de viajes de los que no usan el transporte colectivo.

Un caso particular es la evaluación de los intercambiadores al reducirse uno de los tiempos (el de transbordo) de la cadena modal, que actúa por dos vías: por una parte se reduce el tiempo de viaje de los actuales usuarios y por otra se atrae a nuevos usuarios cuando se mejoran estas piezas fundamentales para los viajes que necesitan utilizar varios modos de transporte.

Otra de las actividades del Consorcio es la planificación de las Redes urbanas de autobuses que complementan las redes ferroviarias, mediante un desarrollo más «capilar» en el territorio, para posibilitar la recogida en el origen de los viajes o la distribución análogamente en el

destino, así como conectar directamente orígenes y destinos con fuerte relación entre sí.

El método de planificación de estas redes está basado en varios criterios:

- Mejorar la adaptación de los itinerarios de las líneas a los nuevos desarrollos residenciales y de puestos de trabajo o estudios.
- Coordinar mejor las redes entre sí especialmente con el metro y con los grandes intercambiadores de transporte.
- Reducir la competencia en el centro de la ciudad entre Metro y autobús, dando prioridad al Metro, que evita la congestión de tráfico y aminora la contaminación ambiental.
- Mejorar la accesibilidad de barrios que no disponen cerca de ningún transporte público, aunque sean de tamaño poco importante.
- Aprovechar los nuevos viarios que puedan proporcionar mejor calidad en tiempos de viajes, regularidad y más atractivo para captar nuevos viajeros.

Un elemento que hay que considerar en toda planificación de autobuses es la programación inicial de la oferta para dotar de la capacidad adecuada al transporte, para ello es útil el modelo de planificación de que dispone el Consorcio, que permite asignar los niveles de demanda correspondientes a cada línea.

Finalmente hay que referirse a la planificación de las líneas interurbanas de autobuses. En este ámbito la planificación tiene un aspecto normativo particular y es que la Ley de Ordenación del Transporte Terrestre y el Reglamento que la desarrolla obliga a que los cambios de las concesiones existentes antes de la promulgación de la Ley, que se conoce como «Convalidación de Concesiones», hay que realizarlos mediante acuerdo entre la Administración competente y cada Concesionario.

El método de planificación en la parte técnica es muy parecido al realizado con los operadores públicos de autobús y los criterios son muy similares si se cambia Metro por ferrocarril de Cercanías. Igualmente conlleva un proceso de negociación con cada empresa concesionaria e incluye aspectos de costes de los servicios y de nueva estructura tarifaria, que se traduce en ventajas para los usuarios como es la introducción del billete de diez viajes y la unificación de tarifas.

Los Sistemas de Información Geográfica y la Planificación de Transportes en el Consorcio Regional de Transportes de Madrid

JOSÉ ANTONIO CASCALES MORENO
CARLOS CRISTÓBAL PINTO
ANTONIO GARCÍA PASTOR
*Consorcio Regional de Transportes de Madrid
Área de estudios y planificación*

I. INTRODUCCIÓN

EL desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (GIS) para el transporte público parece una aplicación evidente de un GIS, sobre el cual se puedan recoger todas las líneas de transporte con sus paradas y/o estaciones, sobre una cartografía georeferenciada de la ciudad. Este GIS permitiría tener un mejor conocimiento del sistema, especialmente en cuanto a la oferta. Esta estructura básica se podría relacionar con horarios, aforos, encuestas, fotografías de paradas, etc., siempre después de complejos desarrollos, todos realizables pero con éxito incierto.

Sin embargo, la utilización de un GIS en la planificación de redes de transporte público no es tan evidente. El motivo es que cualquier análisis de la movilidad de una ciudad compleja exige una simplificación de la misma, de forma que la representación de la realidad sea más sencilla, con el fin de poder simularla y evaluar diversas alternativas. En este sentido existen diversos soportes lógicos para simular matrices de movilidad por redes de trans-

porte, simplificando el territorio por medio de zonas de transporte. Estos soportes son utilizados desde hace más de quince años en la planificación del transporte de Madrid.

Desde hace tres años, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha empezado a trabajar con un GIS, con un enfoque pausado e incremental, de forma que se ha tratado de ir aprendiendo las aplicaciones de apoyo a la planificación de transporte, utilizando un GIS sencillo que no requiera un nivel de especialización elevado. Se ha utilizado el soporte lógico Gispplus-Transcad.

A continuación se recoge la experiencia tenida a lo largo de estos años en la utilización de este GIS, en aspectos relativos a planificación de transporte.

2. COBERTURA DE LAS REDES FERROVIARIAS DE METRO Y CERCANÍAS

La planificación de redes y servicios de transporte público exige conocer y medir distintos indicadores relacionados

fundamentalmente con la demanda de transportes, que permiten establecer la adecuación de una red a la estructura de usos del suelo de una ciudad, o comparar diversas alternativas de infraestructura.

Entre los indicadores directamente ligados a la oferta de infraestructura y a la estructura territorial urbana, se encuentra la cobertura de las redes de transporte, en términos de población accesible a las mismas.

Dejando aparte el transporte privado, en el que la cobertura de la red a nivel urbano se aproxima al valor máximo (la densidad de redes viarias es lo suficientemente amplia en todas las ciudades), es en el transporte público donde se dan más a menudo problemas de accesibilidad, debido a las limitaciones de infraestructura existente, y a la concentración de la demanda en determinados puntos (paradas y estaciones).

La configuración de las redes de transporte público, especialmente las correspondientes al modo ferroviario, responde a la estructura urbana de la región, cubriendo zonas de mayor densidad residencial y frecuentemente corredores por lo general radiales que conectan zonas residenciales con zonas de empleo. Es obvio que tales estructuras ocasionan la existencia de zonas y bolsas de inaccesibilidad a las redes.

La medida de la población (o cualquier otra característica asociada al territorio) cubierta por una red de transporte público ha de realizarse fundamentalmente tomando como unidad básica de análisis la estación o parada, por ser ésta el punto de intercambio de modos y el acceso a la red considerada.

En segundo lugar será necesario fijar los límites de esta cobertura, teniendo en cuenta para ello el modo de acceso y dispersión desde las paradas. Por lo general, y en el caso analizado, este modo se realiza andando, por lo que el límite de cobertura vendrá medido por la distancia máxima que un usuario está dispuesto a caminar para acceder al transporte público (más adelante se incidirá más sobre esta cuestión).

Paradas de transporte público, distancias a las mismas y población situada en el entorno, son elementos que configuran los datos básicos utilizados en la metodología que se describirá a continuación, contando para su tratamiento con la ayuda que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica.

2.1. Metodología

Concentrando el análisis en las redes de transporte público y en la población residente (total) de la región, el método de análisis consiste básicamente en trazar círculos desde cada estación a la distancia convenida (300, 600 y 900 metros), y calcular la población que se encuentra

dentro de estos círculos. La metodología así enunciada es de sencilla comprensión. Pese a ello, hay que tener presentes las siguientes dificultades:

—La distribución de la población en el territorio no es homogénea, por lo que un cálculo efectuado a partir de densidades medias y del área del círculo no ofrece resultados muy precisos.

—El cálculo manual de los valores de cobertura exige tomar hipótesis medias (densidades radiales medias, p.e.) con la correspondiente pérdida de precisión, o por el contrario realizar costosos cálculos sobre mapas, repetidos para cada estación y para cada distancia contemplada.

La primera de las dificultades se puede solventar parcialmente, acudiendo a subdivisiones del territorio que reflejen la densidad residencial. Estas divisiones pueden variar desde los centros administrativos más amplios (municipios, distritos) hasta unidades más pequeñas y que por lo tanto representan con gran detalle la distribución de población (llegando incluso al nivel de manzanas). En el caso que se está presentando, se ha acudido a las secciones censales, unidad administrativa básica con un tamaño medio entre unos 1.000 y 3.000 habitantes.

Se ha partido de una digitalización del seccionado censal de toda la región de Madrid (unas 3.780 secciones censales), de las cuales 2.280 son del municipio de Madrid, a cada una de las cuales se han asociado los atributos de población total de derecho correspondiente, así como otros códigos identificativos de municipio, distrito y sección censal.

Por otra parte, se ha creado una base de datos georeferenciada de puntos que recoge la situación de las estaciones ferroviarias en análisis, es decir metro y cercanías. La ubicación de estaciones hubo de ser comprobada y corregida a partir de los planos para asegurar su correcta posición, utilizando para ello la recién creada base geográfica del seccionado censal en el GIS, la cobertura cartográfica de la Comunidad de Madrid (planos digitalizados a escala 1/25.000), igualmente implantada en el GIS, y la superposición de los puntos (estaciones y vestíbulos) según las coordenadas UTM de partida, corrigiendo su situación según la posición relativa en el plano.

A esta base geográfica de estaciones se asoció una base de datos sobre código y nombre de la estación, línea o líneas a las que se tiene acceso, etc..

Con estas dos bases de datos asociadas a polígonos (secciones censales) y puntos (estaciones) se hizo completamente operativa la base geográfica del seccionado censal, preparada para la realización de los distintos análisis a efectuar.

Finalmente, el cálculo de cobertura se ha realizado en las dos etapas siguientes:

1ª Un procedimiento externo desarrollado especí-

ficamente para el GIS, que dibujaba los círculos de influencia.

2ª Una opción del GIS que permite obtener el cálculo de áreas comprendidas en el interior de cualquier poligonal cerrada (y, por lo tanto, también en el interior de los círculos). Mediante esta opción el programa calcula el porcentaje de cada sección censal que es "pisada" por el círculo y, suponiendo la población cubierta proporcional al porcentaje del área afectada, se obtienen las coberturas de población en los entornos delimitados por los correspondientes círculos. Aún cuando la población en cada sección censal se supone uniformemente distribuida en la misma, al mantener la división censal, se tiene en cuenta las diferentes densidades existentes en unidades espaciales más amplias.

En algunas secciones censales en las que es posible delimitar zonas con distintas densidades de población (p.e. parques, equipamientos, etc.), es posible subdividir las para aproximar aún más la representación a la realidad.

A partir de esta metodología elemental de cálculo se han desarrollado los distintos análisis.

2.2. Análisis territoriales

Los análisis territoriales se basan en la cobertura de las redes consideradas, para los radios de 300, 600 y 900 metros, en cada una de las divisiones espaciales que se tomaron en función de las divisiones administrativas existentes (municipios, distritos, barrios y secciones censales).

En el caso de las redes ferroviarias, el concepto de cobertura se aplica a la población atendida por el conjunto de las estaciones de dichas redes, pudiendo diferenciarse entre cobertura de Metro, Cercanías o conjuntamente para el caso del municipio de Madrid, y solamente Cercanías para los análisis efectuados sobre el resto de municipios de la Comunidad de Madrid.

La población atendida o cubierta se entiende como el conjunto unión de los conjuntos correspondientes a la cobertura de cada una de las estaciones, que no corresponde con la suma de poblaciones cubiertas por cada estación separadamente. Así, en el caso de darse solapes entre dos estaciones, la intersección se contabiliza una sola vez.

La otra condición para aplicar en este tipo de análisis es la consideración únicamente de la zona sobre la que se realiza el análisis, esto significa que en el análisis que se realice sobre un distrito, solo se tiene

en cuenta la población correspondiente a ese distrito. Sin embargo, estaciones situadas fuera del ámbito espacial en análisis pueden cubrir parte de la población considerada. Por ello, en el análisis espacial se toma como base geográfica la correspondiente a la unidad considerada, mientras que la base de estaciones se refiere no sólo a las contenidas en el ámbito espacial considerado, sino también a aquellas que se encuentren a una distancia desde los límites espaciales menor que la cobertura en estudio (generalmente se ha tomado 900 metros para asegurar todos los casos posibles).

Los resultados para el municipio de Madrid se presentan en el CUADRO I, en porcentajes sobre el total de población.

A partir de los valores anteriores es posible establecer varias conclusiones adicionales:

—En la red de metro, para una distancia dada del radio de cobertura (de 300 a 600 metros), que supone teóricamente 4 veces mayor superficie, la población atendida es 1,89 veces mayor, mientras que para el triple de distancia (de 300 a 900 metros), que supone teóricamente 9 veces mayor superficie, la población es 2,28 veces mayor. Aparte de la localización de las estaciones, preferentemente centradas con los lugares de mayores densidades de población, este hecho indica también el grado de solape entre estaciones de la red, que es especialmente importante en el centro histórico de Madrid.

Por lo tanto, es en la distancia menor a 300 metros donde se encuentra la mayor parte de la población total atendida, (30,6 % frente al 27,1 % en la zona entre 300 y 600 metros y 12,2 % en la zona entre 600 y 900 metros).

—En la red de cercanías considerada por separado, los porcentajes de aumento son de 4,25 veces más en el paso de 300 a 600 y 8,89 veces entre los radios de 300 a 900. De ello se deduce un menor solape entre las estaciones de la red de cercanías, así como una mayor densidad de población en 300 a 600 m que de 0 a 300 m, lo cual podría indicarnos usos residenciales de espalda al ferrocarril.

—El ratio de población conjunta atendida por la zona de poblaciones cubiertas por cada uno de los radios, ofrece otro indicador relevante. Ratios próximos a 1 señalan una especialización espacial de ambas redes, mientras que ratios más próximos a cero señalan solape entre las redes.

En el caso de estudio estos ratios fueron de 0,97 para 300 metros, 0,93 para 600 metros y 0,84 para 900 metros.

CUADRO I

RADIO DE COBERTURA

	300 m	600 m	900 m
Red de metro	30,6	57,7	69,9
Red de cercanías	2,8	11,9	24,9
Red conjunta metro + cercanías	31,8	64,4	80,0

2.3. Análisis por estaciones

El análisis por estaciones realizado sobre las redes de metro y cercanías del municipio de Madrid se ha centrado en averiguar la población cubierta por cada estación o su zona de influencia, pudiendo plantearse distintos tipos de cobertura en función del concepto empleado. Los análisis realizados corresponden a los siguientes tipos:

—Cobertura de las estaciones sin tener en cuenta solapes. Este valor representa la población atendida por cada una de las estaciones consideradas individualmente, es decir sin tener en cuenta solapes entre las mismas. Como consecuencia de la existencia de solapes, la cobertura potencial estará influida por la proximidad de otras estaciones en el entorno cercano de cada estación, si bien otras consideraciones como conectividad, líneas de transporte público conectadas o posibilidad de intercambios no son contempladas en este nivel.

—Zona de influencia de las estaciones. Atendiendo a la ubicación de las estaciones en el territorio y a las distancias relativas entre las mismas, es posible obtener una partición del municipio en zonas de influencia de cada estación, independientemente de los radios de cobertura empleados. Se trata por tanto de hallar el lugar geométrico de los puntos cuya distancia a una estación es menor que la distancia al resto de las estaciones de la red.

De esta forma el territorio queda dividido en polígonos que cumplen la condición anterior, y que dependen únicamente de la ubicación de las estaciones (polígonos de Thyssen). Teniendo en cuenta que existen dos redes en análisis se puede establecer la división en áreas de influencia para la red de metro individualmente, para la de cercanías y para ambas redes en conjunto.

—Cobertura de las estaciones teniendo en cuenta su zona de influencia. Combinando las zonas de influencia obtenidas en el análisis anterior con la cobertura según los tres radios de estudio (300, 600 y 900 metros), se puede obtener la población atendida por cada estación teniendo en cuenta los solapes con otras estaciones. La metodología aplicada en este caso es similar a la aplicada en la cobertura general de estaciones (trazado de círculos de cobertura y zona de poblaciones contenidas dentro del circulo), pero únicamente por las superficies definidas como

área de influencia de dicha estación. Esto quiere decir que si el círculo de cobertura de una estación supera los límites de su polígono de influencia, la superficie exterior a este polígono y por lo tanto la población asociada no se tiene en cuenta en los cálculos relativos a esa estación.

La obtención de estos tres valores permite realizar distintos análisis de cobertura, bien sea por observación directa de los valores absolutos o por la combinación de resultados. Algunos análisis que se pueden obtener son:

—El valor absoluto de la población incluida en la zona de influencia da una idea de la población adscrita a cada estación (o parada) de transporte público para cada una de las redes en estudio.

—El ratio de población atendida teniendo en cuenta solapes, respecto a la población del área de influencia, muestra el porcentaje de la población potencial que puede acceder andando a la red de transporte público y por lo tanto el grado de ajuste de la zona de influencia teórica a la zona de influencia real.

En el caso del municipio de Madrid, se han obtenido los valores de cobertura que se muestran en el CUADRO 2, sobre un total de 120 estaciones de metro y 41 de cercanías.

3. OTROS USOS DE LOS GIS EN PLANIFICACIÓN DE TRANSPORTE

Posteriormente al trabajo anterior, el Consorcio Regional de Transportes de Madrid ha venido utilizando o va a utilizar el GIS en otra serie de análisis como los que se recogen a continuación.

3.1. Localización de estaciones

La posibilidad de trabajar de una forma sistemática con unidades espaciales de tamaño pequeño, que recojan incluso una cierta diferenciación de los usos de suelo residencial de otros usos, tiene una potencial utilidad en el diseño de la localización de futuras estaciones. Así se puede tantear posibles estaciones optimizando la accesibilidad a la población

CUADRO 2

Red de metro:

<i>Cobertura media:</i>		<i>Cobertura máxima:</i>	
300 m	8.819 hab.	300 m	20.865 hab.
600 m	31.272 hab.	600 m	58.249 hab.
900 m	64.587 hab.	900 m	107.307 hab.

Red de cercanías:

<i>Cobertura media:</i>		<i>Cobertura máxima:</i>	
300 m	2.543 hab.	300 m	11.455 hab.
600 m	10.391 hab.	600 m	47.377 hab.
900 m	25.560 hab.	900 m	98.416 hab.

residente en el entorno de las mismas o de usuarios de transporte público en paradas de autobuses.

Esta funcionalidad ha sido utilizada para la ubicación de estaciones (de metro y de cercanías) con el objetivo de optimizar la población residente en el entorno, utilizando como base el seccionado censal, subdividido para adaptarlo a los usos de suelo residencial. Este criterio se ha empleado tanto en la preselección de alternativas, en que el número de las mismas es elevado, como también en la definición del trazado de la prolongación de una línea a un barrio periférico (ampliación de la red de metro) o en el caso de un nuevo trazado ferroviario (tren de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes), de forma que su recorrido y la localización de estaciones optimizaran la mayor población servida en su entorno.

3.2. Reordenaciones de líneas de autobuses

El uso de los sistemas de GIS en las reordenaciones de líneas de autobuses es una herramienta útil para calcular indicadores sencillos y muy claros para ser empleados en el cálculo de indicadores para evaluar la consecución de objetivos tales como el aumento de la accesibilidad de líneas de autobús que han tenido una reordenación de servicio.

En este sentido se ha utilizado para calcular población residente en el entorno de las paradas, antes y después de la reordenación, en diferentes radios.

3.3. Complemento a los programas de simulación de redes

El Consorcio de Transportes de Madrid dispone de una red codificada de transporte público basada en una zonificación de 483 zonas de transporte bajo el soporte EMME/2. Las asignaciones con este soporte u otro similar tienen el nivel de sensibilidad equivalente al grado de desagregación espacial que definen las zonas de transporte, de forma que al comparar dos o más alternativas el modelo no recoge en la profundidad necesaria las diferencias de captación de una alternativa frente a las demás, especialmente si la diferencia no está suficientemente plasmada en la accesibilidad entre dos estaciones.

En estos casos, complementar los resultados de las simulaciones con el estudio de la población residente en

el entorno de las estaciones, a través de un GIS, ayuda a detectar las diferencias de alternativas que la simulación no recoge, bien directamente o bien como input en los tiempos de accesibilidad de la zona de transporte a los nudos de la red.

Esta vía ha sido utilizada con cierto éxito en varios estudios realizados recientemente en el Consorcio, especialmente en una nueva penetración ferroviaria en la corona metropolitana de Madrid y en ciertas alternativas de prolongación de la red de Metro.

3.4. Georeferenciación de encuestas

La realización de encuestas de movilidad, actividad común en la planificación de transportes, puede complementarse mediante la referenciación de las mismas (que tendrán alguna variable referida al territorio (zona origen o destino del viaje, coordenadas), en el GIS, participando así de las ventajas de tratamiento de información que tienen estos sistemas.

3.5. Herramienta de apoyo para la zonificación

La zonificación de transporte, tarea básica de la planificación, puede llevarse a cabo más fácilmente mediante la utilización de un GIS, no solo para el tratamiento gráfico de las zonas, sino también para la agregación de información de las bases de datos asociadas.

Por regla general, se partirá de unidades administrativas básicas (como por ejemplo las secciones censales), que se agregarán posteriormente en zonas de transporte.

4. CONCLUSIONES

Los GIS son herramientas muy útiles en diversos aspectos de transporte, e incluso en la planificación, como se ha tratado de realzar en la presente exposición. Sin embargo, sería de una gran utilidad que las diversas casas de software especializadas en este campo desarrollen módulos adaptados al transporte, en especial al transporte público, recogiendo el sentido de línea de transporte como un elemento más del sistema. Con esto se simplificaría mucho la utilización de los mismos, en especial el trabajo con redes de transporte público.

Posibilidades de mejorar el balance entre Movilidad y Seguridad de la Circulación

con actuaciones en las infraestructuras

JOSÉ M. PARDILLO MAYORA

*Dr. Ingeniero de Caminos
Director del Departamento de Tráfico
y Seguridad Vial de PROINTEC S.A.**

** PROINTEC S.A. es la empresa
consultora de ingeniería que presta
la asistencia técnica a la
Dirección General de Carreteras
del MOPTMA
para el desarrollo de su
programa de seguridad vial.*

La demanda de movilidad de una sociedad aumenta a medida que ésta se desarrolla, y su adecuada solución constituye un componente importante del nivel de vida. Es un hecho cierto que la movilidad está asociada al riesgo de accidente, y que los diferentes modos de transporte producen riesgos distintos. Así, el transporte aéreo y el ferroviario tienen tasas de accidentalidad bajas en comparación con el transporte por carretera. Sin embargo, la seguridad no es el único valor que influye en la elección del modo de transporte, como lo demuestra el que la participación de la carretera en el reparto modal sea mayoritaria. De acuerdo con la teoría de la decisión, los

usuarios actúan con arreglo a una cierta función de utilidad en la que influyen entre otros factores el tiempo de viaje, el coste, la accesibilidad del modo de transporte, la flexibilidad de las condiciones del viaje, la comodidad del mismo, etc, y el riesgo de accidente que perciben, que no necesariamente es el real. En conjunto, a pesar de su desventaja relativa en términos de seguridad, el vehículo privado presenta en muchos casos una mayor utilidad desde el punto de vista de los usuarios.

Por otra parte, las pautas de conducción de los usuarios de la carretera responden a un cierto compromiso entre la voluntad de conducir a una velocidad y de una forma libre de restricciones y el riesgo de sufrir un accidente o una sanción gubernativa. El problema que se plantea es como establecer un adecuado balance entre la demanda de movilidad y velocidad en los desplazamientos con la reducción del riesgo.

Las Naciones Unidas estiman que cada año mueren más de 500.000 personas en el mundo como consecuencia de los accidentes. En España la cifra es de 6 000 víctimas mortales como consecuencia de los más de 78.000 accidentes con víctimas, y suponen un coste económico y social superior al billón de pesetas al año de acuerdo con

una evaluación realizada por la Secretaría de Estado de Política Territorial del MOPTMA con la metodología del grupo COST 313 de la UE.

El aumento de las víctimas mortales está directamente relacionado con el incremento del uso de los vehículos automóviles. Afortunadamente, en los últimos años el aumento de los accidentes no ha sido tan rápido como el del tráfico, y de hecho desde 1990 se ha producido un descenso de los accidentes, a pesar de haber seguido creciendo el tráfico, lo que indica que los niveles de seguridad de nuestras carreteras han mejorado.

Entre las medidas a adoptar, está el fomentar el uso del transporte público. Sin embargo, los vehículos privados continúan teniendo en algunos aspectos ventajas respecto de los públicos, en particular en lo que se refiere a la libertad de decisión que proporciona a sus usuarios, de forma que todavía existe una demanda creciente de movilidad por carretera en vehículo privado.

El reto es por tanto preservar e incluso mejorar los niveles de movilidad al tiempo que se mejoran los niveles de seguridad. En los últimos años la actitud de los gobernantes frente a la seguridad en la circulación ha cambiado gradualmente. Muchos países han puesto en marcha planes nacionales a través de los cuales se establecen objetivos y se coordina la política de seguridad vial. Para afrontar con éxito el problema de los accidentes es esencial la colaboración entre las distintas instituciones de la administración, la policía, los fabricantes de automóviles, los operadores de transporte y los usuarios.

La organización de la gestión de la seguridad debe contemplar los siguientes aspectos:

- una definición clara de lo que se quiere conseguir;
- una fuerte relación entre las instituciones y los ciudadanos en general;
- una asignación clara de responsabilidades a todas las partes e instituciones implicadas;
- un decidido apoyo y motivación por parte de los gobiernos;
- un plan destinado a coordinar los esfuerzos destinados a la mejora de la seguridad, centrado en la consecución de unos objetivos que clarifiquen los fines perseguidos;
- unos objetivos en cuanto a la reducción de accidentalidad o en cuanto al cambio de conductas específicas que deben ser susceptibles de cuantificación.

Entre las iniciativas que han tenido resultados positivos en diversos países y que se deben tener en cuenta está la mejora de las condiciones de seguridad de la infraestructura viaria.

PLANTEAMIENTO DE LAS ACTUACIONES DE SEGURIDAD VIAL

Un accidente de circulación no puede normalmente ser imputado a un solo factor. Es el resultado de la interacción de una serie de causas relacionadas con los usuarios, los vehículos, la infraestructura, el tráfico y las de circunstancias externas (meteorología, visibilidad, etc.). Aunque en un porcentaje muy alto de los accidentes uno de los factores determinantes es el error humano, la mejora de las características de los vehículos y de la infraestructura pueden contribuir a reducir las situaciones de conflicto, y en consecuencia los accidentes.

Las actuaciones sobre la infraestructura pueden clasificarse en dos categorías:

—medidas de seguridad primarias, cuyo objetivo es la supresión de los factores de riesgo ligados a las características de las vías y de su entorno;

—medidas de seguridad secundarias, tendentes a disminuir la gravedad de los accidentes en el caso en que estos lleguen a producirse, independientemente de cual sea el factor que los origine.

Como consecuencia de su creciente importancia dentro del conjunto de las actividades que constituyen la explotación de una red, es cada vez más frecuente que las actuaciones de mejora de la seguridad vial se agrupen en programas específicos, que es conveniente que dispongan de una dotación presupuestaria diferenciada.

En la gestión de los programas de seguridad vial se pueden establecer las siguientes fases:

I. Planificación de actuaciones de mejora de la seguridad vial en la red existente.

La planificación tiene como fin optimizar la asignación de los recursos disponibles para el desarrollo de los proyectos de mejora de la seguridad, en función de su eficacia en la reducción de la accidentalidad, y ordenar la ejecución de los proyectos seleccionados. El proceso de planificación incluye los siguientes aspectos:

—obtención y mantenimiento de una base de datos sobre accidentes, parámetros del tráfico y características de las vías en toda la red;

—explotación de la información estadística para detectar tramos en los que se ha producido una concentración significativa de accidentes;

—realización de un inventario de las mejoras potenciales desde el punto de vista de la seguridad de los elementos que componen la red en función de sus características y las del entorno;

—estudio detallado de los tramos en los que se ha detectado una concentración de los accidentes y definición de actuaciones de mejora de la seguridad en ellos;

—diseño de actuaciones preventivas para mejorar los niveles de seguridad;

—establecimiento de prioridades en el desarrollo de actuaciones preventivas y de tratamiento de los tramos de concentración de accidentes;

—programación de las actuaciones en función de los recursos disponibles y las prioridades establecidas.

2. Ejecución de proyectos de mejora de la seguridad.

La implementación de las medidas de seguridad vial incluye el proyecto y la construcción de las medidas programadas y el control de calidad de las obras ejecutadas.

3. Seguimiento de los proyectos ejecutados y evaluación de los resultados.

La evaluación de las actuaciones desarrolladas tiene como fin determinar el efecto de las mejoras de seguridad en la reducción del número y la gravedad de los accidentes, para determinar su eficiencia y aprovechar la experiencia obtenida en la selección de futuras actuaciones.

4. Control desde el punto de vista de la seguridad de los proyectos de nueva construcción.

El control de los proyectos de nueva construcción desde el punto de vista de la seguridad tiene como objeto el conseguir un nivel de seguridad adecuado en las nuevas vías. Para ello se han desarrollado diversos procedimientos, que van desde la redacción de un anejo de seguridad vial incluido en la memoria del proyecto, en la que el propio proyectista analiza la adecuación del proyecto en cuanto a la seguridad, hasta las auditorías de seguridad vial, realizadas por equipos independientes del de proyecto a lo largo de la elaboración de éste.

MEDIDAS EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

La Red de Carreteras del Estado español está constituida por un conjunto de autopistas, autovías y carreteras convencionales con una longitud total superior a los 22.500 km. El volumen anual del tráfico que circula por ella es superior a los 80.000 millones de vehículos x kilómetro, lo que supone del orden del 35% del total nacional, incluido el tráfico urbano, y más del 54% del tráfico interurbano.

Las actuaciones llevadas a cabo en el Plan de Carreteras 1984-1992 han su-

puesto una transformación de gran magnitud en la estructura y las características de las vías que componen la red. La puesta en servicio de las nuevas infraestructuras, junto con el desarrollo de los programas específicos de seguridad vial han contribuido sustancialmente a que la accidentalidad haya descendido notablemente en los últimos años.

El número de accidentes con víctimas que se produjo en la Red en 1994 descendió en más 8.000 con respecto a los que se produjeron en 1989, lo que supone un porcentaje superior al 30%. Teniendo en cuenta el incremento del tráfico, esta disminución supone que el riesgo de que se produzca un accidente con víctimas en las carreteras estatales ha descendido un 49 %, al pasar el índice de peligrosidad (número de accidentes con víctimas por cada 100 millones de vehículos-kilómetro) de 40,3 a 20,3. Del mismo modo, el riesgo de mortalidad ha descendido un 48 %, al pasar el índice de mortalidad (número de víctimas mortales por cada 100 millones de vehículos-kilómetro) de 5,1 a 2,6.

El CUADRO 1 refleja esta evolución en los últimos años.

En la positiva evolución de las cifras de accidentes en los últimos años, se pueden considerar como elementos fundamentales la entrada en servicio de las nuevas autovías y variantes de población.

El índice de mortalidad en autovías es un 40 % menor que el de carreteras convencionales, por lo que la puesta en servicio de aquellas supone una considerable reducción del riesgo. Por otra parte, la entrada en servicio de las 341 variantes de población construidas a lo largo del Plan, se han reducido un 50 % el número de víctimas mortales en travesías.

Además, la DGC desarrolla anualmente programas específicos de actuaciones de mejora de los niveles de seguridad. Hasta 1993, estos programas de seguridad vial

se centraban en los tramos de 1 km de longitud en que se habían producido 3 o más accidentes con víctimas en el año anterior. A partir de 1994, su estructura se ha adaptado las directrices establecidas en el Plan Estratégico Básico de Seguridad Vial, que fue aprobado en 1993. En función de los objetivos estableci-

**CUADRO 1
CIFRAS DE ACCIDENTES EN LA RED DE
CARRETERAS DEL ESTADO**

Año	Nº de accidentes con víctimas	Nº de muertos	Millones de vehículos/km	Índice de peligrosidad	Índice de mortalidad
1989	24.272	3.086	60.200	40,3	5,1
1990	22.961	3.122	65.000	35,3	4,8
1991	21.512	2.939	68.300	31,5	4,3
1992	19.228	2.681	73.400	26,2	3,7
1993	17.610	2.535	77.100	22,8	3,3
1994	16.244	2.043	80.360	20,1	2,5

dos en el Plan Estratégico, las actuaciones específicas de mejora de la seguridad vial, que se han dividido en dos categorías:

- tratamiento de los tramos de concentración de accidentes;
- actuaciones preventivas de mejora de la seguridad.

ACTUACIONES EN LOS TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

En general, las actuaciones de tratamiento de los tramos con concentración de accidentes son actuaciones localizadas en tramos concretos de la vía de pequeña longitud, que tienen como objetivo suprimir las causas que provocan la acumulación de accidentes en ellos. Para que resulten efectivas deben cumplir tres condiciones:

—que el elevado número de accidentes tenga relación con alguna característica de la vía o de su entorno, y no sea debida a un efecto aleatorio o a un elevado volumen tráfico;

—que se identifiquen las causas que originan la accidentalidad y se diseñen y ejecuten las medidas necesarias para corregirlas;

—que el tratamiento que se realice tenga en cuenta las características del itinerario del que forma parte el tramo tratado en conjunto y respete la homogeneidad del mismo, para evitar que el problema tratado se reproduzca en las zonas adyacentes.

Teniendo en cuenta estas condiciones, se ha establecido la definición del concepto de tramo de concentración de accidentes como aquel punto de la red que presenta un riesgo intrínseco de accidente significativamente superior a la media en tramos de características semejantes, y en el que, por tanto, una actuación de mejora de estas características puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad, independiente de los efectos aleatorios. La medida del riesgo de accidente se realiza a través del índice de peligrosidad (accidentes con víctimas/108 veh-km), y no exclusivamente del número de accidentes. Por otra parte, con el fin de obtener una identificación fiable de los TCA se consideran los datos de accidentes de cinco años.

Se considera tramo de concentración de accidentes aquel tramo de 1 km o intersección en el que habiéndose producido 10 o más accidentes con víctimas en los últimos 5 años, el índice de peligrosidad medio en ese periodo o la frecuencia de los accidentes en los últimos dos años hayan sido superiores al doble de la media en todos los tramos de categoría e IMD equivalentes. Los tramos se consideran de características equivalentes si pertenecen a la misma categoría funcional y tienen el mismo rango de intensidad de tráfico. Con los datos de accidentes

disponibles, se han identificado 780 TCA, cuyo tratamiento se ha incluido en los Planes Nacionales de Seguridad Vial a partir de 1994, y se completa con 125 actuaciones incluidas en el de 1996, cuyo presupuesto es de 14.596 Mpta.

ACTUACIONES PREVENTIVAS

El conductor que circula por una carretera adapta sus pautas de conducción en función de su percepción de las características de la misma. Cuando se encuentra con una situación inesperada, debe adoptar una decisión y actuar con rapidez, con lo que aumenta el riesgo de que cometa un fallo. En determinados casos estos fallos provocan la pérdida del control del vehículo, y en consecuencia un posible accidente. Si las características de los itinerarios, y en general de todas las vías de la red que cumplen una función semejante, son relativamente uniformes, los conductores no se encuentran con situaciones inesperadas relacionadas con la infraestructura, lo que reduce el riesgo de accidente.

En la percepción que el conductor tiene de las características de la carretera influye, por una parte, la experiencia inmediata de lo que ha encontrado en los tramos que acaba de recorrer, y que, forman parte de un mismo itinerario, y, por otra, la experiencia acumulada en viajes anteriores, respecto a lo que es habitual encontrar en itinerarios de características parecidas a aquel por el que circula. En consecuencia, si las características de los itinerarios, y, en general, de todas las vías de la red que cumplen una función semejante son relativamente homogéneas, los conductores tienen una acertada percepción de las mismas se reduce el riesgo de accidente.

Por otra parte, para mejorar la seguridad es necesario proporcionar al conductor posibilidades de recuperación en los casos en los que se produzcan salidas de la vía, y, prever los dispositivos de retención adecuados para disminuir la gravedad de los accidentes cuando, a pesar de todo, se produzcan.

Las actuaciones preventivas están destinadas a reducir las zonas de conflicto potencial, así como a proporcionar las condiciones necesarias para disminuir la gravedad de los accidentes que se produzcan. Al mismo tiempo se pretende aumentar la homogeneidad de las características de la carretera a lo largo de un itinerario, y de las características de los distintos itinerarios de la red que tienen una función semejante. Las actuaciones preventivas de seguridad pueden incluir los siguientes tipos de operaciones:

1. Señalización y balizamiento. Consisten en la instalación o mejora de la señalización vertical y horizontal (marcas viales) y de elementos de balizamiento (hitos de arista, captafaros, paneles direccionales en curvas, etc).

2. Sistemas de contención. El apartado de sistemas de contención incluye la colocación de barreras de seguridad y otros elementos de contención (amortiguadores de impacto, cunas de frenado, etc) para la protección de obstáculos que no sea posible suprimir en zona próximas a la calzada y la separación entre calzadas en autopistas y autovías.

3. Tratamiento de travesías. El tratamiento preventivo de travesías incluye las actuaciones necesarias para mejorar la seguridad de la circulación de los tramos que discurren por zona urbana, favoreciendo la percepción por el conductor de la transición de campo abierto a zona poblada y la adaptación de las velocidades de circulación a las legalmente establecidas.

4. Iluminación.

5. Tratamiento de intersecciones. El tratamiento de intersecciones puede incluir la adecuación de carriles de aceleración y deceleración, la canalización de giros, la construcción de intersecciones giratorias (glorietas o rotondas), etc.

6. Reordenación de accesos. La reordenación de accesos incluye la construcción de vías de servicio, la instalación de vallas de cerramiento o barreras y la adecuación de las incorporaciones y salidas de la vía.

7. Otros tratamientos de seguridad vial.

a) Reformas puntuales de trazado (rectificación y regularización de curvas, rectificación de rasantes, etc).

b) Mejoras de la sección transversal (ampliación de la calzada, supresión de estrechamientos, etc).

c) Tratamiento de márgenes (despejes laterales para mejorar la visibilidad, nivelación de márgenes, protección de cunetas, pavimentado de arcenes, etc).

d) Equipamiento de seguridad en túneles (iluminación, mejora de la ventilación, señalización variable y detección automática de incidencias, etc).

8. Construcción de áreas de descanso. En itinerarios en los que existe un alto porcentaje de tráfico de largo recorrido, se estudia la conveniencia de instalar áreas de descanso.

9. Tratamiento de firmes. Las actuaciones preventivas de mejora del firme suelen consistir en tratamientos de mejora de la adherencia o del desagüe superficial.

En los programas de seguridad vial a lo largo de los dos últimos años, la DGC ha abordado 353 actuaciones preventivas con 43.000 millones de pesetas de presupuesto.

ESTIMACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA

La estimación de los resultados de un programa de seguridad vial es difícil, ya que la evolución de la accidentalidad depende de una gran cantidad de factores, y no sólo de las características de la infraestructura. En el Departamento de Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid se ha llevado a cabo una investigación sobre la aplicación de los métodos estadísticos bayesianos a la planificación de actuaciones de mejora de la seguridad vial, que permite abordar el problema.

En los procesos bayesianos se asume que la distribución de probabilidad de un parámetro puede ser estimada a partir del conocimiento general del fenómeno estudiado y de la información previa disponible antes de obtenerse datos estadísticos. Esta estimación se conoce como distribución «a priori» del parámetro. A medida que se dispone de datos, la distribución «a priori» se modifica en función de la información estadística, obteniéndose la distribución «a posteriori» por aplicación del teorema de Bayes. El análisis estadístico bayesiano constituye así un marco en el que se pueden combinar los datos disponibles sobre los accidentes en el conjunto de una red o en una región y el conocimiento existente de sus características con la información correspondiente al registro de accidentes específico de un emplazamiento en concreto.

El método aplicado está basado en la estimación de la distribución de probabilidad la media del índice de peligrosidad de cada tramo de la red, a partir de los datos de accidentes e intensidades de circulación en un período de cinco años. Este planteamiento permite tener en cuenta la componente aleatoria de los accidentes y la relación entre su frecuencia y los volúmenes de tráfico. Un aspecto básico para el desarrollo del método es la división o estratificación de la red en conjuntos de tramos de características semejantes, en función de una serie de factores que influyen en los índices de peligrosidad. Los factores considerados son los siguientes:

1. Tipo de carretera:

1.1. Autopista o autovía

1.2. Carretera convencional

2. Tipo de emplazamiento:

2.1. Tramo fuera de población

2.2. Intersección

2.3. Enlace

2.4. Travesía

3. Rangos de la intensidad del tráfico: Límites a determinar para cada tipo de carretera.

El desarrollo del proceso consta de los siguientes pasos:

1) Se establece la división de la red en conjuntos de características semejantes estableciendo umbrales significativos para las distintas variables elegidas para caracterizar los conjuntos.

2) Se calcula la distribución «a priori» de los índices de peligrosidad en cada conjunto de emplazamientos de características semejantes. El ajuste de los parámetros de la distribución se realiza a partir de la información de los accidentes y volúmenes de tráfico en todos los tramos del conjunto disponible, mediante un proceso de máxima verosimilitud.

3) Se aplica el teorema de Bayes para calcular para cada tramo la distribución de probabilidad «a posteriori» de su índice de peligrosidad en función del número de accidentes y el volumen de tráfico registrados en el periodo incluido en el análisis.

4) A partir de la distribución de probabilidad «a posteriori» se calculan los intervalos de confianza al nivel de significación del valor medio del índice de peligrosidad en cada conjunto de emplazamientos de características semejantes y se establece el resultado esperado en términos de reducción de accidentalidad para las distintas actuaciones que es proporcional a la desviación del índice previsto en el tramo en el que se actúa respecto del medio en el conjunto de características semejantes.

La investigación se ha completado con una aplicación experimental, que ha permitido estimar en las regiones de Extremadura y Andalucía los resultados de los programas seguridad vial.

De acuerdo con las estimaciones realizadas a través del modelo bayesiano, el tratamiento de todos los TCA detectados permitirá evitar entre el 5 y el 10% de los accidentes con víctimas. Por otra parte, suponiendo que las hipótesis efectuadas fuesen contrastadas, el tratamiento preventivo permitiría evitar el 15% de los accidentes registrados. Los costes estimados para ejecutar al 100% los programas serían de 96.000 Mpta y 407.000 Mpta respectivamente.

Se pone de manifiesto que las actuaciones sobre la infraestructura pueden contribuir de forma apreciable a la mejora de la seguridad, aunque no debe perderse de vista la necesidad de implicar a la sociedad en el objetivo de reducción de la accidentalidad, ya que en último término es del conjunto de los usuarios de quién depende el uso que se haga de las infraestructuras y en definitiva hacia que lado se desplaza en cada momento el balance entre las condiciones de movilidad y la seguridad.

Movilidad Urbana Pendular e Intermodal: una aproximación a su sostenibilidad

FRANCISCO PASTOR
MANUEL ROMÁN

Diecisiete, S.L.

I. EVOLUCIÓN RECIENTE

Las áreas urbanizadas contemporáneas pueden caracterizarse, entre otras cosas, por la alta movilidad de sus habitantes. Su organización espacial, generalmente en torno a grandes áreas dedicadas específicamente a actividades económicas o residenciales, obliga a constantes traslados desde el domicilio al trabajo, a los lugares de ocio, a las áreas comerciales,.... El sistema de transportes se vincula estrechamente con esta estructura espacial de manera activa y pasiva, generando un proceso de autoalimentación que, en última instancia, contribuye a aumentar la movilidad general.

El modelo de crecimiento económico predominante desde los años cuarenta tendió a manifestarse, en términos urbanos-espaciales, en una especialización relativa de las distintas áreas de la ciudad, así como a generar economías de aglomeración. De esta forma, crecieron grandes áreas metropolitanas, sostenidas por las posibilidades que ofrecían los nuevos sistemas de transporte masivo, por una parte, y la generalización del vehículo privado, por otra¹. La especialización zonal generó intensos movimientos diarios de personas que se veían obligadas a realizar largos desplazamientos desde la residencia hasta el trabajo. El constante aumento de estos desplazamientos, según crecían las metrópolis, forzaba a ampliar las infraestructuras existentes y construir otras nuevas, así como a ampliar los servicios de transporte ofertados.

Es el comportamiento de los habitantes de estas áreas urbanas, que efectúan al menos dos viajes diarios (resi-

dencia-trabajo y vuelta) y que colapsan las infraestructuras y servicios de transporte en horas punta el que da pie a los primeros estudios sobre el tema. En ellos, este comportamiento es denominado *commuting*, concepto que cubre la idea de viajes regulares, a corta distancia, en el día, desde casa al trabajo. Lo hemos traducido por Movilidad Urbana Pendular e Intermodal (en adelante, MUPI).

La crisis de los setenta y el modelo de acumulación y crecimiento que se ha abierto paso desde entonces, reformularon estas tendencias espaciales de acuerdo a las nuevas condiciones de la producción y el consumo. El resultado ha sido una verdadera explosión de la movilidad. Efectivamente, el nuevo modelo ha generado procesos de desconcentración y deslocalización de procesos productivos (compartimentados en unidades productivas más pequeñas), junto con una intensa terciarización, ligada sobre todo a servicios conexos a la actividad industrial. Esto implica una multiplicación del número de instalaciones y de empresas, lo que se ha traducido territorialmente en una expansión de la demanda de suelo urbanizado y, como ya se indicó antes, en un crecimiento espectacular de la demanda de transportes.

Adicionalmente, las tendencias emergentes de consumo, ocio y hábitos sociales han significado nuevas tensiones sobre el sistema de transporte, al generalizarse patrones claramente generadores de movilidad: vivienda secundaria, vivienda principal de baja densidad y alejada del centro urbano (en busca de mejor calidad de vida), compras en grandes superficies,.... Estos fenómenos

repercuten en el territorio, extendiendo la urbanización (que no el tejido urbano, sustancialmente diferente), en la cultura de los habitantes urbanos, que terminan encadenados a los medios de transporte² (por lo general el vehículo privado), y en la estructura social misma, por cuanto se rejerarquiza la ciudad en torno a la posesión (y uso) o no de vehículo³.

2. VÍA LIBRE AL COLAPSO

La incidencia sobre la ciudad de la explosión de movilidad tiene múltiples aspectos. La creciente necesidad de transporte implica un enorme incremento de los medios mecanizados a él dedicados, y especialmente del automóvil privado. Esto implica el consumo de recursos escasos como el suelo (tanto más en una ciudad, con elevados costes de oportunidad), así como la emisión de contaminantes a la atmósfera y la generación de ruidos como efecto directo de los motores de explosión. La degradación del medio urbano consecuente afecta a la salud de gran parte de la población de manera directa, pero además acarrea trastornos sobre todos los habitantes, siendo el principal la pérdida de habitabilidad. La ciudad deja de ser un lugar a la medida del hombre, y pasa a serlo de los automóviles.

El planeamiento urbanístico tiene bastante responsabilidad en este hecho, por cuanto ha asumido cierto paradigma técnico-político en base al cual facilitar la movilidad y construir infraestructuras es el camino del crecimiento económico. El resultado es un diseño urbano alejado de las necesidades de los peatones, y volcado en facilitar la movilidad en vehículo privado. Esta finalidad es, por otra parte, quimérica, por cuanto resulta imposible lograr engarzar un parque móvil en crecimiento en unas infraestructuras necesariamente limitadas. El resultado es siempre la congestión.

El crecimiento de la renta en los últimos quince años proporcionó un fuerte impulso a la demanda de vivienda secundaria, así como a la principal en áreas alejadas de las partes más congestionadas de las ciudades. La competición por un suelo urbano cada vez más escaso⁴, además de generar procesos especulativos, implicó el desplazamiento de población hacia la periferia urbana y metropolitana, cambiando precios más bajos por una accesibilidad más difícil. Por otra parte, se están generalizando las grandes superficies comerciales como centros no sólo de compras, sino de ocio y entretenimiento. Todos estos elementos, generadores de movilidad, fomentan un mayor uso del vehículo privado, agudizan la congestión y fortalecen así las causas que los motivan.

Este conjunto de factores hace que la ciudad pierda las características que la han hecho, a lo largo de la histo-

ria, el motor de la civilización. Existen factores agravantes que se añaden a los ya mencionados. Fundamentalmente, los nuevos hábitos sociales y de consumo derivados del desarrollo económico están imponiendo una creciente movilidad fuera de horas punta, lo que contribuye a disminuir el problema de éstas en un estado de congestión permanente y generalizado. De esta forma, el modelo congestivo tiende a reproducirse y ampliarse, por lo que sólo tiene dos fines posibles: o se toman iniciativas para atajar las causas y ponerle fin, o no se toman y quiebra.

3. INTERMODALIDAD Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

Una primera respuesta a los problemas debidos a la movilidad es concebir el conjunto de modos de transporte de manera integrada, como lo que efectivamente es: un sistema. Trasladando la raíz del problema de facilitar la movilidad a garantizar la accesibilidad de las diferentes partes de la metrópoli, daremos un primer paso hacia un planteamiento racional del problema del transporte urbano.

Profundizando en esta línea, resulta claro que una opción modal única no puede cubrir la totalidad de la demanda de viajes urbanos. Cada modo tiene un espacio operativo óptimo: el ferrocarril es eficiente para desplazamientos masivos en grandes corredores; en cambio, el vehículo privado es óptimo para bajos volúmenes y demanda dispersa, pero en escenarios diferentes implica congestión y los conocidos efectos colaterales. Existe un grado de solapamiento en los espacios operativos de muchos modos, pero allí donde son claramente diferentes no deberían entrar en competencia. La máxima eficiencia se logra a través de la integración de todos los modos de transporte disponibles en un modelo que articule sus complementariedades.

Las nuevas tecnologías telemáticas aplicadas al transporte han venido a fortalecer esta opción. Son nuevos instrumentos de gestión apoyados en sofisticados sistemas de informática y telecomunicaciones, que permiten ampliar el grado de conocimiento del sistema de transporte hasta niveles no hace mucho inimaginables. Los Sistemas de Ayuda a la Explotación (SAE) permiten gestionar flotas de transporte en superficie (autobuses, tranvías) de recorrido regular con márgenes de desviación sobre horarios establecidos inferiores al 5%. Los Sistemas de Control de Tráfico (SCT) ya son habituales en nuestras ciudades, y caminan hacia una intervención más directa sobre el tráfico a través de su apoyo en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los vehículos también son destino de innovaciones, y están ya en fase de diseño comercial los sistemas de «vehículo inteligente», que se

comunicará con su entorno y los SCT. Aparte de otras muchas aplicaciones concretas y avances sobre las mismas, el objetivo marcado por los gurus de las nuevas tecnologías es un sistema de transporte urbano completamente integrado, capaz de procesar toda la información que en cada momento recibiera, contrastarla con la ya existente, ofrecer opciones gestionables y aprender de sus propios errores.

El desarrollo tecnológico que se nos avecina promete, pues, incrementar nuestro conocimiento del entorno, y en este caso del sistema de transportes. Esto debería reflejarse en una mayor capacidad de intervención y participación del ciudadano corriente en los asuntos de su ciudad⁵. Sin embargo, lo que en un primer momento está apareciendo ante nuestros ojos es, precisamente, lo contrario. Presas de lo que podríamos denominar Síndrome de Prometeo, las autoridades tienden a escamotear la información y la participación en la toma de decisiones. Bajo la etiqueta de «ajustes técnicos» comienzan a ocultarse decisiones que atañen de manera directa al común de habitantes. El Síndrome de Prometeo plantea además una serie de síntomas colaterales, el principal de los cuales es la creencia en el poder resolutivo de las tecnologías: las aplicaciones telemáticas son y serán la panacea que resolverá los problemas del transporte urbano. Coherentemente con ello, no hay que tomar gravosas iniciativas urbanísticas, y los problemas que surjan serán siempre de índole técnica, obviamente alejados del entender de la ciudadanía.

4. EL ENFOQUE DE LA SOSTENIBILIDAD

Considerar al conjunto de los transportes como un sistema y operar en consecuencia es sin duda un avance, pero sobre esta consideración gravita la amenaza del Síndrome de Prometeo. Debemos avanzar algo más, en busca de lo que se ha dado en llamar movilidad sostenible, y en nuestro caso, MUPI sostenible.

Tanto el transporte como la movilidad en general tienen unos límites físicos bastante claros. La Naturaleza tiene una evidente aversión al desplazamiento horizontal, y vende bastante caro, en los términos mencionados antes, nuestros modos de desplazamiento masivo. La ilusión del progreso presenta a la sociedad contemporánea la oportunidad de incrementar el bienestar de la sociedad a cambio de «pequeños trastornos» que se superarán con las mejoras de mañana. Estos efectos negativos pueden ser la descualificación, el desempleo, los riesgos para la salud y el medio ambiente, etc. La sociedad ha aceptado hasta ahora implícitamente estos términos de intercambio, ha establecido los estándares de vida por encima de otras restricciones.

La sostenibilidad presenta un aspecto diferente. La sociedad no puede operar mucho más en el ciego optimismo del crecimiento ilimitado. Son ahora evidentes las graves restricciones ambientales realmente existentes. Los términos de intercambio no están tanto en el nivel de vida cuanto en la calidad y la sostenibilidad. La reproducción de la sociedad humana no está garantizada a largo plazo a través de la continuada expansión económica y la explotación de los recursos planetarios; esto último está restringido por factores tales como la degradación del entorno físico y el agotamiento de recursos no renovables.

Un modelo de MUPI sostenible debe incorporar una esfera pública avanzada y participativa, y subrayar que el papel integral del mundo vivo es imperativo. No se puede comprender tal concepto sin una contextualización en su entorno social y en las actitudes culturales que la rodean. Factores como los descritos antes son esenciales para determinar las tendencias en el tráfico y la movilidad. Las soluciones tecnológicas y científicas perderían su potencia si no son parte de un ejercicio de construcción negociado o consensuado que integre a expertos y ciudadanos.

La sostenibilidad, y por extensión la MUPI sostenible, es el límite de consideraciones éticas que tienen relevancia presente y futura. En una posición normativa sostenible, los factores físicos y racionales se mantienen en el centro de la ecuación, pero enfocados sólo a este nivel nos llevarían a lo largo de un camino ya conocido. El cambio en las normas y la participación en la toma de decisiones es el lugar al cual debemos acercarnos, asumiendo una perspectiva más amplia y holística.

NOTAS

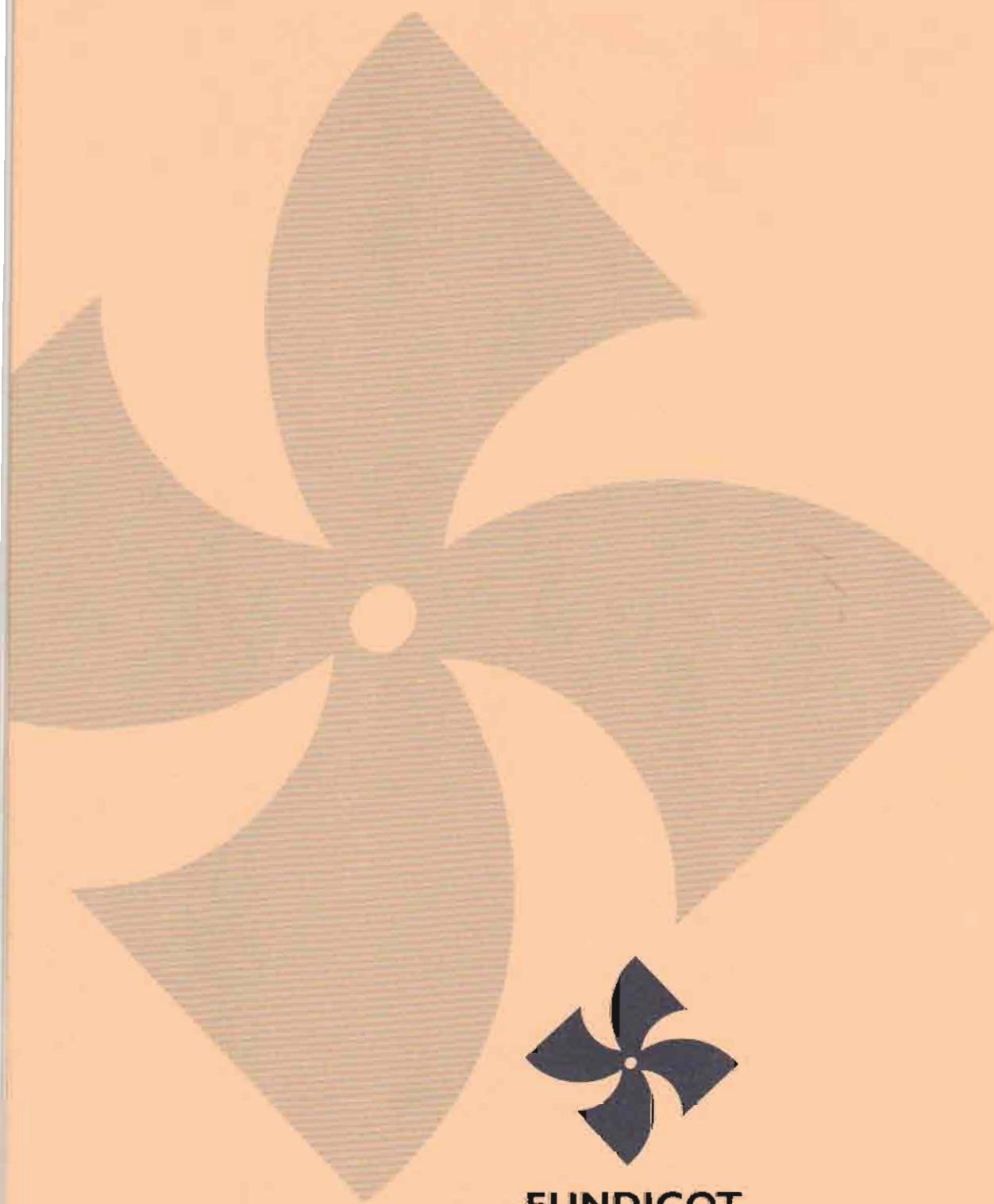
¹Nuestras conocidas «ciudades dormitorio» responden claramente a éste patrón.

²No resulta extraño tener que realizar numerosos desplazamientos diarios, incluso cuando no hay que ir a trabajar. De hecho, no hay más que ver los aparcamientos de las grandes superficies comerciales un fin de semana.

³Esta nueva jerarquización implica alienar a todos aquellos que no pueden usar o poseer un automóvil. La ciudad no sólo segrega por motivos económicos (típico de una sociedad capitalista), sino también a todos aquellos que no tienen capacidad para conducir.

⁴Dadas las tendencias económicas y la expansión de la demanda de vivienda principal ante la entrada de las numerosas cohortes de población de finales de los sesenta y principio de los setenta.

⁵La gran disponibilidad de información fiable y accesible para todos supondrá un notable incremento de la responsabilidad de la autoridad política; en la sociedad del futuro, los errores en la toma de decisiones serán difícilmente ocultables.



FUNDICOT

ASOCIACIÓN INTERPROFESIONAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO