

# El papel de las Infraestructuras y Servicios de Transporte en el Diseño Urbano



**Secundino de León López**  
Doctor Ingeniero  
y Catedrático de Universidad

## 1. Introducción

La relación entre el transporte y el diseño urbano es biunívoca. Por un lado, la demanda de transporte viene definida, fundamentalmente, por la localización de la población y de las actividades (empleo, educación, sanidad, ocio, etc.) en las que esta desea participar. Y, por otro lado, la existencia de infraestructuras y servicios de transporte potentes ha sido y es un factor determinante para la localización de nuevos desarrollos urbanos. En este sentido, la distribución espacial de accesibilidad, como resultado de los modos de transporte predominantes en cada época, puede explicar, en gran medida, la evolución de la forma urbana desde la ciudad compacta (peatonal) hacia la ciudad dispersa o polinuclear típica de nuestro tiempo (automóvil), pasando por la ciudad lineal o tentacular asociada al ferrocarril.

El contenido de este artículo recoge un resumen conceptual de las ponencias dedicadas al papel de la red viaria y del transporte colectivo en el diseño urbano, en el Curso sobre Diseño Urbano, organizado por el Departamento de Arte, Ciudad y Territorio de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

## 2. El papel de la red viaria

### 2.1. Clasificación funcional de las carreteras urbanas

En los estudios y proyectos de planificación y gestión del viario urbano debe tenerse en cuenta el papel funcional de cada vía en el sistema de transporte urbano. Esto es lo que habitualmente se denomina Jerarquización Funcional de la Red Viaria, para lo que se consideran las siguientes categorías:

- **Vías rápidas, autovías y autopistas urbanas**, que canalizan el tráfico de paso de media y larga distancia, con cruces a distinto nivel de vehículos y peatones. En ellas no se permite el estacionamiento ni las paradas de transporte público, salvo en vías de servicio. Los vehículos pesados deberían usar predominantemente estas vías.
- **Arterias urbanas**, que dan servicio esencialmente al tráfico de paso urbano y a movimientos exteriores de penetración. Como función secundaria, proporcionan acceso a propiedades. Los movimientos de giro en las intersecciones generalmente no exceden el 20% del total de circulación, y el desarrollo comercial en el entorno puede ser intenso. Admiten cruces a nivel, entre vehículos y de vehículos-peatones, generalmente regulados por semáforos o glorietas, así como paradas de trans-

## The Role of the Infrastructures and Transport Services in Urban Design

### 1. Introduction

The relationship between transport and urban design is bi-univocal. On the one hand the transport demand is fundamentally defined by the placement of the population and the placement of the activities (employment, education, health, leisure, etc.) in which that population wants to take part. And on the other hand the infrastructures and the powerful transport services have been and still are a determinant factor for the placement of new urban developments. In this sense the spatial distribution of the accessibility, as a result of the different dominant transport services during time, can explain the evolution of the urban shape from the compact city (pedestrian city) and from the lineal city associated to the railway, to the disperse or multi-nuclear city of our time (automobile city). This article is a conceptual abstract of the lectures dedicated to the role of the road network and to the role of the transport services in urban design presented in the Course About Urban Design organised by the Department of Arts City and Territory of the University of Las Palmas de Gran Canaria.

## 2. The Role of the Road Network

### 2.1. Functional Classification of the urban roads

In the studies and in the projects of planning and management of the urban road network we must take into account the functional role of each road in the urban transport system. This is what we usually call Functional Hierarchy of the Road Network, and in this hierarchy we find the following categories:

- **High speed roads, urban highways and freeways**, which canalise the long and medium distance traffic of vehicles and pedestrians with crossroads at a different level. Parking and public transport stops are forbidden in this kind of roads, except in service roads. Heavy vehicles must use this kind of roads.
- **Urban arteries**, which essentially give service to the urban traffic and to the external movements which get into the city. As a secondary function they give access to some private properties. The gyratory movements of the intersections generally do not exceed 20% of the whole of the traffic and the commercial development in the surrounding area can be intense. They allow crossroads at



porte público, preferentemente con apartaderos. En general, no es recomendable el estacionamiento de vehículos, ni operaciones de carga y descarga de mercancías, especialmente en las inmediaciones de los cruces.

- **Calles colectoras - distribuidoras.** Permiten la distribución de tráfico externo y canalizan cierto tráfico interno de poca distancia. Proporcionan tanto accesibilidad como servicio de circulación al tráfico (movilidad) en zonas residenciales, comerciales e industriales; siendo la función de accesibilidad más importante que en las arterias. Asimismo, es habitual la circulación y paradas del transporte público urbano. Se suele permitir el estacionamiento, combinado con zonas de carga/descarga, paradas de guagua y paradas de taxi.
- **Calles céntricas o locales.** Son vías cuya función principal es la de proporcionar acceso a los comercios y viviendas de la zona. Dicha actividad debe combinarse con el aparcamiento y las operaciones de carga y descarga, sin olvidar los movimientos peatonales y ciclistas. Los movimientos de giro en las intersecciones suelen ser superiores al 20% del tráfico total, y son habituales los conflictos peatonales, estacionamientos, carga/descarga, etc. En general, no suelen situarse paradas de guagua y de taxi en este tipo de calles.
- **Calles sin tráfico rodado o con tráfico restringido.** Se trata de calles en las que no se permite la circulación de vehículos motorizados, salvo acceso a garajes y operaciones de carga/descarga a determinadas horas; o bien de tráfico moderado, tanto en intensidad como en velocidad, en las que los peatones y las bicicletas tienen prioridad sobre los vehículos de tracción mecánica.

## 2.2. Tipología y criterios de diseño de cruces

Los encuentros o cruces entre vías urbanas son una fuente de potenciales conflictos entre vehículos, así como entre estos y los modos de transporte no motorizados (peatones y bicicletas). Por tanto, en cada caso se debe adoptar una solución adecuada para satisfacer las necesidades de movilidad de los diferentes grupos de usuarios de la red viaria, en condiciones de seguridad y comodidad.

En general, se consideran tres tipos de cruces: 1. *Intersecciones a nivel*, 2. *Cruces a distinto nivel sin ramales* y 3. *Enlaces*. En las Figuras 1 y 2 se presentan algunos ejemplos de intersecciones a nivel y enlaces, respectivamente.

the same level between vehicles and between vehicles and pedestrians, usually regulated by traffic lights or circuses, and also they allow public transport stops. Generally parking and operations of loading and unloading of goods are not recommended, especially near the crossroads.

- **Collecting streets – distribution roads.** They allow the distribution of the external traffic and they canalise certain short distance inner traffic. They give accessibility as mobility service in the residential, commercial and industrial areas, and their accessibility function is much more important than in the arterials. At the same time public transport stops and circulation is usual in this kind of roads. Parking is generally allowed and is combined with areas for loading and unloading goods, bus stops and taxi stops.
- **Centric or local streets.** These are roads which main function is to give access to the shops and houses of the area. This activity must be combined with parking and with the operations of loading and unloading, and with the movement of bicycles and pedestrians. The gyratory movements at the intersections usually surpass 20% of the total traffic and usually the movement of pedestrians coincides with parking, loading/unloading areas, etc. These streets usually do not have bus or taxi stops.

- **Streets without vehicles or streets of restricted traffic.** These are streets in which the circulation of vehicles is not allowed except in the cases of access to garages and loading and unloading of goods at certain times. Also these streets sometimes can have a moderated traffic flow of low intensity and low speed, and in even in these cases pedestrians and bicycles have priority over the vehicles of mechanic tensile.

### 2.2. Typology and Criteria for the Design of Crossroads

The crossroads between urban ways are a potential source of conflicts between vehicles and also a source of conflicts between those vehicles pedestrians and bicycles. Therefore in each case we must choose the right solution in order to safely and comfortably satisfy the mobility needs of the different groups of users of the road network.

We can find three general types of crossroads: 1. Intersections at the same level, 2. Crossroads at a different level without slip roads and 3. Links. In the figures 1 and 2 we can see some examples of intersections at the same level and links.

The selection of the type of crossroad can be done according to two criteria: the intensity of the traffic and the functional



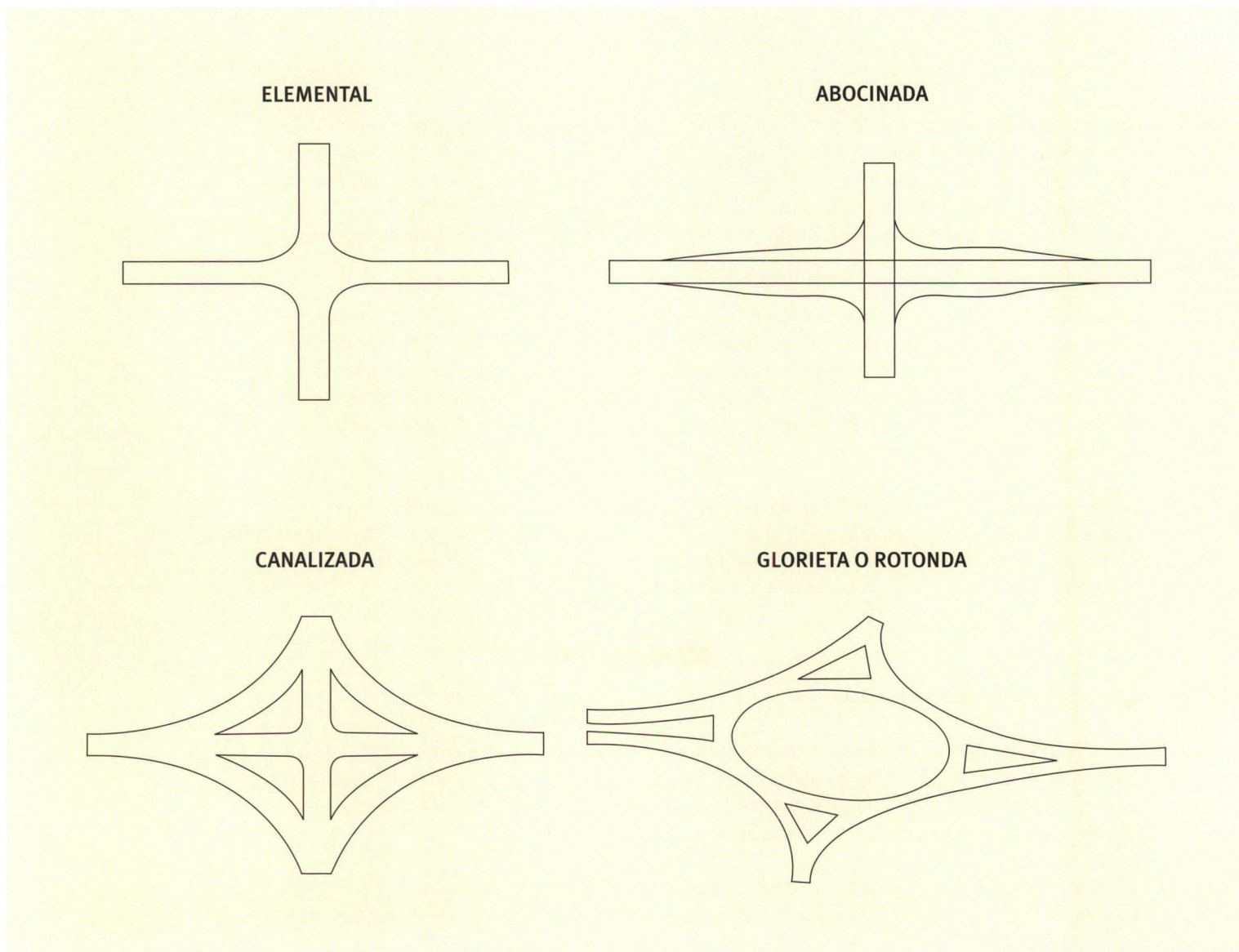


FIGURA 1.  
Ejemplos de intersecciones a nivel.  
*Examples of intersections at the same level.*

category of the roads which are crossed there, although both criteria are closely related.

Attending to the **intensity of the traffic flow** of the roads which cross in a crossroad, in the Figure 3 we can see a graphic which shows the kind of crossroad which must be chosen according to the average daily intensity (IMD) of the traffic flow of the primary and secondary roads.

According to the **functional category** of the roads which cross at the crossroad we find the following solutions:

- In the crossroads of urban arteries with freeways or urban highways we must choose a solution of crossroad at a different level which will be mainly determined by the conditions of space, number of accesses and expected traffic intensities.
- In the crossroads between urban arteries and collecting (distributing) streets, we will generally use circuses or traffic lights. We recommend the following of the guidelines of the "Recommendations about circuses" (*Recomendaciones sobre glorietas*) of the Ministry of Public Works, Transports and Environment (1994) for the dimensioning and layout of circuses and traffic circles.
- The intersections between collecting (distributing) streets will be generally resolved by elemental or canalised

crossroads with priority traffic signs or with traffic lights, although in some cases the built of traffic circles will be recommended.

- The crossroads between collecting (distributing) streets and local streets will be generally resolved with priority traffic signs placed at the secondary road or with elemental or canalised intersections; although in some cases traffic lights will be convenient. In general terms a circus should not be built for resolving a join between a local street and a collecting (distributing) street.
- The crossroads between local streets will be resolved by elemental intersections with priority traffic signs placed at the road which will be considered more convenient in terms of local mobility and accessibility.

Finally the crossing of vehicles should not occur between roads with a clear different functionality. We can say that:

- The crossing of vehicles between local streets and urban arteries or between other roads of superior category should not be allowed, although we can have incorporations and exits from an urban artery in the same direction of the traffic flow.

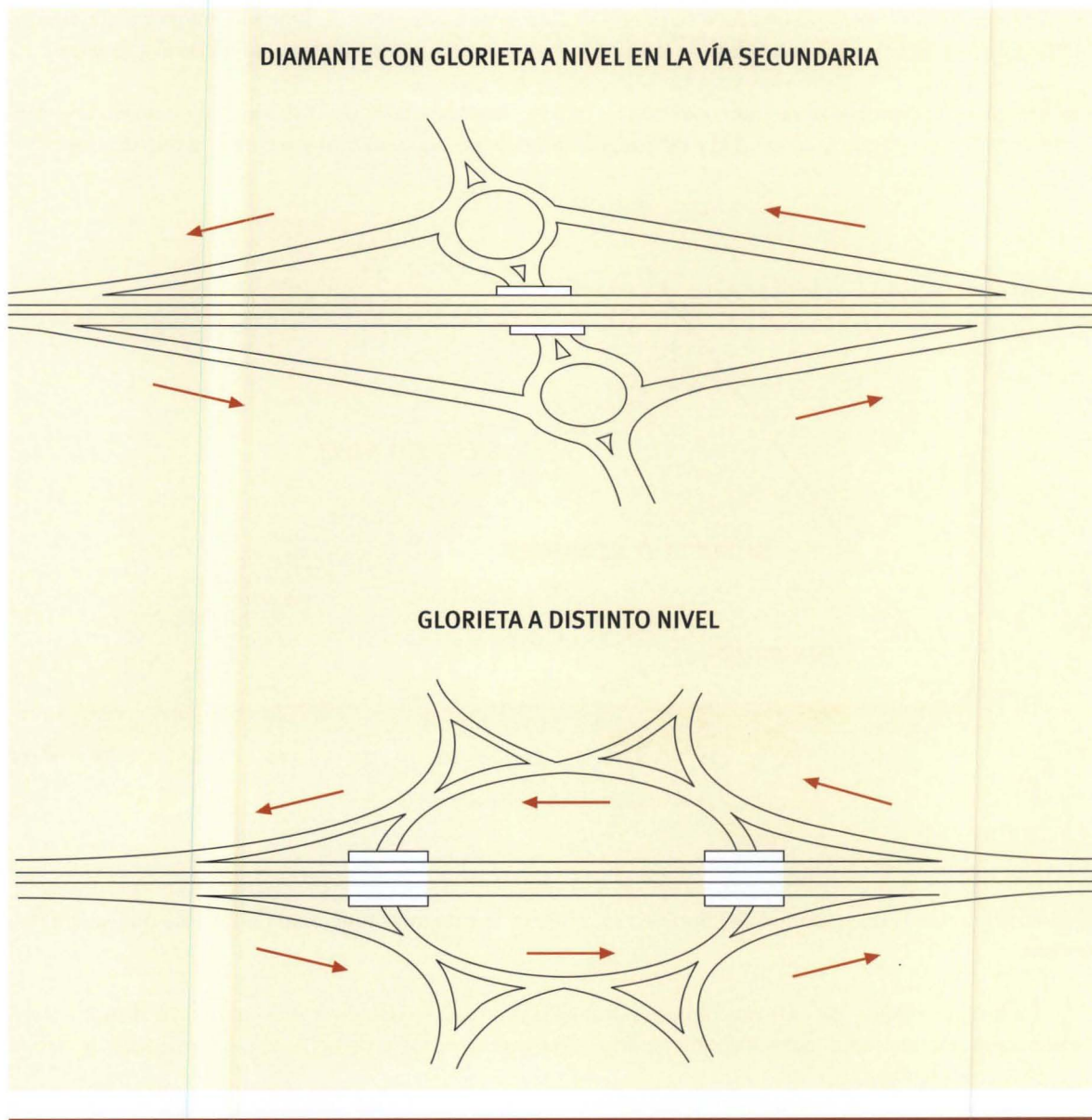


FIGURA 2.  
Ejemplos de enlaces.  
Examples of links.

- The crossing between collecting (distributing) streets and freeways or urban highways should not be allowed; although occasionally we can have incorporations and exits from a freeway in the same direction of the traffic flow.

the case of streets with street lights, streets with priority traffic signs (stops, etc.), arteries, collective transport, pedestrian crossings and bicycle lanes.

The main parameters which define the characteristics of the traffic flow are:

**Speed:** two different concepts are considered:

- **Average spatial speed ( $v_s$ ):** Average speed of a joint of vehicles in a determined section of the road.
- **Average temporal speed ( $v_t$ ):** Arithmetic average of the speeds of the vehicles which pass through a fix point during a determined period of time.

**Traffic volume and intensity:**

- **Volume (V):** Number of vehicles observed or expected in a point during a determined time interval.
- **Intensity (I):** Number of vehicles which pass through a fix point during a time interval inferior to an hour expressed in its equivalent per hour.

### 2.3. Basic Characteristics of the Traffic Flow

The **traffic flow** can be defined as the flow of vehicles into an infrastructure and this is a random process, with fortuitous variations of the characteristics of the drivers, of the vehicles and their interactions.

Usually according to the characteristics of the infrastructure which supports the flow of vehicles we can find two categories of traffic flow:

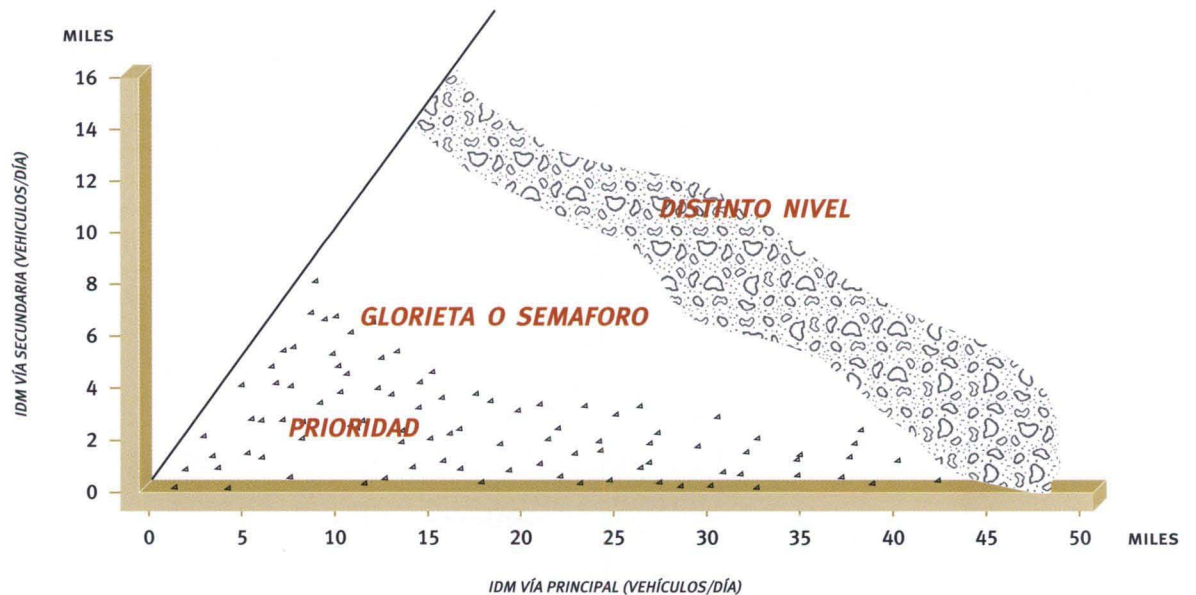
- **Continuous traffic flow:** Infrastructures which do not have fix elements related to the traffic flow which produce interruptions, for example traffic lights. This is the case of the highways, of the multi-rail roads and of the two-rail roads.
- **Discontinuous traffic flow:** Infrastructures with fix elements which cause periodic interruptions of the traffic flow. This is



La selección y diseño del tipo de cruce se puede realizar según dos criterios, fundamentalmente: la intensidad de tráfico y la categoría funcional de las vías que se cruzan, aunque ambos están correlacionados.

Con referencia a la **intensidad de tráfico** de las vías que se cruzan, en la Figura 3 se muestra un ábaco orientativo del tipo de cruce según la intensidad media diaria (IMD) de las vías principal y secundaria que interceptan.

FIGURA 3.  
Tipo de cruce según intensidades de tráfico.  
*Kind of crossroad according to the intensity of the traffic flow.*



En cuanto al criterio de selección del tipo de cruce según la **categoría funcional** de las vías que se cruzan, tenemos:

- En los cruces de arterias con vías rápidas o autovías urbanas, se debe ir a una solución a distinto nivel, que vendrá determinada por los condicionantes de espacio, número de accesos e intensidades de tráfico previstas, fundamentalmente.

- **Rush Hour Factor (FHP):** Ratio between the volume of the traffic flow at a certain time and the intensity.

**Density (K):** Number of vehicles which occupy a determined length of a rail or a road at a certain time. Usually the density is expressed in vehicles per kilometre.

Finally it is important to notice that there is a relationship between these three parameters which is very useful in most of the analysis:

$$I \text{ (veh/h)} = V_s \text{ (km/h)} \cdot K \text{ (veh/km)}$$

#### 2.4. Concepts of Capacity and Level of Service. Levels of Analysis

The two fundamental concepts in the studies of traffic flow for the operative analysis of the traffic flow and for the dimensioning and planning of infrastructures are the capacity and the level of service.

The **capacity** is the maximum number of vehicles or people per hour which can reasonably pass through a section of road

or through a rail during a certain period of time, in a sustainable way and under certain conditions of the road, of the traffic flow and of the control system. Generally this period is 15 minutes. This is a quantitative measure.

The **level of service** is a qualitative measure which describes the operative conditions of the flow of the road and the perception that drivers and/or passengers have of these conditions. We are talking about a measure of the quality of the service. The explicative variables of the level of service are related with the speed and with the time of the journey, with the freedom of manoeuvring, with the comfort and convenience and also with the road safety.

Usually we can define six levels of service in order to evaluate the quality of the road flow, which in the case of a continuous flow, have the following basic characteristics:

- **Level of service A:** Free traffic flow. The individual users are almost exempt of the effect of the presence of other users in the traffic flow.
- **Level of service B:** Stable flow, although the presence of other vehicles can be perceived.
- **Level of service C:** Stable flow, but the individual users start to be significantly affected by the interactions with other users.



- Los cruces entre arterias urbanas, o de estas con calles colectoras-distribuidoras, se resolverán generalmente mediante glorietas o con la instalación de semáforos. En cuanto al trazado y dimensionamiento de las glorietas o rotondas se recomienda seguir las indicaciones de la instrucción *Recomendaciones sobre glorietas. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (1994)*.
- Los encuentros entre calles colectoras-distribuidoras se resolverán generalmente mediante cruces elementales o canalizados, con señales de prioridad o con la instalación de semáforos, aunque en algunos casos será conveniente la construcción de glorietas.
- Los cruces de calles colectoras-distribuidoras con calles locales se resolverán generalmente con señales de prioridad instaladas en la vía secundaria, con intersecciones elementales o canalizadas, aunque en ciertos casos puede ser conveniente la instalación de semáforos. Como norma general, no debe implantarse una glorieta para resolver el encuentro de una calle local con una calle colectoras – distribuidora.
- Los encuentros entre calles locales se resolverán generalmente mediante intersecciones elementales con señales de prioridad, situadas en la vía que se considere más adecuada desde el punto de vista de la movilidad y accesibilidad locales.

Finalmente, no se deben producir cruces de vehículos entre vías de una funcionalidad claramente diferente. En concreto, podemos establecer lo siguiente:

- No se debe permitir el cruce de vehículos entre calles locales y vías arteriales, u otras vías de categoría superior, aunque se pueden producir incorporaciones y salidas de una vía arterial en el mismo sentido de circulación.
- No se deben producir cruces entre calles colectoras-distribuidoras y vías rápidas o autovías urbanas, aunque, ocasionalmente, se pueden producir incorporaciones y salidas de una vía rápida en el mismo sentido.

### 2.3. Características básicas de la circulación

La **circulación** se define como el flujo de vehículos en una infraestructura; y es un proceso estocástico, con variaciones aleatorias de las características de los conductores, los vehículos y sus interacciones.

Normalmente se distinguen dos categorías de circulación, en función de las características de la infraestructura que soporta el flujo de vehículos:

- **Circulación continua:** Infraestructuras que no tienen elementos fijos, por ejemplo semáforos, externos al flujo, que produzcan interrupciones. Es el caso de las autopistas, las carreteras multicarril y las carreteras de dos carriles.

- **Level of service D:** High density traffic flow, although stable.
- **Level of service E:** Working conditions in or near the capacity of the road. Small increasing of flow or disturbances cause collapse.
- **Level of service F:** Forced or collapsed flow. The quantity of the traffic flow which comes into a section is higher than its capacity and traffic jams appear.

Associated to the concept of level of service we find the concept of intensity of service, which is the maximum time intensity which can be accommodated in an infrastructure while sustaining a determined level of service (from the level A to level E).

The capacity and the level of service can be used for doing different levels of analysis about the urban road network:

- **Analysis of the traffic flow:** Comparison of known or projected intensities of traffic flow with the real or projected descriptions of the road in order to calculate the expected level of service. Its main use is the evaluation of the impact of designs or alternative improving proposals.

- **Dimensioning:** The object of these calculations is to determine the number of rails needed in a road for living a specific level of service.
- **Planning:** The calculations of planning have the same objective than the dimensioning, but based in less accurate data, usually based in projections of the Daily Average Intensity (IMD) and hypothetic conditions of the traffic flow, of the road and of the regulation.

In the text **Manual of the Capacity of Roads**, *Technical Association of Roads, Spanish Committee of the AIPCR, Madrid, 1995*, we can see the specific procedures for making these analyses in different kinds of infrastructures, with continuous and discontinuous traffic flow.

#### 2.5. Criteria and Parameters of Geometric Design

In the dimensioning of the urban road network we must take into account the needs of the mechanised transport, but also the needs of other uses such as pedestrian mobility, and in some cases, cycling, people, trees, urban furniture, etc. It is especially important the need of reconciling the



- **Circulación discontinua:** Infraestructuras que tienen elementos fijos que provocan interrupciones periódicas del flujo de tráfico. Es el caso de calles con semáforos, calles con señales de prioridad (ceda el paso, stop), arterias, transporte colectivo, pasos de peatones e itinerarios de bicicletas.

Los parámetros principales que definen las características de la circulación son:

**Velocidad:** se consideran dos conceptos diferentes:

- **Velocidad media espacial ( $v_s$ ):** Velocidad media de viaje de un conjunto de vehículos en un determinado tramo de carretera.
- **Velocidad media temporal ( $v_t$ ):** Media aritmética de las velocidades de los vehículos que pasan por un punto fijo, durante un periodo de tiempo determinado.

**Volumen e intensidad de tráfico:**

- **Volumen (V):** Número de vehículos observados o previstos en un punto durante un determinado intervalo de tiempo.
- **Intensidad (I):** Número de vehículos que pasan en un intervalo de tiempo inferior a una hora, expresado en su equivalente por hora.
- **Factor de Hora Punta (FHP):** Ratio entre el volumen de tráfico horario y la intensidad.

**Densidad (K):** Número de vehículos que ocupan una longitud determinada de un carril o una carretera, promediados en el tiempo, generalmente expresada en vehículos por kilómetro.

Finalmente, es importante observar que existe una relación entre estos tres parámetros, que es de gran utilidad en la mayoría de los análisis:

$$I \text{ (veh/h)} = V_s \text{ (km/h)} \cdot K \text{ (veh/km)}$$

## 2.4. Conceptos de capacidad y nivel de servicio. Niveles de análisis

Los dos conceptos fundamentales en los estudios de tráfico, tanto a efectos de análisis operativo de la circulación como de dimensionamiento y planeamiento de infraestructuras, son la capacidad y el nivel de servicio.

fluency of the traffic flow with the safety and comfort of the pedestrians.

In this context the main criteria of geometric design of the roads will be the following:

- To guarantee a comfortable driving when the speed is adequate for the kina of road and for the urban environment. In this sense we must take into account that the maximum speed allowed in urban roads usually is 50 km./h., in some cases, and 40 km./h., in most of the cases.
- To ease the parking manoeuvres, the bus stops, taxi stops and load and unload operations.
- Not to incentive high speeds which can significantly increase the risk of crashes, but without causing noticeable reductions of the total time of the journey and of the cost of transport.
- To difficult the illegal parking, especially the short term parking in double line and at the corners, which considerably reduce the traffic fluency and the road and pedestrian safety.
- To guarantee suitable safety conditions for the pedestrian accessibility and mobility.
- Not to unnecessarily increase the distances by foot in order to maintain the fluency and safety of the traffic flow.

- To encourage the stay in the streets and the human relationships in order to partially recover the social role of them.

As a consequence of these criteria the obtained design parameters are based in the establishment of **strict dimensions for the traffic flow and form the parking of vehicles**, in order to guarantee the functionality of the roads as support of the urban traffic flow.

As an example we can see in Chart 1 the typical dimensions of the arterial urban roads. At the same time we must take into account that the widths of the sidewalks which appear in this chart represent values which are acceptable from a functional point of view, but in the new road network we should take into account the dimensions which appear in Chart 2.

## 3. The Role of the Collective Public Transport

### 3.1. Brief History

During the XX century we have seen important changes on the public transport systems of the cities and its metropolitan



La **capacidad** es el máximo número de vehículos o personas por hora, que pueden pasar razonablemente por una sección de carretera o carril durante un cierto periodo de tiempo, en forma sostenida, bajo unas condiciones de la carretera, el tráfico y el sistema de control. Generalmente, se considera un periodo de 15 minutos. Se trata de una medida cuantitativa.

El **nivel de servicio** es una medida cualitativa, descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario y de su percepción por los conductores y/o pasajeros. Es decir, se trata de una medida de la calidad del servicio. Las variables explicativas del nivel de servicio están relacionadas con la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y conveniencia, así como la seguridad vial.

Normalmente se definen seis niveles de servicio para evaluar la calidad del flujo viario, que en el caso de circulación continua presentan las siguientes características básicas:

- **Nivel de servicio A:** Circulación libre. Los usuarios individuales están prácticamente exentos de los efectos de la presencia de otros en la circulación.
- **Nivel de servicio B:** Flujo estable, aunque se empieza a percibir la presencia de otros vehículos.
- **Nivel de servicio C:** Flujo estable, pero los usuarios individuales empiezan a verse afectados de forma significativa por las interacciones con otros usuarios.
- **Nivel de servicio D:** Circulación de densidad elevada, aunque estable.
- **Nivel de servicio E:** Condiciones de funcionamiento en, o cerca de la capacidad. Pequeños incrementos de flujo o perturbaciones producen el colapso.
- **Nivel de servicio F:** Flujo forzado o en colapso. La cantidad de tráfico que se acerca a una sección es superior a la capacidad y se forman colas.

Asociado al concepto de nivel de servicio se tiene el de **intensidad de servicio**, que es la máxima intensidad horaria que puede acomodarse en una infraestructura, manteniendo un determinado nivel de servicio (desde el nivel A al nivel E).

La capacidad y el nivel de servicio se pueden usar para llevar a cabo diferentes niveles de análisis sobre el viario urbano:

- **Análisis de la circulación:** Comparación de intensidades de circulación conocidas o proyectadas, con las descripciones reales o proyectadas de la carretera, con objeto de estimar el nivel de servicio esperado. Su principal aplicación es la evaluación del impacto de diseños o propuestas de mejora alternativas.

---

areas, especially on surface transports. In this sense the **subway** appears as a solution for the massive transport of people in the big cities at the end of the XIX century, and it has maintained its basic characteristics until now, although with great technologic advances. However the surface transport, as a solution for the transportation of smaller volumes of people, where **the tram** was the dominant vehicle since the beginning of the XX century, is strongly influenced by the appearing of the vehicles with engines of inner combustion (car and bus) which are more modern, flexible and compatible. Therefore in the thirties the substitution of tramways for buses starts in most of the developed countries, although in Spain this process will start in the beginning of the sixties.

Alter a certain stabilisation during the II World War, in the fifties and sixties the process of substitution of tramways concludes in the USA and in some European countries such as United Kingdom, France and Spain. However in most of the European countries such as Germany, Holland and Switzerland tramways are maintained. In Spain tramways were almost substituted at the end of the sixties.

In all the countries where the substitution of trams is a fact we find a common objective: to encourage the use of the car and the bus, so the investments are oriented to the building of a new

road network for these ways of transport and the modernisation and segregation of the public and private transport are left aside. In this context the trams and tramways get old quickly, loose travellers and become an obstacle for the traffic flow.

On the other hand in those countries where there is a more positive attitude towards the tram, the investments are done in a more balanced way, trams are modernised and tramways are maintained and enlarged, so an attractive service is guaranteed and its interferences with the traffic flow are minimised.

During the seventies the public transports start to loose travellers, especially because of the increasing of private cars and vehicles and the increasing of their use in urban travels. This brings a lost in the quality of the surface public transports as a consequence of the congestion of the roads. On the other hand, the congestion of roads affects not only to the mobility, but also to the quality of life of the cities (noise, pollution, etc.). As an answer to this problem, at the end of the decade of the seventies we can find different solutions for the empowering of the public transport services. The most conventional solutions are based in an improvement of the existent surface public transport systems (bus and tram) in order to minimise their negative aspects. These improvements mainly affect users. The most modern solutions are based in creating a



- **Dimensionamiento:** El objeto de estos cálculos es determinar el número de carriles necesarios para que una vía proporcione un nivel de servicio específico.
- **Planeamiento:** Los cálculos de planeamiento tienen el mismo objetivo que el dimensionamiento, pero basados en datos menos precisos, normalmente en previsiones de la Intensidad Media Diaria (IMD) y en condiciones hipotéticas de tráfico, la calzada y la regulación.

En el texto, **Manual de Capacidad de Carreteras**. Asociación Técnica de Carreteras. Comité Español de la AIPCR. Madrid, 1995, se pueden ver los procedimientos específicos para la realización de estos análisis en diferentes tipos de infraestructuras, tanto de circulación continua como discontinua.

## 2.5. Criterios y parámetros de diseño geométrico

En el dimensionamiento del viario urbano se deben tener en cuenta, evidentemente, las necesidades del transporte mecanizado, pero también las de otros usos como movilidad peatonal y, en algunos casos, ciclista, estancia de personas, arboles y plantas, mobiliario urbano, etc. Especialmente relevante resulta la necesidad de compatibilizar la fluidez del tráfico con la seguridad y comodidad de los peatones.

En este contexto, los principales criterios de diseño geométrico de las vías serían los siguientes:

- Garantizar una conducción cómoda, siempre que la velocidad sea adecuada al tipo de vía y al entorno urbano. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la velocidad máxima permitida en vías urbanas suele ser de 50 km./h., en algunos casos, y de 40 km./h., en la mayoría de los casos.
- Facilitar las maniobras de aparcamiento, paradas de guagua, paradas de taxi y operaciones de carga/descarga.
- No incentivar las velocidades altas, que aumentan significativamente el riesgo de accidentes, sin que se produzcan reducciones apreciables del tiempo total de viaje y de los costes del transporte.
- Dificultar el aparcamiento indebido, especialmente el estacionamiento de corta duración en doble fila y en las esquinas, que reducen considerablemente la fluidez del tráfico y la seguridad, especialmente de los peatones.
- Garantizar unas condiciones adecuadas de seguridad y comodidad para la movilidad y accesibilidad peatonal.
- No incrementar las distancias andando más allá de lo estrictamente necesario para mantener la fluidez y la seguridad del tráfico.
- Fomentar la estancia y las relaciones humanas en la calle, recuperando, al menos en parte, el papel social de la calle.

public transport system able to offer a service which can be compared to the car, but without the negative effects that this vehicle has on the community. In this sense the most ambitious system was known as the *Personal Rapid Transit (PRT)*, which consisted in a high number of small vehicles (cabins of 2 to 6 people) and a wide network with many stops which covered the whole city. The vehicles will be fully automatic and will work in a high frequency (theoretically in a frequency of 3,000 to 5,000 vehicles per hour) and at a high speed (80 to 100 Km/h) between the destinations chosen by the travellers. However the high costs of the infrastructures and the small vehicles with high maintenance costs and low capacity have made unviable its use as urban transport.

These systems evolve to more realistic solutions with the use of vehicles of bigger capacity, in a range from 60 to 150 passengers, in which all the characteristics related to the privacy (direct routes, extremely high frequencies, etc) were eliminated. We are talking about the **VAL** systems (Automatic Light Vehicles), which appeared in some cities in the eighties. On the other hand as results of the improvements in buses and trams we have the **automatic bus** (sometimes guided by its own rail) and the **light** subway.

## 3.2. Classification and Basic Characteristics of the Collective Urban Transport

The collective urban transport systems can be classified according to different criteria, among which we can highlight the **category of the platform** and the **technology of support and guiding** which they use.

According to the category of the platform we can find three kinds of collective urban transport systems:

- **Category C:** The collective public transport works mixed with the rest of the traffic flow in the streets, although it can receive a priority treatment such as rails specifically reserved for created by signs in the road or priority in the crossroads regulated by traffic lights.
- **Category B:** The operational area of the collective transport is physically separated in a longitudinal sense from the rest of the traffic flow by barriers, difference of level or curbs. However usually there are pedestrian crosses and crossroads at the same level and also intersections of conventional roads.
- **Category A:** The collective transport works independently from the rest of the traffic flow and totally controlled, in order



Como consecuencia de estos criterios, los parámetros de diseño resultantes se basan en el establecimiento de unas **dimensiones estrictas para la circulación y aparcamiento de vehículos**, garantizando la funcionalidad de las vías como soporte del tráfico urbano.

A título de ejemplo, en la Tabla 1 se presentan las dimensiones típicas de las vías arteriales urbanas. Así mismo, debe tenerse en cuenta que los anchos de las aceras que aparecen en dicha tabla representan valores aceptables desde el punto de vista funcional, pero, especialmente en el viario de nueva construcción, debería tenderse a las dimensiones que aparecen en la Tabla 2.

Tabla 1: Dimensiones básicas de las Vías Arteriales Urbanas (m.)  
Chart 1: Basic Dimensions of the Arterial Urban Roads Arterial Urban Roads (m)

	Sentido Circulación / Direction of Traffic Flow	Ancho total / Total Width	Ancho Calzada / Width of the Road			Ancho aceras / Widths of Sidewalks
			Carriles / Rails	Aparcamiento / Parking	Total / Total	
Tipo I / Type I	Doble	24	4 x 3,25	2 x 2,5	18,0	2 x 3,0
Tipo II / Type II	Doble	18	2 x 3,25	2 x 2,5	11,5	2 x 3,25
Tipo III / Type III	Único	15	2 x 3,25	1 x 2,5	9,0	2 x 3,0

Tabla 2: Ancho recomendable de aceras según tipo de calle  
Chart 2: Recommended Widths of Sidewalks According to the Type of Road

Tipo de Calle / Type of Road	Ancho recomendable / Recommended Widths
Vía arterial / Arterial Road	5,0 – 7,0
Calle colector-distribuidora / Collecting Distributing Street	3,0 – 5,0
Calle local con uso comercial / Local Street of Commercial Use	3,0 – 5,0
Calle local con uso residencial / Local Street of Residential Use	2,0 – 3,0
Calle local con uso industrial / Local Street with Industrial Use	2,0
Cualquier calle (mínimo absoluto cuando hay tráfico peatonal) / Any Street (absolute minimum when there are pedestrians on transit)	1,5

to avoid the access of pedestrians and vehicles to the platform. This platform can be aerial, at the same level or in a tunnel.

The **support** represents the vertical contact between the vehicle and the rail surface which transfers the weight of the vehicle. The most common types are the pneumatic wheel on concrete, asphalt or other surface and the steel wheel on steel rail. The **guiding** are the lateral means of guiding of the vehicle. In this sense the road vehicles are usually driven by people (drivers), while the vehicles which work on rails are guided by the own railway.

In Chart 3 the most usual ways of collective transport are classified according to the before said two criteria. On the other hand in Chart 4 we can see the most relevant characteristics of these ways of transport.

### 3.3. The Systems of Intermediate Capacity: The Light Subway

The systems of intermediate capacity appear as a way of modern and attractive public transport for the user, and as an answer to the problems of mobility in cities which demand volume cannot

be satisfied in acceptable conditions by the conventional surface transport systems (bus, tram) and which do not justify high investments in a completely independent infrastructure system (conventional subway, short distance railway).

The urban transport ways which are commonly known as systems of intermediate capacity are: the automatic bus (guided), the light subway and the system of automatic light vehicle (VAL), which characteristics and possible applications will be described in the next section.

#### The Automatic Bus and the Guided Bus

The automatic bus is just a conventional bus which works in a separated platform (type B) during a significant section of its route. As an improvement for this system, at the end of the decade of the seventies, appears the possibility of the mechanic guiding of the vehicle done by the rail. That is how the guided bus appears. This bus is defined as a dual way of transport because it is designed for working not only in roads and conventional, streets, but also in platforms of special guiding. This system tries to combine the advantages of the flexibility of the road transport ways with the advantages of capacity and quality of the rail transport ways. In operative



### 3. El papel del transporte público colectivo

#### 3.1. Breve reseña histórica

A lo largo del siglo XX se han producido cambios importantes en los sistemas de transporte público de las ciudades y sus áreas metropolitanas, fundamentalmente en el transporte de superficie. En este sentido, **El Metro** aparece como solución para el transporte de masas en las grandes aglomeraciones urbanas ya a finales del siglo XIX, y se mantiene hasta la actualidad en su configuración básica, aunque con importantes mejoras tecnológicas. Sin embargo, el transporte de superficie, como solución para volúmenes más bajos de demanda, donde **El Tranvía** es el modo dominante desde principios del siglo XX, se ve influenciado fuertemente por la aparición de los vehículos con motor de combustión interna (coche y autobús), que se presentan como más *modernos, flexibles y compatibles* entre sí. Ello provoca que a partir de los años 30 empiece la sustitución de líneas de tranvía por autobuses en los países más desarrollados, proceso que se inicia en España a principios de los años 60.

Después de una estabilización durante la II Guerra Mundial, en los años 50 y 60 se acelera el proceso de cierre de líneas de tranvía, con una tendencia clara en EEUU y en algunos países europeos como el Reino Unido, Francia y España. No obstante, en la mayoría de países europeos se mantienen, siendo Alemania, Holanda y Suiza ejemplos destacables. En el caso de España, a finales de los 60 ya habían sido desmantelados en la mayoría de las ciudades.

En todos los países que optan por la eliminación del tranvía aparece como denominador común el objetivo de potenciar el uso del coche y el autobús, orientando las inversiones hacia la provisión de nueva red viaria para estos modos, descuidando la modernización y la segregación del transporte público y privado. En este contexto, los vehículos y la infraestructura de tranvías se quedan obsoletos y este modo pierde viajeros y representa un obstáculo para el resto de la circulación.

En cambio, en los países europeos que adoptan una actitud más positiva respecto al tranvía, se realizan las inversiones de una forma más equilibrada, se modernizan los vehículos y se mantiene y extiende la plataforma separada para el tranvía, garantizando de esta manera un servicio atractivo y minimizando las interferencias con el resto del tráfico.

En los años 70 se inicia un proceso de pérdida de viajeros de los transportes públicos, fundamentalmente debido al aumento del índice de motorización privada y del uso del coche para realizar los viajes urbanos, lo que a su vez lleva consigo una pérdida de calidad de los transportes públicos de superficie, como con-

---

terms the functioning of a platform of guided buses is very similar to the functioning of reserved road, except that the buses are guided by the platform instead of the driver. Usually the energy system is also dual, offering the possibility of diesel traction or electric traction done by catenary.

#### *The Light Subway*

The light subway is a way of electrical traction railway transport typically urban and suburban, composed by a fleet of vehicles with driver which mainly work in a reserved platform, but with punctual interferences with the rest of the traffic flow of vehicles and pedestrians in crossroads at the same level. However this way of transport can also have sections of platform completely independent from the traffic flow, in the surface, in tunnels or in viaducts, and also can have sections of platform shared with the rest of the traffic flow. Its characteristics of capacity, cost and quality of service are similar to the characteristics of the bus and similar to the conventional subway, with a wide range of possible values. This way of transport is also very *flexible* because of the functionality and building of its network and its kind of exploitation.

The flexibility in the layout of the platform, according to the degree of independence from the rest of the traffic flow, is the element

which allows us to clearly separate this way of transport from other ways of urban railway transport. Also the choosing of the degree of independence of the infrastructure is the most important decision in the conception and design of a light subway system, because the characteristics of the rest of the components of the infrastructure and of the mobile material depend on this decision, and also depend on it the capacity the quality and the costs of the system. If we pay attention to the building and improvement of the network we must take into account that a system of light subway is characterised by the possibility of a modular growth justified by the increasing of the demand or by other conditions. It is particularly interesting to progressively increase the degree of independence of the platform by eliminating crossroads at the same level, partial underground sections, etc, so we can start with a system of low initial cost.

#### *The VAL System*

The system of automatic light vehicle is a way of transport composed by a fleet of vehicles without driver, which works totally independent from the rest of the traffic flow in the surface in tunnels or viaducts, and which is controlled by a computer and by a communications system. Its characteristics of design



secuencia de la congestión. Por otro lado, el fenómeno de la congestión afecta no sólo a la movilidad sino, en general, a la calidad de vida de las ciudades (ruido, polución, etc.).

Como respuesta a esta problemática, hacia finales de la década de los 70 se plantean diversas soluciones para la potenciación de los servicios de transporte público. Las soluciones más convencionales se basan en una mejora de los sistemas de transporte público superficial existentes (autobús y tranvía) para minorar sus aspectos negativos, que afectan mayoritariamente al usuario, mientras que las soluciones más novedosas tratan de concebir un sistema de transporte público que ofrezca un servicio equivalente al del coche, pero sin sus efectos negativos sobre la comunidad. En este sentido, el sistema más ambicioso fue el conocido como *Personal Rapid Transit (PRT)*, que consistiría en un elevado número de vehículos pequeños (*cabinas* de 2 a 6 plazas) y una extensa red de guiado con muchas estaciones cubriendo la ciudad. Los vehículos operarían de forma totalmente automática a alta frecuencia (en teoría 3.000 a 5.000 vehículos/hora) y alta velocidad (80 a 100 Km/h), entre orígenes y destinos a solicitud de los viajeros con rutas directas. Sin embargo, los elevados costes de capital de la infraestructura y los vehículos pequeños, con altos costes de explotación y baja capacidad, han impedido su utilización como modo de transporte urbano.

Estos sistemas evolucionan hacia soluciones más realistas, con la utilización de vehículos de mayor capacidad, de un rango entre 60 y 150 pasajeros, eliminando todas las características relacionadas con la *privacidad* (rutas directas, extremadamente altas frecuencias, etc.). Son los sistemas tipo **VAL (Vehículo Automático Ligero)**, que empiezan a instalarse en algunas ciudades en los años 80.

Por otro lado, las mejoras en los sistemas de autobuses y de tranvías han dado lugar a la implantación del **Autobús en Camino Propio** (en ocasiones **Guiado** por la vía) y al **Metro Ligero**, respectivamente.

### 3.2. Clasificación y características básicas del transporte colectivo urbano

Los sistemas de transporte colectivo urbano se pueden clasificar según diferentes criterios, entre los que destacan la **categoría de la plataforma** y la **tecnología de soporte y guiado**.

En cuanto a la categoría de plataforma se distinguen normalmente tres tipos:

- **Categoría C:** El transporte público colectivo opera mezclado con el resto del tráfico en las calles, aunque pueden existir tratamientos preferenciales, como carriles reservados con marcas en la calzada o prioridad en los cruces regulados por semáforos.

and exploitation are very similar to the characteristics of the conventional subway, although it has noticeable differences of costs, capacity and flexibility of exploitation.

One of the most well known systems is the one of the French city of *Lille*, which uses vehicles of electric propulsion without driver and with pneumatic rolling on concrete. The guiding rails are made of steel and work also as driving rails by supplying direct current of 750V. The original system is composed by 12 metres long vehicles, which form units of 2 or 4 vehicles with a width of 2,06m. Each cabin has three sliding doors of 1.30 m width each side. Each unit of two vehicles has capacity for 68 passengers seated and for 56 stand passengers, which is a ration of 4 passengers per m<sup>2</sup>. The vehicles reach a maximum speed of 80Km/h, can afford slopes with 7% of inclination and have a minimum turning radius of 30 m. The commercial speed of the *Lille* system is 34 Km/h.

### 3.4. Comparison between Systems of Intermediate Capacity

A qualitative analysis of the advantages and disadvantages of the different systems allows us to obtain some conclusions about the applicability of each one of them:

- **The automatic bus** is a solution to take into account in corridors of medium-low demand (less than 8,000 passengers/hour/direction), although there are certain difficulties for its integration in the urban tissue and for its *politic justification*. The introduction of the technology of guiding by the rail brings some not very relevant advantages, which probable do not compensate the lesser flexibility associated to the guiding (railway rigidity), although in corridors of limited accessibility, which allow long routes without leaving the platform, can be useful.
- **The light subway** is characterised by a great flexibility of layout (different degrees of reservation of the platform), functionality of the networks, implementation in stages, costs and level of service, with the possibility of adaptation to different urban configurations and demand volume. Systems have been implemented in order to supply demands between 2,000 and 20,000 passengers/hour/direction, so a level of service similar to the level of service of the VAL systems can be obtained if we have a high percentage of reserved platform. Its easiness of integration in the urban tissue, with the possibility of getting into commercial, pedestrian and recreational areas, gives it a specific character as way of transport compatible with the rest of the activities of the urban community.



- **Categoría B:** El área de operación del transporte colectivo está separada físicamente en sentido longitudinal del resto del tráfico, mediante bordillos, barreras o a distinto nivel. Sin embargo, suelen existir cruces a nivel, de vehículos y peatones, incluyendo las intersecciones de calles convencionales.
- **Categoría A:** El transporte colectivo opera de forma independiente del resto del tráfico, de forma totalmente controlada para impedir el acceso de personas o vehículos a la plataforma, que puede situarse a nivel, en túnel o aérea.

En cuanto al **soporte**, éste representa el contacto vertical entre el vehículo y la superficie de rodadura que transfiere el peso del vehículo. Los tipos más comunes son la rueda neumática sobre hormigón, asfalto u otra superficie, y la rueda de acero sobre raíl de acero. El **guiado** se refiere a los medios de guiado lateral del vehículo. En este sentido, los vehículos de carretera son normalmente “conducidos” por una persona (conductor), mientras que los vehículos sobre raíles son guiados por la propia vía.

En la Tabla 3 se clasifican los modos de transporte colectivo más habituales, según los dos criterios comentados anteriormente. Por otro lado, en la Tabla 4 se dan las características más relevantes de estos modos de transporte.

Tabla 3: **Clasificación de los modos de transporte colectivo urbano**  
 Chart 3: **Classification of the collective urban transport ways**

	Tecnología / Technology		
	Carretera Conducción Manual / Road Manual Driving	Soporte Neumático Guiado, total o parcialmente / Totally or Partially Guided Pneumatic Support	Soporte y Guiado sobre Raíl / Guided Support on Rails
<b>Categoría C / Category C</b>	Autobus discrecional / <i>Discretionary bus</i> Autobús “lanzadera” / <i>Shuttle bus</i> Autobus regular / <i>Regular bus</i> Autobús directo / <i>Direct bus</i>	Trolebús / <i>Trolleybus</i>	Tranvía / <i>Tram</i>
<b>Categoría B / Category B</b>	Autobús semi-rápido / <i>Semi-fast Bus</i>	Autobús dual / <i>Dual bus</i>	Metro Ligero / <i>Light subway</i>
<b>Categoría A / Category A</b>		Sistemas tipo VAL / <i>VAL System</i>	Metro Ferrocarril / <i>Subway-Railway</i>

- **The VAL system** is the alternative which shows a better level of service. However its higher costs of investment and the difficulties for its integration in the urban tissue limit its application to urban configurations and demand volumes similar to the ones required for the implementation of a conventional subway system. In this sense a VAL system shows advantages against a conventional subway system for demand volumes between 10,000 and 20,000 passengers/hour/direction, specially because of its lower costs of investment in infrastructure (smaller and lower vehicles) and because its higher flexibility of exploitation, which allow it to give a level of service equivalent to the conventional subway and even better (higher frequency).

As a conclusion we can say that the light subway appears as the most versatile system of intermediate capacity for resolving the problems of mobility of the urban agglomerations, that is why there are more than 300 implementations of this system in the world. The VAL systems have found its greater applicability in the resolution of problems of specific transport in centres of activity (airports, theme parks) and have also been successfully implemented in some cities ad way of collective urban transport (Lille, Vancouver, and recently in some other locations). The automatic bus has not been very successful and there are just a few operative implementations of it (Essen, Adelaide y some other recent locations), although in the last few years it seems to be a new launching of this transport, mainly linked to R+D projects of the European Union.



### 3.3. Los sistemas de capacidad intermedia: El Metro Ligero

Los sistemas de capacidad intermedia surgen como un modo de transporte público moderno y atractivo para el usuario, en respuesta a los problemas de movilidad en ciudades cuyos volúmenes de demanda no pueden ser satisfechos en condiciones aceptables por los sistemas de transporte de superficie convencionales (autobús, tranvía) y que no justifican las elevadas inversiones de un sistema de infraestructura totalmente independiente (metro convencional, ferrocarril de cercanías).

Los modos de transporte urbano que se conocen habitualmente como sistemas de capacidad intermedia son: El Autobús en Camino Propio (Guiado), El Metro Ligero y el Sistema de Vehículo Automático Ligero (VAL), cuyas características y posibles aplicaciones analizaremos a continuación.

#### *El Autobús en Camino Propio y el Autobús Guiado*

El autobús en camino propio no es más que un autobús convencional que opera sobre plataforma separada (tipo B) en un tramo significativo de su recorrido. Como mejora de este sistema se plantea, a finales de la década de los 70, la posibilidad de guiado mecánico por la vía. Surge así el **Autobús Guiado**, que se define como un modo de transporte dual, diseñado de forma que un autobús convencional opere tanto en carreteras y calles ordinarias como en plataformas de guiado especiales. El sistema busca combinar las ventajas de flexibilidad de los modos carreteros, con las de capacidad y calidad de los modos ferroviarios. En términos operativos, una plataforma de autobuses guiados funciona de manera similar a una carretera convencional reservada, excepto que los autobuses son guiados por la plataforma en lugar de por el conductor. Normalmente, el sistema de alimentación también es dual, con la posibilidad de tracción diesel o tracción eléctrica mediante catenaria.

#### *El Metro Ligero*

El Metro Ligero es un modo de transporte ferroviario de tracción eléctrica, típicamente urbano y suburbano, constituido por una flota de vehículos con conductor que operan fundamentalmente en plataforma reservada, pero con interferencias puntuales con el resto del tráfico de vehículos y peatones, en cruces a nivel. No obstante, también pueden existir tramos de plataforma totalmente independiente, en superficie, en túnel o en viaducto, y de plataforma compartida con el resto del tráfico. Su capacidad, coste y calidad del servicio se sitúan entre las del autobús y el metro convencional, con un amplio rango de valores posibles. Asimismo, en cuanto a funcionalidad de las redes, construcción de la red y tipo de explotación, este modo de transporte se caracteriza por una gran *flexibilidad*.

La flexibilidad en el trazado de la plataforma, en cuanto a su grado de independencia respecto al resto del tráfico, es el elemento que permite diferenciar de forma más clara este modo de transporte de otros modos ferroviarios urbanos. A su vez, la elección del grado de independencia de la infraestructura es la decisión más trascendental de la concepción y diseño de un sistema de metro ligero, ya que de ella dependen, en gran medida, las características del resto de componentes de la infraestructura y del material móvil; y, sobre todo, la capacidad, calidad y costes del sistema.

En cuanto a la construcción y mejora de la red, un sistema de metro ligero se caracteriza por la posibilidad de un crecimiento modular, a medida que la demanda u otros condicionantes lo justifican. Resulta de particular interés la posibilidad de ir incrementando progresivamente el grado de reserva de la plataforma, con eliminación de cruces a nivel, enterramientos parciales, etc., lo que permite empezar con un sistema de bajo coste inicial.

#### *El Sistema VAL*

El sistema de Vehículo Automático Ligero es un modo de transporte constituido por una flota de vehículos sin conductor, que operan sobre plataforma totalmente independiente del resto del tráfico, a nivel, en



túnel o en viaducto, bajo el control de un sistema informático y de comunicaciones. Sus características de concepción, diseño y explotación son comparables, en muchos aspectos, a las del metro convencional, pero con apreciables diferencias en cuanto a costes, capacidad y flexibilidad de explotación.

Uno de los sistemas más conocidos es el implantado en la ciudad francesa de Lille, que usa vehículos de propulsión eléctrica sin conductor, con rodadura neumática sobre superficie de hormigón. Los carriles de guiado son de acero y actúan a su vez como carriles conductores, suministrando corriente continua a 750V. El sistema original está compuesto por vehículos de 12 m de largo, formando unidades de 2 ó 4 coches, con un ancho de 2,06 m. Cada caja lleva 3 puertas deslizantes de 1,30 m de ancho a cada lado. Cada unidad de dos coches tiene capacidad para 68 pasajeros sentados y 56 pasajeros de pie, a razón de 4 por m<sup>2</sup>. Los vehículos tienen una velocidad máxima de 80 Km./h, son capaces de superar pendientes de hasta el 7% y tienen un radio de giro mínimo de 30 m. La velocidad comercial del sistema operando en Lille es de 34 Km./h.

### 3.4. Comparación de Sistemas de Capacidad Intermedia

Un análisis cualitativo de las ventajas e inconvenientes de los diferentes sistemas permite extraer algunas conclusiones con respecto a la aplicabilidad de cada uno de ellos:

- **El Autobús con Camino Propio** es una solución a considerar en corredores de demanda media-baja (menos de 8.000 pasajeros/hora/sentido), aunque existen ciertas dificultades para la integración en el tejido urbano y para su *justificación política*. La introducción de la tecnología de guiado por la vía presenta, en principio, diversas ventajas no muy relevantes, que probablemente no compensan la menor flexibilidad asociada con el guiado (rigidez ferroviaria), aunque en corredores de accesibilidad limitada, que permiten recorridos largos sin abandonar la plataforma, puede ser de utilidad.
- **El Metro Ligero** se caracteriza por una gran flexibilidad de trazado de las líneas (diferentes grados de reserva de plataforma), funcionalidad de las redes, instalación por etapas, costes y nivel de servicio, con la posibilidad de adaptación a diversas configuraciones urbanas y volúmenes de demanda. Se han instalado sistemas para servir demandas entre 2.000 y 20.000 pasajeros/hora/sentido, pudiéndose obtener un nivel de servicio cercano al de los sistemas VAL, si se tiene un elevado porcentaje de pla-



taforma reservada. Su facilidad de integración en el tejido urbano, con la posibilidad de penetrar sin problemas en zonas comerciales, peatonales y de recreo, le dan un carácter específico como sistema de transporte compatible con el resto de actividades de la comunidad urbana.

- **El sistema VAL** es la alternativa que presenta un mejor nivel de servicio, con todas las consecuencias derivadas de ello. Sin embargo, sus elevados costes de inversión y las dificultades para su integración en el tejido urbano limitan su campo de aplicación a configuraciones urbanas y volúmenes de demanda que, en cierta medida, se aproximen a las requeridas para la instalación de un sistema de metro convencional. En este sentido, un sistema VAL presenta ventajas con respecto al metro convencional para volúmenes de demanda entre 10.000 y 20.000 pasajeros/hora/sentido, debido a sus menores costes de inversión en infraestructura (vehículos más pequeños y de menor gálibo) y su mayor flexibilidad de explotación, dando un nivel de servicio equivalente, o incluso superior (mayor frecuencia).

Como conclusión, podemos decir que El Metro Ligero aparece como el sistema de capacidad intermedia de mayor versatilidad para resolver los problemas de movilidad en las aglomeraciones urbanas, existiendo más de 300 instalaciones en el mundo. Los sistemas tipo VAL han encontrado su mayor aplicabilidad en la resolución de problemas de transporte específicos en centros de actividad (aeropuertos, parques de atracciones) y también se han instalado con éxito en algunas ciudades como modo de transporte urbano de masas (Lille, Vancouver y algunas otras más recientes). El autobús guiado no ha tenido mucha aceptación y existen pocas aplicaciones operativas (Essen, Adelaida y algunas otras más recientes), aunque en los últimos años parece que existe un cierto relanzamiento, fundamentalmente vinculado a proyectos de I+D de la Unión Europea.

#### **Bibliografía**

**Asociación Técnica de Carreteras (A.T.C.)** (1995): "Manual de Capacidad de Carreteras"..

**MOPTMA** (1994): "El Metro Ligero: Nuevos tranvías en la ciudad".

**MOPTMA** (1993): "Movilidad y territorio en las grandes ciudades: el papel de la red viaria".

**Vuchic, Vucan, R.:** "Urban public transportation. System and Technology". Prentice-Hall, 1981.

**Walmsley, D. y Perret, K.:** "The Effects of Rapid Transit on Public Transportation and Urban Development". HMSO, 1992.



Tabla 4: Características técnicas, operativas y del sistema de los modos de transporte público colectivo urbano

Chart 4: Technical and Operative Characteristics of the Systems of Collective Urban Transport

	Tranvía / Tram	Autobús convencional / Conventional bus
<b>Características del vehículo - unidad / Characteristics of the vehicle - unit</b>		
Composición mínima de la unidad / <i>Minimum composition of the unit</i>	1	1
Composición máxima de la unidad / <i>Maximum composition of the unit</i>	3	1
Longitud del vehículo (m) / <i>Length of the vehicle (m)</i>	14-23	8-12
Capacidad (asientos) / <i>Capacity (number of seat)</i>	22-40	30-80
Capacidad (plazas totales) / <i>Capacity (total number of passengers)</i>	100-180	40-120
<b>Instalaciones fijas / Fix Facilities</b>		
Infraestructura independiente (% longitud total) / <i>Independent Infrastructure</i>	0-40	-
Control de vehículo / <i>Control of the vehicle</i>	Manual-visual / <i>Manual-visual</i>	Manual-visual / <i>Manual-visual</i>
Recogida de tarifa / <i>Collection of the rate</i>	En el vehículo / <i>In the vehicle</i>	En el vehículo / <i>In the vehicle</i>
Toma de corriente / <i>Power outlet</i>	Aérea / <i>Aerial</i>	-
Estaciones / <i>Stops:</i>		
Altura andén / <i>Height of the platform</i>	Bajo / <i>Low</i>	Bajo / <i>Low</i>
Control de accesos / <i>Control of accesses</i>	Ninguno / <i>None</i>	Ninguno / <i>None</i>
<b>Características operativas / Operative Characteristics</b>		
Velocidad máxima (km./h) / <i>Maximum speed (km./h)</i>	60-70	40-80
Velocidad comercial (km./h) / <i>Commercial speed (km./h)</i>	12-20	10-20
Frecuencia máxima (unidades/h) / <i>Maximum frequency (units/h)</i>	15-20	15-20
Capacidad (plazas/h) / <i>Capacity (number of passengers/h)</i>	4.000-5.000	2.400-3.000
Regularidad / <i>Regularity</i>	Baja-Media / <i>Low-Medium</i>	Baja-Media / <i>Low-Medium</i>
<b>Aspectos del Sistema / Aspects of the System</b>		
Red y Área cubierta / <i>Area and Network covering</i>	Dispersa, buena cobertura / <i>Disperse, good covering</i>	Dispersa, buena cobertura / <i>Disperse, good covering</i>
Separación de estaciones (m) / <i>Distance between stops (m)</i>	250-500	200-500
Longitud media de viaje / <i>Average length of the travel</i>	Corta a media / <i>Short to medium</i>	Corta-media-larga / <i>Short to medium-long</i>
Interrrelaciones con otros modos / <i>Interrelations with other ways of transport</i>	Puede alimentar otros modos de mayor capacidad / <i>Can feed other ways of transport of bigger capacity</i>	Puede alimentar otros modos de mayor capacidad / <i>Can feed other ways of transport of bigger capacity</i>



Autobús con camino propio/Guido / Automatic/Guided bus	Metro ligero / Light Subway	Sistema VAL / VAL System	Metro convencional / Conventional Subway
1 1 8-12 30-80 40-120	1 (4 ejes / axis) 2-4 (6-8 ejes / axis) 14-30 25-80 110-250	1-2 2-4 12-30 20-50 60-150	1-3 4-10 15-23 32-84 140-280
40-90 Manual-visual-señales / <i>Manual-visual-signs</i> En vehículo o en estación / <i>In the vehicle or at the station</i> - Bajo-alto / <i>Low-high</i> Ninguno-total / <i>None-total</i>	40-90 Manual-señales / <i>Manual-signs</i> En vehículo o en estación / <i>In the vehicle or at the station</i> Aérea / <i>Aerial</i> Bajo-alto / <i>Low-high</i> Ninguno-total / <i>None-total</i>	100 Señales / <i>Signs</i> En la estación / <i>At the station</i> Tercer carril / <i>Third rail</i> Alto / <i>High</i> Total / <i>Total</i>	100 Señales / <i>Signs</i> En la estación / <i>At the station</i> Tercer carril-área / <i>Third rail-aerial</i> Alto / <i>High</i> Total / <i>Total</i>
70-100 20-40 30-40 4.000-8.000 Alta / <i>High</i>	60-100 20-40 30-40 6.000-20.000 Alta / <i>High</i>	50-90 25-40 40-60 6.000-20.000 Muy alta / <i>Very high</i>	80-100 25-60 40-60 10.000-40.000 Muy alta / <i>Very high</i>
Buena cobertura del centro / <i>Well covering of the city centre</i> 350-800 Media a larga / <i>Medium to long</i> Estacionamiento de disuasión, alimentado por autobús convencional / <i>Dissuasive parking, feed by</i> <i>conventional bus</i>	Buena cobertura del centro, es casual ramificarse / <i>Well covering of the city centre,</i> <i>ramifications are at random</i> 350-800 Media a larga / <i>Medium to long</i> Estacionamiento de disuasión, posibilidad de ser alimentado por autobús / <i>Dissuasive parking,</i> <i>possibilities of been fed by</i> <i>conventional bus</i>	Predominantemente radial, buena-media cobertura del centro / <i>Mainly radial, well-medium</i> <i>covering of the city centre</i> 400-1.000 Media a larga / <i>Medium to long</i> Estacionamiento de disuasión, alimentado por autobuses / <i>Dissuasive parking, feed by</i> <i>conventional bus</i>	Predominantemente radial, buena-media cobertura del centro / <i>Mainly radial, well-medium</i> <i>covering of the city centre</i> 500-2.000 Media a larga / <i>Medium to long</i> Estacionamiento de disuasión, alimentado por autobuses / <i>Dissuasive parking, feed by</i> <i>conventional bus</i>