

# La utilización de indicadores topológicos en el análisis de redes de comunicaciones. Ensayo sobre la red de carreteras de Cataluña

Manuel Herce Vallejo

## *Résumé/Abstract*

---

This article summarizes the results of the application of topological indicators to the analysis of the road network of Catalunya. The concepts of geographical centrality and accessibility have been contrasted as a means of measuring the spatial heterotrophy resulting from the form and characteristics of the road network. The relative accessibility of different settlements has been used as a basis for establishing a matrix of potential interactions among different parts of the region, which, in turn, bears an influence on the localization of economic activities.

The study does not attempt to structure the relationships of this potential in order to assess the degree of influence of relative accessibility on the evolution of the regional economy. It attempts exclusively to demonstrate the suitability of geographical methods for studying and planning road network, in contrast to conceptually biased methods of dubious value based on traffic demand, methods which have been so widely used in this country over the last decade.

This article consist of: (a) a methodological outline of the study, (b) a description of the road network, (c) the selection of the sectors of the network to be evaluated through the chosen indicators, (d) the structuring of the graph and its associated matrices, and (e) its application to the analysis of the spatial variations in settlement distribution in Catalonia. Some of the alternative actions projects proposed by various public and private authorities are also described, and a comparative analysis of their effects on the relative accesibility of the vertices of the network is made. A comparison of inversion costs to the demographic and spatial

repercussions of this accessibility makes it possible to establish a hierarchy of projects, and estimate their relative contribution in re-establishing territorial equilibrium in Catalonia.

\* \* \*

Cet article est un résumé des résultats d'un essai d'application d'indicateurs topologiques à l'analyse du réseau routier de la Catalogne. Les notions de centralité géographique et d'accessibilité ont été opposées en tant que mesure de l'hétérotropie produite dans l'espace par la configuration et les caractéristiques du réseau routier. L'accessibilité relative entre les différents emplacements a été utilisée pour établir une matrice d'interactions potentielles entre des zones du territoire. On n'a pas essayé de formaliser le rapports de potentiel qui pourraient "expliquer" le degré d'influence de cette accessibilité relative sur l'évolution de l'économie territoriale. On a seulement essayé de montrer les possibilités des méthodes géographiques dans l'étude et la planification des réseaux routiers par opposition aux démarches conceptuelles de douteuse efficacité des méthodes basées sur la demande du trafic, tellement utilisées dans notre pays dans la décennie précédente. L'article est une approche méthodologique suivant la démarche déjà énoncée. On a tout d'abord décrit le réseau et sélectionné les tronçons afin d'évaluer les indicateurs utilisés; on a formalisé le graphe et les matrices qui y étaient associées et on a appliqué l'analyse aux inégalités spatiales dans le système de villes de la Catalogne. On a finalement décrit quelques uns des projets alternatifs proposés par les pouvoirs publics et par des institutions privées et on a fait une analyse comparative de leurs effets sur l'accessibilité relative entre les sommets du réseau. La pondération démographique et spatiale de cette accessibilité, comparée aux coûts des investissements, permet de hiérarchiser les projets existants en fonction de leur importance relative dans le rééquilibrage territorial de la Catalogne.

---

## INTRODUCCIÓN

En 1979 la Generalitat de Catalunya y el Ministerio de Obras Públicas (CEOTMA) encargaron a un grupo de profesionales catalanes el estudio denominado *Reconocimiento Territorial de Catalunya*. El estudio de la sección de infraestructura fue dirigido por el autor de este artículo y tuvo como objeto la determinación de las características actuales de las distintas redes de infraestructuras, su servicio al territorio catalán y la detección de sus principales deficiencias.

De ese estudio se han seleccionado algunos aspectos de la parte correspondiente al análisis de la red de carreteras, en la medida en que se han aplicado técnicas de enfoque geográfico no frecuentemente presentes en este tipo de estudios en nuestro país.

La comprensión de las redes viarias como trama de espacios canales que organiza y canaliza las relaciones de complementariedad en un territorio, llevó a plantearse el estudio con este tipo de enfoque, radicalmente diferente al habitual estudio de las carreteras, a través de la carga de la red (flujo circulante por la carretera) detectada en un momento o que aparece previsible en función de la demanda socio-económica potencial. La medición del denominado poder estructurante de una infraestructura constituye un ejercicio de análisis territorial que ha aportado nuevas perspectivas al planeamiento, recuperando conceptos y métodos prometedores, por desgracia postergados largo tiempo.

### **Aproximación metodológica al análisis de redes y articulación económica del espacio**

La oferta infraestructural que significa una determinada red de comunicaciones posee un interés de primer orden en la organización económica de un territorio. De hecho la forma en que la red de comunicaciones jerarquiza un espacio, rompiendo su pretendida isotropía, ha sido objeto primordial de referencia en las concepciones teóricas del ya clásico análisis regional (WEBER 1927, LOSCH 1954, ISARD 1956, BERRY 1960, etc.). En el sustrato teórico de todas esas conceptualizaciones está la accesibilidad, variable que mide la ruptura de la fricción del espacio, y su influencia en la localización geográfica de las actividades o en la alteración del equilibrio previo que pudiera existir en el aprovechamiento del espacio y sus recursos por las actividades económicas (CHRISTALLER 1938, WEBER, 1927).

Sea por el desarrollo que en la formalización y contrastación empírica alcanzaron los modelos de tráfico, sea por la autonomía respecto a otras disciplinas que ha mostrado la planificación de redes viarias en España (RICHARDSON 1976), parece evidente que el interés del análisis en nuestro país se ha plasmado metodológicamente en profundizar en el estudio de las atracciones potenciales entre áreas y los «estrangulamientos» que la ausencia o congestión en las infraestructuras pudieren significar en un determinado estadio del desarrollo económico: dicha situación, no se sabe bien si como causa o efecto, ha colaborado a crear una conciencia generalizada sobre el determinismo que las mejoras en la oferta de transporte implicaban sobre el desarrollo regional (MARTÍNEZ VILANOVA 1978).

No debe por tanto extrañar que, con excepción de los intentos aislados que se encuentran en algunos de los estudios de base para el III Plan de Desarrollo Económico y Social, de enfoque económico, y cuyo interés se centra en la posible incidencia de las inversiones en transporte sobre el intercambio de mercancías y las relaciones *input-output* de una región (LASUEN 1972, SERRA 1973), la mayoría de los estudios de planificación de las redes de transporte en España se hayan centrado metodológicamente en lo que pudiéramos denominar modelos de demanda de sollicitación de la red. Sin ser éste el lugar para enjuiciar las hipótesis y formulaciones de este tipo de modelos, sí creo conveniente recordar su línea de trabajo: pronosis de la demanda en base, normalmente, a modelos de tipo gravitacional; modelos de distribución modal de la demanda de transporte; planteamiento de ofertas alternativas de sistema de transporte; y asignación a la red (LANE 1973): técnicas que tienen su origen en los modelos de tráfico de atracción-generación (MITCHEL y RAPKIN 1954).

En base a ello el estudio del comportamiento espacial de la demanda (movilidad, aforos, etc.) ha centrado la mayoría de los esfuerzos de análisis de redes viarias. Su propia lógica de enfoque y formalización ha tendido a reforzar las pautas tendenciales del comportamiento expresado en la demanda, y a seleccionar aquellas inversiones que tendieran a solventar los problemas de congestión en la utilización de la red viaria en las áreas conurbadas (GÓMEZ ORDÓÑEZ 1973), (HERCE 1978), (V. GAGO y F. ARIAS 1977).

Por el contrario, la preocupación por la incidencia de la forma de la red en el comportamiento de la organización económica del espacio, de raíz claramente geográfica, a través de la influencia potencial que la accesibilidad de una zona respecto a otras pudiera tener en su desarrollo urbano, tiene pocos antecedentes en nuestro país. Los primeros estudios que conozco son el intento de medir la accesibilidad en la comarca de Barcelona de Gómez Ordoñez (1971), el análisis crítico de la forma del proyecto de la red de ferrocarriles metropolitanos de Barcelona efectuado por J.A. Solans (1972), la aplicación del concepto de accesibilidad como indicador de localización en la propuesta de planificación del Área Metropolitana de Barcelona (RODRÍGUEZ BAYRAGUET 1973) y el sugerente estudio de F. Aragón para aplicar los modelos de potencial a la selección de proyectos en los accesos a Galicia (MOPU 1975). Sería la publicación en 1976 en España del libro de Hagget — *Análisis locacional en Geografía Urbana* — la que, coincidiendo con la extensión de la crítica al uso indiscriminado de los modelos de gravedad en la planificación de las redes viarias, resucitaría el interés por los métodos asociados al análisis topológico de las redes y su impacto en la articulación del territorio (GARRISON 1960). Encontrar en la falta de conexión al conjunto de la red algunas de las causas de la marginación de una parte del territorio; comparar la forma y estructura de la red con el del entramado de recursos y

asentamientos, y estudiar el impacto de una actuación en base a las repercusiones sobre la accesibilidad relativa del resto de lugares conectados a la red, son algunas de las aportaciones más relevantes de este tipo de métodos.

El estudio que se resume en este artículo trató de aplicar estas técnicas topológicas al análisis de la red de carreteras de Cataluña. Téngase en cuenta que el objeto del mismo — y su propia denominación de *Reconocimiento Territorial de Cataluña* así lo expresa — era poner de relieve en qué modo la forma de la red privilegia unas determinadas relaciones de complementariedad entre los asentamientos urbanos de Cataluña, influyendo por tanto en la localización de actividades y en las formas de dominación del espacio, así como medir en qué forma los diferentes proyectos de alteración de la red, expresados desde diversas instancias sociales, podrían alterar potencialmente esas relaciones. No se trataba pues de buscar la influencia de las infraestructuras en la forma en que se ha dado el desarrollo económico en Cataluña (TORTELLÀ 1967, LUB 1978), ni de plantear un programa de inversiones transformadoras de la red, sino de medir el efecto potencial relativo que pudieran tener unos proyectos respecto a otros.

Con seguridad hubiera enriquecido el análisis tratar de establecer correlaciones entre la forma de la red y las accesibilidades relativas que predetermina con otros indicadores de contenido económico, como hubieran podido ser la renta, la población o el empleo de cada uno de los lugares a que sirve. Pero la ausencia de datos sistemáticos desagregados y la desconfianza sobre la mera extrapolación de modelos empíricos foráneos desaconsejaron profundizar en esa línea. En cualquier caso la finalidad de poner de relieve algunos aspectos básicos del servicio que da al territorio catalán su red de carreteras y sus posibles alternativas de transformación, quedaban suficientemente cumplidos con el análisis efectuado, habida cuenta, lógicamente, de la modestia de recursos movilizadas.

### **La red de carreteras de Cataluña y su distribución territorial**

Dado que el objeto de análisis es la red de carreteras y su servicio potencial al territorio catalán, por fuerza ha de describirse aquélla, aunque sea someramente, y han de precisarse algunos indicadores que permitan cuantificar la riqueza de dotación viaria y su distribución territorial.

A este respecto el primer problema metodológico que se suscita es el de los elementos a incluir en el conjunto analizado, de forma tal que se compagine la imposibilidad de exhaustividad con la fiabilidad de no haber marginado grupos representativos. En el tema de las carreteras el problema no es de fácil solución. Cuando el objeto del análisis ha sido la red administrativamente adscrita a un organismo público, era posible conocer todos los elementos del conjunto a partir

de sus inventarios oficiales; pero no ocurre así cuando sobre un territorio coexisten redes que competen a diferentes esferas de la Administración y que tienen origen muy diverso, desde su servicio al transporte general de una zona hasta su función como acceso a campos de cultivo o como generadores de parcelación urbanística.

En la actualidad son varios los organismos de los que dependen administrativamente las diferentes vías de comunicación rodada en Cataluña: El MOPU, que se ha reservado las competencias sobre itinerarios de interés nacional y concesiones de autopistas de peaje; la Generalitat, que ha asumido las competencias sobre el resto de carreteras que competían al MOPU (Decreto de Traspasos 1978); las cuatro Diputaciones Provinciales que siguen todavía gestionando sus redes provinciales y comarcales; los Ayuntamientos en cuanto atañe a las vías urbanas y algunos caminos rurales; y a ello hay que añadir los caminos agrarios y forestales competencia del IRYDA y del ICONA respectivamente.

A pesar de la relevancia de algunos grupos de redes urbanas en el funcionamiento del conjunto de la red (CMB 1981) se ha optado, en principio, por no tenerlas en cuenta en el análisis, entendiendo que los aglomerados urbanos constituyen un lugar unitario a efectos del análisis territorial (ISARD 1956). Tampoco han sido tomados en cuenta los caminos rurales y forestales, salvo en los reducidos ámbitos en que tienen relevancia por su densidad y características de anchura y tratamiento.

Hechas estas salvedades se deja constancia de que la longitud total de la red de carreteras de Cataluña es de 10.992,8 km, lo que constituye una longitud importante, como lo refleja el indicador densidad que es de 0,34 km/km<sup>2</sup> en el conjunto del territorio. Ello equivale, en términos medios, a bandas de influencia promedio de 1,5 km a cada lado de una carretera, indicador de valor aceptable (BOGUE 1949), dadas las características topográficas del territorio catalán. Sin embargo, como se verá más adelante, el indicador densidad no implica nada como promedio de un territorio con desigualdades territoriales y demográficas importantes.

Parece conveniente, no obstante, aprovechar esta cuantificación para recordar en qué cuantía es esa red competencia de los distintos organismos citados. El MOPU gestiona 493,3 km de autopistas y 1.126,2 km de carreteras (las N-II, N-340, N-230 y el denominado «eje pirenaico»); la Generalitat 50,6 km de autopistas (las libres de peaje) y 4.859,3 de carreteras; y las Diputaciones provinciales 4.463,4 km de carreteras. Es decir, porcentajes del 14,7 %, el 44,7 % y el 10,6 % respectivamente.

En el cuadro I se detallan las características provinciales y totales en Cataluña del conjunto de la red y sus comparaciones con la red de la totalidad del territorio español. Así como los estándares de densidad son superiores a los del conjun-

CUADRO I

|           | LONGITUD DE LA RED (Km.) |        |          |            |          |                            |          | ESTANDARES DE DENSIDAD |                         |                     | ESTANDARES DE CALIDAD |                     |
|-----------|--------------------------|--------|----------|------------|----------|----------------------------|----------|------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|           | AUTOPISTAS               |        | AUTOVIAS | CARRETERAS |          |                            | TOTAL    | DENSIDAD<br>(Km./Km.)  | DOTACION<br>(Km./1000h) | CARGA<br>(veh./Km.) | % PAVIMENTO<br>(1)    | % ANCHO >6m.<br>(2) |
|           | LIBRES                   | PEAJE  |          | NACIONAL   | REGIONAL | PROVINCIAL<br>(Diputación) |          |                        |                         |                     |                       |                     |
| Barcelona | 50,6                     | 150,8  | —        | 782,6      | 613,6    | 1908,5                     | 3506,1   | 0,45                   | 0,79                    | 431                 | 40%                   | 42,6%               |
| Girona    | —                        | 92,6   | —        | 597,2      | 885,5    | 724,9                      | 2300,2   | 0,42                   | 5,20                    | 78                  | 19,8%                 | 32,6%               |
| Lleida    | —                        | 60,5   | —        | 880,2      | 789,1    | 845,9                      | 2575,7   | 0,39                   | 7,40                    | 42                  | 9,3%                  | 29,6%               |
| Tarragona | —                        | 189,4  | —        | 516,6      | 921,7    | 984,1                      | 2610,8   | 0,21                   | 5,40                    | 53                  | 33,5%                 | 67,9%               |
| CATALUNYA | 50,6                     | 493,3  | —        | 2775,6     | 3209,9   | 4463,4                     | 10992,8  | 0,34                   | 1,92                    | 175                 | 26,7%                 | 43,5%               |
| ESPAÑA    | 266,4                    | 1024,8 | 158,4    | 35030,0    | 44176,3  | 66090,9                    | 146746,8 | 0,26                   | 3,67                    | 61                  | 15%                   | 27,3%               |

to nacional, son por contra desfavorables los de dotación respecto al volumen demográfico y los de carga en vehículos/km, aun cuando el valor de esta comparación es relativo al no haber sido tenidas en cuenta las redes viarias de los aglomerados urbanos donde se concentra la mayor parte de la población. Lo que sí es relevante son las diferencias de ancho y calidad que privilegian a las redes de las provincias de Barcelona y Tarragona, o la mayor densidad de la red en las de Gerona y Barcelona.

Del conjunto de la red se ha seleccionado aquella que tiene las condiciones mínimas para poder servir al transporte intercomarcal y por tanto, para formar parte del entramado de la red de comunicaciones del territorio catalán. Para ello se han tomado como umbrales de consideración la existencia de tipos de tratamiento mínimo de pavimentación, la anchura superior a 5 m y las características de trazado en planta y perfil que permitieran velocidades proyectuales de referencia superiores a 30 km/h de media en el recorrido (VALDÉS, 1969). La falta de inventarios de características fiables ha obligado a un exhaustivo análisis de toda la red de carreteras de Cataluña, permitiendo clasificar con características superiores a las descritas 6.188,6 km en Cataluña (el 60 % del total de la red); este subconjunto se ha tomado como representativo del funcionamiento de la red y ha sido traducido en grafo a efectos del análisis territorial que se describe más adelante.

Este conjunto identificable como la red viaria vertebradora del territorio (HAGGET 1965) se ha cuantificado para cada una de las regiones de la división comarcal de Cataluña de 1932 (Gráfico I) y se han plasmado los resultados en el cuadro II. La primera constatación es la diferencia de densidad de la red en las distintas regiones catalanas, situándose por encima del promedio de densidad las regiones costeras con exclusión de la de Tortosa.

El indicador de densidad ya es relevante a efectos del potencial de intercambio ofrecido a una cierta región, pero ha de compararse con la dotación respecto al volumen demográfico, a fin de poder detectar los estrangulamientos que las deficiencias en la oferta pueden implicar para el funcionamiento económico de dicha región. Los resultados de ambos tipos de indicadores se han reflejado en los gráficos II y III.

Pocos comentarios se pueden efectuar que no se deriven directamente de la observación de ambos gráficos. La concentración espacial de la población en Cataluña es tan agudizada que los dos indicadores citados dan resultados diametralmente opuestos; la región de Barcelona tiene el doble de la media de densidad de carreteras de Cataluña, pero la quinta parte de la media de dotación por habitante; por contra, la región pirenaica de Tremp tiene la mitad de densidad que la media catalana y nueve veces la dotación media por habitante.

Respecto al resto de regiones esta bipolarización de resultados está menos

CUADRO II

|            | SUPERFICIE<br>(Km. <sup>2</sup> ) | POBLACION<br>(hab. 1980) | LONGITUD DE LA RED (Km.) |                |              |           |         | ESTANDARES DE DENSIDAD              |                         |
|------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------|
|            |                                   |                          | AUTOPISTAS               | CARRETERAS (1) |              |           | TOTAL   | DENSIDAD<br>(Km./Km. <sup>2</sup> ) | DOTACION<br>(Km./1000h) |
|            |                                   |                          |                          | red nacional   | red regional | red local |         |                                     |                         |
| Regió I    | 2474,95                           | 4.104.898                | 164,2                    | 371,0          | 244,5        | 143,0     | 922,7   | 0,37                                |                         |
| Regió II   | 4683,42                           | 427.266                  | 92,6                     | 440,7          | 250,4        | 375,0     | 1.158,7 | 0,25                                |                         |
| Regió III  | 1926,95                           | 345.899                  | 113,2                    | 261,6          | 15,7         | 142,0     | 532,5   | 0,27                                |                         |
| Regió IV   | 2676,02                           | 171.744                  | 59,8                     | 230,4          | 60,4         | 299,0     | 649,6   | 0,24                                |                         |
| Regió V    | 2476,16                           | 129.257                  | 53,6                     | 148,4          | 13,0         | 163,0     | 378,0   | 0,15                                |                         |
| Regió VI   | 2726,26                           | 156.661                  | —                        | 232,2          | 113,2        | 82,0      | 427,4   | 0,16                                |                         |
| Regió VII  | 4436,52                           | 281.399                  | —                        | 340,2          | 99,7         | 240,0     | 679,9   | 0,15                                |                         |
| Regió VIII | 5420,25                           | 289.927                  | 60,5                     | 502,9          | 70,8         | 322,0     | 956,2   | 0,17                                |                         |
| Regió IX   | 5228,86                           | 49.361                   | —                        | 239,2          | 146,4        | 98,0      | 483,6   | 0,09                                |                         |
| Catalunya  | 31.930                            | 5.956.414                | 543,90                   | 2.775,6        | 1.014,1      | 1.864,0   | 6.188,6 | 0,19                                |                         |

(1) (1)

(2) (2)

<sup>1</sup> Incluye tan sólo la longitud de red con pavimento de aglomerado asfáltico o similar, y con ancho de calzada superior a 5 metros. Considerar, por contra, el total de carreteras supondría 3.209,9 km. en la red regional y 4.463,4 en la red comarcal.

<sup>2</sup> En el total de la red, los valores de estos indicadores son de 0,34 y 1,92 respectivamente.

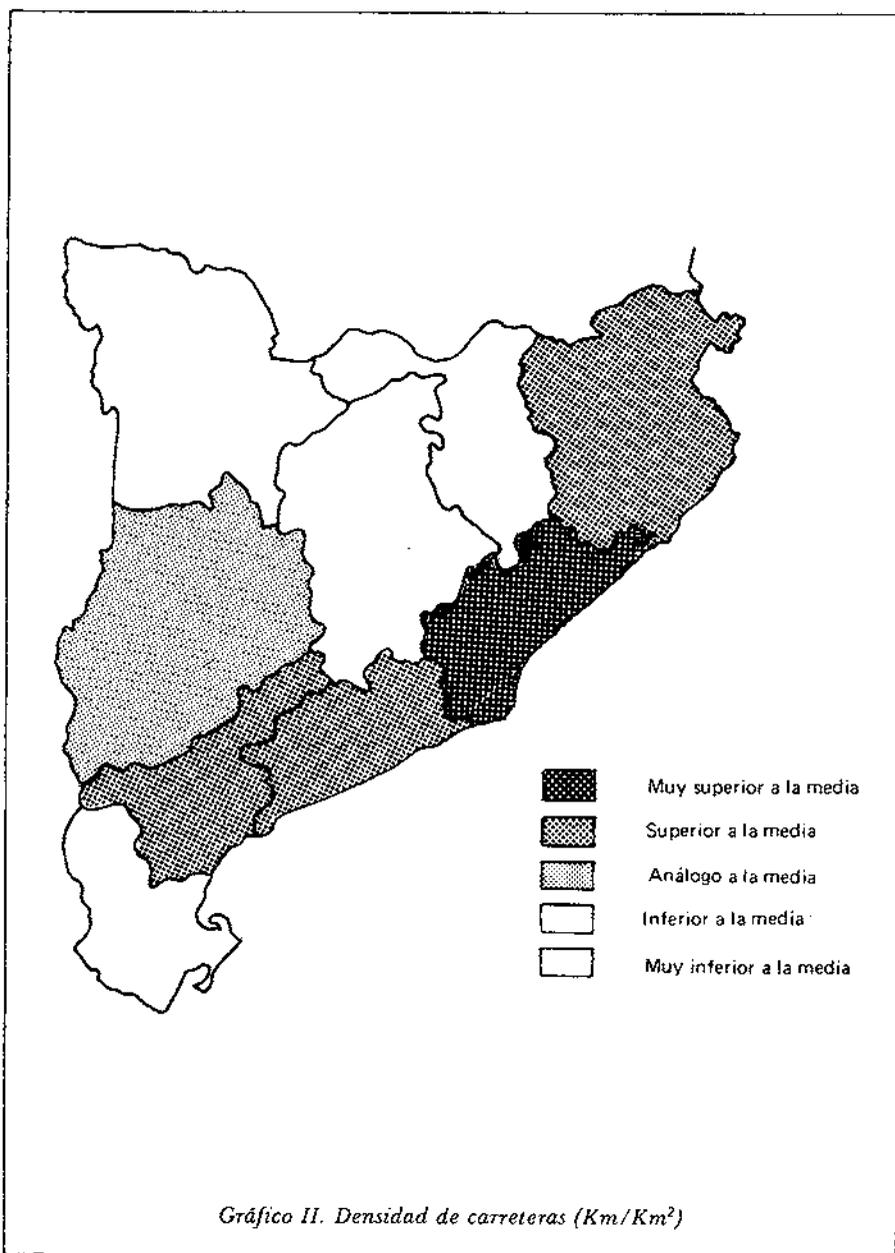
marcada. Las regiones de Gerona, Reus, Tarragona y Lérida pueden considerarse favorecidas, en términos generales, en cuanto a disponibilidad de carreteras; por otra parte, se incluyen en el grupo de las desfavorecidas Manresa, Tortosa y Vic. La argumentación tiene una motivación clara: Gerona, Tarragona y Reus están por encima de la media catalana en cuanto a densidad y dotación por habitante; Lérida está ligeramente por debajo de la densidad media ( $0,17 \text{ km/km}^2$  frente a  $0,19 \text{ km/km}^2$ ) pero bastante por encima de la dotación por habitante ( $3,27 \text{ km/1.000 hab.}$  frente a  $1,03 \text{ km/1.000 hab.}$ ). Por contra, Manresa, Vic y Tortosa tienen una dotación por cada 1.000 hab. superior a la media de Cataluña, pero inferior a ésta si se excluye la región de Barcelona ( $3 \text{ km/1.000 hab.}$  de media catalana sin Barcelona); y tienen una densidad de carreteras inferior a la media de Cataluña.

No tiene sentido profundizar en el análisis de la riqueza de esas redes si no es a partir de un objeto de análisis predefinido. El indicador densidad territorial y el asociado de conectividad servirá para medir en qué grado la oferta infraestructural, como capital fijo de intercambio producido en una región, sirve para facilitar su desarrollo (FOLIN 1976, FOGEL 1970) o simplemente para acelerar los procesos de difusión-concentración existentes en el mismo (CLARX 1969). El indicador dotación, asociado al de carga o volumen de flujos soportados, servirá para detectar las insuficiencias de funcionamiento de una red y las deseconomías que genera (BOAGA 1965). En cualquier caso el ejercicio realizado ha permitido poner de relieve las desigualdades infraestructurales que, desde el punto de vista de la red viaria, se dan entre los distintos espacios del territorio catalán y puede permitir avanzar en cualquiera de los campos citados a partir de un exhaustivo inventario efectuado (CEOTMA 1980).

A partir de la selección de tramos efectuados se ha clasificado la oferta viaria según diversas características, intentando buscar algún tipo de indicador del nivel de servicio que ésta implicaba. Para ello se ha optado por una tipología de clasificación en base a las características que definen la capacidad de una vía y su velocidad media de recorrido (HRB 1965) cuya definición puede encontrarse en el estudio del CEOTMA base de este artículo. Clasificada pues la red representativa en tres categorías, puede señalarse como referencia que en Cataluña el 35 % de esa red — 21 % del total de la red — podría definirse de 1ª categoría (condiciones adecuadas), el 27 % — 18 % del total de 2ª categoría — (condiciones insuficientes) y el 38 % — 23 % del total — de 3ª categoría (condiciones inadecuadas). Planteada esta clasificación para cada una de las regiones se dan los resultados que se resumen en el gráfico IV, permitiendo matizar los primeros resultados en cuanto a la oferta viaria. Estas matizaciones permiten señalar, por ejemplo, que el aceptable grado de dotación de la región de Reus se transforma en un bajo grado de nivel de servicio.



Gráfico 1. División Comarcal de Cataluña



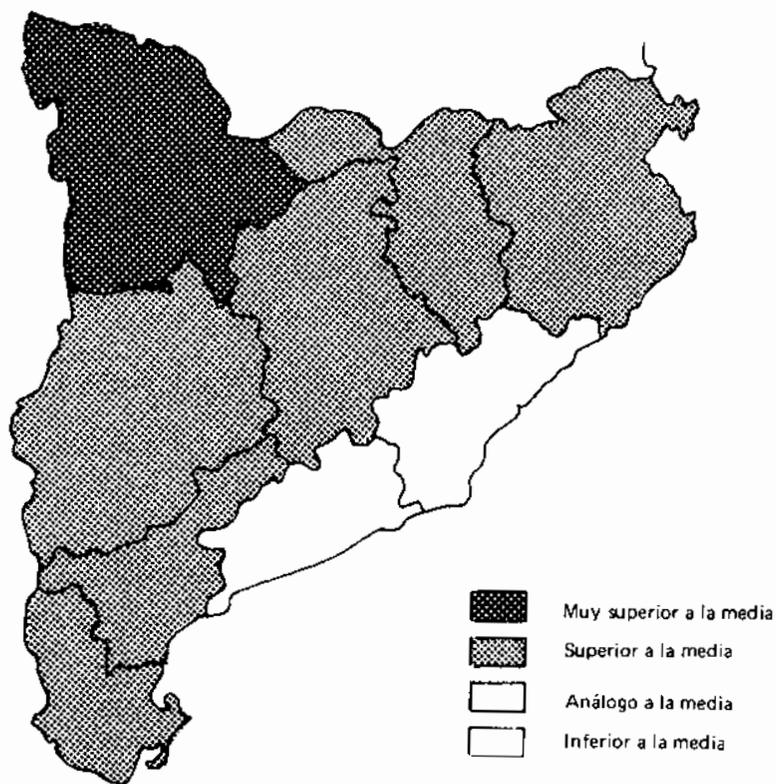
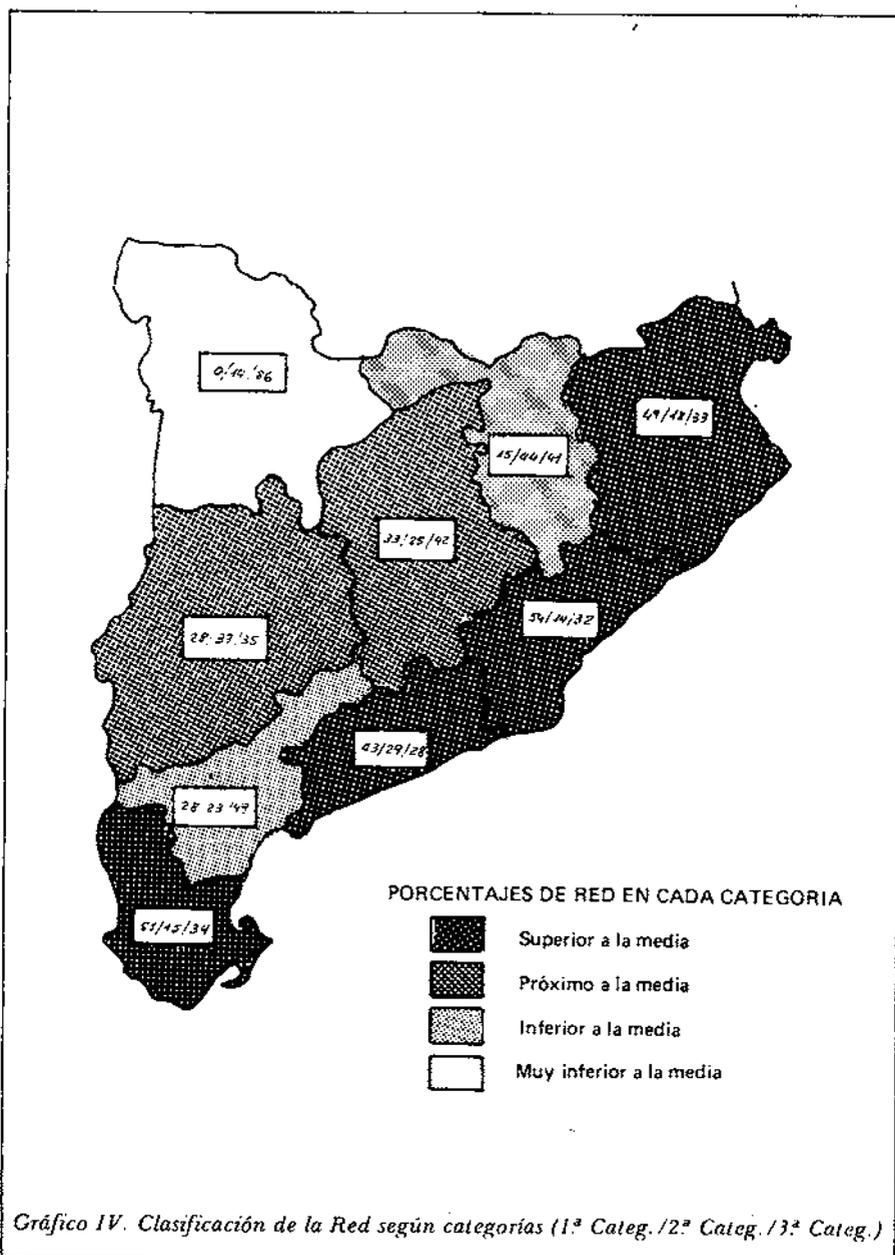


Gráfico III. Dotación de carreteras (Km/1.000 h.)



En resumen puede concluirse con el siguiente juicio aproximativo de la dotación infraestructural de carreteras (siempre, por supuesto, en términos relativos interregionales):

- a) Regiones bien dotadas en cuanto a densidad y con un porcentaje aceptable de nivel de servicio: Barcelona y Tarragona.
- b) Regiones con un nivel de dotación y servicio aceptables: Lérida y Gerona
- c) Regiones con un nivel de dotación aceptable y bajo nivel de servicios: Reus.
- d) Regiones infradotadas: Vic, Manresa y Tortosa, por este orden (el nivel de servicio dentro de esta infradotación varía de menos a más por el mismo orden).
- e) Regiones en situación de abandono (tanto por la dotación, como por el nivel de ésta): Tremp.

### Solicitud de la red

Aun cuando el objeto primordial del análisis sea el estudio topológico de la red viaria de Cataluña, como modo de aproximación a su potencial de articulación del sistema espacial al que sirve, sabemos que los indicadores de forma tienen un significado relativo, abstraídos del contexto socio-económico en que se inscriben.

Por ello, y aunque sea como contrapunto al tipo de reflexión aquí expresada, se ha optado por hacer un breve resumen de la solicitud de la red viaria de Cataluña, traducida en las intensidades de carga que soporta: aspecto éste más estudiado habitualmente y, por tanto, más sistemáticamente conocido.

La red de carreteras es el soporte de las principales interrelaciones de transporte que se dan en Cataluña y con el resto del territorio español. A nivel de toda España se han movido, en 1978, 90.900 millones de tn-km por carretera y 11.007 millones de tn-km por ferrocarril, es decir el 67,6 % y el 8,3 % respectivamente del total de mercancías movidas en el país. Respecto a viajeros la aportación al total de viajeros-km transportados en ambos modos (viajes interurbanos) era del 88,2 % por carretera y del 11,8 % por ferrocarril (la relación tn-km/viaj.-km es de 3 a 5 en el total nacional) (C.S.T.T. 1980).

No se dispone de datos análogos para este año, dispuestos en forma comparable con las cifras nacionales, para la movilidad interior de Cataluña. Sin embargo, el análisis del parque de vehículos y de su evolución permite afirmar que es aún mayor la proporción de transporte por carretera (cosa lógica, por otra parte, al perder competitividad el ferrocarril en distancias cortas (JANE SOLA 1969).

Las altas tasas de motorización existentes respecto al total nacional, con un

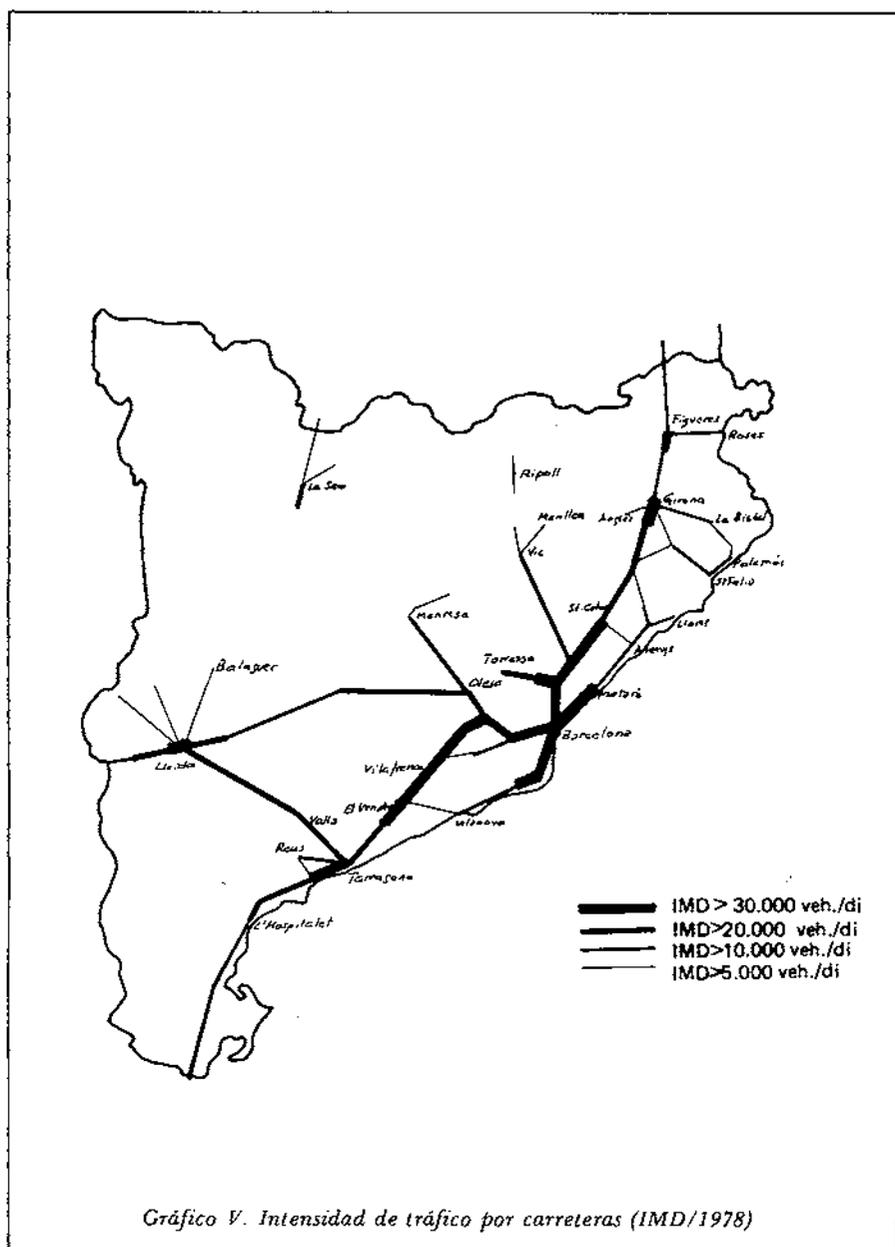
crecimiento constante a lo largo de la década (aun cuando desde 1977, el ritmo de crecimiento haya disminuido, tanto en España como en Cataluña), explican en buena medida el alto nivel de solicitud de la red de carreteras en Cataluña.

La memoria anual de la Cámara de Comercio, Navegación e Industria de Barcelona puso de relieve en 1977 una comparación numérica de interés en cuanto al nivel de solicitud, que es el índice tráfico en millones de veh./km. En esas fechas el indicador suponía 9.600 millones veh./km en Cataluña frente a 59.472 en España (el 16,5 %). Si se dividen estos datos entre la extensión total de la denominada oficialmente red básica y complementaria (los datos hacían referencia a estos conjuntos de la red y es su fuente la V Jefatura Regional de Carreteras) suponen 1,63 millones de veh. km/km en España y 2,89 millones de veh. km/km en Cataluña; es decir que la densidad de tráfico (tráfico/km) es un 77 % superior en Cataluña que en el resto de España. La cifra es expresiva en cuanto a la solicitud total de la red.

En cuanto al estudio de cómo se reparte esta solicitud en el conjunto de la red y de dónde se concentra, se ha dispuesto de los datos de aforos del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en la red básica de Cataluña para 1979, a través de los conteos de las estaciones permanentes y de las estaciones de control (mapas de tráfico de la Dirección General de Carreteras) y que exponen el valor de la denominada I.M.D. (Intensidad media diaria), que expresa el número de vehículos que pasan por el punto de conteo el día medio del año (media de todos los días del año). En el gráfico V se han resumido esos datos y se evidencia en él hasta qué punto se producen las máximas congestiones en los principales ejes de acceso a Barcelona (en un ámbito territorial cuyo radio es aproximadamente de 30 km con centro en la Plaza de las Glorias) y cuyas intensidades medias diarias se sitúan entre 15.000 veh./día y 75.000 veh./día.

Fuera de este ámbito territorial se producen intensidades medias diarias superiores a los 15.000 veh./día en escasos y limitados tramos de la red; concretamente en la costa del Maresme (N-II de Mataró a Calella) y en el tramo Olesa-Martorell de la N-II, además de en un reducido espacio de influencia en los accesos a Tarragona, Lérida y Gerona. Los accesos a Gerona hasta Salt, Sarrià de Ter y Riudellots de la Selva (13 km de radio medio sobre el eje de N-II); los accesos a Tarragona hasta Salou y Tamarit sobre el eje de la N-340 (aproximadamente 10 km de influencia) y los accesos a Lérida hasta Alcarràs y Bell-Lloc sobre el eje de la N-II (12 km de influencia). Además se registraron I.M.D. superiores a esa cifra en un gran porcentaje de la longitud total de las autopistas A-7 y B-19, como se analiza más adelante.

Tomando como límite mínimo de I.M.D. los 10.000 veh./día (umbral que define en la práctica las carreteras de alta solicitud de la oferta) es ya mayor



el conjunto de la red objeto de alta utilización diaria. No obstante, comparados los datos de la longitud total de las carreteras con I.M.D. superior a ese valor con la del conjunto de la red, se puede concluir que sólo afecta a un 20 % de la red tomada como representativa en el estudio (equivalente, por tanto, al 12 % del total de la red viaria).

Un dato de cierto interés es la evolución de la I.M.D. en los últimos años; su estudio no muestra cambios importantes en las pautas espaciales de utilización de la oferta, pero indirectamente ha permitido medir el impacto que en el tráfico han tenido las nuevas autopistas (Lérida-Tarragona, Mollet-Papiol y Figueres-Francia). Se han comparado los datos del mapa de tráfico del MOPU (1979) con los del mapa de tráfico de Cataluña en 1975, editado por el C.I.D.C., que recoge también los datos de aquel organismo para ese año.

Las autopistas catalanas han experimentado importantes incrementos de tráfico en el período 1975-1979; pero en términos generales estos incrementos han sido inferiores al de la tasa de incrementos del parque de turismos (el 40 % de 1975 a 1978); los incrementos de tráfico más importantes han sido en la autopista A-7 en el tramo Barcelona-Reus, provocados en parte por la apertura de la A-2 Tarragona-Lérida y en parte reflejo del reforzamiento de la complementariedad económica del binomio Barcelona-Tarragona. Por contra se ha experimentado una ligera disminución en la autopista del Maresme (tramo Premià-Mataró) e incrementos pequeños en la autopista A-7 en el tramo Barcelona-La Roca; estos datos apuntan a una pérdida de atraktividad de las autopistas de peaje en los viajes al trabajo que no desbordan el ámbito metropolitano (y que, por su esencia, son más cotidianas); observación que se refuerza con datos posteriores a este estudio.

En el resto de la red los incrementos son muy variables, con una clara pérdida de tráfico en la N-II desde Figueres a la Jonquera (el 42 %) y en la C-252 de Figueres a Port-Bou (el 20 %), claro impacto éste de la apertura de la autopista Figueres-Francia. No se han apreciado, sin embargo, disminuciones en los itinerarios de Tarragona a Lérida por la apertura de la autopista A-2, debido quizás en parte a que el tráfico en dichas áreas obedece fundamentalmente a las áreas de influencia de dichas capitales. Han sido sin embargo relevantes los incrementos de tráfico detectados en el entorno de Lérida (47 % de incremento en el tráfico a Almacelles, 59 % a Balaguer, 39 % a Alguaire).

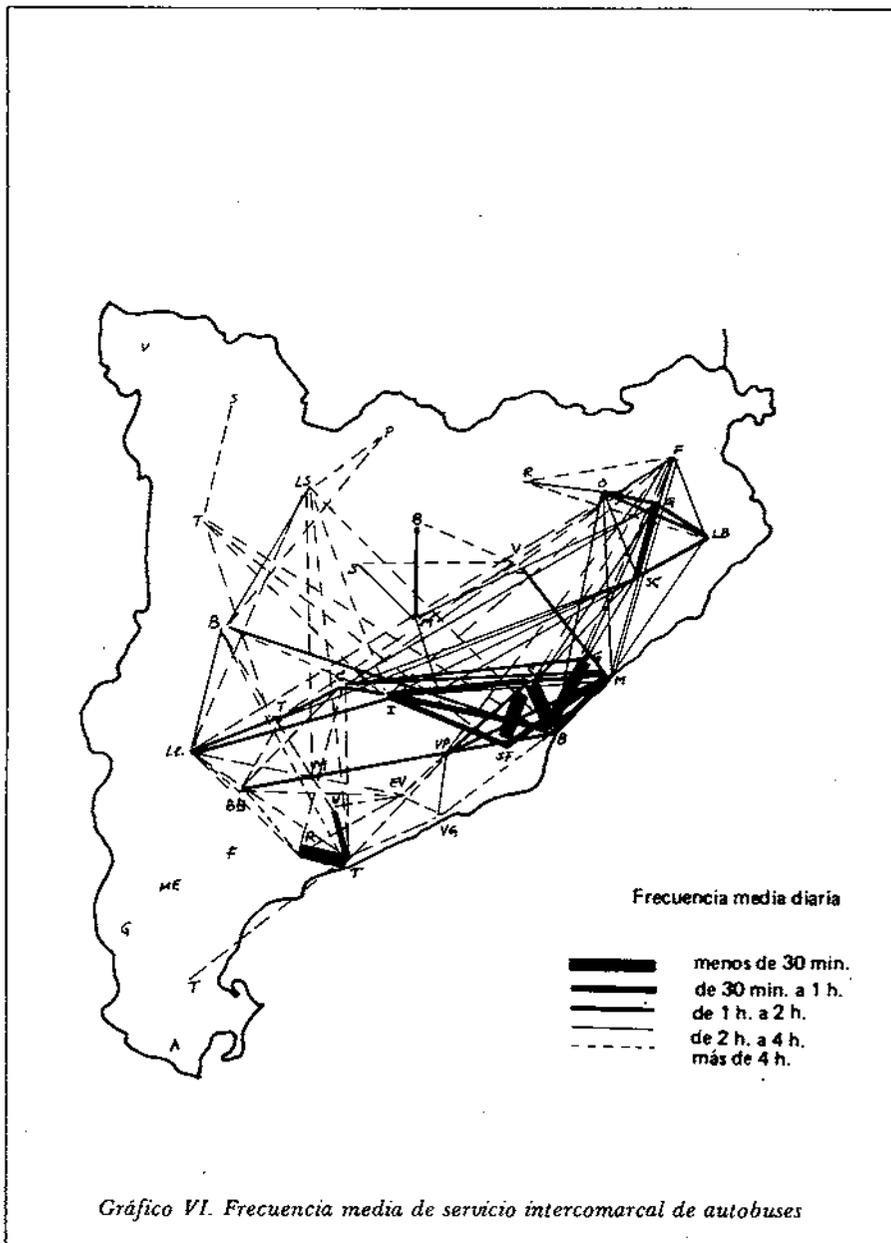
Aun cuando menos estudiados normalmente, por su escasa incidencia sobre el volumen global del tráfico, son de interés los datos que afectan a los servicios regulares de transporte por carretera, en la medida que constituyen una oferta que articula en gran parte las relaciones intercomarcales del interior de Cataluña, supliendo la ausencia de líneas férreas. Estos datos permiten, por tanto, poner énfasis en la importancia de ciertos tramos de la red que no la hu-

bieran presentado de tenerse sólo en cuenta el indicador tráfico (Gráfico VI).

Las líneas regulares de autobuses interurbanos en Cataluña afectan a un total de 6.529 km de recorrido. De ellos 3.805 km corresponden a líneas de autobuses que no desbordan los ámbitos estrictamente comarcales, mientras que 2.724 km se pueden considerar intercomarcales. En el año 1979 se han producido un total de 26.619.379 km recorridos, lo que da una frecuencia media generalizada de utilización de la red de 4.077 viajes equivalentes por kilómetro de la red utilizada (D.G.T. GENERALITAT 1981).

Esta oferta de servicios de transporte significa un estándar medio de Cataluña de 4,7 km/hab./año, lo que es alto en el conjunto nacional. Pero en ciertos ámbitos se incrementa considerablemente el valor de ese indicador, alcanzando en la provincia de Gerona 12,1 km/hab./año. La distribución espacial de esa oferta muestra aspectos claramente reveladores de su importancia en ciertos ámbitos comarcales. En el estudio origen de este artículo se han calculado diversos indicadores de frecuencia media, velocidad comercial e índice de servicio (por combinación de los anteriores) (BIEBER 1975). En el gráfico adjunto se muestra la frecuencia media de los servicios intercomarcales, destacando, junto a la lógica importancia de la oferta en la región I y en los entornos de las capitales provinciales, el nivel de servicio en el Empordà, Osona, Bergadá, Bages, Anoia y en la totalidad de la región VIII.

Otro importante aspecto a destacar de la solicitud de la red hubiera podido ser el análisis de su demanda, que es el paso metodológico previo en los estudios de tráfico y transporte (LANE, 1973). En Cataluña existen sólo estadísticas puntuales y sobre muestras espacialmente relevantes sólo para algunas partes del territorio. En las fechas en las que se efectuó el estudio se disponía de los datos de movilidad obligada tan solo de la provincia de Barcelona, aunque en la actualidad la explotación del censo de 1981 permitiría analizarlos para toda Cataluña. Este tipo de análisis pone de relieve, en primer lugar, los ámbitos de relación intensa cotidiana; en el caso de la provincia de Barcelona permitió la verdadera dimensión que, respecto al viaje al trabajo, tiene el área metropolitana de Barcelona (que alcanza a Arenys, Granollers, Terrassa, Martorell y Vilanova), o la importancia de la influencia que ejerce Manresa sobre un amplio ámbito (que alcanza Súria, Sallent y Navas) y la menor, pero importante, de Vic (hasta Manlleu y Tona). Pero, desde el punto de vista que nos ocupa, permite detectar las líneas de deseo y su correspondencia con la oferta infraestructural. Se han puesto de relieve en la introducción, no obstante, algunos de los defectos metodológicos de los modelos de demanda y de su incapacidad de medición del potencial transformador de un territorio por sus infraestructuras de transporte; por ello no parece preciso extenderse en la descripción y análisis de estos datos en el contexto del tipo de reflexión que nos ocupa.



## La formalización del aparato de análisis. Indicadores asociados

El análisis topológico de la red de carreteras se ha efectuado a partir de la elaboración de un grafo representativo de la red, en el que tuvieran reflejo los tramos de la misma que cumpliesen las condiciones mínimas explicitadas en el apartado 3 de este artículo.

El grafo no es más que un soporte informatizado que permite resumir las características de conexión de puntos, trazado, capacidad, velocidad de recorrido y utilización de cada uno de los tramos de la red (arcos) (FLAMENT, 1963). Su conexión al sistema al que sirve se ha efectuado tomando como puntos representativos del sistema económico catalán las 38 capitales comarcales definidas en la división territorial de 1932, planteadas como centroides de la red (RODRÍGUEZ BAYRAGUET 1974). La formalización del grafo y su «carga» (asignación de variables a arcos, vértices y centroides) se ha efectuado con ayuda del Servei de Planificació de la Direcció General de Transports de la Generalitat.

El grafo planteado abstrae una red básica de 6.100 km de carreteras, lo que da un total de 165 arcos (tomando, a efectos de cálculo, como arco único todos los continuos existentes entre dos vértices), de noventa y dos vértices y de treinta y ocho centroides (coincidentes con análogo número de vértices). Los arcos de la red de autopistas han sido conectados en el vértice donde se dan sus enlaces actuales. Los cálculos y estimaciones se han efectuado en un ordenador IBM 3.031 del Centro Ordenador Municipal de Barcelona, con capacidad de memoria 2.000 kb. El tiempo total de proceso de cálculo, incluida la fabricación de los planos de ordenador por el sistema SYMAP que se acompañan en el trabajo ha sido de seis horas. Los resultados, tabulados e informatizados, se pueden encontrar en el trabajo base de este estudio, así como las notas explicativas sobre el *software* utilizado. Sobre la base de la informatización del grafo (asociando a sus arcos las características de longitud, anchura, velocidad de recorrido observada en hora neutra, y a sus nudos las características socio-económicas de interés) se han efectuado los siguientes cálculos:

- a) Determinación de la distancia entre nudos, en km y minutos de recorrido en coche.
- b) Determinación de la distancia entre nudos en minutos de recorrido en transporte colectivo.
- c) Determinación de la accesibilidad de cada nudo en base al promedio de las distancias en tiempo al resto de los nudos.
- d) Determinación de la centralidad geográfica de cada punto en base a la distancia en kilómetros al punto más alejado de la red.
- e) Determinación de la accesibilidad global relativa de cada punto de la red a la ciudad de Barcelona.

f) Dispersiones de accesibilidades de cada punto desde el resto de puntos de la red.

Estos datos se han expresado en matrices asociadas de 38 X 38 (mapificadas por el sistema SYMAP) y en matrices de 92 X 92. las matrices más reducidas permiten plantear al cálculo de ciertos indicadores de forma y servicio al territorio que se consideren relevantes (HAGGET 1976, pp. 308-310), habiéndose seleccionado en este estudio los siguientes:

- conectividad o complejidad de la red;
- centralidades geográficas conferidas por la red;
- accesibilidad promedio al resto de puntos de la red desde cada punto;
- accesibilidad desde el centro de Barcelona-ciudad.

Sobre la base del grafo de la red actual se podrían realizar cuantos cálculos y manipulaciones sean convenientes, tanto para determinar el indicador de centralidad-marginalidad espacial de un determinado municipio, como para evaluar las consecuencias que sobre una parte de la red tendrían intervenciones puntuales de conexión (nuevos arcos, mejoras de arcos existentes, etc.). Éste es el tipo de operaciones de evaluación que se han llevado a cabo para estimar el impacto de los principales proyectos para Cataluña y que se comentan posteriormente.

El análisis de accesibilidad, conectividad, etc. se ha efectuado también para el grafo del sistema de ferrocarriles y para el de los servicios regulares de transporte por carretera. Lógicamente la estimación de indicadores asociados a estos dos sistemas de transporte ha tenido una formulación diferente que la de los de transporte en vehículo privado por carretera, y su determinación puede hallarse en el trabajo base de este artículo. La combinación de grafos de sistemas diferentes no ha dado resultados relevantes, y ha puesto de relieve las dificultades metodológicas de imbricación de redes de base de uso tan diferentes. En cualquier caso en este artículo se ha tratado tan sólo de explicitar los resultados del análisis respecto a la red de carreteras. (Ver gráficos VII y VIII.)

### **La morfología de la red y la distorsión del territorio.**

Los primeros indicadores calculados han tenido por objeto una aproximación simple al Análisis dimensional de la red, a su complejidad (KANSKY 1963). Para ello se ha optado por determinar la conectividad de la red, la centralidad que genera en el territorio y la accesibilidad global que produce a cada lugar respecto al conjunto de ellos (HAGGET 1976).

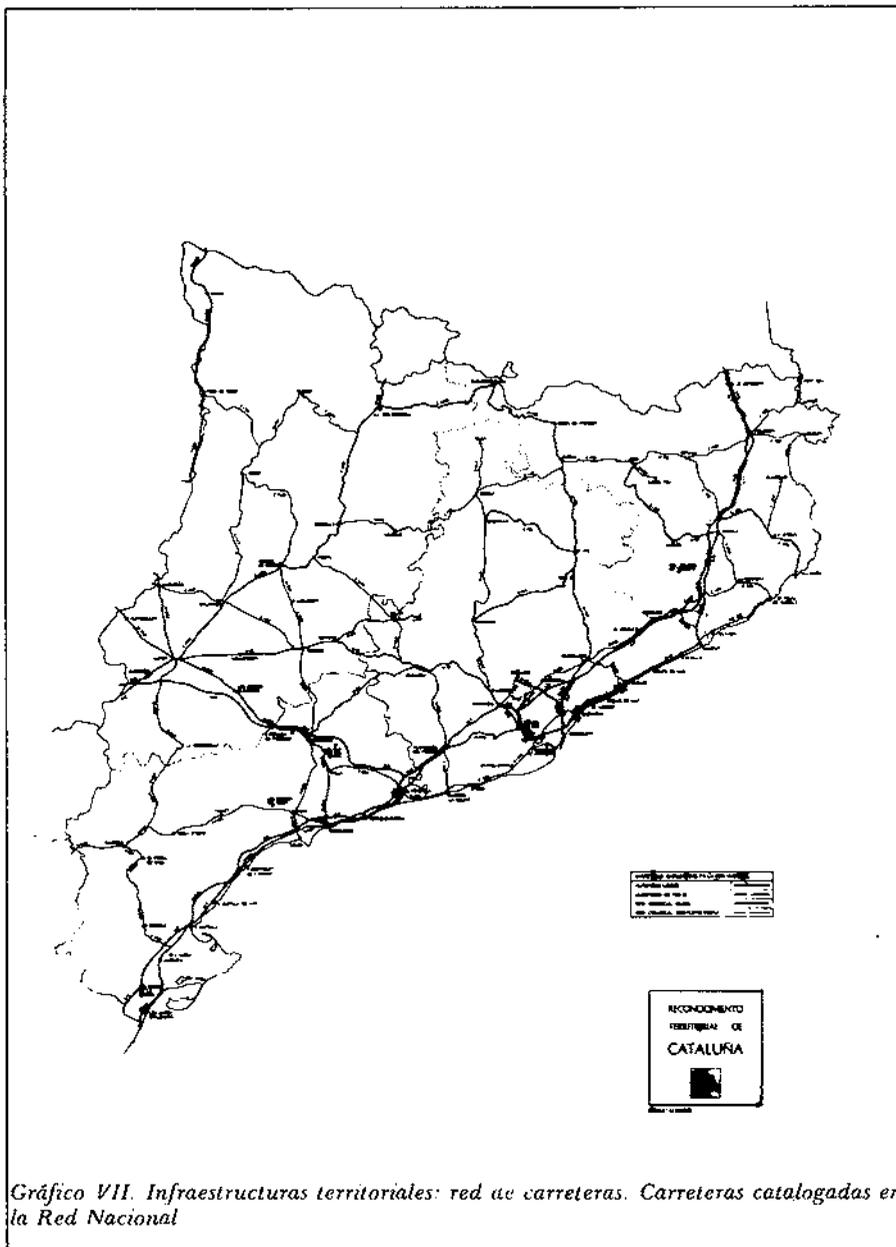
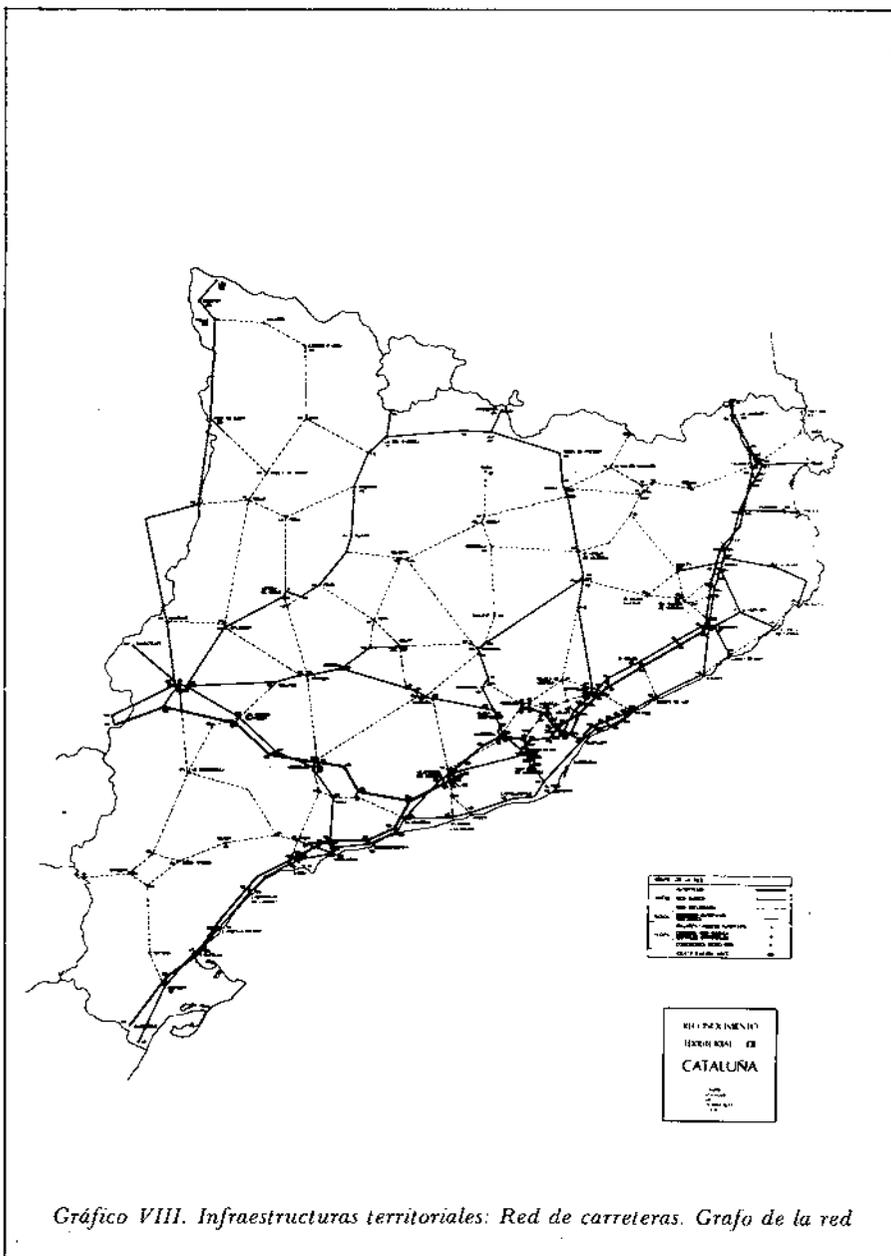


Gráfico VII. Infraestructuras territoriales: red de carreteras. Carreteras catalogadas en la Red Nacional



La *conectividad* de una red (medida por el cociente del número de arcos al número de nudos, también denominado índice B) expresa la riqueza de relaciones que ésta hace posible o permite entre todos sus vértices o nudos; las redes cuyo valor de índice citado es superior a uno se denominan redes inconexas; las que tienen valor uno reciben el nombre de redes de circuito o camino único; y las que exceden de ese valor redes complejas, siendo el mayor valor del índice  $(n-1)/2$  (a partir del valor  $B = 3$  la red se considera de itinerarios alternativos múltiples). Es un buen indicador del modo en que la red está preparada para servir de vehículo a la multiplicidad de interacciones espaciales, que es condición básica de la difusión del desarrollo económico por todo el territorio. Pues bien, tomando como red «válida» la contenida en el grafo y diferenciándola en dos subtipos (red básica y red secundaria) se deduce que la red de carreteras de Cataluña tiene una conectividad baja en su conjunto.

El número de ciudades tomadas como vértices es de 92 y los arcos que unen estas noventa y dos ciudades son 165, con lo que el valor del índice B es de 1,8. Excluyendo los 86 arcos que corresponden a la red secundaria, la red de carreteras de Cataluña es francamente inconexa en cuanto se refiere a la red básica o red con características apropiadas para soportar relaciones económicas cotidianas (índice B de la red básica = 0,8).

Es evidente, sin embargo, que no tiene sentido hablar de conectividad de la red como un todo a efectos de detectar insuficiencias. Tomado por tramos parciales (Costa Brava, Área Metropolitana funcional de Barcelona, comarcas del Ebro, resto de la provincia de Tarragona y Cataluña interior) los valores del índice B son muy variables; para los ámbitos citados se toma el valor 2,1, 2,2, 1, 1,9 y 1,3, respectivamente: está claro que un 70 % de la red tiene un bajo índice de conectividad y que ello afecta a las tierras del Ebro y de Cataluña interior.

Respecto a la red básica tiene interés completar los datos de conectividad con otro indicador topológico de cierta utilidad: se trata del cociente entre el denominado *diámetro* (distancia entre los dos puntos más alejados) y la *extensión* total de la red. Es un indicador que expresa en gran medida la forma de la red; su proximidad al valor uno da idea de una red lineal en su configuración; cuanto más bajo es el valor más se aproxima a una malla (forma adecuada a las características topográficas de Cataluña y a la disposición de su sistema de asentamientos urbanos).

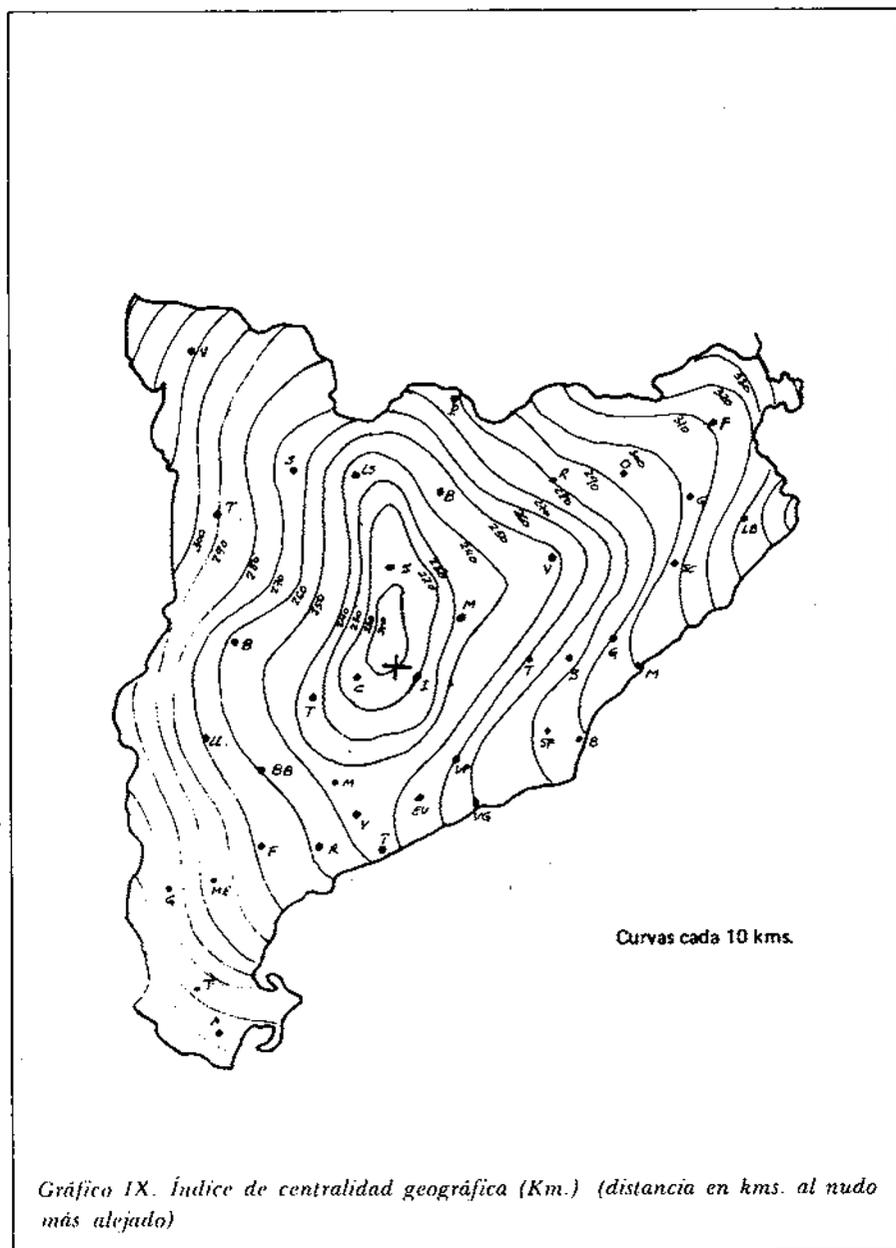
El valor 0,28 da idea de ser en esencia, desde el punto de vista formal, una malla; no obstante, si se calcula el índice como si la Cataluña del interior fuera una red y la de la costa otra (unos 50 km de franja), los valores respectivos son de 0,23 y 0,48; es decir apuntan hacia un carácter más lineal en la segunda que en la primera (precisamente debido al reforzamiento de los ejes longitudinales que ha ido sufriendo la red progresivamente).

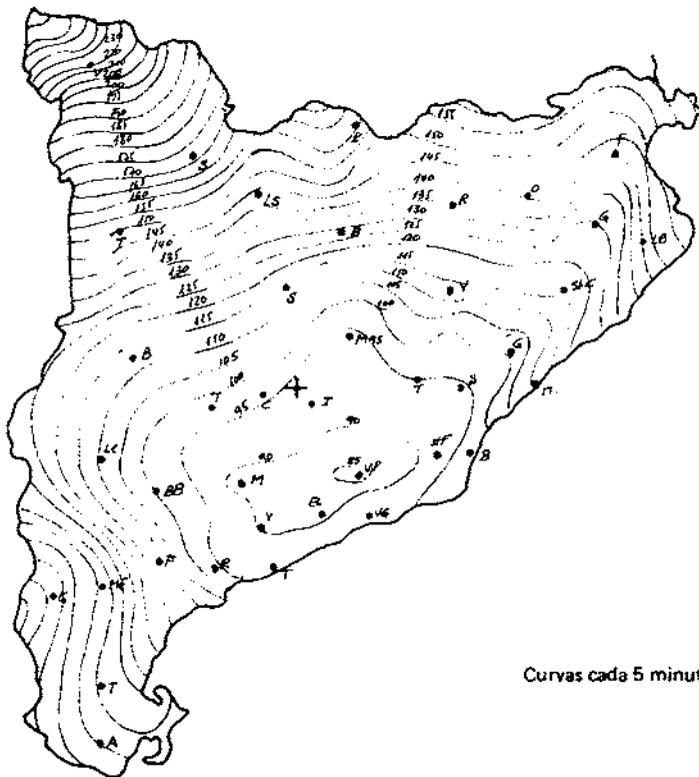
Estos primeros indicadores señalan ya algunas de las ideas que se refuerzan con el cálculo de otros de mayor expresividad, como los que se analizan a continuación.

El índice de centralidad geográfica (o distancia en kilómetros desde cada punto al punto más alejado de la red, por el camino mínimo) es un elemento de referencia que permite detectar hasta qué punto las condiciones de circulación y velocidad alteran las posiciones iniciales de privilegios en la localización geográfica. Desde el punto de vista infraestructural no vale hablar de «centro geográfico de Cataluña» con abstracción de la red de carreteras y caminos, que es producto del relieve y la topografía; las distancias en línea recta (también denominadas «a vuelo de pájaro») no implican facilidad de comunicación, ya que están sometidas a «desviaciones negativas» provocadas por elementos naturales (una cordillera, un río o cualquier otro tipo de barrera natural) o bien a «desviaciones positivas» canalizadas por un solo paso (LÖSCH 1954). El centro red de un territorio, desde el punto de vista de sus comunicaciones de transporte, viene influido por la estructura de la red, y pone de relieve las condiciones naturales de un territorio y la centralidad y marginalidad que los distintos asentamientos urbanos tienen dentro de él.

El análisis de *centralidad* geográfica señala como punto central (el de menor distancia al punto más alejado relativamente de toda la red) un lugar situado en el baricentro del triángulo Manresa-Cervera-Igualada y ubicado aproximadamente 8 km al noroeste del centro de Cataluña, hecha abstracción de la red y el relieve (es decir, entre Calaf y Aguilar de Boixadors). Si a partir de los datos de centralidad se confecciona un plano de centralidades-marginalidades geográficas en base a curvas de isodistancia (mismo valor del índice de centralidad), es posible ver qué zonas estarían privilegiadas por su posición, considerando el territorio catalán como un conjunto cerrado en sí mismo. Pues bien, este ejercicio da resultados interesantes, máxime al compararlo, como se hace más adelante, con la accesibilidad conferida por la red (véase gráficos IX y X). Dentro del contorno de la curva de 50 km en torno al centro se ubican las ciudades que pueden ser consideradas «centrales geográficamente» (CLARK 1968). Éstas son:

- valor del índice entre 210-220: Solsona y Cervera;
- valor del índice entre 220-230: Igualada;
- valor del índice entre 230-240: Manresa, Valls, Montblanc y Tàrraga;
- valor del índice entre 240-250: Tarragona, Reus, La Seu d'Urgell, Berga y Vic;
- valor del índice entre 250-260: El Vendrell, Vilafranca, Borges Blanques y Balaguer.





Curvas cada 5 minutos

Gráfico X. Índice de centralidad-accesibilidad (min.) (accesibilidad promedio al resto de la red)

Por otra parte, fuera del perímetro de los 100 km a partir del centro se encuentran las ciudades que pueden ser consideradas «marginales geográficamente»; éstas son solamente las seis capitales siguientes:

- valor entre 300-310: Mataró, Viella y Gandesa
- valor entre 310-320: Amposta y Tortosa
- valor superior a 330: La Bisbal.

El resto de capitales comarcales (Mora, Falset, Lérida, Tremp, Sort, Puigcerdà, Ripoll, Olot, Granollers, Sabadell, Barcelona, Sant Feliu de Llobregat, y Vilanova i la Geltrú) se consideran en posición «neutra» geográficamente hablando.

Ahora bien, el análisis no pasaría de ser una mera curiosidad geográfica, si no fuera porque permite estudiar el modo en que las características de la red analizadas en capítulos anteriores han «deformado» esta centralidad de partida, creando una «centralidad ficticia» geográficamente hablando, pero mucho más real desde el punto de vista económico. Para ello se ha repetido el ejercicio, pero estimando estos valores en función de las características de la oferta viaria, diferenciando los tramos según el tiempo recorrido. El método seguido ha sido graficar las curvas de isoaccesibilidad relativa. Ello significa que se ha estimado el tiempo promedio desde cada punto para acceder al resto por el camino mínimo o índice de accesibilidad global relativa. Factor fundamental es, pues, la velocidad de recorrido en cada tramo en hora neutra; función a su vez del tipo de vía, anchura, pendientes y trazado en planta, intersecciones y travesías urbanas, etc.; es decir, función de las características infraestructurales de la red.

Este análisis muestra en primer lugar que el punto más favorecido por las comunicaciones se sitúa en Vilafranca del Penedès, 45 km al sur del punto estimado por el método anterior. Como se recordará, Vilafranca se situaba en el grupo de ciudades «centrales», en su última gradación. Ello significa y pone de relieve un fenómeno sobradamente conocido; las actuaciones viarias sobre Cataluña han desplazado el centro de gravedad de las mismas hacia la costa en una proporción considerable.

Las curvas de isoaccesibilidad muestran igualmente como se ha desplazado el conjunto de ciudades privilegiadas al siguiente grupo: Vilafranca, El Vendrell, Valls, Montblanc en primer lugar (claro impacto de la conjunción de las autopistas A-2 y A-7); Manresa, Igualada, Sabadell, Sant Feliu de Llobregat, Vilanova i la Geltrú, Tarragona y Reus, en segundo; Barcelona, Tàrraga y Cervera, en tercero. (El mismo análisis efectuado sin el impacto de la autopista A-2 a Lérida excluía Tàrraga y Cervera, favoreciendo a Barcelona y Sant Feliu en su posición relativa).

Quedan, por contra, en posiciones marginales (por encima de las dos horas de accesibilidad promedio) dieciséis capitales comarcales: Mora, Gandesa, Tortosa, Amposta, Solsona, Viella, Tremp, Sort, La Seu d'Urgell, Puigcerdà, Ripoll, Berga, Olot, Figueres y La Bisbal. Los valores de mayor marginalidad (más de dos horas y media de promedio de tiempo al conjunto de ciudades analizadas), los alcanzan La Seu d'Urgell, Gandesa (158 min.), Tremp (160 min.), Sort (187 min.) y Viella (240 min.).

Acotar y cuantificar este impacto de la red de carreteras es difícil y altamente subjetivo, por lo que sería necesario introducir en el análisis variables de tipo socio-económico como la población y el empleo. No obstante, sí tiene relevancia, aunque sea a efectos de primera aproximación, efectuar el cálculo del valor relativo del cociente centralidad geográfica/accesibilidad, cálculo que se ha efectuado plasmándose sus resultados en el cuadro III y el gráfico XI.

En ellos se observa como veintidós comarcas han salido desfavorecidas, sobre su posición geográfica inicial, por las características de la red de carreteras y quince favorecidas. El territorio privilegiado por el impacto de la red de carreteras sería el situado dentro de una línea ficticia que pasara por Reus, Borges Blanques, Manresa, Gerona y Lloret; frente a esto, el territorio desfavorecido se extiende según un gradiente desde esa línea de pérdida de un 10 % de centralidad originaria aproximadamente cada 25 km. Si se matizan estos resultados en función de la población de cada una de las comarcas, se observa que la población que vive dentro de ese entorno favorecido es el 78 % del total de Cataluña.

Finalmente, el peso de la ciudad de Barcelona y del entorno metropolitano es, obviamente, un factor a tener en cuenta y que no puede estar ajeno al análisis. Por ello se ha creído conveniente calcular las isocronas (curvas de tiempo de desplazamiento por carretera), con centro en Barcelona y que complementan el análisis efectuado anteriormente, expresadas en el gráfico XII. Dicho gráfico muestra claramente la importancia de los ejes de las autopistas en la ruptura de la fricción del espacio, así como las barreras transversales que existen a la comunicación. Conviene destacar que tan sólo el 12 % del territorio catalán está en el límite de una hora desde Barcelona, quedando fuera del límite de dos horas el 45 % del territorio, alcanzando valores excesivos con respecto a la distancia real los territorios de la región IX.

### **Ensayo de análisis de impacto de las posibles inversiones**

Parte importante del estudio que sirve de base a este artículo consistió en el intento de evaluar el posible impacto que en el funcionamiento conjunto del sistema de asentamientos de Cataluña podían tener los diferentes proyectos que,

**CUADRO III**  
**Indicador del desplazamiento de Centralidad motivado**  
**por las características de la red**

| Población         | Índice Centralidad<br>Geográfica Km: | Accesibilidad<br>promedio min: | Valor A/B |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|
|                   | = A =                                | = B =                          |           |
| Figueres          | 318 1,50                             | 140 1,67                       | 0,898     |
| La Bisbal         | 344 1,62                             | 140 1,67                       | 0,970     |
| Gerona            | 320 1,51                             | 122 1,45                       | 1,041     |
| Sta. Coloma de F. | 312 1,47                             | 117 1,39                       | 1,058     |
| Olot              | 299 1,41                             | 147 1,75                       | 0,805     |
| Ripoll            | 285 1,34                             | 137 1,63                       | 0,822     |
| Puigcerdà         | 294 1,39                             | 165 1,96                       | 0,709     |
| Vic               | 248 1,17                             | 113 1,35                       | 0,867     |
| Mataró            | 308 1,45                             | 108 1,29                       | 1,124     |
| Granollers        | 296 1,40                             | 99 1,18                        | 1,186     |
| Sabadell          | 276 1,30                             | 93 1,10                        | 1,181     |
| Barcelona         | 286 1,35                             | 96 1,14                        | 1,184     |
| S. Feliu de Ll.   | 282 1,33                             | 91 1,08                        | 1,231     |
| Vilanova          | 267 1,26                             | 94 1,12                        | 1,125     |
| Vilafranca        | 255 1,20                             | 84 1                           | 1,200     |
| El Vendrell       | 256 1,21                             | 89 1,06                        | 1,142     |
| Tarragona         | 248 1,17                             | 94 1,12                        | 1,045     |
| Reus              | 244 1,15                             | 95 1,13                        | 1,017     |
| Valls             | 236 1,11                             | 89 1,06                        | 1,047     |
| Montblanc         | 235 1,11                             | 89 1,06                        | 1,047     |
| Tàrrrega          | 234 1,10                             | 96 1,14                        | 0,965     |
| Cervera           | 218 1,09                             | 94 1,12                        | 0,973     |
| Igualada          | 226 1,07                             | 92 1,10                        | 0,972     |
| Manresa           | 240 1,13                             | 94 1,12                        | 1,008     |
| Solsona           | 212 1                                | 121 1,44                       | 0,694     |
| Berga             | 246 1,16                             | 127 1,51                       | 0,768     |
| La Seu            | 238 1,12                             | 150 1,79                       | 0,626     |
| Sort              | 264 1,25                             | 187 2,23                       | 0,560     |
| Viella            | 308 1,45                             | 240 2,86                       | 0,507     |
| Tremp             | 289 1,36                             | 160 1,90                       | 0,716     |
| Balaguer          | 258 1,22                             | 111 1,32                       | 0,924     |
| Lérida            | 271 1,29                             | 110 1,31                       | 0,984     |
| Borges Blanques   | 259 1,22                             | 100 1,19                       | 1,025     |
| Falset            | 265 1,25                             | 122 1,45                       | 0,862     |
| Mora              | 277 1,31                             | 143 1,70                       | 0,771     |
| Gandesa           | 305 1,44                             | 158 1,88                       | 0,776     |
| Tortosa           | 312 1,47                             | 141 1,69                       | 0,870     |
| Amposta           | 319 1,50                             | 135 1,61                       | 0,932     |

A = relación al  
valor más -  
bajo.

B = relación al  
valor más -  
bajo.

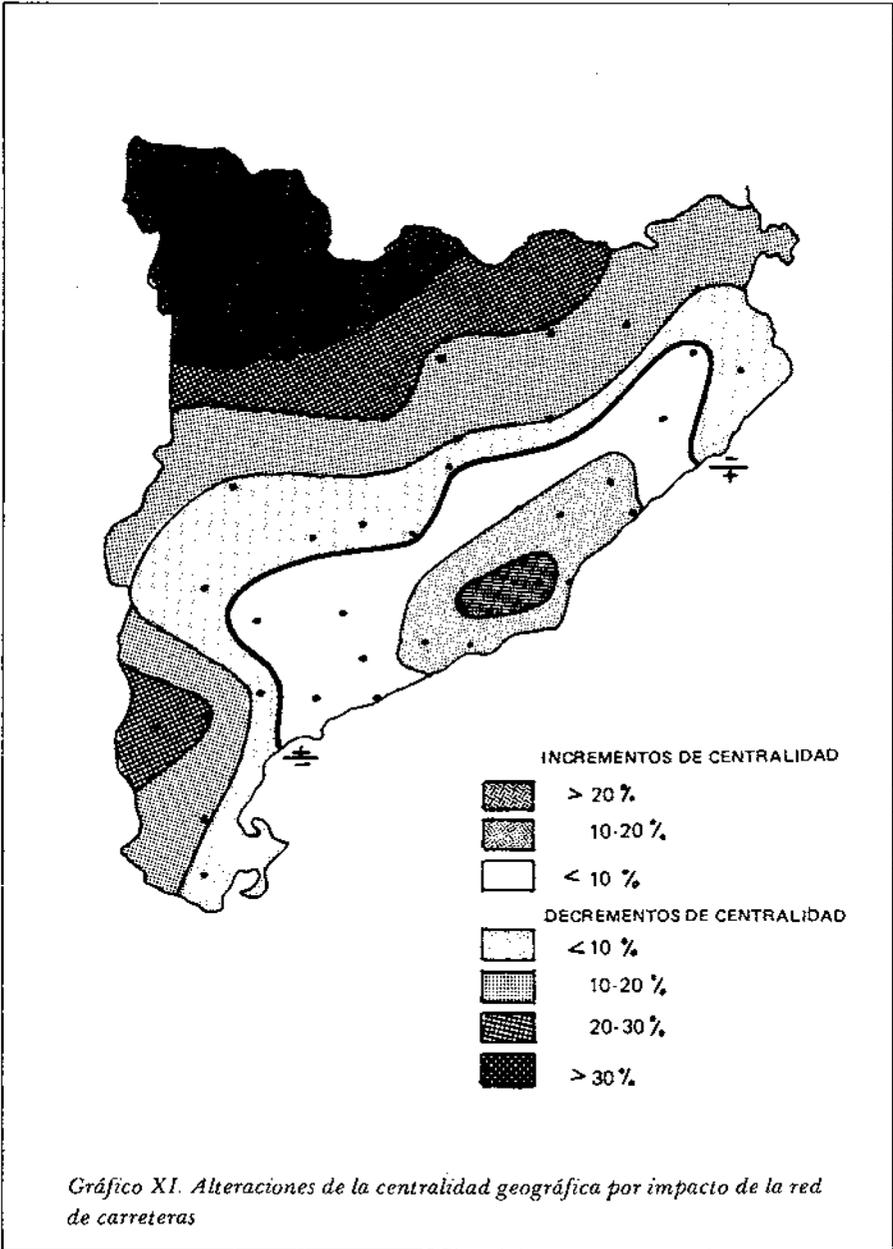
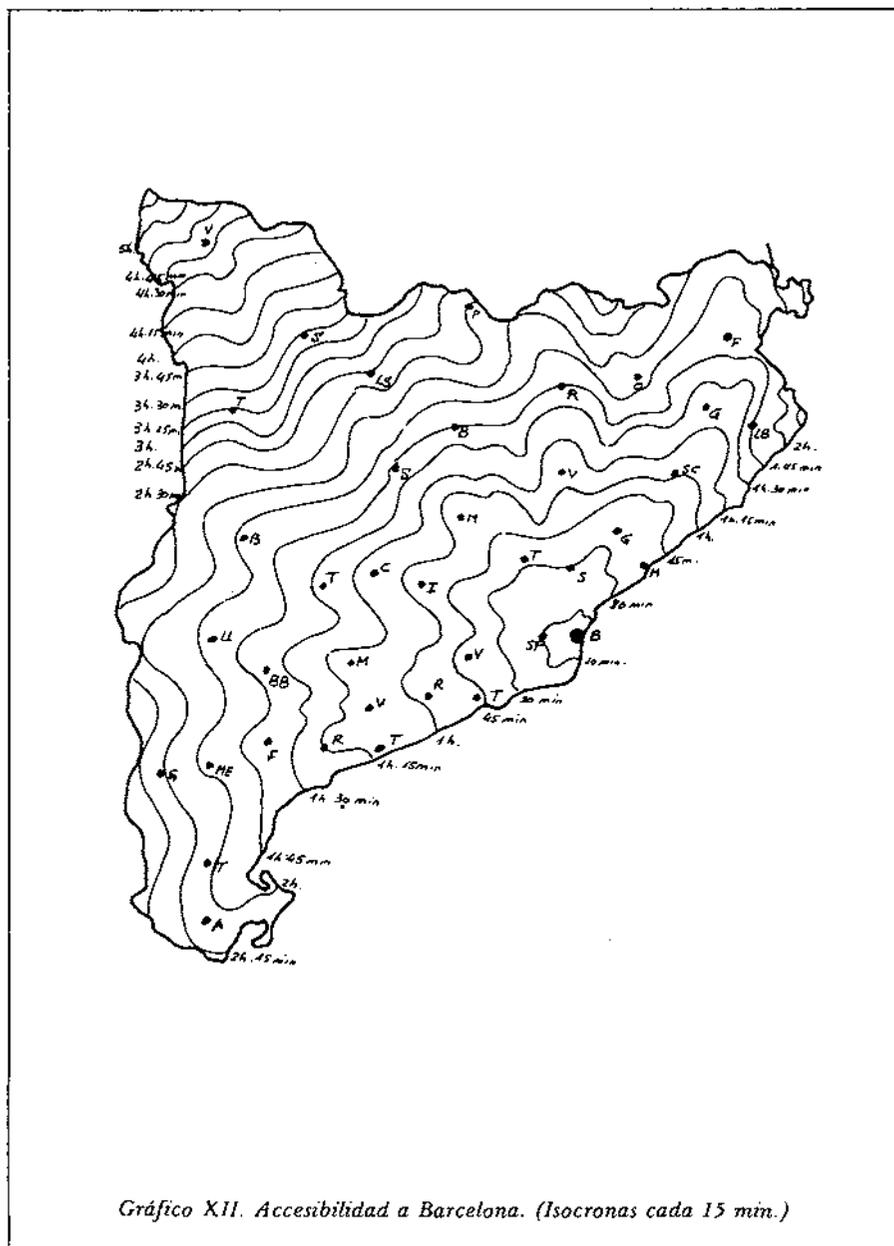


Gráfico XI. Alteraciones de la centralidad geográfica por impacto de la red de carreteras



desde diferentes instancias, se habían reclamado en la década de los años setenta.

No se pretendía evaluar el impacto geográfico de cada una de las posibles realizaciones sobre el territorio en el que se imbricarían, lo que hubiera requerido de otra metodología de enfoque (C.E.M.T. 1976); ni tan siquiera plantearse la rentabilidad de las posibles inversiones (GARCÍA DURÁN, 1973; ALBI, 1976). Se trataba de comparar, en términos relativos, cuáles de las realizaciones permitirían una mejor estructuración del territorio, medido en términos de incrementos de conectividad (accesibilidad) de una parte del sistema (ARAGÓN, 1975). Téngase en cuenta que, en un contexto de limitación de recursos, se hace imprescindible establecer algún tipo de indicador de la rentabilidad social de las inversiones públicas, incluso tan primariamente como es la mera comparación de efectos entre proyectos que tienen indudables relaciones de complementariedad y sustituibilidad (TURRO, 1979).

Sobre la red de carreteras de Cataluña están planteados un gran número de proyectos, muchos de los cuales responden a la óptica de subsanación de deficiencias apremiantes en el tráfico o en el entorno urbano que atraviesan. Junto a ellos, en el pasado próximo, se plantearon proyectos más ambiciosos que afectaban a partes importantes del territorio catalán, y a los que se revistió de un cierto carácter «panaceico» en el reequilibrio territorial de Cataluña, desatando un cúmulo de polémicas, tautológicamente planteadas, cuyos «coletazos» todavía están presentes en la actual política territorial de la Generalitat.

Dentro de este segundo grupo se inscriben a veces proyectos ya redactados, a veces ideas más o menos consolidadas, muchas de las cuales forman parte de planteamientos territoriales que aparecen cíclicamente en nuestro contexto (Congrés de Cultura Catalana 1978). Fundamentalmente son:

- eje del Llobregat y túnel del Cadí;
- autopista del Congost, eje del Ripollés y túnel de Toses;
- eje transversal de Cataluña;
- eje Pirenaico;
- red arterial del Área Metropolitana de Barcelona, donde se inscriben proyectos de gran envergadura como las autopistas del Maresme y del Garraf, los túneles del Tibidabo y el llamado IV cinturón metropolitano.

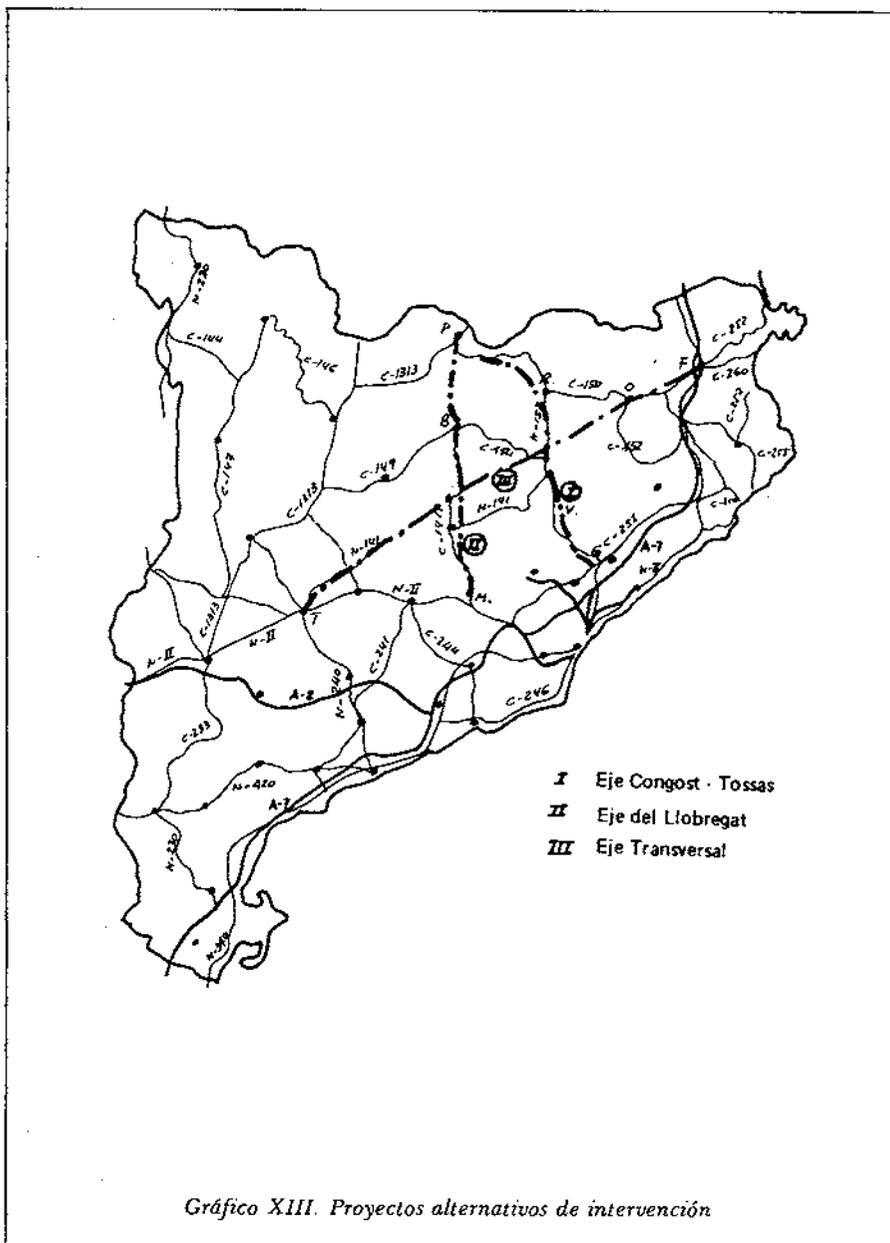
De ellos el eje Pirenaico responde más a una necesidad de servicio imprescindible a un territorio sistemáticamente marginado que a una posible incidencia en el conjunto del sistema viario catalán (G.E.A.P., 1977). La red arterial de Barcelona, por otra parte, se «justifica» en base a deficiencias del funcionamiento del tráfico y a voluntades de una determinada vertebración espacial del con-

junto metropolitano (GÓMEZ ORDÓNEZ, 1973; HERCE, 1978). No son, pues, dos grupos de proyectos cuyo análisis encaje en el método de trabajo utilizado en este estudio.

Los otros tres proyectos sí responden a una necesidad de vertebración del territorio catalán y se «justifican» en base a su potencial de aportación al reequilibrio socio-económico del mismo. Por ello son los que se seleccionaron a efectos de medir su impacto relativo sobre la conectividad de la red y las mejoras de accesibilidad promedio que pudieran suponer para los asentamientos del territorio estudiado. Antes de pasar a plantearse el modo en que se abordó este análisis y sus resultados, conviene describir brevemente dichos proyectos. (Gráfico XIII.)

El eje del Llobregat, como acceso directo de Barcelona a Francia (Toulouse) por el paso natural que supone el cauce de dicho río, ha sido siempre una aspiración para Cataluña que ha chocado con la barrera que significa la sierra del Cadí, límite norte de la comarca del Berguedà y separación con el valle pirenaico de la Cerdanya. La importancia de esta cadena montañosa (con puntos más altos en la Tossa d'Alp — 2.537 m — y el Puig de la Canal Baridana — 2.647 m —), es tal que a lo largo de la historia los ejes de comunicación con Francia a través del Pirineo han seguido los cauces de los ríos Congost y Ter para ascender a la Cerdanya por el collado de Toses. El conjunto de proyectos que constituyen el denominado «eje del Llobregat» implican obras de una cuantía económica considerable y que se resumen en las mejoras de la carretera C-1411 de Manresa a Berga y Bagà, en el túnel del Cadí y en la variante de la N-152 en Puigcerdà. Estas dos últimas obras y algunas variantes de la C-1411 están en construcción en la actualidad. También se ha incluido, algunas veces, en el conjunto de proyectos «eje del Llobregat» una posible prolongación de la autopista A-29 (Barcelona-Terrassa) hasta Manresa.

Frente a esa voluntad de apertura de un camino más directo al Pirineo y a Francia, el eje tradicional de comunicación con este país a través del Pirineo ha sido, desde las vías romanas, los cauces del río Congost y Ter. El actual trazado de la N-152 no constituye, a pesar de ello, un camino rápido ni en aceptables condiciones en todo su recorrido; además, es un eje de paso hacia Francia en deficiente estado de comunicación con el resto de comarcas catalanas. Así, en el conjunto del recorrido, desde Barcelona a la Garriga, la concentración de vías que constituyen la autopista A-7, la N-152 y la autovía de la Atmella del Vallès permite garantizar un canal de tráfico fluido y de alta capacidad (aun cuando el tramo de este recorrido que se apoya en la N-152 tenga una alta peligrosidad por atravesar el entorno industrial de los municipios de Parets y Lliçà de Vall); no es así desde la Garriga hacia el Norte, donde el desfiladero del Congost y la travesía del Ripollès presentan características de estrechez y sinuosidad, que



afectan enormemente al nivel de servicio de la N-152, terminando en el difícil recorrido que supone el collado de Toses. Así pues, el conjunto de proyectos de nominado eje del Congost-Toses comprende la posible autopista la Garriga-Vic (en construcción con características de autovía), la mejora de la N-152 en el Ripollès y el proyecto de túnel de Toses.

Finalmente, el proyecto de eje transversal es una antigua idea que emana del hecho de la discontinuidad de la N-141 que había de unir Lérida con Gerona. La necesidad de terminación del itinerario fue puesta ya de relieve en la Junta de Carreteras de 1840, en el «Plan de Obras» de la Mancomunitat, en el regional *Planning* y en el plan de obras públicas de la Generalitat en la época de la segunda República, en el III plan de Desarrollo Económico y Social. La historia más reciente de la evolución de esta idea y su plasmación en proyectos se inicia en 1974 mediante una solicitud de la Diputación de Barcelona al Ministerio de Obras Públicas, que culminó en la creación en enero de 1975 de una comisión mixta de dicho Ministerio con las Diputaciones de Lérida, Barcelona y Gerona. Esta comisión terminó sus tareas proponiendo la creación de un eje viario de velocidad específica, superior a los 80 km/h, que uniría la N-II en Cervera con las poblaciones de Calaf, Manresa, Vic y Santa Coloma de Farners, Anglès y Gerona. El trazado propuesto fue contestado por el Ayuntamiento de Olot, que abogó por el desplazamiento del eje por Torelló, Olot y Figueres. Diversos Ayuntamientos y entidades se sumaron a la propuesta, llegando incluso a proponerse un trazado prepirenaico por Solsona, Berga y Ripoll. El seleccionado a efectos del estudio ha sido el trazado propuesto por el Ayuntamiento de Olot y descrito antes.

Sobre la red de carreteras de Cataluña, alterada con los proyectos citados, se han efectuado mediciones y estimaciones topológicas del mismo tipo que las efectuadas sobre la red actual. A este respecto se ha considerado conjunto único a efectos de análisis todo el territorio catalán, estimándose en distintas hipótesis de alteración de la red de matrices de distancias en tiempo y en kilómetros (índices de accesibilidad y de centralidad, respectivamente), resumidas en los 38 nudos que representan las capitales comarcales. Las hipótesis que se han utilizado a efectos de predicción de impacto en esos indicadores topológicos han sido la red alterada tan sólo con cada uno de los proyectos citados, y luego con combinaciones de dos en dos. Los resultados de curvas de isocentralidad e isoaccesibilidad no se acompañan por no sobrecargar de gráficos este artículo, pero sí se ha considerado oportuno acompañar los datos de las diferentes evaluaciones, así como un gráfico en el que se expresan las zonas donde el incremento de accesibilidad relativa es positivo. (Véase cuadro IV y Gráfico XIV.)

Los impactos sobre accesibilidad relativa se han promediado para el total del territorio catalán, suponiendo el eje transversal un incremento de accesibilidad

CUADRO IV  
Incrementos de Accesibilidad en cada hipótesis

| Población        | Accesibilidad promedio |                   |                                   |                                   |
|------------------|------------------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                  | Red actual             | y eje transversal | y eje transversal y del Llobregat | y eje transversal y Congost-Toses |
| Figueras         | 140                    | 140 (..)          | 140 (..)                          | 138 (1,43)                        |
| La Bisbal        | 140                    | 140 (..)          | 140 (..)                          | 138 (1,43)                        |
| Gerona           | 122                    | 122 (..)          | 122 (..)                          | 121 (0,82)                        |
| Sta. Coloma de F | 117                    | 117 (..)          | 117 (..)                          | 117 (..)                          |
| Olot             | 147                    | 140 (4,75)        | 140 (4,75)                        | 140 (4,75)                        |
| Ripoll           | 137                    | 124 (9,48)        | 122 (10,92)                       | 118 (13,36)                       |
| Puigcerdà        | 165                    | 164 (0,60)        | 140 (15,15)                       | 147 (10,85)                       |
| Vic              | 113                    | 102 (9,73)        | 101 (10,70)                       | 97 (14,15)                        |
| Mataró           | 108                    | 108 (..)          | 108 (..)                          | 108 (..)                          |
| Granollers       | 99                     | 98 (1,01)         | 96 (3,03)                         | 94 (5,06)                         |
| Sabadell         | 93                     | 92 (1,06)         | 88 (5,37)                         | 90 (3,22)                         |
| Barcelona        | 96                     | 96 (..)           | 94 (2,08)                         | 95 (1,04)                         |
| S. Feliu de Ll.  | 91                     | 90 (1,09)         | 88 (3,31)                         | 89 (2,20)                         |
| Vilanova         | 94                     | 94 (..)           | 92 (2,13)                         | 93 (1,06)                         |
| Vilafranca       | 84                     | 84 (..)           | 82 (2,39)                         | 83 (1,19)                         |
| El Vendrell      | 89                     | 88 (1,12)         | 86 (3,38)                         | 87 (2,25)                         |
| Tarragona        | 94                     | 94 (..)           | 92 (2,13)                         | 93 (1,05)                         |
| Reus             | 95                     | 95 (..)           | 94 (1,04)                         | 94 (1,04)                         |
| Valls            | 89                     | 89 (..)           | 88 (1,12)                         | 89 (..)                           |
| Montblanc        | 89                     | 89 (..)           | 88 (1,12)                         | 89 (..)                           |
| Tàrrrega         | 96                     | 90 (6,26)         | 89 (7,30)                         | 89 (7,30)                         |
| Cervera          | 94                     | 89 (5,33)         | 89 (5,33)                         | 89 (5,33)                         |
| Igualada         | 92                     | 89 (3,26)         | 88 (4,34)                         | 89 (3,26)                         |
| Manresa          | 94                     | 90 (4,25)         | 87 (7,46)                         | 90 (4,25)                         |
| Solsona          | 121                    | 120 (0,82)        | 120 (0,82)                        | 120 (0,82)                        |
| Berga            | 127                    | 123 (3,25)        | 106 (16,54)                       | 119 (6,51)                        |
| La Seu           | 150                    | 150 (..)          | 140 (6,66)                        | 143 (4,66)                        |
| Sort             | 187                    | 187 (..)          | 181 (3,20)                        | 185 (1,07)                        |
| Viella           | 240                    | 238 (0,90)        | 235 (2,08)                        | 238 (0,99)                        |
| Tremp            | 160                    | 158 (1,25)        | 158 (1,25)                        | 158 (1,25)                        |
| Balaguer         | 111                    | 107 (3,60)        | 107 (3,60)                        | 107 (3,60)                        |
| Lleida           | 110                    | 107 (2,78)        | 106 (3,67)                        | 107 (2,78)                        |
| Borges Blanques  | 100                    | 97 (3,00)         | 796 (4,00)                        | 97 (3,00)                         |
| Falset           | 122                    | 121 (0,82)        | 120 (1,64)                        | 121 (0,82)                        |
| Mora             | 143                    | 142 (0,70)        | 139 (2,79)                        | 140 (2,10)                        |
| Gandesa          | 158                    | 158 (..)          | 158 (..)                          | 158 (..)                          |
| Tortosa          | 141                    | 141 (..)          | 140 (0,71)                        | 140 (0,71)                        |
| Ampostà          | 135                    | 135 (..)          | 134 (0,74)                        | 134 (0,74)                        |

$$\sigma_1 = \frac{61,17\%}{38}$$

$$\sigma_n = \frac{142,35\%}{38}$$

$$\sigma_v = \frac{102,11\%}{38}$$

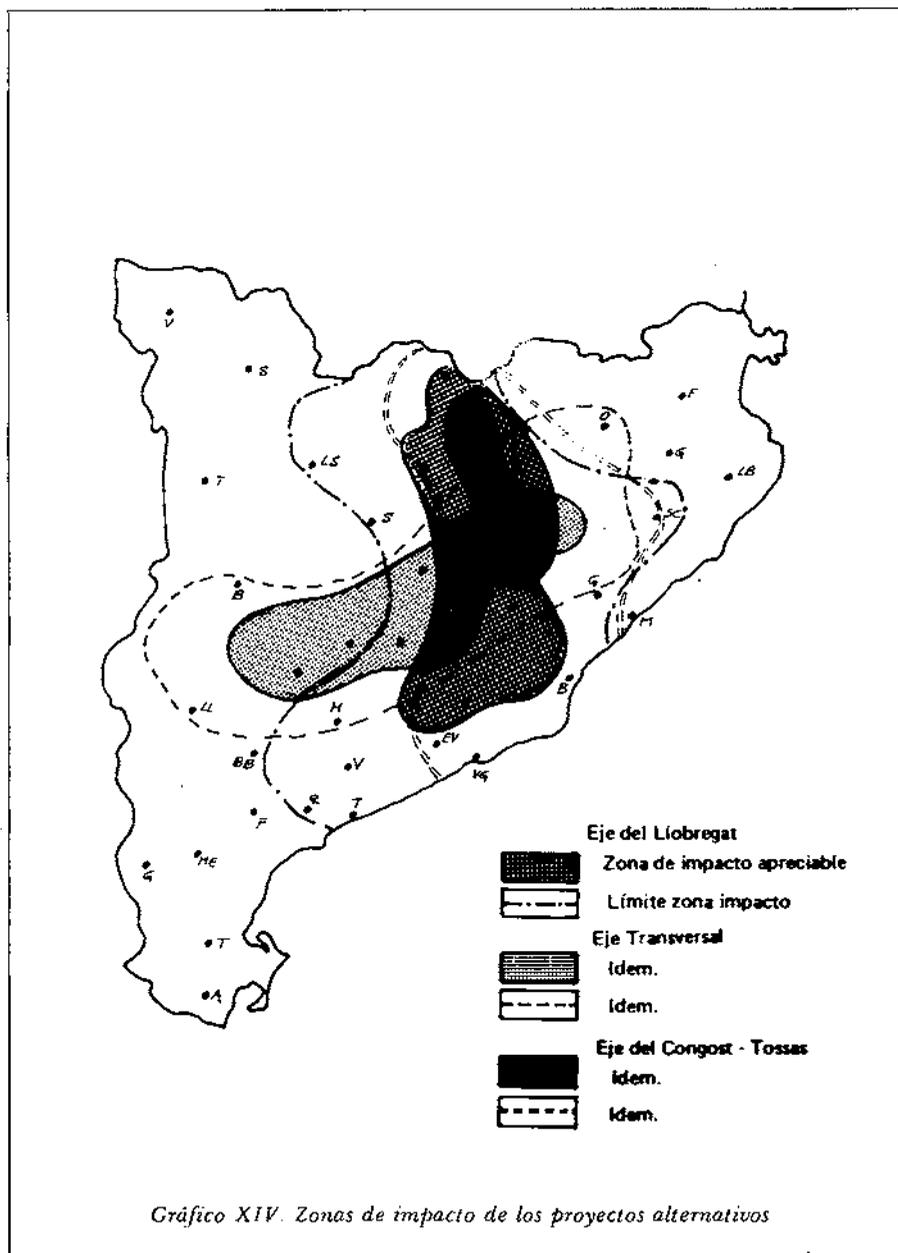


Gráfico XIV. Zonas de impacto de los proyectos alternativos

promedio del 1,71 %, el eje del Congost-Toses de un 0,88 % y el del Llobregat del 2,04 %, lo que constituye un primer indicador de importancia relativa.

El eje transversal supondría un impacto favorable en el grupo de ciudades favorecidas que están por debajo de la hora y media de promedio de distancia al resto de ciudades. Tárrega, Cervera, Manresa e Igualada vienen a añadirse a las que actualmente cumplen esas condiciones (Vilafranca, Montblanc, Valls y El Vendrell). Su efecto de impacto favorable no sería el mayor, sin embargo, sobre aquellas ciudades (de algún modo ya en posición favorecida en la actualidad), sino que los incrementos superiores de accesibilidad se darían en Ripoll (9,48 %) y Vic (9,73 %), siendo también importantes en Berga (3,25 %) Lérida (2,78 %) Balaguer (3,60 %) y Borges Blanques (3 %). Los efectos del eje, al suponer la posibilidad de itinerarios más reducidos entre muchas ciudades, se extenderían igualmente (aunque con un impacto pequeño) a Puigcerdá, Granollers, Sant Feliu de Llobregat, El Vendrell, Solsona, Tremp, Falset y Mora; es decir, afectarían positivamente a 28 de las capitales utilizadas en el análisis. Sus repercusiones serían nulas en las tierras del Ebro (salvo que viniera acompañado de un reforzamiento del eje Amposta-Lérida), en las comarcas pirenaicas de Lérida serían pequeñas, así como en el Ampurdán y Costa Brava y del Maresme; sorprende, pero tiene una explicación de su buena comunicación actual, el nulo impacto previsible en Gerona y Figueres.

Tienen relevancia las hipótesis combinadas del eje transversal con cada uno de los otros dos proyectos de vertebración territorial norte-sur. La combinación eje transversal-eje del Llobregat da impacto favorable sobre las treinta y ocho ciudades, suponiendo incrementos de accesibilidad importantes sobre zonas hoy favorecidas (Sabadell el 5,4 %, Sant Feliu el 3,4 %, etc.) y sobre zonas marginadas por la red actual (15 % en Puigcerdá, 16,5 % en Berga, 6,7 % en la Seu y 2,1 % en Viella); no tiene, por contra, impacto apreciable en las comarcas de Gerona, en el Maresme ni en las tierras centrales de la provincia de Lérida.

La combinación del eje transversal y eje longitudinal a lo largo del Congost-Toses no muestra unos efectos tan favorables como la anterior. Tan sólo seis ciudades notarían su impacto: Vic (14,15 % de incremento de accesibilidad del que el 9,73 % se debería al eje transversal), Ripoll (13,36 % del que el 9,48 % lo aportaría el transversal), Granollers (5,06 % del que el 3,03 % lo aportaría el transversal), Figueres y la Bisbal (1,43 % cada una) y Gerona (0,82 %). Son efectos muy localizados y de mucha menor importancia territorial que los señalados anteriormente.

El impacto medido en términos de accesibilidad, de caminos mínimos ponderados al resto del territorio, se centra en la valoración posicional relativa de cada uno de los asentamientos, con un enfoque puramente geográfico. La introducción de alguna variable socio-económica en el análisis permitiría aproximar-

CUADRO V

Valores de la accesibilidad ponderada por la población en cada hipótesis

| Población        | Estado actual | y Eje Transversal | y Eje transversal | y Eje del Llob. y Congost-Toses |
|------------------|---------------|-------------------|---|---------------------------------|
| Figueres         | 106,10        | 105,89            | 105,89  | 105,75                          |
| La Bisbal        | 100,67        | 100,33            | 100,27  | 100,20                          |
| Gerona           | 82,46         | 81,91             | 81,78   | 81,78                           |
| Sra Coloma de F. | 78,63         | 77,79             | 77,61   | 77,66                           |
| Olot             | 124,42        | 122,70            | 122,64  | 122,53                          |
| Ripoll           | 108,54        | 106,18            | 106,11  | 97,77                           |
| Puigcerdà        | 169,03        | 168,73            | 134,85  | 141,25                          |
| Vic              | 75,36         | 71,67             | 71,45   | 63,25                           |
| Mataró           | 51,14         | 51,14             | 50,92   | 50,91                           |
| Granollers       | 48,35         | 48,35             | 48,15   | 48,25                           |
| Sabadell         | 43,84         | 43,84             | 43,51   | 43,50                           |
| Barcelona        | 33,08         | 33,08             | 32,81   | 32,75                           |
| S. Feliu de Ll.  | 34,42         | 34,42             | 34,14   | 34,10                           |
| Vilanova         | 57,12         | 57,12             | 56,82   | 56,77                           |
| Villafranca      | 50,20         | 50,20             | 49,90   | 49,87                           |
| El Vendrell      | 61,64         | 61,64             | 61,40   | 61,31                           |
| Tarragona        | 75,69         | 75,69             | 75,50   | 75,36                           |
| Reus             | 80,04         | 80,04             | 79,85   | 79,72                           |
| Valls            | 73,12         | 73,12             | 72,95   | 72,84                           |
| Montblanc        | 77,29         | 77,17             | 77,06   | 76,98                           |
| Tàrraga          | 88,54         | 86,81             | 86,68   | 86,81                           |
| Cervera          | 81,58         | 79,84             | 79,67   | 79,83                           |
| Igualada         | 60,75         | 60,43             | 60,20   | 60,40                           |
| Manresa          | 59,31         | 58,54             | 58,07   | 58,50                           |
| Solsona          | 111,60        | 111,37            | 111,33  | 111,37                          |
| Berga            | 104,85        | 102,81            | 90,43   | 102,69                          |
| La Seu           | 168,80        | 168,80            | 148,39  | 165,73                          |
| Sort             | 219,18        | 218,97            | 206,82  | 216,88                          |
| Viella           | 270,01        | 268,91            | 268,52  | 268,39                          |
| Tremp            | 177,65        | 176,71            | 176,60  | 176,63                          |
| Balaguer         | 115,08        | 113,42            | 113,29  | 113,42                          |
| Lérida           | 113,29        | 111,88            | 111,76  | 111,88                          |
| Borges Blanques  | 96,03         | 95,00             | 94,86   | 95,00                           |
| Falset           | 112,21        | 112,21            | 112,02  | 111,90                          |
| Mora             | 134,48        | 134,48            | 134,30  | 134,18                          |
| Gandesa          | 159,21        | 159,21            | 159,06  | 158,94                          |
| Tortosa          | 130,19        | 130,19            | 129,98  | 129,86                          |
| Ampostà          | 122,64        | 122,64            | 122,43  | 122,31                          |

nos al problema en términos de rentabilidad o utilidad de cada una de las inversiones alternativas (KOENIG, 1973). Por ello se han ponderado esos incrementos de accesibilidad por la población de cada comarca, utilizando el siguiente algoritmo

$$A_i = \frac{\sum t_{ij} \cdot P_j}{\sum P_j},$$

siendo  $t_{ij}$  la distancia en tiempo y  $P_j$  la población.

Los resultados se dan en el cuadro V, mostrándose con recuadro las comarcas realmente favorecidas en cada hipótesis. Estas relaciones de impacto muestran los efectos difusores del eje transversal sobre gran parte del territorio catalán, y los efectos más concretados espacialmente pero de transformación más intensa de los ejes del Llobregat y del Congost-Toses, siendo mucho más intensos los de la primera actuación.

Aun cuando el análisis se ha detenido aquí, por ser su objeto la formulación de indicadores topológicos como medida de potencial, el tipo de formalización del aparato de cálculo ofrece posibilidades para otros enfoques complementarios, como, por ejemplo, estudios de coste-beneficio comparando la mayoración de relaciones y la disminución de costes de transporté con el volumen de inversión requerido (TURRÓ, 1979, GARCÍA DURÁN, 1973), o bien impactos sobre territorios concretos y sobre sectores de actividad determinados en diferentes hipótesis de segregación de los proyectos (BATTY, 1973). En cualquier caso, las aportaciones que los métodos geográficos ofrecen a la planificación de redes viarias plantean un potencial altamente más rico que los habituales enfoques de demanda, que provienen de la ingeniería de tráfico y francamente inadecuados para su aplicación a sistemas territoriales de ciudades de relaciones cotidianas no intensas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALBI, E., 1976, *Introducción a la economía coste-beneficio*. Instituto de Estudios Fiscales.
- ARAGÓN, F., 1974, *Conceptos de accesibilidad en su aplicación a estudios de carreteras*, MOPU, Dirección General de Carreteras.
- , 1975, *Los modelos de potencial y la selección de inversiones en Carreteras*. MOPU. Dirección General de Carreteras.
- BATTY, M. y otros, 1973, *Spatial System Design and Fast Calibration of Activity Interaction-Allocation Models*. Regional Studies.
- BIEBER, 1975, *Transporte colectivo y urbanización*, IRTP.

- BOAGA, S., 1977, *Diseño de tráfico y forma urbana*, Ed. Gustavo Gili.
- BOGUE, D., *The structure of the metropolitan community*, Ann Arbor, New York.
- CLARK, C., 1969, *Crecimiento demográfico y utilización del suelo*, Ed. Alianza Universidad.
- Conferencia Europea de Ministros del Transporte, 25<sup>eme</sup> table ronde; *Impact des investissements infrastructurals sur le développement industriel*.
- Consejo Superior Transportes Terrestres, El transporte en cifras, Memoria anual.
- Corporación Metropolitana de Barcelona, 1981, Planos de intensidad de tráfico.
- FLAMENT, C., 1972, *Teoría de Grafos y estructura de grupos*, Ed. Tecnos.
- FOGEL, R. W., 1974, *Ferrocarril y crecimiento económico en EE.UU.*, Ed. Tecnos.
- FOLIN, M., 1978, *La ciudad del Capital*, Ed. Gustavo Gili.
- GAGO, V., 1977, «Redes arteriales y planeamiento urbano», *Ciudad y territorio*.
- GAGO, V. y ARIAS, F., 1977, «Autopistas y desarrollo urbano», *Información Comercial Española*.
- GARCÍA DURÁN, J., 1973, *El análisis coste-beneficio*. Confederación Cajas de Ahorro.
- GÓMEZ ORDÓÑEZ, J. L., 1973, «La red de carreteras del Plan Director. Número especial dedicado al Área Metropolitana de Barcelona», *Cuadernos de Arquitectura*.
- , 1971, *Una medida de accesibilidad*. Laboratorio de Urbanismo, E.T.S.A.B.
- Grupo de Estudios del Alto Pirineo (GEAP), 1978, «El eje pirenaico y la red de carreteras de Cataluña», comunicación al Congrès de Cultura Catalana (Publicado por SCOT).
- HAGGET, P., 1976, *Análisis locacional en Geografía Humana*, Ed. Gustavo Gili.
- HERCE, M., 1979, «Una alternativa a la red arterial de Barcelona», *CEUMT*.
- , y otros, 1979, *La lucha contra las autopistas en España*, Ed. ZYX.
- HERBERGER, A. C., 1973, *Evaluación de proyectos*, Instituto de Estudios Fiscales.
- Highway Research Board, 1965, *Highway Capacity Manual*, Washington.
- ISARD, W., 1969, *Métodos de análisis regional*, Ed. Ariel.
- JANE SOLA, 1969, *Los transportes en España*, Ariel.
- KOENING, G., 1973, *Theorie Economique de l'accessibilité urbaine*, I.R.T.P., Paris.
- Laboratorio de Urbanismo de la ETSAB, 1978, *La identidad del territorio*. Colegio de Arquitectos de Barcelona. (Reproducido en *Cuadernos de Arquitectura* 1979).
- LANE, R., 1973, *Planificación analítica del transporte*, Madrid, I.E.A.L.
- LOSCH, A., 1954, *The economics of location*. Yale University Press.
- MARTÍNEZ VILANOVA, J., 1978, *Influencia de las infraestructuras de transporte en el desarrollo de áreas metropolitanas ¿estructuración o desorganización?* Coloquio Nacional de Ordenación del Territorio, MOPU.
- MITCHELL, R. B. y RAPKIN, CH., 1954, *Urban traffic: a function of Land Use*. Colombia University Press. (Traducido en CECARELLI: *Las Incógnitas del tráfico urbano*, Ed. Gustavo Gili, 1971).
- RICHARDSON, H. W., 1976, *Política y Planificación del desarrollo regional en España*. Ed. Alianza Universidad.
- RODRÍGUEZ BAYRAGUET, A., 1974, *Base informática para el planeamiento*, I.P.U.R., Diputación de Barcelona.
- , 1974, «Viaje al trabajo», *Ciudad y Territorio*, n° 2.
- TORTELLÀ, G., 1967, *Los orígenes del capitalismo en España*, Ed. Ariel, Historia.
- TURRÓ, M., 1979, «Aspectes tècnics en l'anàlisi de rendibilitat de les inversions en el sector públic», *Associació Catalana de Ciència Regional*.
- VALDÉS, A., 1969, *Ingeniería de Tráfico*, Ed. Dossat.
- WEBER, A., 1966, *Theory of the location of industry*, Ed. Penguin (publicado inicialmente en 1927).