

# LA ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL COMO ELEMENTO DE EVALUACION DE LOS PLANES DE TRANSPORTE EN LA COMUNIDAD DE MADRID/ESPAÑA

(PERSONAL ACCESSIBILITY AS A FACTOR IN EVALUATION OF TRANSPORT PLANS IN THE PROVINCE OF MADRID, SPAIN)

Andrés Monzón de Cáceres, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

510-15

## RESUMEN

*La sociedad actual demanda una mayor capacidad de intercambio a todos los niveles. Para satisfacer esa demanda se necesitan más y mejores infraestructuras de transporte. Como las inversiones que exigen son muy elevadas, no pueden llevarse a cabo todas las propuestas. Hay, por tanto, que retrasar o desechar planes que resultan necesarios, e incluso urgentes para muchos, ante las limitaciones presupuestarias.*

*Surge así un problema de toma de decisiones. En el presente trabajo se propone un algoritmo de accesibilidad que permite cuantificar el grado de mejora que percibe el usuario al construir una nueva carretera. Se aplica a la evaluación de tres planes de transporte que han sido propuestos para resolver las difíciles condiciones de circulación del Área Metropolitana Madrileña. De este modo puede establecerse un método para optimizar el empleo de las dotaciones presupuestarias y, al mismo tiempo, evaluar los beneficios que se derivarán para el usuario.*

*Los resultados confirman las posibilidades del método. Se calculan los niveles de accesibilidad en el caso general (todos los motivos de viaje) y en el caso de los desplazamientos por motivos de trabajo. Los resultados permiten analizar tanto la mejora global de toda la provincia, como la de cada uno de sus municipios. Asimismo permite identificar los beneficios regionales.*

## SUMMARY

*Society today presents a demand for greater interchange on all levels. To satisfy this demand we need more and better transport infrastructures. As this requires a high degree of investment, not all proposals can be carried out. Plans proven to be necessary and even urgent for some people have therefore to be postponed or rejected in the face of budgetary limitations.*

*This problem is solved by a decision-making process. This study proposes a accessibility indicator which allows us to quantify the degree of improvement benefitting the user when a new highway is built. The formula is applied to three transport plans which have been put forward as solutions to the difficult traffic conditions in the metropolitan area of Madrid. This enables us to establish a method for maximizing use of the available budget and at the same time to evaluate the user's benefit.*

*The results confirm the validity of the method. It's calculated the degree of general accessibility (for all motives for travelling) and the degree of accessibility for journeys to work. The results permit an analysis both of overall improvement in the whole province and in each municipality thereof. In this way we can determine regional benefits of each project.*

## EL PAPEL DE LOS INDICADORES DE ACCESIBILIDAD EN LA ORDENACION URBANA Y DEL TRANSPORTE

Cada vez es más patente que la sociedad actual demande más posibilidades de interrelación, y para ello se necesita una red de transporte que vertebré el sistema territorial a todos los niveles: interurbano, intra e interregional, e internacional. Sin una adecuada red de transportes, íntimamente ligada a los planes de orde-

nación del suelo, no es posible lograr un desarrollo armónico de las áreas metropolitanas, ni resolver las demandas de bienes y servicios de los habitantes de las zonas rurales.

Esta necesidad es reconocida cada año en los presupuestos de todos los estados, regiones y municipios, que destinan mayores contingentes monetarios para mejorar sus redes de transporte. Sin embargo, estas partidas son siempre limitadas y no cubren todas las

necesidades. El «decisor político» necesita una herramienta que permita la toma de decisiones, teniendo en cuenta las mejoras que producen cada uno de los posibles planes alternativos de transporte. Esa herramienta de la planificación ha de permitir:

- a) Identificar las zonas con mayor déficit viario y, en consecuencia, con menos posibilidades de movilidad.
- b) Comparar planes alternativos que, alcanzando los objetivos de mejora global necesarios, tiendan a equilibrar las zonas, homogeneizándolas.
- c) Evaluar el impacto y consecuencias de cada una de las alternativas.

Para cumplir estas funciones se vienen empleando en las últimas décadas los INDICADORES DE ACCESIBILIDAD, que han quedado ligados a los estudios y a la evaluación de los planes de transporte, con objeto de optimizar la toma de decisiones.

En términos generales, puede decirse que «la accesibilidad indica la facilidad con la cual un determinado uso del suelo puede ser alcanzado, desde una localización determinada, usando un sistema de transportes» (1).

La consideración de la accesibilidad ha servido para introducir una reorientación en los planes de transporte. Según Morris (2), «la planificación del transporte ha cambiado sustancialmente en un intento de integrarlo en la planificación de usos del suelo..., el punto central ha dejado de ser evitar la congestión, y ha pasado a ser proporcionar accesibilidad». Es decir, ha producido un cambio de signo en el planteamiento del problema. El objetivo ha pasado de ser negativo (evitar un mal: la congestión), para plantearse en términos positivos para el usuario: permitirle desarrollar con más libertad su capacidad de elección de destinos, esto es, mejorar su nivel de accesibilidad. Esta debe ser, dentro de las posibilidades de inversión y teniendo en cuenta los condicionantes de cada lugar, la finalidad última que debe presidir la toma de decisiones. Algunos investigadores (3) señalan que la ordenación del territorio debe basarse en la óptima conjugación de tres familias de criterios: accesibilidad, calidad del medio ambiente y capacidad de inversión. Las dos primeras se consideran contrapuestas, logrando su equilibrio a través del esfuerzo inversor.

La utilidad de los indicadores de accesibilidad en esta tarea se debe a su doble cualidad, como OBJETIVO a alcanzar y como METODOLOGIA DE PLANEAMIENTO de gran calidad y fácil utilización.

## MEDIDA DE LA SATISFACCION DEL USUARIO: ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL

Hay una enorme variedad de tipos de indicadores de accesibilidad; casi tanta como trabajos en los que se han empleado. Unos se centran únicamente en el estudio de la conectividad del grafo de la red, otros evalúan el potencial de generación de tráfico entre cada par de poblaciones, un tercer grupo desciende al análisis microeconómico intentando buscar la máxima utilidad del usuario, otros emplean métodos gráficos para medir el grado de movilidad, etc.

En todo viaje hay que considerar tres componentes: un ORIGEN, un DESTINO y el TRAYECTO que los separa. El ORIGEN representa a los usuarios potenciales de la red de transportes; será más beneficioso realizar un determinado tramo de autopista o implantar una nueva línea de autobuses, cuanto mayor sea el número de posibles usuarios, es decir, cuanto mayor sea el valor de la componente que representa la influencia del origen.

En segundo lugar, para que se produzca un viaje ha de haber un DESTINO suficientemente atractivo como para superar la dificultad de recorrer la distancia que lo separa del origen. Evidentemente, esa «atracción» del destino dependerá de los bienes y servicios que el usuario puede alcanzar al término de su viaje. Por lo tanto, para un mismo destino, la «atracción» será diferente para los distintos motivos del viaje.

El tercer elemento es la consideración de la dificultad de superar la DISTANCIA que separa el origen y el destino. Su medida puede hacerse en términos de distancia física por el camino más corto, en tiempo o tiempo generalizado, en coste, etc. La dificultad está en que la medida de esa «impedancia» al desplazamiento entre el origen y el destino no depende exclusivamente de las características estructurales de la vía de transporte, sino que es cambiante con las diversas horas del día y con la valoración que haga el usuario de las dificultades que pueda encontrar: congestión, peligrosidad, incomodidad del trazado, polución, etc.

Por tanto, todo indicador de accesibilidad ha de contar, para ser completo, con variables que representan los tres componentes del viaje.

En los últimos planes de carreteras de nuestro país también se han empezado a utilizar los indicadores de accesibilidad: en el Plan General de Carreteras 1984/91 del MOPU y en los de algunas Comunidades Autónomas como Madrid, Cataluña, Aragón, etc.

Sin embargo, los indicadores empleados corresponden, en general, a los de tipo Topológico, que consideran exclusivamente las distancias entre los nodos del grafo de la red. Por tanto, si bien dan una primera información sobre la accesibilidad, a escala regional no pro-

porcionan un reflejo adecuado de la situación, pues no consideran la distinta importancia de los diversos orígenes y destinos.

Entre los indicadores que toman en consideración los tres componentes del viaje se encuentran los **MODELOS DE GRAVEDAD**, desarrollados por analogía con la física de Newton, basándose en el concepto de interacción de Carrothers (5). Su formulación inicial corresponde a Hansen (6) que aplica una fórmula similar a la ley de la gravedad universal: las masas son las poblaciones y la distancia la separación entre las mismas, medida en tiempos medios.

Queremos proponer ahora un tipo de indicador, basado en los modelos de gravedad, pero que mida las posibilidades que proporciona al usuario individual una determinada infraestructura de transporte, para satisfacer su demanda de bienes y servicios.

Esa demanda puede satisfacerse en el propio nodo de origen, o en el resto de los nodos de la zona en estudio. En el primer caso, no se producirá un viaje, considerando como tales los de comunicación entre nodos. En el segundo, será necesario un desplazamiento, que tendrá características diferentes dependiendo de la localización relativa del nodo de origen y del de destino.

La situación de máxima accesibilidad sería aquella en que todos los usuarios pudiesen satisfacer sus necesidades en el lugar donde viven, por lo que no se necesitaría ningún desplazamiento. Por tanto, sólo se realizarían viajes por motivos de baja necesidad: culturales, turísticos, etc. El mínimo de accesibilidad se daría en aquellos casos en que para satisfacer la demanda de bienes y servicios se necesitase realizar un viaje largo.

La medida que se propone, para medir esa **ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL** de cada nodo, tiene la siguiente formulación:

$$A_i = D_i + \sum_{\forall j \neq i} \frac{D_j}{f(d_{ij})}$$

donde:

$A_j$  es la **ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL** del nodo  $i$ ;  
 $D_i$  es el número de bienes alcanzables en el origen;  
 $D_j$  es el número de bienes alcanzables en el nodo  $j$ ;  
 $f(d_{ij})$  mide la dificultad del desplazamiento de  $i$  a  $j$ .

Por tanto, la **Accesibilidad Individual** calcula el número de bienes alcanzables en el lugar donde se está situado, a los que suma los que se encuentran en todos los demás nodos, debidamente ponderados por la distancia que los separa. De este modo, pueden indentificarse aquellas zonas peor dotadas, más necesitadas de políticas tendentes a mejorar el equilibrio regional. Pueden diseñarse dos tipos de medidas: aumentar el número de bienes y servicios en las zonas más pobres o mejorar su comunicación con aquellas que puedan proporcionarles los bienes y servicios que demandan.

Se establece así una medida del grado de **SATISFACCIÓN DEL USUARIO**, asociado a su lugar de residencia. Pueden medirse, también, los incrementos que producirán políticas alternativas que tiendan a mejorar la situación.

Estos estudios pueden considerar todas las necesidades del usuario —todos los motivos del viaje— o corresponder a trabajos sectoriales que seleccionen unos determinados motivos de viaje. En cada caso habrá que elegir las variables más adecuadas.

En estas páginas se estudiará, en el ámbito de la Comunidad de Madrid, el caso general (todos los motivos de viaje) y un caso sectorial (los desplazamientos al trabajo).

Las variables que más se emplearán son las siguientes:

**GENERAL:**  $D_i = P_i$ , población del nodo  $i$ ;  
 $D_j = P_j$ , población del nodo  $j$ .

**EMPLEO:**  $D_i = E_i$ , puestos de trabajo en el nodo  $i$ ;  
 $D_j = E_j$ , puestos de trabajo en el nodo  $j$ .

Como función de la distancia se tomará una de tipo exponencial que, según plantea Koenig (7), se ajusta más adecuadamente a la maximización de la utilidad del usuario. Es la siguiente:

$$f(d_{ij}) = e^{D_{ij}}$$

donde  $D_{ij}$  es la **DISTANCIA OPERACIONAL** (8), que se basa en la medida de la distancia mínima entre el origen y el destino y en la consideración de las condiciones estructurales y de circulación bajo un Coeficiente de Impedancia para cada tramo. La formulación de esa distancia se recoge en la tabla 1: la consideración del Coeficiente de Impedancia puede, en el caso más desfavorable, llegar a duplicar la distancia real entre los nodos.

Para facilitar el cálculo, la medida de la distancia se hará en decenas de kilómetros.

TABLA 1

## VALORES DEL COEFICIENTE DE IMPEDANCIA Y CALCULO DE LA DISTANCIA OPERACIONAL

	<u>Pesos</u>
<b>CATEGORIA A. Características de la Plataforma</b> .....	<b>20</b>
Anchura de la Plataforma: < 6 m .....	10
6 - 7 m .....	5
> 7 m .....	0
Estado del firme: malo .....	10
regular .....	5
bueno .....	0
<b>CATEGORIA B. Características del tráfico</b> .....	<b>25</b>
IMD: > 40.000 vehículos/día .....	15
20 - 40.000 vehículos/día .....	10
10 - 20.000 vehículos/día .....	5
5 - 10.000 vehículos/día .....	3
< 5.000 vehículos/día .....	0
Vehículos Pesados: > 5.000 vehículos/día .....	10
3 - 5.000 vehículos/día .....	5
1 - 3.000 vehículos/día .....	3
< 1.000 vehículos/día .....	0
<b>CATEGORIA C. Condiciones de circulación</b> .....	<b>55</b>
Velocidad media de recorrido: < 60 km/h .....	15
60 - 75 km/h .....	10
75 - 90 km/h .....	5
> 90 km/h .....	0
Nivel de Servicio: E .....	10
D .....	5
A, B ó C .....	0
Travesías Congestionadas: 1er. grado .....	10
2.º grado .....	5
Travesías con problemas viarios: De primer grado .....	10
De segundo grado .....	5
Peligrosidad relativa de la red: > 30 accidentes con víctimas al año .....	10
10 - 30 accidentes con víctimas al año .....	5
< 10 accidentes con víctimas al año .....	0

$$\text{COEFICIENTE DE IMPEDANCIA} = l_{ij} = A^1ij + A^2ij + B^1ij + B^2ij + C^1ij + \dots + C^5ij$$

$$\text{DISTANCIA OPERACIONAL} = D_{ij} = d_{ij} (1 + l_{ij}/100)$$

siendo  $d_{ij}$  la distancia física del nodo  $i$  al  $j$

$$d_{ij} < D_{ij} < 2 d_{ij}$$

## LA RED DE CARRETERAS DE LA PROVINCIA DE MADRID. CALCULO DE LA ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL EN LA SITUACION ACTUAL

No es preciso justificar la necesidad de mejorar la red de transportes de la provincia de Madrid; las críticas sobre sus deficiencias —especialmente dentro del Area Metropolitana— son noticia frecuente en la prensa diaria y revistas especializadas.

Esta Comunidad uniprovincial tiene una infraestructura de transportes en la que coinciden tráficos de tipos diversos, al no contar con una red suficientemente jerarquizada. La disposición radial de las grandes vías de penetración, convergentes en el centro, y la falta de itinerarios transversales adecuados hace que se mezclen los tráficos de largo recorrido —buena parte de paso hacia otras regiones— con los tráficos provinciales y los propios del Area Metropolitana.

El presente estudio se ciñe a la red de carreteras. En primer lugar, se establece un GRAFO SIMPLIFICADO partiendo de los municipios de más de 5.000 habitantes, los extremos provinciales y las intersecciones de las carreteras que los unen. Resultan así 70 nodos, que suman el 97 % de la población de la provincia. Los tramos de carreteras considerados incluyen la totalidad de la Red del Estado, de la Básica de Primer Orden, gran parte de la de Segundo Orden y algunos tramos de la Local Estructurante.

En este grafo están incluidos todos los tramos con una IMD (Intensidad Media Diaria) superior a los 5.000 veh./día y con una intensidad de vehículos pesados superior a los 1.000 diarios. Por tanto, si bien no es completo, resulta suficientemente representativo de la red provincial, tanto de la que es competencia del MOPU como de la que ha pasado a ser administrada por la Comunidad de Madrid.

En la Figura 1, se detallan los tramos considerados en el Grafo Simplificado y la denominación de los nodos que corresponden a poblaciones. Los restantes son intersecciones de carreteras que es necesario incluir para considerar todos los tramos significativos y dar conexión al grafo.

Para considerar la influencia exterior se han determinado unas poblaciones ficticias basándose en los tráficos de entrada en los extremos provinciales (9). También se asigna a esos nodos un número de puestos de trabajo de acuerdo con el número de residentes en la provincia de Madrid que se desplazan al trabajo a las colindantes (10). Los datos correspondientes a cada nodo se recogen en el Anexo I.

Sobre este grafo se ha realizado el cálculo de la ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL en los dos casos definidos en el apartado anterior: viajes por todos los motivos (General) y viajes al trabajo (Empleo).

### Accesibilidad Individual General

La Accesibilidad Individual General del nodo  $i$  vendrá definida por el siguiente cálculo:

$$A^{Gi} = P_i + \sum_{\forall j \neq i} \frac{P_j}{e^{0,1 d_{ij}}}$$

Los resultados para cada uno de los nodos vienen recogidos en la Tabla 2. Se dan los resultados por el orden numérico de los nodos y por el valor de la accesibilidad de cada uno.

Estos valores de la accesibilidad corresponden a la situación de la red viaria antes del Plan de Carreteras de 1985 de la Comunidad de Madrid (11), del que se han llevado a la práctica sólo algunas partes, y otras han sufrido modificaciones sustanciales.

Del estudio de la Tabla 2 cabe destacar la posición privilegiada de los habitantes de la capital. La razón es clara: la mayor parte de los bienes y servicios los pueden alcanzar sin salir de la ciudad. Su nivel de accesibilidad es 2,5 veces superior al del nodo siguiente, 3 veces el del tercero (Alcorcón) y casi 12 veces el valor medio de los 70 nodos considerados.

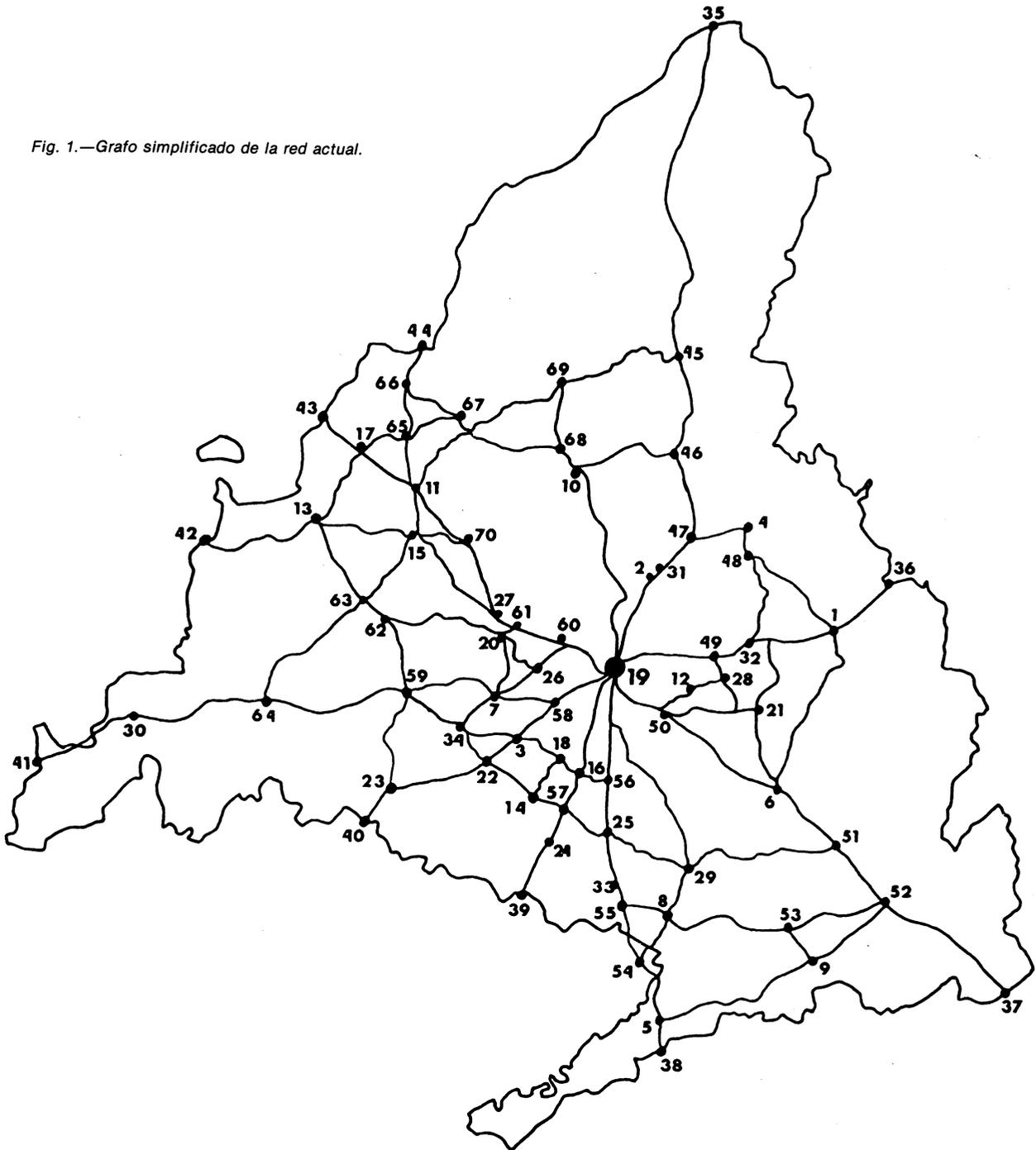
El segundo valor más alto es el del nodo 58, que es una intersección de carreteras. En principio sorprende este resultado pues, al no tener población, la contribución del primer sumando es nula. La razón hay que buscarla en su proximidad a Madrid y a otras poblaciones importantes (Alcorcón, Móstoles, Leganés...). En la misma situación se encuentra Aravaca (nodo 60) con un valor de accesibilidad individual muy superior al que le correspondería por su población, y el nodo 56 en la N-IV. El resto de los nodos con valores más destacados son los situados en el suroeste del Area Metropolitana.

A continuación se encuentran los habitantes del resto de los municipios del Area Metropolitana y de las zonas próximas a los grandes ejes radiales.

Los niveles más bajos corresponden a los núcleos periféricos.

En la Figura 2 pueden comprobarse, de modo gráfico, los niveles de accesibilidad comentados.

Fig. 1.—Grafo simplificado de la red actual.



- |                       |                                 |                             |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Alcalá de Henares  | 17. Guadarrama                  | 33. Valdemoro               |
| 2. Alcobendas         | 18. Leganés                     | 34. Villaviciosa de Odón    |
| 3. Alcorcón           | 19. Madrid                      | 45. Venturada               |
| 4. Algete             | 20. Majadahonda                 | 46. San Agustín de Guadalix |
| 5. Aranjuez           | 21. Mejorada del Campo          | 48. Cobeña                  |
| 6. Arganda            | 22. Móstoles                    | 51. Perales de Tajuña       |
| 7. Boadilla del Monte | 23. Navalcarnero                | 52. Villarejo de Salvanés   |
| 8. Ciempozuelos       | 24. Parla                       | 59. Brunete                 |
| 9. Colmenar de Oreja  | 25. Pinto                       | 60. Aravaca                 |
| 10. Colmenar Viejo    | 26. Pozuelo de Alarcón          | 61. El Plantío              |
| 11. Collado Villalba  | 27. Las Rozas de Madrid         | 63. Valdemorillo            |
| 12. Coslada           | 28. San Fernando de Henares     | 64. Chapinería              |
| 13. Los Escoriales    | 29. San Martín de la Vega       | 65. Collado Mediano         |
| 14. Fuenlabrada       | 30. San Martín de Valdeiglesias | 67. Cerceda-El Boalo        |
| 15. Galapagar         | 31. San Sebastián de los Reyes  | 69. Soto del Real           |
| 16. Getafe            | 32. Torrejón de Ardoz           | 70. Torrelodones            |

TABLA 2  
ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL GENERAL EN LA SITUACION ACTUAL

Nodo	A G	Nodo	A G	Nodo	A G
30	16895.6516077	15	78000.9442821	27	320463.834689
9	19108.8826512	54	83291.9621983	20	329042.013127
53	19371.0569918	10	83327.009248	31	334127.543371
52	21815.3514353	8	93292.412042	12	347104.287503
69	23668.598231	48	94714.2644696	25	356148.676286
64	26897.5827483	70	96494.3281036	2	357444.520568
45	29459.0203194	5	101793.780612	26	358764.800335
42	31169.2464366	62	103286.95274	28	373584.882564
51	35301.670867	38	111141.14912	34	408763.612249
37	38899.8927024	4	113438.665785	61	417822.742022
66	39146.4847851	40	115767.161466	14	424408.439815
41	40457.9865429	6	118148.055839	49	427335.815348
67	41122.7671823	29	119064.989381	57	454170.9714
65	43797.8932237	23	131718.965577	7	503426.294958
44	43919.0833287	36	132479.246972	22	535274.960226
35	45419.3803012	55	142962.40823	56	550300.33124
17	46589.8081416	39	151739.528924	18	617836.216649
43	46949.5074119	33	181156.285501	60	690998.257004
13	53366.5114364	21	183196.891622	16	722257.61303
11	58949.5820985	59	199825.670189	50	745755.23644
68	61381.3154114	47	212573.222891	3	845542.63253
63	67244.6695675	1	227577.88484	58	1.29942026466E+6
46	77561.142948	32	288185.257801	19	3.17291562225E+6
		24	307442.244715		

TABLA 3  
ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL AL EMPLEO EN LA SITUACION ACTUAL

Nodo	A E	Nodo	A E	Nodo	A E
35	235.656660678	38	14259.6438081	32	65710.6155414
41	411.503694523	63	14776.4088574	25	86895.6070768
37	751.072460481	54	16062.59125	34	94299.7015906
42	1258.14235969	68	16475.1186487	31	94913.9367899
30	1462.37442678	39	18680.0251301	27	96053.1298833
44	2511.02366628	15	20299.8086028	20	96593.4157285
43	2708.54742128	23	21070.0980905	57	99156.2624542
9	3495.21489248	8	21258.3990633	2	103113.5402
53	4020.52490522	46	21362.0034101	26	103391.959443
52	4580.94862646	62	23251.838787	12	103399.006853
66	4930.1875149	10	23625.4206785	22	112422.699808
64	6074.69615928	48	23859.9018211	28	114776.090632
67	6121.3647588	70	27251.9046844	18	133047.343256
17	6292.40564284	4	30174.5043726	61	133739.963886
65	6540.25329274	29	31359.8811583	49	135002.472362
45	7979.36730888	55	33710.653907	7	150943.345642
38	8247.00094073	6	38830.9532008	56	159951.624445
67	8323.31307863	33	43665.9016524	16	184089.827524
51	10156.7282565	59	46302.6819082	3	222276.680217
40	10630.9738168	1	46544.9664547	60	222280.260634
13	10695.1002152	21	54944.0008359	50	254929.14171
11	13194.8486046	24	58276.4033901	58	424286.276613
5	14072.0350877	47	59727.7946642	19	1.10910673772E+6
		14	79607.4594023		

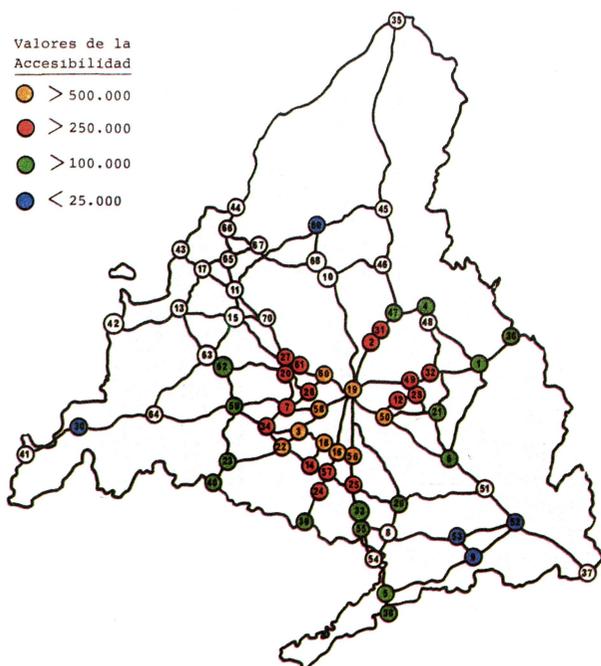


Fig. 2.—Niveles de Accesibilidad Individual General en la Situación Actual.

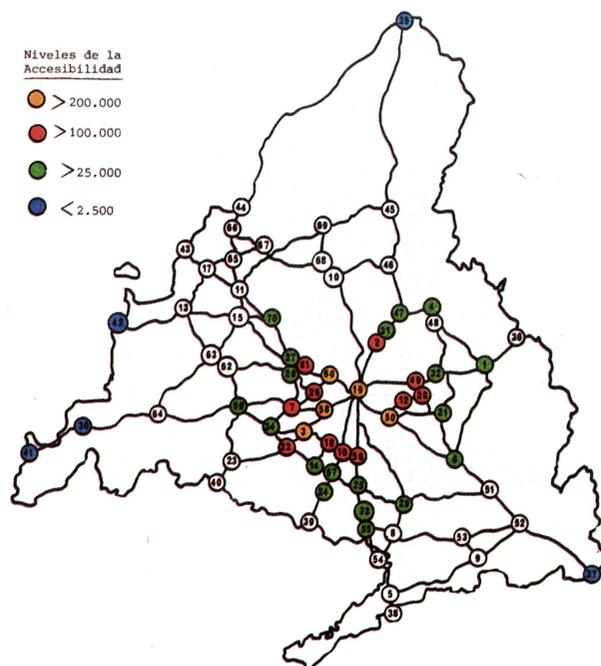


Fig. 3.—Niveles de Accesibilidad individual al Empleo en la Situación Actual.

Destaca la posición privilegiada de los municipios del Area Metropolitana, que se prolonga por los grandes ejes radiales. Las zonas con menores oportunidades son la del norte (Sierra) y los extremos sureste y suroeste de la provincia.

### Accesibilidad individual al Empleo

Analicemos ahora la Accesibilidad Individual al Empleo. En este caso, la formulación de la accesibilidad del nodo  $i$  será la siguiente:

$$A^{Ei} = E_i + \sum_{\forall j \neq i} \frac{E_j}{e^{0,1 \cdot dij}}$$

Los resultados de este cálculo sectorial son los que se rogen en la Tabla 3.

En este caso, el mayor valor de la accesibilidad lo da, también, Madrid, aun con mayor diferencia respecto al resto: 2,6 veces la del nodo 58, 4,4 veces la del nodo 50 —que es el siguiente en este caso—, y 15 veces el nivel medio.

La causa de estos resultados es la concentración de puestos de trabajo que tiene el municipio de Madrid, y especialmente la Almendra Central (cfr. Anexo II).

Mejoran su posición respecto al caso General los municipios situados en las proximidades de los ejes radiales de la N-II y N-VI, donde ha habido un proceso

de localización industrial y del sector servicios. Es el caso del nodo 50, Aravaca (nodo 60), Boadilla del Monte (nodo 7), El Plantío (nodo 71), nodo 49, etc.

Por el contrario, el déficit de puestos de trabajo de la zona sur explica el retroceso de posiciones de los municipios ahí situados: Alcorcón (nodo 3), Getafe (nodo 16), Leganés (nodo 18), Móstoles (nodo 22), etc.

En cualquier caso se mantiene, con las ligeras modificaciones, la misma situación del caso general: la zona con más accesibilidad es la central y las regiones más desfavorecidas las periféricas.

En la Figura 3 se tiene una imagen de los Niveles de Accesibilidad Individual al Empleo.

Una vez calculados los Niveles de Accesibilidad Individual en la situación actual, pasemos a analizar qué mejoras introducirían algunos planes de transporte que podrían llevarse a cabo.

### EVALUACION DE TRES PLANES DE TRANSPORTE PROPUESTOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Con la metodología propuesta se estudian tres planes de transporte propuestos por diversos grupos sociales y entidades oficiales en el ámbito de la Comunidad de Madrid. En cada uno de los casos seguiremos el proceso siguiente:

- Modificación del grafo de la red de carreteras y cálculo de las nuevas distancias entre nodos.
- Cálculo de la Accesibilidad individual en el caso General y en el sectorial del Empleo.
- Análisis de las mejoras sobre la situación actual.

Los casos considerados son los siguientes:

### A. Cinturón de Circunvalación

Desde los años 70 se empezó a considerar la posibilidad de construir un anillo de circunvalación exterior a la M-30 que, actualmente, es una vía de carácter urbano. Sin embargo, las grandes inversiones necesarias y la distribución de competencias entre las administraciones central y autonómica han supuesto un retraso en la solución de los problemas del transporte en el ámbito provincial. No obstante, este proyecto no fue contemplado ni en el Plan General de Carreteras del

MOPU (12), ni en el Plan de Carreteras de la Comunidad de Madrid (11). Sin embargo, en los programas de casi todos los partidos políticos para las elecciones locales y autonómicas de 1987 se planteaba la necesidad de una infraestructura de este tipo. En el presente año se ha elaborado un Plan Estratégico (13) para la provincia que prevé la construcción de una serie de corredores que, en su conjunto, formarán otra vía de circunvalación, aunque las características no son totalmente homogéneas.

Queda abierta, también, la posibilidad futura de construir un anillo exterior al Area Metropolitana con características de autovía. Se realiza el estudio de una vía de este tipo, según el trazado que se propone en la Figura 4. Dicho trazado intenta aprovechar al máximo los viales existentes, evitar zonas urbanas de alta densidad donde sería difícil la reserva de suelo necesaria, y minimizar el impacto ambiental.

TABLA 4  
ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL GENERAL CON EL CINTURON DE CIRCUNVALACION  
Y COMPARACION CON LA SITUACION ACTUAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Cinturón	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Cinturón
1	227577.88484	229346.277283	38	111141.14912	111450.153434
2	357444.520508	358507.781484	39	151739.528924	152264.107324
3	845542.63253	845872.152528	40	115767.161466	121352.822767
4	113438.665785	116379.556841	41	40457.9865429	40459.5059406
5	101793.780612	102356.823183	42	31169.2464366	31179.4180037
6	118148.055839	135812.129598	43	48949.5074119	49016.7948508
7	583426.294958	583587.050978	44	43919.0833287	44044.6781308
8	93292.412042	97132.0289304	45	29459.0203194	31363.6147531
9	19108.8826512	19205.4925071	46	77561.142948	83186.6138257
10	83327.009248	88483.7071833	47	212573.222891	214543.462074
11	58949.5820885	59185.1062803	48	94714.2644696	95326.9675337
12	347114.287503	347192.741554	49	427335.815348	427432.278855
13	53366.5114364	53458.3099668	50	745755.23644	746029.387242
14	424408.439815	425201.627277	51	35301.670867	37369.5604504
15	78000.9442821	78674.2635554	52	21815.3514353	22438.1878088
16	722257.61303	722587.93739	53	19371.0569918	19490.9498821
17	46589.8881416	46755.3085355	54	83291.9621983	84687.4065905
18	617836.216649	618111.403515	55	142962.40823	144978.35447
19	3.17291562225E+6	3.17296495265E+6	56	550300.33124	551003.11996
20	329042.013127	329568.609477	57	454170.9714	455277.978294
21	183196.091622	183889.83087	58	1.29942086468E+6	1.2995549219E+6
22	535274.960226	536151.799162	59	199825.678189	201121.04839
23	131718.965577	142967.106145	60	690998.257004	691197.072862
24	307442.244715	309183.90634	61	417022.742022	417452.035274
25	350148.676286	352112.866481	62	103286.95274	104963.540401
26	358764.800335	358977.988659	63	67244.6685675	67631.6320107
27	320463.834689	321107.592112	64	26897.8927483	27010.0688584
28	373584.882564	373704.947185	65	43797.5832237	44108.7182268
29	119064.989381	131499.645347	66	39146.4847851	39426.2050293
30	16895.6516077	16901.2267287	67	41122.7671823	41803.8894249
31	334127.543371	335303.925354	68	60381.3154114	63436.6050404
32	288185.257801	288374.351523	69	23668.598231	24224.6049769
33	181156.285501	182544.356881	70	96494.3281036	103401.68399
34	408763.612249	408960.593831	71	0	82685.1078225
35	45419.3803012	45435.0546316	72	0	141889.998598
36	132479.246972	134168.361662	73	0	239780.520216
37	38899.8927024	38976.0932327			

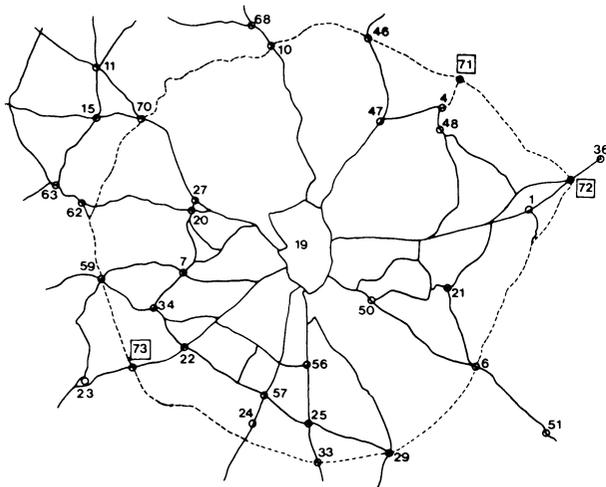


Fig. 4.—Trazado Del Cinturón de Circunvalación.

Se ha determinado la nueva matriz de distancias, contando con el Cinturón y se ha realizado el cálculo de la accesibilidad en los dos supuestos del estudio. Los resultados vienen recogidos en las Tablas 4 y 5. En ellas se detallan los nuevos valores de la Accesibilidad Individual y se comparan con la situación actual.

En el caso General, los nodos que tienen mayores incrementos de Accesibilidad son los situados sobre el nuevo Cinturón y sus proximidades. Con mejoras superiores al 100 % se encuentran Arganda (nodo 6) y San Martín de la Vega (nodo 29). Con incrementos superiores al 50 % están Navalcarnero (nodo 23), San Agustín de Guadalix (nodo 46), Torreldones (nodo 70), Venturada (nodo 45), Colmenar Viejo (nodo 10), etc. Las

TABLA 5

ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL AL EMPLEO CON EL CINTURON DE CIRCUNVALACION  
Y COMPARACION CON LA SITUACION ACTUAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Cinturón	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Cinturón
1	46544.9664547	47037.9980862	38	8247.00094073	8330.18116269
2	103113.5402	103253.344195	39	18680.0251301	18746.5863059
3	222976.680217	222999.240261	40	10600.9738168	11636.5053872
4	30174.5043726	30414.951462	41	411.503694523	411.669133523
5	14072.0350877	14223.599334	42	1258.14235969	1259.25270868
6	38830.9532008	41702.4782299	43	2708.54742128	2719.23292677
7	150943.345642	150980.363096	44	2511.02366628	2531.92360126
8	21250.3990633	22289.467933	45	7979.36730888	8322.61273289
9	3495.21489248	3511.0017901	46	21362.0034101	22357.1172807
10	23625.4206705	24503.0001777	47	59728.7946642	59994.7729695
11	13184.8486046	13221.9883387	48	23859.9018211	24005.6014843
12	103399.006853	103415.829592	49	135003.472362	135021.059597
13	10695.1002152	10705.1211298	50	254930.14171	254979.247615
14	79607.4594023	79787.2164326	51	10156.7282565	10488.4960401
15	20209.8086028	20346.5872759	52	4580.94862646	4680.87516258
16	184089.827524	184178.895542	53	4020.52490522	4039.83324897
17	6292.40564284	6318.68774539	54	16063.59125	16436.3791416
18	133047.343256	133106.206842	55	33711.053907	34248.8140141
19	1.10910673772E+6	1.10910930298E+6	56	159952.624445	160145.765196
20	96593.4157285	96714.3944582	57	99157.2624542	99441.0801725
21	54944.0008359	55068.2802113	58	424287.276613	424294.212977
22	112422.699808	112500.062415	59	46302.6819082	46488.8144508
23	21070.0980905	23155.4025941	60	232280.260634	232325.983858
24	58276.4033901	58497.3942763	61	133739.963886	133838.606797
25	86895.6070768	87420.6876437	62	23252.838787	23586.6480621
26	103391.959443	103440.979558	63	14776.4088574	14837.1129767
27	96053.1298833	96201.0136081	64	6074.69615928	6086.88897946
28	114776.090632	114799.180423	65	6540.25329274	6591.72875968
29	31359.8811583	34211.7620547	66	4931.1875149	4977.7011756
30	1462.37442678	1462.98147155	67	8323.31307863	8437.25249028
31	94913.9367099	95068.872819	68	16476.1186487	16989.6643375
32	85710.6155414	85748.7266164	69	6121.3647588	6211.76654287
33	43665.9016524	44042.8673175	70	27251.9046844	28359.0351821
34	94299.7015906	94346.5378566	71	0	20787.9412645
35	235.656660678	238.481483693	72	0	22339.3203333
36	14259.6438081	14625.3263005	73	0	47102.2143122
37	751.072460481	763.309107181			

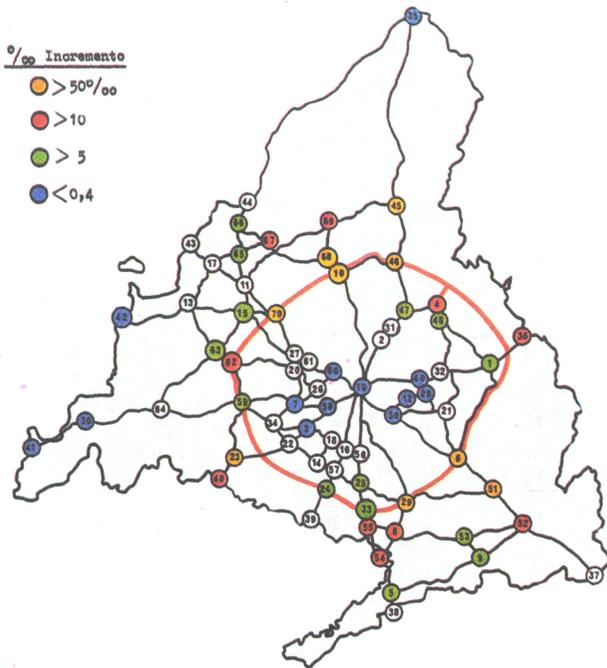


Fig. 5.—Incremento de Accesibilidad Individual General con el Cinturón de Circunvalación.

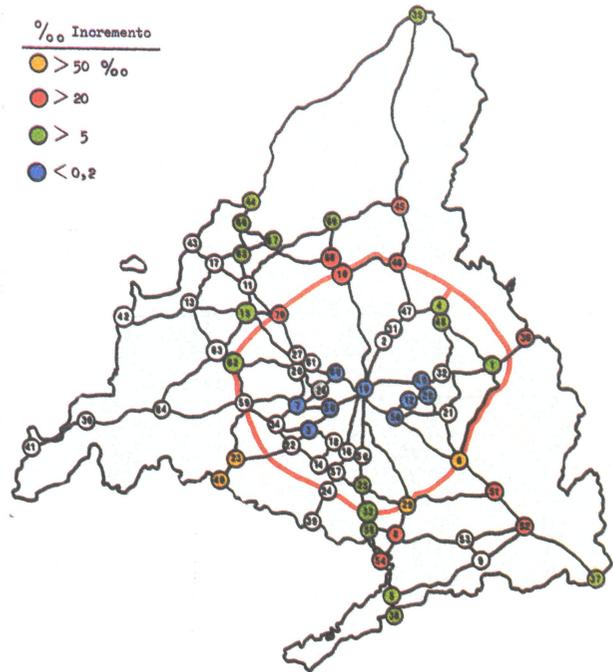


Fig. 6.—Incremento de Accesibilidad Individual al Empleo con el Cinturón de Circunvalación.

zonas menos afectada son, por un lado, las más internas del Area Metropolitana y, por otro, las más periféricas. Estos resultados pueden analizarse en la Figura 5. Los incrementos que se producen, si bien son significativos en las zonas indicadas, no dan un cambio sustancial a los niveles de accesibilidad de la provincia, por los fuertes contrastes que se han detallado en el apartado anterior. Sin embargo, el Cinturón de Circunvalación contribuiría al equilibrio regional, pues los mayores incrementos se producen precisamente en puntos con niveles bajos o medios de accesibilidad en la situación actual. Esto quiere decir que permitiría suavizar el aislamiento de estas zonas.

En el caso de los desplazamientos al trabajo, los incrementos de accesibilidad que introduce el Cinturón son ligeramente inferiores al caso General. Los nodos más beneficiados están sobre la N-V: Navacarnero (nodo 23) y el nodo 40. A continuación están San Martín de la Vega (nodo 29), Arganda (nodo 6), Ciempozuelos (nodo 8), etc. Los menos afectados están localizados, también, en el centro de la provincia y en la periferia. Por tanto, los efectos sobre los viajes al trabajo son similares —cfr. Figura 6— al caso General, donde se consideran todos los motivos de viaje posibles.

**B. Distribuidor Sur**

Algunos de los sectores de la oposición plantearon, a nivel municipal, la construcción de un eje —con caracte-

terísticas de autopista— que enlazase la N-II con la N-V. En el Plan Estratégico de la Región (13), presentado recientemente por la Comunidad de Madrid, se incluye el Distribuidor Sur, aunque no tiene el carácter de autopista y su trazado es más próximo al centro del Area Metropolitana. El trazado propuesto por los grupos de la oposición fue el que se recoge en la Figura 7.

Teniendo en cuenta las modificaciones que esta nueva vía introduciría en el grafo de la red, se determinan las distancias entre cada par de nodos y se hace el cálculo de la Accesibilidad Individual en los dos supuestos que se vienen considerando: General y al Empleo. Los resultados se detallan en las Tablas 6 y 7.

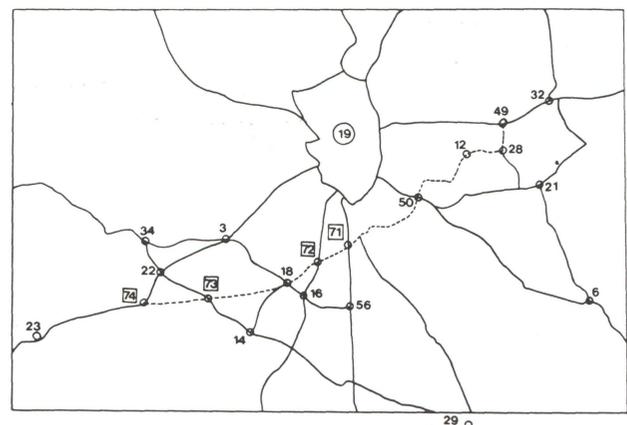


Fig. 7.—Trazado del Distribuidor Sur.

TABLA 6  
ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL GENERAL CON EL DISTRIBUIDOR SUR.  
INCREMENTOS RESPECTO A LA SITUACION INICIAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Distribuidor Sur	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Distribuidor Sur
1	46544.9664547	46830.7567534	38	8247.00094073	8261.84135726
2	103113.5402	103280.781389	39	18680.0251301	18772.1615132
3	222976.680217	223443.38159	40	10600.9738168	11663.6061577
4	30174.5043726	30234.8673383	41	411.503694523	411.594238841
5	14072.0350877	14099.0760897	42	1258.14235969	1258.38237755
6	38830.9532008	40219.6749477	43	2708.54742128	2708.751558
7	150943.345642	150952.564148	44	2511.02366628	2511.06503783
8	21258.3990633	21352.5570058	45	7979.36738888	7991.45060291
9	3495.21489248	3495.80523118	46	21362.0034101	21394.8492087
10	23625.4206705	23655.9728802	47	59728.7946642	59827.4688964
11	13184.8486046	13185.1857219	48	23859.9018211	24047.1204631
12	103399.006853	117928.779259	49	135003.472362	137863.951384
13	10695.1002152	10697.2663796	50	254930.14171	268664.289181
14	79607.4594023	110536.468637	51	10156.7282565	10267.3419224
15	20209.8086028	20210.6377777	52	4580.94862646	4614.2648224
16	184089.827524	186433.692153	53	4020.52490522	4021.39269863
17	6292.40564284	6292.90773815	54	16063.59125	16130.1013825
18	133047.343256	236983.565754	55	33711.053907	33896.2629491
19	1.10910673772E+6	1.11135842927E+6	56	159952.624445	162670.864821
20	96593.4157285	96598.9313582	57	99157.2624542	99714.655091
21	54944.0008359	57066.7455069	58	424287.276613	424314.5433
22	112422.699808	116105.513978	59	46302.6819082	46357.1755567
23	21070.0980905	23209.976844	60	232280.260634	232693.442468
24	58276.4033901	58582.306955	61	133739.963886	133860.633493
25	86895.6070768	87493.4962492	62	23252.838787	23277.3243616
26	103391.959443	103398.088391	63	14776.4088574	14789.8468257
27	96053.1298833	96058.6326502	64	6074.69615928	6081.36925685
28	114776.090632	118661.562394	65	6540.25329274	6540.36635639
29	31359.8811583	31571.297089	66	4931.1875149	4931.27958897
30	1462.37442678	1462.70666075	67	8323.31307863	8324.42424168
31	94913.9367899	95066.3468714	68	16476.1186487	16496.5984073
32	85710.6155414	86995.9116175	69	6121.3647588	6128.18194531
33	43665.9016524	43922.0445458	70	27251.9046844	27253.26165
34	94299.7015906	94470.901395	71	0	310505.164093
35	235.656660678	235.756103132	72	0	268287.497009
36	14259.6438081	14337.5307506	73	0	132763.475999
37	751.072460481	755.152242838	74	0	84328.9874281

En el caso General, hay dos municipios que incrementarían notablemente sus niveles de accesibilidad: Leganés (nodo 18) y Fuenlabrada (nodo 14). La razón es que la nueva vía les beneficiaría extraordinariamente, al comunicarles con cuatro de los seis ejes radiales. Con incrementos importantes se encuentran, además, otros municipios próximos al trazado del Distribuidor como Coslada (nodo 12) y Navalcarnero (nodo 23).

Desde el punto de vista zonal los incrementos significativos se concentran en la mitad sureste de la provincia. Es de destacar que la otra mitad no percibe apenas beneficio, como se comprueba en la Figura 8.

En el caso del Empleo, aunque no hay incrementos «punta» tan acusados, hay un aumento medio de la accesibilidad superior al caso General. Esto es debido a que el Distribuidor Sur comunicaría dos zonas complementarias desde el punto de vista de los puestos de trabajo: cfr. Anexo II. El Corredor Madrid-Alcalá que tiene superávit de puestos de trabajo, y la zona Sur de la de la Corona Metropolitana con un déficit muy importante.

Las zonas donde se localizan los mayores incrementos son las mismas, según se detalla en la Figura 9, donde se daban en el caso General.

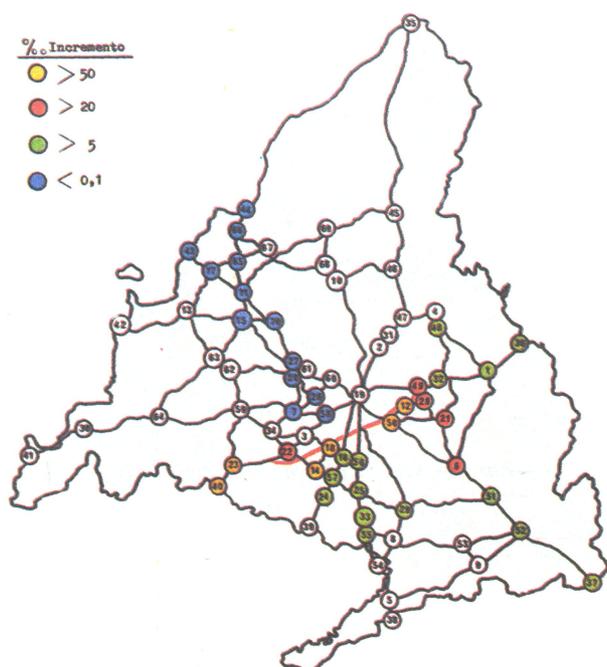


Fig. 8.—Incremento de Accesibilidad Individual General con el Distribuidor Sur.

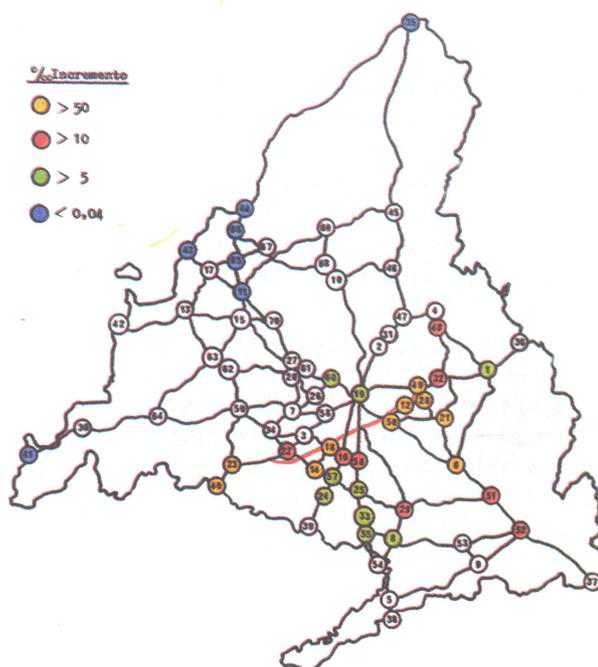


Fig. 9.—Incremento de Accesibilidad Individual al Empleo con el Distribuidor Sur.

TABLA 7  
ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL AL EMPLEO CON EL DISTRIBUIDOR SUR.  
INCREMENTOS RESPECTO A LA SITUACION INICIAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Distribuidor Sur	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Distribuidor Sur
1	227577,88484	229719,917229	38	111141,14912	111227,982751
2	357444,520508	358838,644966	39	151739,528924	152295,712466
3	845542,63253	848048,550708	40	115767,161466	123361,908196
4	113438,665785	113910,579043	41	40457,9865429	40458,490247
5	101793,780612	101952,001805	42	31169,2464366	31170,6671315
6	118148,055839	128727,696698	43	48949,5874119	48950,7457691
7	503426,294958	503488,861696	44	43919,0833287	43919,3656518
8	93292,412042	93844,626974	45	29459,0203194	29558,6022392
9	19108,8826512	19114,7526607	46	77561,142948	77831,8346711
10	83327,009248	83581,692817	47	212573,222891	213386,425769
11	58949,5820885	58951,8868576	48	94714,2644696	96116,3453459
12	347104,287503	411986,632981	49	427335,815348	448751,623686
13	53366,5114364	53379,3332273	50	745755,23644	846767,493138
14	424408,439815	514156,636473	51	35301,670867	36257,3130323
15	78000,9442821	78006,6130993	52	21815,3514353	22103,1853242
16	722257,61303	739740,510468	53	19371,8569918	19381,0078653
17	46589,8081416	46592,8540088	54	83291,9621983	83681,1235353
18	617836,216649	928637,265708	55	142962,40823	144044,977829
19	3,17291562225E+6	3,19168574875E+6	56	550300,33124	569825,226882
20	329042,013127	329079,886095	57	454170,9714	457535,685757
21	183196,091622	199152,517122	58	1,29942086468E+6	1,29960839832E+6
22	535274,960226	561330,387384	59	199825,670189	200128,82202
23	131718,965577	147012,907367	60	690998,257004	694509,204562
24	307442,244715	309288,839106	61	417022,742022	418075,382124
25	350148,676286	353522,17105	62	103286,95274	103423,167639
26	358764,800335	358806,689673	63	67244,6685675	67319,4248887
27	320463,834689	320501,694794	64	26897,5827483	26934,7056387
28	373584,882564	402666,550924	65	43797,8932237	43798,6612617
29	119064,989381	120556,72905	66	39146,4847851	39147,1131068
30	16895,6516077	16897,4998476	67	41122,7671823	41132,1670632
31	334127,543371	335396,565682	68	60381,3154114	60552,0349131
32	288185,257001	297807,999977	69	23668,598231	23725,4258836
33	181156,285501	182635,539486	70	96494,3281036	96503,6642907
34	408763,612249	409681,501532	71	0	1,85495061329E+6
35	45419,3803012	45420,1998352	72	0	971897,160793
36	132479,246972	133063,0189	73	0	586349,188947
37	38899,8927024	38935,1398124	74	0	426553,093346

### C. Plan estratégico de la zona oeste

Dentro de las propuestas del Plan «Estrategia de Transportes en la Region Metropolitana de Madrid» (13) se incluyen dos ejes perpendiculares que vertebrarán toda la zona oeste del Area Metropolitana, con el municipio de Pozuelo (nodo 26) como centro. El esquema consiste en dotar a esa zona de las vías de doble carril que se señalan en la Figura 10.

Modificando las distancias entre nodos del grafo al introducir estas nuevas carreteras, se calculan de nuevo los valores de la Accesibilidad Individual de cada uno de los nodos considerados. Los resultados vienen recogidos en las Tablas 8 y 9.

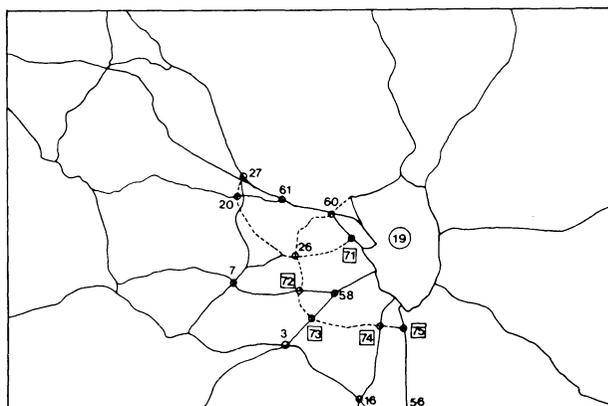


Fig. 10.—Trazado del Plan Estratégico de la Zona Oeste.

TABLA 8

#### ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL GENERAL CON EL PLAN ESTRATEGICO DE LA ZONA OESTE. INCREMENTOS RESPECTO A LA SITUACION INICIAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Plan Oeste	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Plan Oeste
1	46544.9664547	46550.8552596	39	18680.0251301	18724.4994727
2	103113.5402	103156.848766	40	10600.9738168	10620.3790805
3	222976.680217	226647.600052	41	411.503694523	411.609769019
4	30174.5043726	30184.0598136	42	1258.14235969	1350.79292091
5	14072.0350877	14089.248127	43	2708.54742128	2821.57683708
6	38830.9532008	38845.5651433	44	2511.02366628	2536.24502716
7	150943.345642	155714.038118	45	7979.36730888	7982.04210325
8	21258.3990633	21321.5588111	46	21362.0034101	21369.7888351
9	3495.21489248	3497.789423	47	59728.7946642	59752.2972567
10	23625.4206705	23631.1784775	48	23859.9018211	23865.6974891
11	13184.8486046	14578.8575696	49	135003.472362	135062.72671
12	103399.006053	103442.903554	50	254930.14171	255062.014688
13	10695.1002152	11531.2727809	51	10156.7282565	10159.9696376
14	79607.4594023	79942.3364877	52	4580.94862646	4581.9249117
15	20209.8086028	23642.180552	53	4020.52490522	4026.25462827
16	184089.827524	184859.931907	54	16063.59125	16105.928495
17	6292.40564284	6570.4131456	55	33711.053907	33826.1384709
18	133047.343256	134390.720174	56	159952.624445	161346.148953
19	1.10910673772E+6	1.10969775141E+6	57	99157.2624542	99426.316548
20	96593.4157285	131732.283171	58	424287.276613	427375.09951
21	54944.0008359	54963.7205627	59	46302.6819082	46366.5223169
22	112422.699808	113193.270166	60	232280.260634	240092.745345
23	21070.0980905	21109.1754929	61	133739.963886	137665.987162
24	58276.4033901	58424.0634075	62	23252.838787	26638.8536155
25	86895.6070768	87241.3402134	63	14776.4088574	16634.6692837
26	103391.959443	274543.588039	64	6074.69615928	6082.51382771
27	96053.1298833	120395.437727	65	6540.25329274	6988.35562827
28	114776.090632	114824.60399	66	4931.1875149	4987.3186858
29	31359.8811583	31427.6994031	67	8323.31307863	8419.98132248
30	1462.37442678	1462.76364558	68	16476.1186487	16480.1156891
31	94913.9367099	94952.9964843	69	6121.3647588	6128.53938605
32	85710.6155414	85737.2186562	70	27251.9046844	33251.9727654
33	43665.9016524	43821.2495646	71	0	507911.446456
34	94299.7015906	94398.0294285	72	0	303252.606121
35	235.656660678	235.678673559	73	0	281537.639427
36	14259.6438081	14261.2486946	74	0	431266.285748
37	751.072460481	751.192012884	75	0	390448.729421
38	8247.00094073	8256.44765699			

TABLA 9

ACCESIBILIDAD INDIVIDUAL AL EMPLEO CON EL PLAN ESTRATEGICO DE LA ZONA OESTE.  
INCREMENTOS RESPECTO A LA SITUACION INICIAL

Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Plan Oeste	Nodo	Accesibilidad Sit. Inicial	Accesibilidad con Plan Oeste
1	227577.88484	227641.927529	39	151739.528924	152102.153719
2	357444.520508	357916.70176	40	115767.161466	115918.90122
3	845542.63253	873550.248723	41	40457.9865429	40458.3983358
4	113438.665785	113543.553749	42	31169.2464366	31448.2923068
5	101793.780612	101929.782076	43	48949.5074119	49289.8253813
6	118148.055839	118306.218592	44	43919.0833287	44121.8695711
7	503426.294958	539660.699428	45	29459.0203194	29489.727785
8	93292.412042	93791.4417609	46	77561.142948	77646.8531027
9	19108.8826512	19129.2242024	47	212573.222891	212831.205652
10	83327.009248	83394.6734765	48	94714.2644696	94777.8822353
11	58949.5820885	64413.5233457	49	427335.815348	427977.196937
12	347104.287503	347579.43467	50	745755.23644	747182.657417
13	53366.5114364	55884.9041816	51	35301.670867	35336.8523392
14	424408.439815	427097.599043	52	21815.3514353	21825.9478911
15	78000.9442821	91461.3237013	53	19371.0569918	19416.3279465
16	722257.61383	728340.658739	54	83291.9621983	83626.4718225
17	46589.8081416	47426.8552777	55	142962.40823	143871.699663
18	617836.216649	628115.488418	56	550300.33124	561639.359886
19	3.17291562225E+6	3.17931287924E+6	57	454170.9714	456364.723575
20	329042.013127	460837.973804	58	1.29942086468E+6	1.32359253166E+6
21	183196.091622	183409.570155	59	199825.670189	200073.50574
22	535274.960226	541581.134877	60	690998.257104	755922.355519
23	131718.965577	132024.531917	61	417022.742022	449127.382278
24	307442.244715	308646.201435	62	103286.95274	113131.014807
25	350148.676286	352880.338714	63	67244.6685675	72647.1004461
26	358764.800335	922915.287906	64	26897.5827483	26927.9318047
27	320463.834689	422166.477687	65	43797.8932237	45494.9628686
28	373584.882564	374110.001395	66	39146.4847851	39597.7938674
29	119064.989381	119633.775466	67	41122.7671823	41902.5631516
30	16895.6516077	16897.1625982	68	60381.3154114	60418.2052533
31	334127.543371	334554.236291	69	23668.598231	23730.7748465
32	288185.257001	288473.19559	70	96494.3281036	121549.410076
33	181156.285501	182383.700551	71	0	1.50447336432E+6
34	408763.612249	409145.937502	72	0	1.01965961601E+6
35	45419.3803012	45419.6330159	73	0	980759.906059
36	132479.246972	132496.700641	74	0	1.33963462707E+6
37	38899.8927024	38901.1903065	75	0	1.21318379537E+6
38	111141.14912	111215.788306			

Con este plan los incrementos medios son similares en los dos casos estudiados: desplazamientos por todos los motivos y sólo al puesto de trabajo. El punto que obtiene un incremento espectacular es Pozuelo de Alarcón (nodo 26) que duplica ampliamente su accesibilidad en ambos casos. Le siguen, a notable distancia, los nodos situados sobre la N-VI y puntos cercanos a ambos lados. Podemos destacar Las Rozas (nodo 27), Torreldones (nodo 70), Galapagar (nodo 15), Valdemorillo (nodo 63), etc.

Las mejoras, en este caso, se encuentran muy localizadas sobre el eje de la N-VI, como se puede comprobar en las Figuras 11 y 12. En el caso del Empleo, la influencia de la construcción de las nuevas vías se prolonga más a ambos lados por los municipios de la Sierra en el norte y por los del sur de la Corona Metropolitana y N-IV. El resto de la provincia no recibe apenas beneficio con este plan, por lo que se puede decir que se trata de una alternativa con efectos muy localizados.

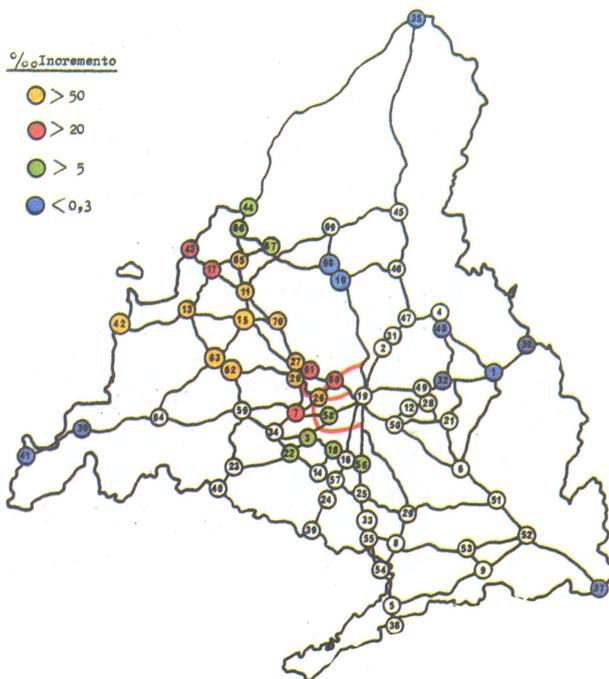


Fig. 11.—Incremento de Accesibilidad Individual General con el Plan Estratégico de la Zona Oeste.

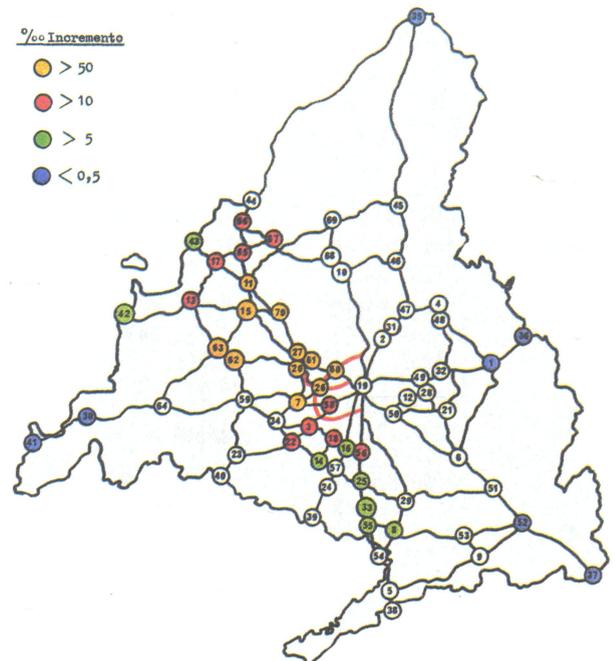


Fig. 12.—Incremento de Accesibilidad Individual al Empleo con el Plan Estratégico de la Zona Oeste.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Podemos analizar, también, el aumento global de Accesibilidad Individual obtenido por todos los nodos del gráfico inicial. Sumaremos los valores obtenidos por cada uno, en el caso General y en el del Empleo, en la Situación Inicial y con cada uno de los tres planes de transporte descritos. Los resultados son los que recoge la tabla siguiente:

	Incrementos Globales (‰)	
	Genera.	Empleo
A. Cinturón de Circunvalación	5,93	3,95
B. Distribuidor Sur	41,68	69,51
C. Plan de la Zona Oeste	58,43	53,16

Del estudio de esta Tabla de «Accesibilidades Globales» cabe señalar que, en el caso General, la propuesta más beneficiosa sería el Plan Estratégico de la Zona Oeste, aunque con el Distribuidor Sur se obtiene un incremento medio de accesibilidad también importante.

En el caso del Empleo la situación es contraria. Los mejores resultados corresponden al Distribuidor Sur, y el Plan de la Zona Oeste queda en segundo lugar.

Esto nos permite la toma de decisiones con una visión general, eligiendo las alternativas que más benefician a un mayor número de usuarios, considerados individualmente.

Cabe, sin embargo, tener en cuenta los resultados del apartado anterior para diseñar políticas de equilibrio regional en el ámbito provincial. Si queremos contribuir a la homogeneización de los niveles de accesibilidad y propiciar a una mayor igualdad de oportunidades, no cabe duda que lo mejor será construir el Cinturón de Circunvalación. Si queremos mejorar el sureste de la provincia, habrá que optar por el Distribuidor Sur. En cambio, si se pretende mejorar la comunicación con la zona de la Sierra —segundas residencias, deportes de montaña, etc.— habremos de recurrir al Plan Estratégico de la Zona Oeste.

Este análisis confirma las posibilidades de los indicadores de accesibilidad en la planificación del transporte, y concretamente en el campo de las nuevas infraestructuras. Los niveles de accesibilidad que se obtendrían en cada caso, permiten entrar en el proceso de decisión con análisis de tipo coste/beneficios o de tipo multicriterio.

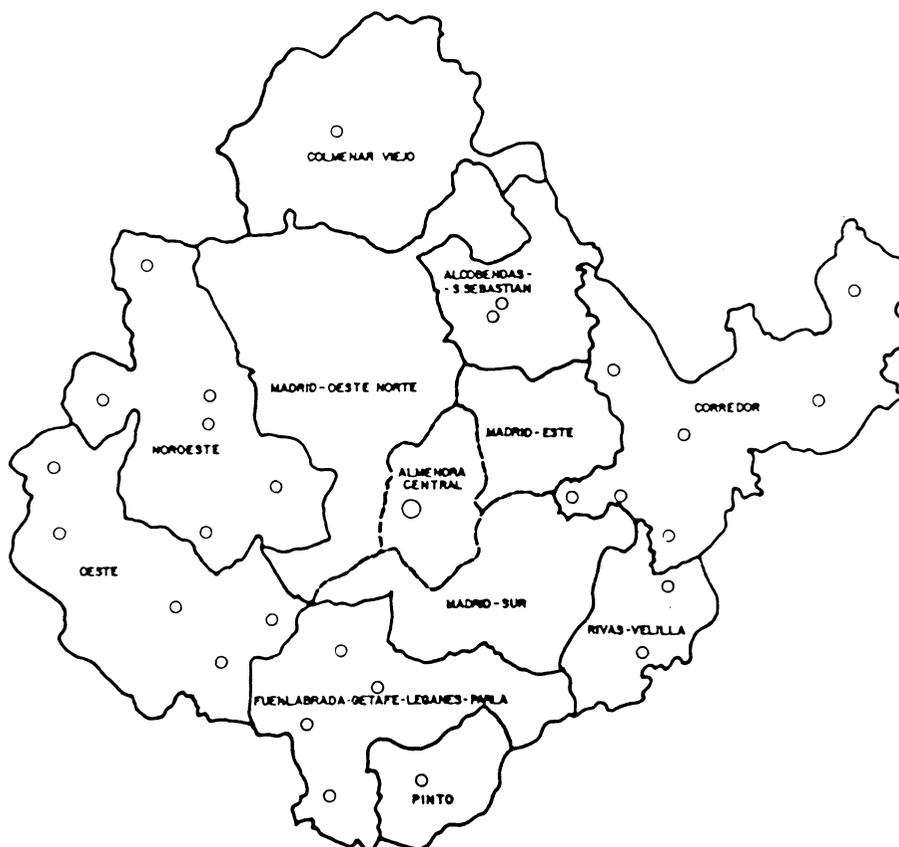
ANEXO I  
RELACION DE NODOS Y VARIABLES CONSIDERADAS

Nodo	Nombre	Población	Pobl. activa	Puest. de Trabajo
1	Alcala de Henares	147969	37038	27714
2	Alcobendas	69979	18756	12994
3	Alcorcon	136997	69019	16478
4	Algete	7501	1597	1724
5	Aranjuez	37384	9085	8484
6	Arganda	24214	6494	8284
7	Boadilla del Monte	8320	1718	1913
8	Ciempozuelos	9826	2283	2259
9	Colmenar de Oreja	5147	1313	1183
10	Colmenar Vieja	31097	5640	7149
11	Collado Villalba	20404	5579	4691
12	Coslada	65098	16473	9327
13	Los Escoriales	15955	4228	3702
14	Fuenlabrada	118224	24029	17581
15	Galapagar	7060	1656	1623
16	Getafe	132837	33814	24514
17	Guadarrama	5844	1770	1343
18	Leganes	164980	44036	18631
19	MADRID	3068363	969589	1893295
20	Majadahonda	29174	7444	3846
21	Mejorada del Campo	11524	2690	2649
22	Mostoles	176148	43477	18846
23	Navalcarnero	8994	2112	2068
24	Parla	63678	14378	5147
25	Pinto	20017	5374	4602
26	Pozuelo de Alarcon	36937	8630	2782
27	Las Rozas de Madrid	21121	4076	4855
28	San Fernando de Henares	22905	6054	5266
29	San Martin de la Vega	5590	1433	1285
30	San Martin de Valdeiglesias	5040	1272	1159
31	S. Sebastian de los Reyes	49525	11810	6831
32	Torrejon de Ardoz	75465	22252	23503
33	Valdemoro	15971	3563	3671
34	Villaviciosa de Odon	8033	1632	1847
35	N-I = Puerto de Somosierra	45180	0	170
36	N-II	76110	0	1701
37	N-III	36780	0	193
38	N-IV	79100	0	750
39	N-401	65040	0	1240
40	N-V	66840	0	183
41	C-501	38730	0	14
42	C-505	25570	0	74
43	N-VI	35950	0	180
44	N-601	32990	0	370
45	Venturada	280	59	64
46	San Agustin de Guadalix	2479	570	570
47	N-I con la carretera 1312	0	0	0
48	Cobe7a	831	180	191
49	N-II con M-201	0	0	0
50	N-III con M-300	0	0	0
51	Perales de Taju7a	1879	532	432
52	Villarejo de Salvanes	4594	1264	1056
53	Chinchon	4090	1087	940
54	N-IV con la carretera 3011	0	0	0
55	N-IV con la C-404	0	0	0
56	N-IV con la carretera 4211	0	0	0
57	N-401 con la carretera 5114	0	0	0
58	N-V con la carretera 5111	0	0	0
59	Brunete	1610	325	370
60	Aravaca	8904	2813	2642
61	El Plantio	2086	659	617
62	C-600 con la M-522	0	0	0
63	Valdemorillo	2355	624	541
64	Chapineria	768	200	177
65	Collado Mediano	1697	457	390
66	Puerto de Navacerrada	0	0	0
67	Cerceda	754	398	174
68	C-602 con la C-607	0	0	0
69	Soto del Real	1714	398	394
70	Torreloones	4748	1068	1091

## ANEXO II

## DESEQUILIBRIOS ABSOLUTOS RESIDENCIA/EMPLEO PARA ACTIVOS DEL AREA METROPOLITANA

	Saldo numérico empleos-activos	Población que trabaja fuera de su zona de residencia
Almendra Central ... ..	343.749	109.608
Madrid-Oeste-Norte ... ..	-78.430	175.509
Madrid Sur ... ..	-142.838	226.151
Madrid Este ... ..	-20.709	132.737
Subtotal Madrid ... ..		644.005
Alcobendas-San Sebastián ... ..	-5.261	13.739
Corredor ... ..	4.831	24.862
Rivas-Velilla ... ..	-232	412
Pinto ... ..	-395	4.085
Fuenlabrada-Getafe-Leganés-Parla ... ..	-41.365	71.316
Oeste ... ..	-64.725	70.329
Noroeste ... ..	4.754	9.578
Colmenar Viejo ... ..	-498	1.545
Subtotal Area Metropolitana ... ..		195.866
<b>TOTAL ... ..</b>		<b>839.871</b>

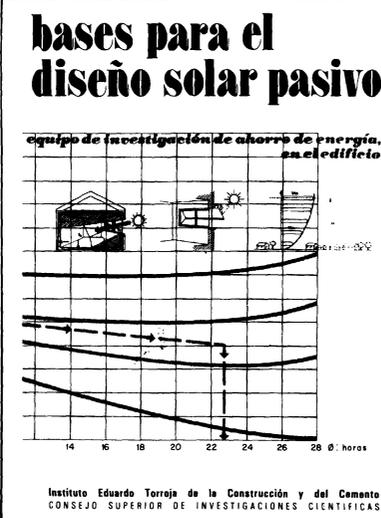


*Desequilibrios Población/Emplo en el AREA METROPOLITANA MADRILEÑA. Fuente: De la Paz (14).*

## BIBLIOGRAFIA

- (1) DALVI, M.Q. *Behavioral modelling accesibility, movility and need: concepts and measurement*. Hensher and Stopher, eds. *Beahuvioral Travel Modelling*. London: Croom Helm. 1978.
- (2) MORRIS, J.M. et al. *Accesibility Indicators for Transport Planing*. Transport Research-A, Vol. 13-A, 1979.
- (3) POULIT, J. *Urbanisme et transport: les critères d'accesibilité et de développement urbain*. SETRA. Ministère des Transports. París, 1974.
- (4) MOPU. *Avance del Plan General de Carreteras. Estudio sobre la accesibilidad de la Red*. MOPU. Madrid, 1982.
- (5) CARROTHERS, Gerald A. P. *An Historical Review of the Gravity and Potential concepts of the Human Interaction*. Journal of the American Institute of Planners, Vol. 22, 1956.
- (6) HANSEN, Walter G. *How Accesibility Shapes land Use*. Journal of the American Institute of Planners, Vol. 25, 1959.
- (7) KOENING, J. G. *La théorie de l'accesibilité urbaine, un nouvel outil an service de l'aménageur*. Revue Générale des routes et des Arerodromes, 1979.
- (8) MONZON DE CACERES, Andrés. *El Concepto de Distancia Operacional del Usuario en las Areas Metropolitanas*. Actas del Congreso Europeo de Ordenación del Territorio de Valencia, 1988.
- (9) MAPA DE AFOROS. MOPU, 1984.
- (10) COMUNIDAD DE MADRID. *Municipios de la Comunidad de Madrid*. Anuario Estadístico 1985, Vol. II.
- (11) COMUNIDAD DE MADRID. *Plan de Carreteras 1986-1993. Programa de Actuaciones*. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Madrid, 1985.
- (12) MOPU. *Plan General de Carreteras 1984-1991*. Madrid, 1984.
- (13) COMUNIDAD DE MADRID. *Plan Estratégico de Transportes de la Región Metropolitana de Madrid*. Madrid, 1988.
- (14) DE LA PAZ, José et al. *Población y Empleo*. Documentación Urbanística. Diputación de Madrid, 1982.

## publicación del IETcc / CSIC

 <p><b>bases para el diseño solar pasivo</b></p> <p>equipo de investigación de ahorro de energía, en el edificio</p> <p>Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS</p>	<p>Equipo de Ahorro de Energía en el edificio</p> <p>Dirección y coordinación: Arturo García Arroyo</p> <p>M.<sup>a</sup> José Escorihuela José Luis Esteban José Miguel Frutos Manuel Olaya Bernardo Torroja</p> <p>selectividad en la aplicación de los sistemas y procedimientos pasivos dando origen a un ecumenismo arquitectónico solar, al margen de las condiciones climáticas y funcionales específicas de cada caso y lugar.</p> <p>En este libro, utilizando criterios y metodología pedagógicos, se dan los fundamentos e instrumentos teórico-prácticos necesarios para el planteamiento de todo proyecto arquitectónico solar pasivo, de acuerdo con los principios éticos y económicos de conservación y ahorro de energía. Es decir: respeto de los presupuestos bioclimáticos, búsqueda de la máxima captación y acumulación de la radiación solar, y esmero en el aislamiento térmico de los cerramientos.</p> <p>Un volumen encuadernado en cartulina ibiza plastificada, a cinco colores, de 16 x 23 cm, compuesto de 216 páginas, 217 figuras, 87 gráficos, 19 tablas y 10 cuadros.</p> <p>Madrid, 1983. Precios: España 2.100 ptas.; 30 \$ USA.</p>	<p>Las dificultades de suministro y el alto coste de los productos energéticos convencionales han despertado la atención de los usuarios, técnicos e industriales de la edificación hacia los procedimientos y sistemas en que se basa el aprovechamiento de otras fuentes alternativas de energía, principalmente la solar. Esto ha generado un rápido desarrollo industrial y comercial que, en opinión de los autores de este libro, arrastran los siguientes defectos: un mimético tecnologismo respecto de los sistemas convencionales que violenta las peculiaridades de la energía solar (baja densidad y variabilidad en el tiempo), y una escasa</p>
---	---	---