
LA INFORMACIÓN SOBRE TRÁFICO EN LAS REDES DE CARRETERAS

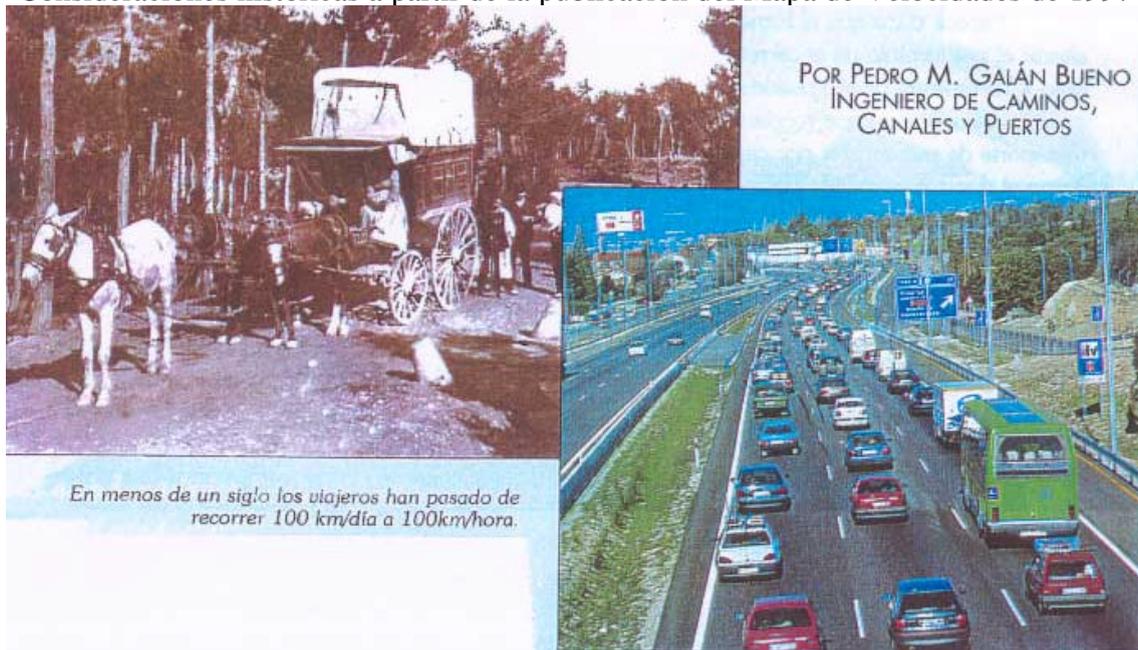
Pedro Galán Bueno

Marzo- Abril de 1999



LA INFORMACION SOBRE TRAFICO EN LAS REDES DE CARRETERAS

Consideraciones históricas a partir de la publicación del Mapa de Velocidades de 1997



El esplendor del mundo se ha enriquecido con una nueva belleza: la belleza de la velocidad (...) un automóvil de carrera (...) es mas hermoso que la Victoria de Samotracia.

F.T. Marinetti 1^{er} Manifiesto Futurista (1909)

¿Tiene Vd. mucha prisa? Llevamos un retraso considerable(...)

A mí, realmente, me es igual –le dijo. Yo comprendo que Vd. se preocupe del horario. Pero los demás, apañados estaríamos si nos inquietáramos en esta época por tales nimiedades. Desgraciado, amigo, el que en estos tiempos que vivimos tenga prisa. Josep Pla “Viaje en Autobús” 1942

La irrupción de la velocidad en los modos de transporte, y en particular en la carretera, al dejar de ser, como veremos, un invariante para convertirse en una variable cuantificable, modelable y objetivo de cualquier plan, ha dado lugar a un conjunto de técnicas que ha tenido por objeto la medición de todos los fenómenos que rondan en torno al tráfico rodado (Intensidad, Velocidades, Accidentes, etc...

Así, con motivo de la aprobación del Plan de Obras Públicas del año 1960, se produce un cambio cualitativo en relación con la planificación y diseño de la carretera. Se entroniza la INGENIERÍA DE TRAFICO en la práctica cotidiana de la Dirección General de Carreteras, y el tráfico se ve convertido en una variable capital para la programación temporal y el dimensionamiento de las actuaciones.

Hasta ese momento el tráfico de vehículos a motor era algo sumamente limitado, ya que en 1950 el parque de turismos (97.215) era sólo ligeramente superior al existente en 1928 (84.066). Mayor importancia tenían los autobuses, camiones y los carros (1.225.000 en 1928) para el transporte de viajeros y mercancías, siendo su circulación mas conocida gracias a las tasas y tarifas a las que debían hacer frente.



Como referencia de los carros que circulaban por las carreteras citaremos las observaciones efectuadas en los accesos a Madrid en agosto del año 1909 y que dio lugar a una media de 150 colleras/km-día, lo que permite suponer al autor una media en la red de carreteras de 105 colleras* por día y kilómetro, justo la mitad de lo que en que en aquel tiempo soportaba la red francesa (211)¹.

En este mismo artículo se indica que en idéntico período, el nº de vehículos al día era de 87 en la carretera de La Coruña a la salida de Madrid y de 63 en el tramo inmediato al puerto, así como de 52 vehículos en la salida de Madrid por la Carretera de Madrid a Francia por la Junquera.

Asimismo, en 1918 se hicieron nuevas observaciones en los accesos a Madrid, referidos exclusivamente al tránsito de carros, donde se comparan los resultados de dicho años con los de 1909²

<u>CARRETERA</u>	<u>Colleras/Día</u>	
	<u>1909</u>	<u>1918</u>
Madrid a Francia por Irún	930	1.362
Madrid a La Coruña	186	682
Madrid a Toledo	130	3.688
Madrid a Francia por La Junquera	125	747
Madrid a Portugal	88	4.964

* La collera equivale a un caballero por lo que un carruaje tirado por 3 caballos, equivale a 3 colleras.

¹ Francisco Terán ROP 1909, pág. 471.

² Ignacio Uriol: La Construcción y Conservación de Carreteras 1896-1925 (pág. 55). Revista CA. Suplemento Especial nº 4 (1980)

Madrid a Castellón	44	260
Madrid a Cádiz	41	1.354

Como puede observarse, el tráfico se había multiplicado con una intensidad más que notable (5.000 colleras/día a la salida de la carretera de Extremadura).

Desde principio de siglo hasta 1960, la finalidad básica de los *estudios de tráfico* era conseguir un *dimensionamiento óptimo de los firmes* que evitara su deterioro. Para ello, se requería conocer tanto el número de vehículos como su tipología (peso y tipo de llanta). Los aspectos de capacidad, congestión y velocidad deberán esperar hasta 1960 para convertirse en elementos centrales del diseño. Ello obedece tanto por la limitación del parque de vehículos, que sólo empieza a crecer de forma notable a partir de 1956, como por la propia desconsideración de la velocidad como variable pertinente debido un conjunto de factores, entre los que sobresale el estatismo durante milenios de la vida cotidiana, la práctica ausencia de movilidad en la mayoría de la población y el propio carácter invariante que había tenido la velocidad en la historia, en cada modo de transporte (Ver punto 4 y nota 23).

Así, el Plan de firmes especiales de 1927 recoge entre sus objetivos: “ ... la imperiosa necesidad de cambiar el sistema técnico de la construcción de los firmes con sujeción a las características exigidas en cada localidad por la intensidad y condiciones del tráfico moderno ...”

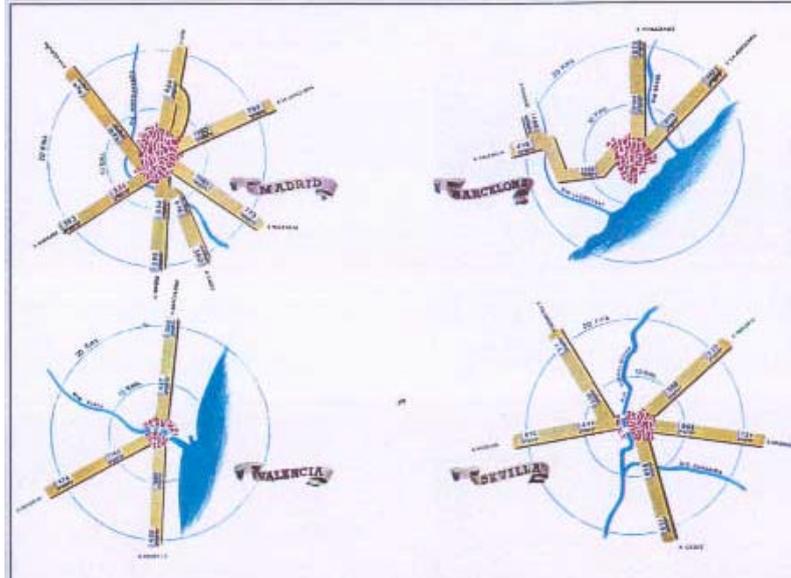
El tráfico es, por entonces, un hecho episódico que no merece cuantificación salvo en algún caso puntual, como al plantearse en 1932 la necesidad de construir un túnel por la sierra de Guadarrama, para lo cual se acudió a una observación directa desarrollada en el mes de octubre de 1931, obteniéndose 700 vehículos/día de media con una variación entre la punta de 1.400 veh./día en los días festivos y el mínimo de 200 veh./día. Se recoge, además la distribución por tipo de vehículos (74 a 87% de automóviles, 6 a 12% de camiones, 10 a 15% de autobuses y 2 a 4% de motocicletas)³

El Plan General de Obras Públicas del año 1941, responsable de la actual denominación de carreteras, ya indicó la necesidad de una nueva visión en la planificación de carreteras⁴ “... En vigor, la red de caminos no ha sido hasta ahora estudiada desde el punto de vista científico...” Así, para determinar la inversión en cada provincia, fue preceptivo calcular “EL GRADO DE NECESIDAD DE LAS PROVINCIAS⁵, siendo esto consecuencia tanto de las características de la oferta como de la demanda.

³ Emilio Kowalsky R.O.P. 1932. pág. 260

⁴ Plan General de Obras Públicas 194º. Tomo I. Caminos. Pág. 81

⁵ Op. Cit. –Pág. 95 a 101



“¿Cuál es el estado de necesidad en cada provincia? ¿Cuáles son las provincias más favorecidas, cuáles son las más dotadas y qué graduación hay entre todas ellas?. ¿Cuál es el número teórico de kilómetros que sería preciso construir en cada una de ellas, o qué equivalente en mejoras es preciso introducir en los caminos existentes para que se compensen las desigualdades que deben existir entre ellas?.

(...) Pretender llegar a una solución matemática completamente exacta es cosa imposible.

Si se contara con estadísticas completas y seguras del tráfico que soporta cada vía, cuya obtención fue recomendada en el Congreso de Carreteras celebrado en Alemania el año 1934, el problema no sería tan complejo y cabría llegar a estudios interesantísimos y de gran utilidad de orden nacional, comarcal, local e individual por vía, pues bastaría relacionar y hacer conjugar los tráficos con los diferentes medios para servirlos; pero siendo nula la existencia de tales datos hay que comenzar por cifrar su cuantía y, naturalmente, esto únicamente a base de consideraciones teóricas e indirectas es de suma dificultad. (pág. 96)

La ausencia de datos de tráfico se suplió por medio de un indicador que reflejara el *grado de movilidad* de cada provincia a_m y que fue definido mediante la expresión siguiente⁶:

$$a_m = \frac{M}{Q+3q} \times \frac{C}{Q+3q} \times \frac{S}{Q+3q}$$

siendo en cada provincia m:

M = Población

C= Contribución rústica e industrial

S= Superficie

Q = Longitud de la red de carreteras.

Q = Longitud de la red ferroviaria.

⁶ Op. Cit –Pág. 97

No obstante, se es consciente, desde el comienzo de la circulación motorizada, del problema que representan los *vehículos pesados* tanto por su *peso* como por su *número*, por su responsabilidad directa en el deterioro del firme. En relación con el primer aspecto se van sucediendo una serie de disposiciones que se inician con el “Reglamento para la circulación de vehículos de motor mecánico” (23 de julio de 1918) donde el peso máximo autorizado de los camiones, en circulación era de 8 Tm con un máximo de 6 Tm de carga por eje. A ésta, le siguieron el nuevo reglamento de 1926 (8 Tm, requiriéndose un permiso especial para mayores cargas), el Código de la Circulación (1934) (máximo 10 Tm, y más con autorización) y el Decreto de 23 de abril de 1948 donde se actualizan los pesos máximos de los vehículos y sus dimensiones. Fija en 15 Tm el peso máximo con carácter general, pudiendo extenderse para ciertas carreteras a 19 Tm (2 ejes), 25 Tm (3 ejes) y 27 Tm en el caso de cabeza tractora con remolque. Al tiempo, las cargas por eje no pueden sobrepasar las 12 Tm en los vehículos de 2 ejes y las 10 Tm en los de 3 ejes.

En línea con esta preocupación, el II Congreso Nacional de Ingeniería, celebrado en mayo de 1950, recoge en una ponencia de Francisco Rodero Rodero la necesidad de proceder a unos aforos para dimensionar debidamente los firmes (“Propuesta de un sistema de valoración de los Aforos de Tráfico”)

El método parte de una realización de aforos en la carretera en estudio, importando no sólo la magnitud sino su distribución por tipos de vehículos.

A continuación, a cada uno de ellos se le aplica una carga media, con lo que se obtiene por agregación la carga vertical y horizontal total que soporta el firme y que representan respectivamente el efecto de impacto de las cargas y las acciones tangenciales de rozamiento, rodadura, aceleración, etc. En función de las magnitudes de esos dos vectores, puede procederse al dimensionamiento del firme⁷.

Si bien con la finalidad antes apuntada, dicha ponencia recoge la primera estadística completa de los aforos registrados en una provincia. Corresponde a León, en el período comprendido entre el 21 de octubre de 1948 y el 7 de octubre de 1949, escogiéndose para ello 25 puntos representativos de las carreteras de la provincia. Los principales datos obtenidos son los siguientes:

IMD 1948-1949 en la Red de Carreteras de León								
	CAMIONES		CARROS		VEHIC. LIGEROS	AUTOBÚS	BICI MOTOS	TOTAL
	15t	8t	3t	1t				
MEDIA 25 AFOROS	13	64	9	43	45	8	156	337
MÁXIMO LEÓN-TROBAJO ^o	10	153	18	88	178	68	1010	1525
MÍNIMO OJEDO-RIAÑO	3	21	-	10	23	4	21	82

⁷ Francisco Rodero Rodero. II Congreso Nacional de Ingeniería. 1950. tomos VIII y IX, pág. 89

Como puede observarse, las bicicletas y motos suponen el 45% del parque circulante y los carros (15%) aun siendo inferiores a los camiones (23%), todavía superan a los automóviles (13%).

El año 1950 es un precedente en la medición de tráfico, ya que se aprueba el “*Plan de Modernización de la Red de Carreteras Españolas*”, y en él se hace una clasificación de las vías en 3 niveles A, B y C según la intensidad del tráfico y el tipo de los vehículos (llanta de goma o metálica), basándose en la cual se establecen los criterios de dimensionamiento geométrico y velocidad.

Por primera vez se efectúan unos aforos sistemáticos en las provincias de Barcelona, Madrid, Valencia y Sevilla, que “obligadamente corresponderán a tráfico máximo”, y se presentan en la forma que conocemos en la actualidad.

Se realizan aforos a 10 y 20 km del centro de esas ciudades, y se destaca cómo los accesos costeros a Barcelona por la N-340 y la N-II tienen los tráfico más altos del país (3.334 y 3.113 veh/día, respectivamente). En Madrid, el máximo no llega a 1.400 veh/día. En Madrid el máximo no llega a 1.400 veh./día (N-II). Anecdóticamente se observa el primer gazapo en los mapas de tráfico: la N-II y N-III tienen repetidos sus datos en Madrid, y lógicamente el error parece corresponder a la carretera de Valencia. (Ver figura 1)

En los EE.UU. se estaba a punto de publicar el primer Manual de Capacidad de Carreteras, y el Plan de Modernización señala que allí “una carretera de 2 carriles podría alcanzar de 3.000 a 5.000 vehículos sin serias dificultades” y en Argentina “con gran diversidad de vehículos y caballerizas, que a veces aconsejan una tercera circulación (carril), los 2.000 veh./día dan en general, con 2 carriles, una circulación fluida”.

En España, concluye esta primera incursión en los estudios de capacidad de carreteras, dado que en los mejores itinerarios (tipo A) tienen aún un 10% de tráfico con llanta metálica: “la cifra de 2.500 vehículos diarios se estima como cifra a aceptar. El máximo horario que tal cifra diaria supone sería de 280 vehículos (cifra experimental) no alcanzada sino excepcionalmente en alguna estadística”

En la actualidad, la capacidad teórica de una carretera de dos carriles es 10 veces superior (2.800 veh./hora). Téngase en cuenta que hasta bien entrados los años 60 los carros circulaban con normalidad por las carreteras españolas y tanto los aforos como las encuestas contemplaban esta tipología de vehículos. Por otro lado los vehículos carecían de la capacidad de aceleración que poseen en el día de hoy todos los vehículos del mercado. A ello, añádase desde la óptica de la carretera, una franca mejoría en el diseño de los accesos, la señalización y en general un trazado mejor y más homogéneo.

Para conocer la importancia de los *carros y bicicletas* hay que señalar que en los estadillos de aforos manuales, reproducido en este artículo; figuraban en primer lugar estos dos tipos de vehículos; aunque, posteriormente, los cálculos de las IMD se hicieran exclusivamente sobre vehículos motorizados.(Figura 2).

En 1962, se realizó un mapa de España que no llegó a ser publicado, con el tráfico (IMD) de carros y bicicletas, destacando la presencia de 500 bicicletas/día en la zona de Guipúzcoa y de 100 carros/día en la zona mediterránea (Levante y Murcia)⁸

Por otro lado, la importancia de las bicicletas hizo que en una de las primeras autopistas de España, la Autopista del aeropuerto de Barajas en Madrid, se construyeran dos carriles-bici paralelos y separados de las calzadas. El aforo de este tipo de vehículos se abandonó definitivamente en 1968.

Tras el plan de modernización (1950), comienza a aforarse en distintas carreteras sin un plan predefinido, con la finalidad de conocer su realidad y sus necesidades futuras.

Así, en el Anteproyecto de la Autopista Transibérica, EUROPA-AFRICA del año 1956,⁹ se hace mención de los aforos llevados a cabo en 1955 en la Red de Carreteras y en particular en los 23 aforos del itinerario IRÚN-MADRID-CÁDIZ-ALGECIRAS, lo que permite deducir la circulación media diaria en vehículos-kilómetro

CIRCULACIÓN MEDIA DIARIA (veh-km) en la ctra. Irún-Madrid-Algeciras año 1955					
ORIGEN	Motocicletas	Turismos	Camiones	Autobuses	TOTALES
Españoles	229.250	474.750	459.000	69.000	1.232.000
Extranjeros	8.750	210.500	3.750	4.250	227.250
TOTALES	238.000	685.250	462.750	73.250	1.459.250

Sabiendo que entonces la longitud del itinerario era de 1.308,6 km¹⁰ ello nos proporciona una IMD de 1.115 veh./día. (En 1997 la IMD fue de 21.700 veh./día). Para este mismo itinerario y en el mismo año, se recoge la variación de las IMD entre sus distintos tramos, que oscila desde los 500 veh./día de las secciones menos frecuentadas, a los 3.000 veh./día en los tramos cercanos a Madrid de las carreteras radiales y el máximo de 9.000 veh./día entre Irún y San Sebastián en la N-I.

En el mismo anteproyecto se recoge el número total de los vehículos que anualmente pasan por las fronteras entre España y Francia y España y África¹¹

Años	VEHICULOS QUE HAN PASADO DE			
	Francia a España	España a Francia	Africa a España	España a Africa
1951	135.307	133.523	8.609	11.011
1952	152.667	153.059	12.233	12.212
1953	186.848	186.819	18.125	18.330
1954	199.882	197.900	14.370	9.842

Volviendo a este primer período hay que destacar que la carretera, que había sido complementaria con el ferrocarril al comunicar las estaciones con los puntos de destino de viajeros y mercancías, iguala en el mismo año (1956) al ferrocarril en los dos tipos de transporte. Desde ese momento se despegará, siendo en la actualidad la relación

⁸ Javier Guillén y Mariano Bulnes. Servicios de Datos Básicos

⁹ Autopista Transibérica Europa-Africa. 1956. Anteproyecto (pág. 7)

¹⁰ Plan de Modernización 1950. Anejos Itinerarios Radiales

¹¹ Autopista transibérica... pág. 9

carretera/ferrocarril, contabilizando sólo la antigua Red de Carreteras del Estado, de 15,1 en viajeros y de 18,6 en mercancías. (Para el conjunto de la Unión Europea en el año 1996, estos ratios son respectivamente 14,1 y 4,7; es decir, el desequilibrio se produce en España en el transporte de las mercancías que mueve porcentualmente por ferrocarril 4 veces menos que en la Unión Europea)

1. EL TRÁFICO COMO REFERENCIA

El Plan General de Obras Públicas de 1960 supuso un cambio radical a la consideración de la carretera, al no ser contemplada únicamente desde la *oferta* (¿qué se tiene? ¿qué se hace? ¿qué características tendrá?) sino también desde la de la *demanda* (¿cuántos usuarios? ¿cuándo?). Al igual que sucedió en otros sectores, la obra pública empieza a dejar de ser buena por sí misma y comienza a ser contemplada en función del servicio que presta.

Este cambio se vio favorecido por la presencia en los EE. UU. de un conjunto de técnicos españoles que adaptaron para España todas las metodologías. que se estaban empleando allí, que no eran otras que las derivadas de un conocimiento exhaustivo tanto de la oferta como de la demanda ,y ésta no solo referida al momento actual, sino a la que se iría produciendo durante la vigencia del plan.



A la vista de ello el Plan de Carreteras de 1960 se fundamentó en el comportamiento de la demanda “... dos aspectos que se estiman fundamentales: el conocimiento de las necesidades globales para *adecuar las carreteras al tráfico al cabo de 16 años*” (Conveniencia del Plan)

“.. Ha sido necesario determinar el nivel de servicio adecuado para proyectos de nuevas carreteras, variantes y acondicionamientos, *en función de la I.M.D. del año horizonte ..*”

En los objetivos del Plan se recogen estos aspectos de una forma más fehaciente.

“(Al final del 1^{er} cuatrienio) se habrá conseguido la perfecta adecuación entre el estado de las carreteras y las exigencias de tráfico que previsiblemente, han de soportar en aquella fecha”

Y aún mas importante “(las *inversiones* se acomodarán cada año) procurando que guarde relación *con el índice de crecimiento de tráfico*”

Para llevar a cabo estos cometidos, se creó una División de Planes y Tráfico ¹² con los cometidos siguientes ¹³:

- Realizar un Plan Anual de Aforos
- Realización de Encuestas de tráfico de Origen-Destino
- Realización de un Inventario de Carreteras
- Realización de estudios básicos
- Coordinación de normas técnicas

Para facilitar las tareas se adquirió un primer IBM 1620, sustituido después por el primer ordenador de 3ª generación que vino a España (un 360 de 64 K), que supuso una inversión de 60 Mptas de 1965, con un incremento de 20 Mptas para ampliar la memoria a 128 K, lo que supone 1.400 Millones de pesetas al cambio actual. Con este ordenador se inició la mecanización del Plan de Aforos en 1966.

Por aquella época el *Banco Mundial* (1962) realizó un informe sobre las perspectivas de desarrollo español y, en el caso de las carreteras, recomendó una serie de estudios esenciales, que además deberán estar permanentemente actualizados:

- Volúmenes de tráfico
- Encuestas de Origen-Destino (pantalla y cordón)
- Parque de vehículos
- Consumo de combustibles
- Accidentes
- Inventario de Carreteras
- Previsiones de tráfico
- Riqueza y variaciones de tráfico producidas por las actuaciones en carretera.

La similitud entre ambas propuestas (Plan y Banco Mundial) es notoria y, de hecho, a partir de ese momento, la obtención y actualización de datos básicos se ha mantenido hasta nuestros días.

Otra consecuencia del impulso tecnológico derivado de la nueva organización y exigencias del Plan es la aprobación de una nueva Instrucción de Carreteras (1961) que sustituyó a la ya obsoleta de 1939.

El *Plan Nacional de Aforos* fue uno de los objetivos básico de la nueva organización y como tal se recogía de la memoria del Ministerio de aquel año ¹⁴. Desde entonces, se publica con carácter anual con indicación de la tipología, información a obtener etc. en cada una de las provincias.

“De los dos estudios básicos necesarios (aforos e inventario) para poder elaborar con datos objetivos los planes futuros de carreteras, el primero fue iniciado en el año 1959 (O.C. 42/1959)” (pág. 262)

¹² Reorganización de la Dirección General de Carreteras según Orden Circular nº 76 de 12 de agosto de 1960. La Dirección General de Carreteras está constituida además de la Dirección por una Subdirección, tres Divisiones (Planes y Tráfico, Proyectos y Obras y Conservación y Vialidad), un Gabinete de Estudios y una Sección de Contratación y Asuntos Generales.

¹³ Memoria del M.O.P. 1957-1960. Tomo 1 pág.260

¹⁴ Memoria del Ministerio de Obras Públicas. Años 1957-1960. Tomo 1 pág. 265



“Objetivos inmediatos del Plan son:

- a) Obtener el tráfico medio diario de cada año (intensidad, carácter y composición en cada zona de carretera)
- b) Determinar las variaciones típicas del tráfico en determinados períodos.
- c) Ordenar las horas del año en orden decreciente de intensidades para elegir la hora más adecuada como base de proyectos.
- d) Obtener la posible correlación del tráfico con otros factores (uso del suelo, renta por habitante, población, etc.), a los efectos de obtener elementos de juicio para la previsión del tráfico futuro” (pág. 262)

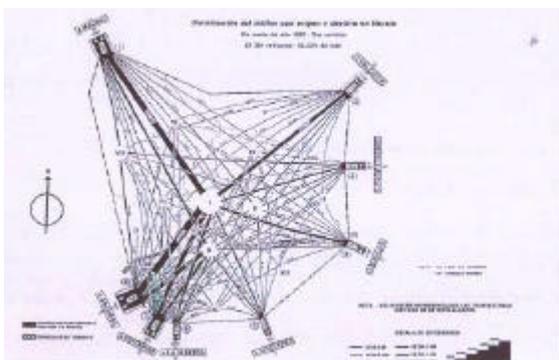
Estos objetivos se cumplieron a partir de 1962 tras la instalación de 30 estaciones permanentes. En 1960 se compraron 51 contadores de registro horario, 263 totalizadores para un determinado período de aforo y 12 básculas para pesaje de camiones, todo ello extraído del fondo de la ayuda americana.

No obstante, en 1960 todos los aforos se realizaron manualmente.

El número de estaciones establecidas en este primer año fue el siguiente:

- 750 estaciones de control para determinar las leyes de variación del tráfico y con ello obtener los coeficientes que permitieran extender los datos obtenidos en las estaciones de cobertura. De ellas, 259 estaciones de control primario y 491 de control secundario, que se distinguen fundamentalmente por obtenerse en las primeras los coeficientes de tráfico de sábados y domingos.

- 3.000 estaciones de cobertura para estimar la intensidad media diaria en cada sección de carretera (pág. 263)¹⁵



La red objeto de atención era la Red de Carreteras del Estado que en 1960 tenía 80.403 km. De ella, fueron aforadas el primer año 55.032,5 km y se obtuvo la 1ª *distribución de carreteras en función del tráfico* ¹⁶

La Dirección General de Carreteras en su memoria del año 1960 resumía en una sola página los resultados del primer año de funcionamiento del Plan Nacional de Aforos ¹⁷. Calculaba los vehículos-kilómetro producidos en cada una de las redes, 6.899 millones de vehículos-kilómetro en la Red principal y 3.603 millones de vehículos-kilómetro en la Red secundaria, lo que equivale a unas IMD de 1.425 veh./día en la red principal y de 147 veh./día en la red secundaria. En 1966, el tráfico en la red de carreteras interurbanas fue de 180.971 millones de veh/km (Ver cuadro del punto 2).

Se trata por tanto de la primera cuantificación del tráfico total producido en la Red de Carreteras del Estado, información que se mantendría en las sucesivas memorias de la Dirección General hasta 1990; fecha a partir de la cual se publicaron los datos en la memoria del Ministerio, en la memoria de Datos Básicos y en el “Informe Anual. Los Transportes y las Comunicaciones”

Complementariamente se publicó en ese año de 1960 el *primer mapa de tráfico* que posteriormente y de una forma ininterrumpida se ha venido editando con carácter anual.(Ver gráfico 3)

En relación con este plano y los datos de tráfico publicados en la Memoria de la Dirección General de Carreteras cabe destacar los siguientes aspectos.

1. *El 69% de la red principal (13.263 km) en 1960 tenía un tráfico comprendido entre 500 y 2000 veh./día. En la actualidad (1997) un 24 % de los tramos tiene un tráfico comprendido entre 2000 y 4999 veh./día y un 26% entre 5000 y 10.000 veh./día.*

Por encima de 20.000 veh./día hay 2245 km lo que significa un 11 % de la Red.

¹⁵ El Plan de Aforos de 1999 contempla la toma de datos en 2.525 estaciones (210 Permanentes, 152 Primarias, 367 secundarias y 1796 de Cobertura)

¹⁶ Memoria del Ministerio de Obras Públicas. Años 1957-1960. Tomo I pág. 265

¹⁷ Memoria de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales. Año 1960. Cuadro 15

2. El máximo tráfico en España en aquel año y el único que superó los 20.000 veh./día fue en Madrid la salida de la N-II (C/ María de Molina entre Castellana y Cartagena) con 21.188 veh./día. En la actualidad el máximo se registra en la M-30 entre la N-II y N-III con 250.411 veh./día (1997).

CIRCULACIÓN EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO. AÑO 1960			
IMD Km	Red principal Km	Red secundaria Km	Total Km
0 a 100	-	18.700,5	18.700,0
100 a 250	164,3	12.902,5	13.066,8
250 a 500	2.111,2	7.377,8	9.489,0
500 a 1.000	4.839,4	2.257,1	7.096,5
1.000 a 2.000	4.338,4	456,4	4.794,8
2.000 a 5.000	1.527,9	71,7	1.599,6
5.000 a 10.000	213,6	1,0	214,6
10.000 a 15.000	41,7	2,5	44,2
15.000 a 20.000	24,0	-	24,0
Más de 20.000	2,5	-	2,5
Sin clasificar	-	25.370,8	25.370,8
TOTALES	13.263,0	67.140,3	80.403,3

3. En la *red secundaria* el 65% de la red tenía un tráfico inferior a 100 veh./día
4. El *mapa* recoge en cada estación la *distribución por tipo de vehículos* (motos-vehículos ligeros y vehículos pesados) y destaca la gran importancia que motos y vehículos pesados (que incluía los autobuses) tenían en la circulación rodada.
5. La memoria de la Dirección General de Carreteras de 1961 recoge además del tráfico total (11.359 millones de veh.-km) la distribución por tipos de vehículos:
- | | |
|--------------|--------|
| Motocicletas | 20,3 % |
| Coches | 40,4 % |
| Autobuses | 2,9 % |
| Camiones | 36,3 % |
6. En 1996 las *motocicletas* tienen una participación inferior al 1 % (0,8 %), los *camiones* entre el 16 % de la Red de Carreteras del Estado y el 9 % de la Red Autónoma con una media para los 95.000 km de un 12,8 % y los vehículos ligeros un 86,2 %.

Otros datos de tráfico como distribuciones por tipo de vehículo, tipo de red, etc... fueron recogidos de una toma exhaustiva en la Memoria de Datos Básicos (Anuales desde 1961)

Desde 1960 comenzó, por otro lado, a estudiarse los *Orígenes-Destino*, bien de un conjunto de secciones de un itinerario (encuesta de pantalla), bien de todas las carreteras que confluían en una población (encuesta de cordón). Además de los orígenes-destino se estudiaba el motivo de viaje, longitud de viaje, tipo de vehículo, etc. Como ejemplo

se acompaña el gráfico 4 con la distribución del tráfico en la Encuesta Origen-Destino de la ciudad de Murcia del año 1962.

La finalidad de todos ellos era proceder a un diseño y dimensionamiento óptimo de vías nuevas y los enlaces necesarios para captar la mayor cantidad de tráfico.

Entre 1961 y 1977 se realizaron 97 encuestas dirigidas desde los servicios centrales de la Dirección General de Carreteras. Posteriormente, con motivo del Plan General de Carreteras, se realizaron 28 encuestas interurbanas en 1983 y 55 en 1989 a las que hay que añadir las 67 encuestas codificadas en el medio periurbano en 1990 ¹⁸

2. LA ACTUALIDAD. NUEVAS NECESIDADES DE INFORMACION

Desde 1960 a 1996 el tráfico carretero se ha multiplicado por 17, el parque oficial de vehículos ha aumentado en 20 veces (hasta 1997) y el de turismos, en particular, en 53 veces. Se ha pasado de 1 turismo cada 100 habitantes en 1960 a 386 turismos cada 100 habitantes en la actualidad ¹⁹.



Este incremento tan notable del parque de vehículos y del tráfico va unido a profundos cambios en la sociedad que en relación al tema que nos ocupa puede agruparse en los siguientes aspectos:

- 1) *Mayor cantidad de Unidades Administrativas con responsabilidad en el tema de tráfico.* A la Dirección General de Carreteras se han añadido las Comunidades Autónomas, la Dirección General de Transportes por Carretera, y la propia Dirección General de Tráfico que ha ido ampliando progresivamente sus competencias en materia de explotación e información. En este sentido desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento se ha ido procediendo a unificar y publicar los resultados de los Planes de Afros de todas

¹⁸ Existen no obstante unas encuestas incluidas junto a las mencionadas en "Necesidades de Actuación en Medio Urbano" desarrollado por Demarcaciones para la elaboración del Plan Sectorial 1992-2000. Área de Planificación 1990.

¹⁹ Datos del Área de Planificación. En el tráfico se ha incluido el que se recoge en todo el viario interurbano incluyendo Estado, CC.AA, Diputaciones y Red Interurbana de Ayuntamientos. Si se compara solo con la antigua Red del Estado el tráfico ha crecido hasta 1997, 13,8 veces.

El parque oficial se estima que estaba sobrevalorado en 1992 un 21 %. En la actualidad pendientes de una revisión del modelo de parque esta sobrevaloración puede ser del 18 %

las Administraciones desde 1990 de una forma parcial y desde 1995 de forma ya sistematizada.

- 2) *Mayor dispersión de la información* lo que obliga a un importante esfuerzo de coordinación. A la existencia de mayor número de Unidades Administrativas se añade el procedimiento cada vez mas generalizado de Asistencias Técnicas, cuya información allí utilizada rara vez se puede integrar en bases de datos más generales.
- 3) *Mayor exigencia de calidad y prontitud en el tiempo de respuesta.* Si a comienzos de los 80 los equipos de inducción magnética colocados bajo la capa de rodadura (TRAFICOM I) supusieron un avance respecto a los equipos anteriores (mayor fiabilidad, conocimiento de la distribución de tráfico, etc.) los progresivos avances en microinformática han hecho que los equipos actuales (TRAFICOM III) con doble sistema de espiras y posibilidad de programación ofrezcan otras informaciones como velocidad instantánea por tipo de vehículo y el almacenamiento de la información en discos flexibles directamente tratables en un ordenador.

La última innovación ha sido conectar en línea un conjunto de estaciones permanentes por medio de *telefonía móvil* (sistema GSM) con un ordenador de los Servicios Centrales de la Dirección General de Carreteras, de manera que se tiene toda la información que se desee, puntual o de un período cualquiera, en el momento que quiera utilizarse.

Este sistema se piensa extender a lo largo de 1999 al conjunto de las 210 estaciones permanentes colocadas en la Red de Carreteras del Estado.

- 4) *Diferencias entre los datos para regular la circulación en la vía e información al público y los datos para proyectos de conservación y explotación.* Son, en definitiva la diferencia entre los datos obtenidos por la Dirección General de Tráfico y los obtenidos por las Direcciones Generales de Carreteras de los distintos Organismos.

Los primeros se extienden al conjunto de accesos de las grandes ciudades obteniendo, no solo una imagen, sino una cuantificación de los tráficos y velocidades en troncos y ramales, que permita tanto una correcta explotación de la vía como una buena información al público. Interesa no solo lo que está pasando, sino lo que pueda pasar en un breve espacio temporal para, además, de regular el tráfico, informar desde la carretera (paneles de información variable), desde los medios de comunicación o telefónicamente.

La transmisión (tanto de tráfico como meteorológica) se hace por medio de un cable de fibra óptica, utilizando sólo equipos GSM (telefonía móvil) en los casos de difícil acceso al cableado.

Para los estudios y proyectos de carreteras se precisa, en cambio, una información muy sintetizada de series anuales, con distribuciones por tipos de vehículos y por series temporales (época del día, semanas, meses, etc.). No se requieren tantos puntos de aforo, pero se tiene que tener información homogénea de toda la red.

En la actualidad se está formalizando una colaboración entre la Dirección General de Carreteras y la Dirección General de Tráfico, para poder emplear los dos organismos toda la información generada por ambos.

5) *Nuevas necesidades de información*

Entre ellas cabe reseñar:

a) *Avance de resultados y previsiones. INFORMES DE COYUNTURA*

Normalmente, la validación de datos que deben ser supervisados en las Unidades originarias hace que las informaciones sintetizadas puedan tardar tiempo en producirse: con lo cual resulta cada vez mas imprescindible disponer de este tipo de informes.

El Área de Planificación inició este tipo de informes en 1989, y en la actualidad tienen carácter trimestral, recogiendo la información mas relevante de tráfico, matriculaciones de vehículos, consumo de combustible y comportamiento de las variables macroeconómicas.

La *distribución mensual de tráfico* se hace a partir de un muestreo estratificado con los datos mensuales de las estaciones permanentes, sobre la distribución completa de tráfico del año anterior.

b) *Nuevos datos y precisiones en el mapa de tráfico*

La mayor demanda de información ha dado origen en una serie de mejoras en el mapa de tráfico. Entre ellas cabe señalar.

- MAPA DE VEHÍCULOS PESADOS (desde 1996)
- MAPA DE MERCANCÍAS PELIGROSAS (1996; en 1997 está recogido en el parque de vehículos pesados)
- MAPA DE VELOCIDADES DE RECORRIDO (Ver punto 5)
- Diskette con todos los datos y coeficientes de expansión de la totalidad de las estaciones ya que los datos de las estaciones de cobertura no figuran en el plano (Desde 1993)
- Información sobre el tiempo de funcionamiento de la estación y nivel de fiabilidad.

c) *La información del futuro. CD-ROM con Segmentación Dinámica*

En la actualidad se está procediendo a unificar la información de tráfico, vehículos ligeros, vehículos pesados, velocidades, accidentes en toda la Red de Carreteras del Estado de forma que por medio de un S.I.G se pueda consultar, si se desea, gráficamente la localización de una estación cualquiera y conocer en un entorno el comportamiento de todas las variables arriba indicadas; o bien seleccionar un tramo o itinerario y obtener las características puntuales y/o medias de la selección efectuada.

d) *La información de otros organismos de Carreteras. EL VIARIO TOTAL DE ESPAÑA*

Toda la información histórica del tráfico se ha referido a los sucesivos Planes de Aforos llevados a cabo en la Red de Carreteras del Estado. En 1984, tras las transferencias a las Comunidades Autónomas, se mantuvo la serie histórica a partir de algunos aforos puntuales en la red transferida y los datos de la propia Dirección General de Carreteras; pero, transcurridos unos años, esta información dejó de ser homogénea, y se pasó a una labor de coordinación con los auténticos gestores del tráfico: las Comunidades Autónomas y las Diputaciones. Gracias a ello y tras unos intentos en 1990 y 1991 se pasó de una manera decidida a la obtención de esos datos en 1995, habiéndose producido en estos 4 últimos años unos notables progresos en cuanto a información y calidad.

Los datos correspondientes a 1996 quedan recogidos en la figura 5 y cuantificados en el cuadro adjunto ²⁰



LONGITUD, TRÁFICO Y CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN LA TOTALIDAD DEL VIARIO (Urbano e Interurbano)								
		Longitud 1997 (km)	Tráfico 1996				Cons.carburantes	
			I.M.D.	Total	% INT.	% Total	Gasolina	Gasóleo
Interurbano	Red de Carreteras del Estado	23.397	10.708	85.614	47,3	32,5	25,5	37,8
	Comunidades Autónomas	72.444	2.758	72.841	40,3	27,7	20,0	29,7
	Diputaciones y Cabildos	66.954	623	15.233	8,4	5,8	4,4	6,5
	Ayuntamientos Pavimentados	109.984	125	4.987	2,8			
	No Pavimentados	251.208	25	2.297	1,2	2,8	2,2	3,2
	Otro viario	11.355						
	Total Interurbano	535.342		180.971	100	68,8		
Urbano	Ayuntamientos	128.949	1.739	82.068		31,2	47,9	22,8
	Total Urbano	128.949	1.739	82.068		31,2	47,9	22,8
Total Urbano e Interurbano		664.291		263.039		100	100	100

²⁰ El Consumo de Combustible estimado por el Área de Planificación. Informe de Coyuntura nº 17 marzo 1993

Por otro lado, siempre se ha conocido la Red de Carreteras que forman Estado, Comunidades Autónomas y Diputaciones. En cambio, existe otro viario interurbano que ha desaparecido de las estadísticas oficiales. En efecto, el Plan de Vías Provinciales dirigido en 1974 por la entonces Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, tuvo como primera tarea la realización de un inventario que confirmó la existencia de *168,185 km.*²¹ Correspondientes a Ayuntamientos, ICONA, IRIDA, etc.

A sugerencia de la Dirección General de Carreteras, la Subdirección General de Estadística del Ministerio de Fomento ha realizado en estos últimos 4 años un inventario de carreteras urbanas e interurbanas de los Ayuntamientos, confirmando que en la actualidad su longitud es de *361.192 km* interurbanas, por lo que la *longitud total interurbana* es de *535.342 km*. Además, se ha cuantificado el *viario urbano*, que suma *128.949 km*²²

3. EL MAPA DE VELOCIDADES 1997

La última variable incorporada a la información que elabora la Dirección General de Carreteras para su mapa de tráfico es la de *velocidades medias de recorrido* y *velocidades puntuales en las estaciones permanentes*. Continúa así la pauta iniciada en años anteriores de completar la información de tráfico. Primero fue en 1993 con un diskette con los datos de todas las estaciones, después en 1996 con los mapas de vehículos pesados y mercancías peligrosas tal y como hacíamos mención en el punto anterior (4b y 4c)

La velocidad media de recorrido es una de las variables básicas con la que proceder en cualquier *modelo de tráfico* para conocer los repartos de tráfico que tendrá la red tras someterla a cualquier modificación. En particular, es el atributo esencial de cada tramo de la red para aplicar cualquier programa de *ACCESIBILIDAD* o de *caminos mínimos*.

Por otro lado, la velocidad es uno de los *mejores indicadores* de la *calidad de la oferta* y del comportamiento real que se observa en cada punto.

Históricamente, el conocimiento de la velocidad se reducía a itinerarios determinados o bien a la información proporcionada por los viajeros en sus recorridos por España, o bien en los tiempos concertados en los viajes en diligencias, postas o mercancías. Como señalo en un trabajo reciente ²³ *LA VELOCIDAD HA SIDO UN INVARIANTE HISTÓRICO HASTA LA LLEGADA DEL FERROCARRIL* y hasta ese momento el medio mas eficiente en coste, tiempo de recorrido y mercancías o viajeros transportados era el *MEDIO MARÍTIMO*.

Hasta 1848 las velocidades medias de recorrido eran:

- POSTAS Y DILIGENCIAS < 100 km/día
- MERCANCÍAS < 40 km/día
- BARCO : 160 km/día

²¹ Catálogo de Vías Provinciales. 1997. Plan de Vías Provinciales DGC-MOP

²² Inventario de Carreteras de los Ayuntamientos. Febrero 99. Subdirección de Estadística. Ministerio de Fomento.

²³ Pedro Galán: Accesibilidad territorial y Carreteras locales. XV VYODEAL . Málaga Marzo 1999

Desde 1848, las velocidades de los viajeros se multiplicaron por diez gracias al ferrocarril.

Desde 1900, la información de que se dispone es sólo la de algunos itinerarios como Madrid-Irún, Madrid-Zaragoza-Barcelona, Madrid-Córdoba-Sevilla, Madrid-Talavera-Mérida-Sevilla que tras el plan de firmes especiales (1927) permitía hacer todos esos recorridos a una media entre 60 y 65 km/h²⁴.

No obstante, no ha habido una información sistematizada de toda la red hasta los trabajos emprendidos con motivo de la realización del Plan Nacional de Autopistas de Peaje (1970), Plan de Carreteras 1984-1991 (1982) y Mapa de Tráfico 1997.

La velocidad media de recorrido se obtiene mediante el método de *coche flotante* haciendo un conjunto de recorridos de acuerdo con los siguientes criterios:



1. En condiciones de tráfico medio, se adelanta tantos vehículos ligeros como vehículos adelantan al coche propio.
2. En condiciones de tráfico denso, donde no hay adelantamientos, la velocidad es la del flujo circulatorio.
3. En caso de inexistencia de tráfico, la velocidad es la velocidad máxima en condiciones de seguridad, empleando como tope máximo el de la velocidad legal.

Tras esta campaña, que se actualizará en años sucesivos, el comportamiento histórico de este tipo de velocidades es el siguiente:

Cuadro 2		Longitud	V. ligeros	V. Pesados
1970	Red básica	18.840	70,96	53,72
	Red complementaria	19.888	58,45	43,82
	Red total	38.728	64,54	48,64
1982	Red básica	40.000	70,34	
1997	Autovías y autopistas libres	4.476	108,7	
	Autopistas de peaje	1.752	129,3	
	Red convencional	16.478	85,7	
	TOTAL		92,3 km/h	

²⁴ Una fuente de información básica está en las Revistas de Obras Públicas.

Una selección de las mismas se puede encontrar en Historia de los Caminos en España. Tomo II. José Ignacio Uriol Salcedo.

En el Plano realizado (Ver *Mapa adjunto*) se ha agrupado por tramos coincidentes con los del Inventario de Características Geométricas que tienen una homogeneidad (límites de provincia, intersección con otras carreteras de R.C.E. y capitales de provincia). No obstante se dispone de una segmentación mas extensa.



El Plano se completa con una información de las *velocidades puntuales*²⁵ de todas aquellas *estaciones permanentes* que tuvieran datos en 1997, y que tras la instalación de nuevos equipos en 1998 se extenderá en 1999 al conjunto de estaciones permanentes, primarias y secundarias²⁶ que disponen ya de los nuevos equipos TRAFICOM III apto para esta toma de datos.

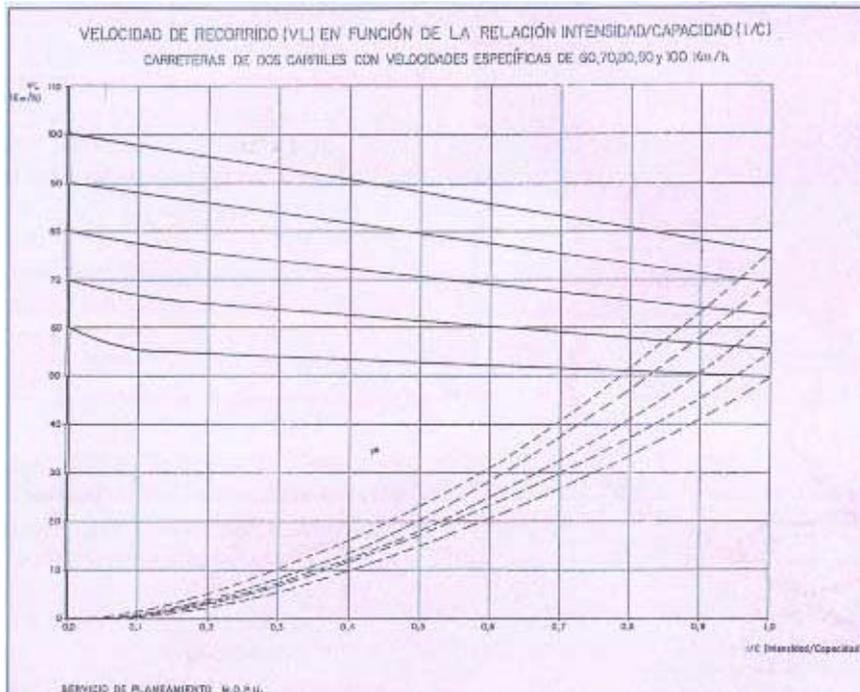
Los datos obtenidos de velocidades en las 82 estaciones permanentes son los siguientes:

1. nº de estación
2. nº de días en funcionamiento
3. Intensidad media diaria de vehículos ligeros
4. Velocidad media de vehículos ligeros
5. Porcentaje de la desviación típica respecto a la velocidad media
6. Porcentaje de variación anual entre 1996 y 1997.
- 7 a 10 Idem. Para vehículos pesados.

²⁵ Aunque el programa que se aplica en los aparatos de aforos admite hasta 15 intervalos de velocidades el cual se emplea para estudios específicos como el que se hace mención al final del artículo en la práctica los datos se van agrupando por tipos de vehículos y por horas en los siguientes intervalos < 80 km/h, 81-100, 101-120, 121-140, 141-160 y >160 km/h

²⁶ Según el Plan de Aforos de 1999 el nº de estaciones en la R.C.E. que tienen que tomar tanto datos de tráfico como de velocidades son: 210 Estaciones Permanentes, 150 estaciones primarias y 367 estaciones secundarias.

Como consecuencia de ello, se podrá tener en cada punto una relación entre la velocidad media de recorrido, la V_{50} , la V_{80} (velocidad de proyecto) y la V_{90} (velocidad de seguridad)²⁷



En la actualidad se está llevando un trabajo en el Área de Planificación para conocer en cada estación la distribución temporal de velocidades para diseñar la toma de datos óptima en la red y actualizar los gráficos (ver figura 6) que relacionan la velocidad de recorrido con la velocidad específica y el tráfico, y que son los que se emplean en el Manual de Evaluación de Proyectos de Carreteras para asignar una velocidad en una sección dada a cada relación de tráfico I/C (Intensidad/Capacidad)²⁸

Pedro M. Galán Bueno.
Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

²⁷ En España la V_{90} parece superar en 30 km/h a la V_{80} cuando en el resto de países europeos esa diferencia es tan solo de 20 km/h

²⁸ Manual de Evaluación de Proyectos. Anejo para el cálculo de las velocidades de recorrido.