



Capacidad y Niveles de Servicio

Apellidos, nombre	Pérez Zuriaga, Ana María ¹ (anpezu@tra.upv.es) López Maldonado, Griselda ² (grilomal@tra.upv.es) Camacho Torregrosa, Fco. Javier ³ (fracator@tra.upv.es)
Departamento	^{1,2,3} Ingeniería e Infraestructuras de los Transportes
Centro	Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presenta el concepto de capacidad de un elemento viario y los niveles de servicio que caracterizan la fluidez del tráfico que por él circula.

2 Introducción

Las consideradas magnitudes fundamentales del tráfico son:

- Intensidad (I): número total de vehículos que pasan por un punto o sección de vía durante un tiempo determinado.
- Velocidad media espacial (V_{me}): media de las velocidades de los vehículos que circulan por un elemento viario, en un instante dado.
- Densidad (D): número de vehículos que existen en un tramo de carretera por unidad de longitud de esta, en un instante dado.

Estas tres magnitudes se relacionan entre ellas mediante la ecuación fundamental del tráfico (ecuación 1).

$$I = D \cdot V_{me}$$

Ecuación 1. Ecuación fundamental del tráfico.

La representación gráfica de esta relación, en la que cada una de ellas es función de las otras dos, es necesario hacerla en tres dimensiones. Esto dificulta su manejo, siendo más práctico utilizar las representaciones bidimensionales, relacionándolas dos a dos.

De las relaciones que pueden darse, la más importante es la relación intensidad – velocidad representada en el gráfico de la imagen 1.

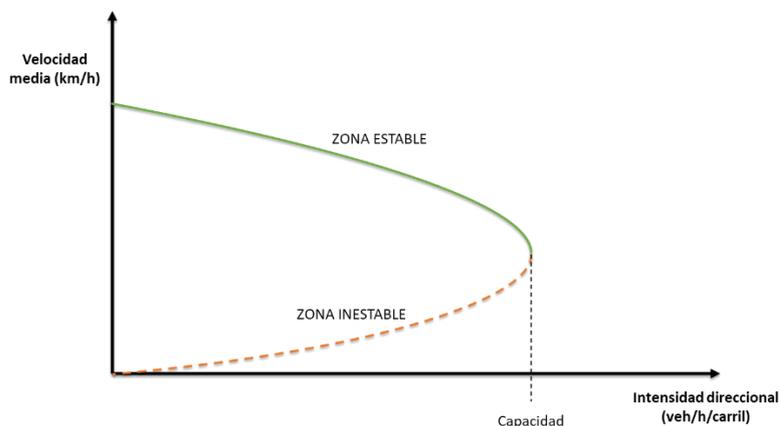


Imagen 1. Diagrama Intensidad-Velocidad carretera convencional

En este gráfico, el punto de cambio entre régimen estable e inestable se produce en el punto de máxima intensidad, que determina la capacidad de la vía. Además, en él puede identificarse los distintos estados de fluidez que puede presentar el tráfico.

3 Objetivos

Una vez que el alumnado se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar los valores extremos que pueden alcanzar las características del tráfico.
- Estimar la capacidad de un elemento viario, teniendo en cuenta los condicionantes que puede presentar.
- Identificar los diferentes niveles de servicio con los que puede operar un elemento viario.

4 Situación de tráfico ideal

En un elemento viario, la situación "ideal" en la que pueden circular los vehículos es aquella en la que circulan en una fila compuesta por vehículos de la misma longitud (L), separados la misma distancia (s) y circulando a la misma velocidad (V). Ver imagen 2.

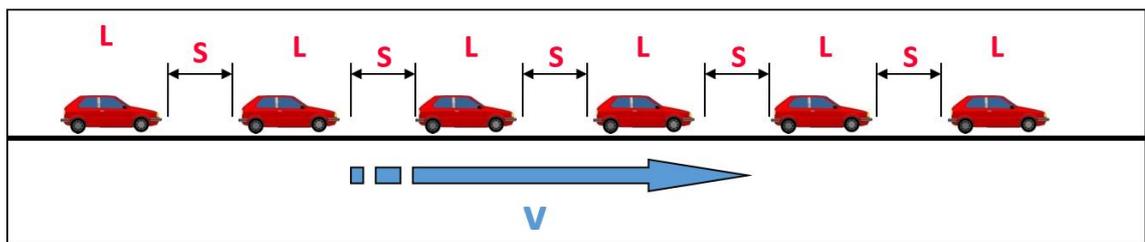


Imagen 2. Circulación ideal

Según algunos estudios experimentales, el intervalo mínimo de seguridad entre vehículos circulando a una velocidad entre 45 y 75 km/h sería 1.5 segundos, por tanto, la intensidad máxima posible sería:

$$I_{\text{máx}} = \frac{3600}{t_{\text{min}}} = 2400 \text{ vh/h}$$

5 Capacidad

La capacidad es la máxima intensidad que puede atravesar una sección dada de vía o absorber un determinado elemento viario, durante un periodo de quince minutos, en unas condiciones determinadas de la propia vía y del tráfico correspondiente, expresada en vehículos/hora.

La capacidad no es un máximo absoluto ni único, sino un máximo relativo a las características de la vía y de la circulación, incluso puede depender de las condiciones meteorológicas.

En carreteras convencionales, las condiciones que favorecen la máxima capacidad son:



- Corriente ininterrumpida: sin semáforos, sin glorietas, etc.
- Tráfico equilibrado: 50% del tráfico en cada sentido de circulación.
- Vehículos ligeros exclusivamente.
- Anchura de carril superior o igual a 3.6 metros.
- Anchura de arcén superior o igual a 1.8 metros.
- Perfil longitudinal llano.
- Adelantamiento permitido en todo el tramo.

Dándose estas condiciones, la capacidad máxima en carreteras convencionales sería:

- Calzada completa (considerando ambos sentidos de circulación): 3.200 vh. ligeros/h
- Sentido único (un solo carril): 1.700 vh. ligeros/h

La capacidad máxima en autovías y autopista sería:

- En vías con velocidad libre = 120 km/h: 2.400 vh.lg./h/carril
- En vías con velocidad libre = 110 km/h: 2.350 vh.lg./h/carril
- En vías con velocidad libre = 100 km/h: 2.300 vh.lg./h/carril
- En vías con velocidad libre = 90 km/h: 2.250 vh.lg./h/carril

6 Niveles de Servicio

En el estudio del funcionamiento del tráfico en un elemento viario, es importante realizar una valoración de la calidad de la circulación por parte de los usuarios, teniendo en cuenta aspectos como la comodidad, la seguridad, la economía y la fluidez del tráfico. Para ello, se utilizan los Niveles de Servicio, que son medidas cualitativas del funcionamiento de un elemento viario.

Así, se puede estimar el nivel de servicio tanto de tramos de vía (carreteras, autopistas, multicarriles, vías arteriales), como de elementos de conexión (entradas, salidas, ramales, intersecciones, trenzados), e incluso de sistemas viarios.

Pueden considerarse 6 niveles de servicio:

- A: circulación fluida
- B: circulación estable a alta velocidad
- C: circulación estable
- D: circulación casi inestable
- E: circulación inestable
- F: circulación forzada

La separación entre el nivel de servicio E y el nivel de servicio F es la capacidad (ver imagen 3).

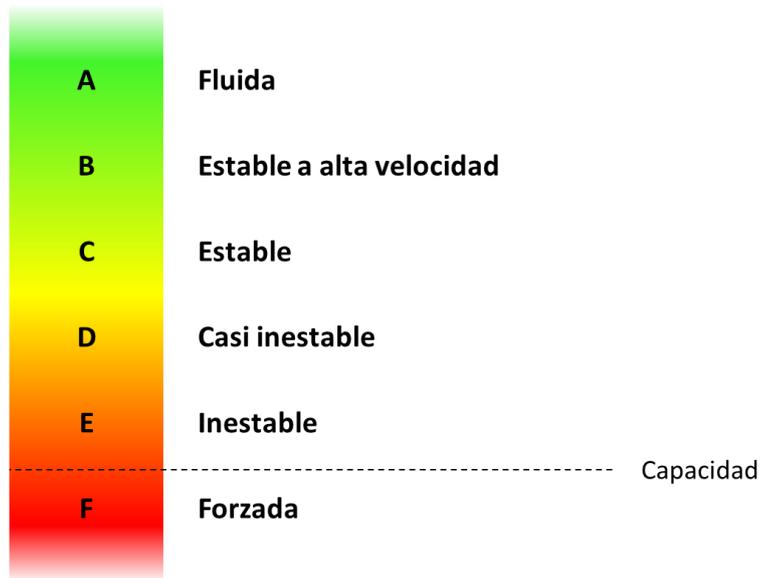


Imagen 3. Niveles de Servicio

En la imagen 4 puede observarse un ejemplo de estado de la circulación para cada uno de los niveles de servicio.



Imagen 4. Estado de la circulación en cada uno de los niveles de servicio



En el diagrama intensidad – velocidad se pueden identificar los diferentes niveles de servicio. ¿En qué zona del diagrama se encontraría cada uno de ellos?

(piensa la respuesta antes de pasar a la siguiente página)

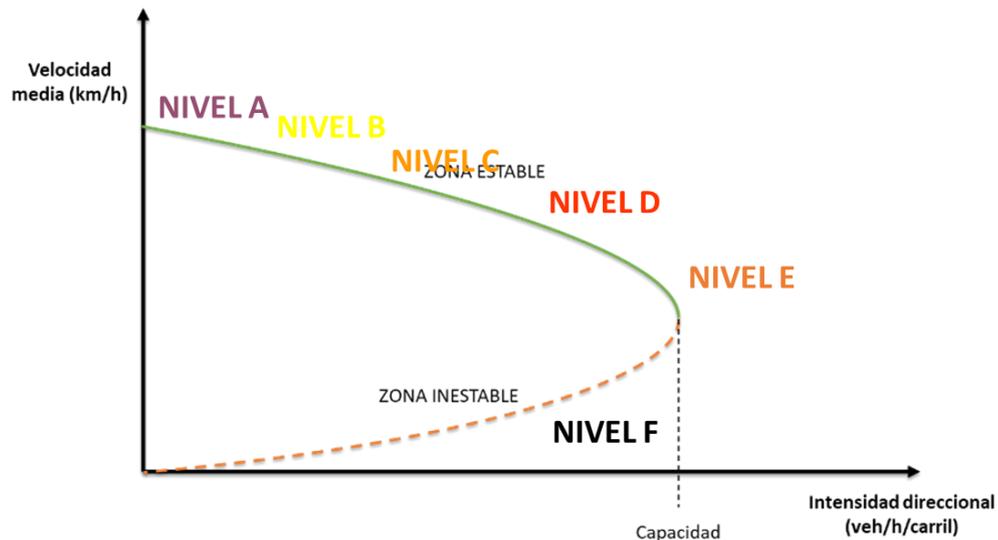


Imagen 5. Identificación de niveles de servicio en el diagrama intensidad - velocidad

7 Estimación de los Niveles de Servicio en una carretera convencional

Para la estimación de los niveles de servicio en una carretera convencional para, así, evaluar el funcionamiento de su circulación suelen utilizarse los procedimientos recogidos en el Highway Capacity Manual (HCM) del Transportation Research Board de Estados Unidos. La edición más reciente de este manual es de 2016.

La aplicación de este manual permite la medición de la funcionalidad de una carretera, realizándola en cada sentido de circulación por separado. Aunque la medición se hace en cada sentido de circulación, en el cálculo influye también la circulación del sentido opuesto.

El HCM 6th edition clasifica las carreteras en:

- Clase I: en ellas los conductores esperan viajar a velocidades elevadas. Son carreteras que son utilizadas mayoritariamente para viajes largos o conexiones entre carreteras muy importantes.
- Clase II: los conductores no esperan viajar necesariamente a velocidades elevadas. Son utilizadas mayoritariamente para viajes cortos, o inicio/final de viajes largos.
- Clase III: son carreteras que circulan por zonas relativamente desarrolladas. Son generalmente travesías de otras carreteras de tipo Clase I o Clase II. Generalmente tienen una velocidad límite reducida impuesta, con muchos accesos a propiedades.

En la imagen 6 se pueden observar los tres tipos de clase de carretera.



a. Clase I

b. Clase II

c. Clase III

Imagen 6. Tipos de carretera según HCM 6th edition



¿Cuáles de las siguientes carreteras se puede clasificar como carretera de clase II?



Imagen 7. Ejemplos de carretera

Dependiendo del tipo de carretera, el nivel de servicio depende de uno u otro parámetro:

- Clase I: en este tipo de carretera lo más importante es la velocidad y el retraso por ir en cola.
 - Velocidad promedio del recorrido (*average travel speed – ATS*)
 - Porcentaje de tiempo en cola (*percent time speed following – PTSF*)
- Clase II: en este tipo de carretera la velocidad no es importante, pero sí el tiempo que el conductor está en cola.
 - Porcentaje de tiempo en cola (*percent time speed following – PTSF*)



- Clase III: no se esperan altas velocidades. En ellas, se suele ir en cola pero por poco tiempo. A los conductores les importa cuánto pueden acercarse a la velocidad límite impuesta.
 - Porcentaje de velocidad libre (*percent free flow speed – PFFS*)

Teniendo en cuenta lo que les importa a los conductores en cada una de estas carreteras, ¿cuáles serán las características del tráfico para cada nivel de servicio dependiendo del tipo de carretera?

Para carreteras de Clase I:

- A: altas velocidades y ninguna dificultad en los adelantamientos.
- B: equilibrio entre la demanda y las posibilidades de adelantamiento. Algo de reducción de velocidad.
- C: la mayoría de los vehículos circulan en pelotones.
- D: aumento significativo de los pelotones. Alta demanda de adelantamiento, pero casi no hay posibilidad de ello.
- E: adelantamientos virtualmente imposibles, tiempo en cola superior al 80%.
- F: La demanda excede a la capacidad. Condiciones de operación inestables.

Para carreteras de Clase II:

- A: Los vehículos circulan a la máxima velocidad, según la geometría de la vía. Pocos (pero algunos) pelotones.
- B: Equilibrio entre la demanda y las posibilidades de adelantamiento. Aumento de pelotones.
- C: La mayoría de los vehículos circulan en pelotones.
- D: Aumento significativo de los pelotones. Alta demanda de adelantamiento, pero casi no hay posibilidad de ello.
- E: Adelantamientos virtualmente imposibles, tiempo en cola superior al 80%.
- F: La demanda excede a la capacidad. Condiciones de operación inestables.

Para carreteras de Clase III:

- A: Los vehículos no tienen problemas en circular a la velocidad límite impuesta de la vía.
- B: Ya no se puede mantener la velocidad límite, hay una ligera reducción de la velocidad.
- C: Reducción significativa de la velocidad.
- D: Reducción de velocidad aún mayor.
- E: La velocidad es inferior a 2/3 de la velocidad en flujo libre.
- F: La demanda excede a la capacidad. Condiciones de operación inestables.



8 Estimación de la capacidad de una carretera convencional

Para la estimación de la capacidad de una carretera convencional suele utilizarse también el Highway Capacity Manual (HCM) del Transportation Research Board de Estados Unidos.

Este manual toma como base de cálculo las siguientes condiciones de la carretera:

- Corriente ininterrumpida: sin semáforos, sin glorietas, etc.
- Tráfico equilibrado: 50% del tráfico en cada sentido de circulación.
- Vehículos ligeros exclusivamente.
- Anchura de carril superior o igual a 3.6 metros.
- Anchura de arcén superior o igual a 1.8 metros.
- Perfil longitudinal llano.
- Adelantamiento permitido en todo el tramo.

En estas condiciones base, la capacidad está limitada a 1.700 veh. ligeros/carril.

En caso de que la carretera objeto de estudio tenga unas características diferentes, será necesario aplicar distintos factores que modifican este valor y tienen en cuenta las variaciones de la carretera y del tráfico.

9 Conclusión

En este documento se ha mostrado qué es la capacidad de la carretera y qué son los niveles de servicio. Además, se ha descrito las características del tráfico dependiendo del nivel de servicio en el que se encuentre funcionando la carretera.

10 Bibliografía

Kraemer, C. et al. (2004). "Ingeniería de Carreteras. Vol. 1". McGraw-Hill.

Transportation Research Board (2016). "Highway Capacity Manual. Sixth Edition (HCM6)".