



# Relaciones entre magnitudes fundamentales del tráfico

<b>Apellidos, nombre</b>	Pérez Zuriaga, Ana María <sup>1</sup> ( <a href="mailto:anpezu@tra.upv.es">anpezu@tra.upv.es</a> ) López Maldonado, Griselda <sup>2</sup> ( <a href="mailto:grilomal@tra.upv.es">grilomal@tra.upv.es</a> ) Camacho Torregrosa, Fco. Javier <sup>3</sup> ( <a href="mailto:fracator@tra.upv.es">fracator@tra.upv.es</a> )
<b>Departamento</b>	<sup>1,2,3</sup> Ingeniería e Infraestructuras de los Transportes
<b>Centro</b>	Universitat Politècnica de València



## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presentan las relaciones entre las magnitudes fundamentales del tráfico (intensidad, velocidad, densidad). Analizando la relación entre ellas es posible caracterizar el funcionamiento del tráfico en un determinado elemento viario, identificar las situaciones más conflictivas y aplicar medidas de gestión que mejoren la funcionalidad de la vía.

## 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.

## 3 Objetivos

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

- Evaluar el comportamiento del tráfico en un elemento viario.
- Identificar el régimen de circulación presente en una vía en un tiempo determinado.
- Estimar la capacidad de un elemento viario.

## 4 Relación intensidad - velocidad

La relación intensidad – velocidad es la más importante a la hora de caracterizar el funcionamiento del tráfico de un elemento viario, ya que considera la demanda de tráfico, definida por la intensidad, y la calidad de la circulación, definida por la velocidad media espacial. En la imagen 1 se muestra un diagrama intensidad-velocidad.

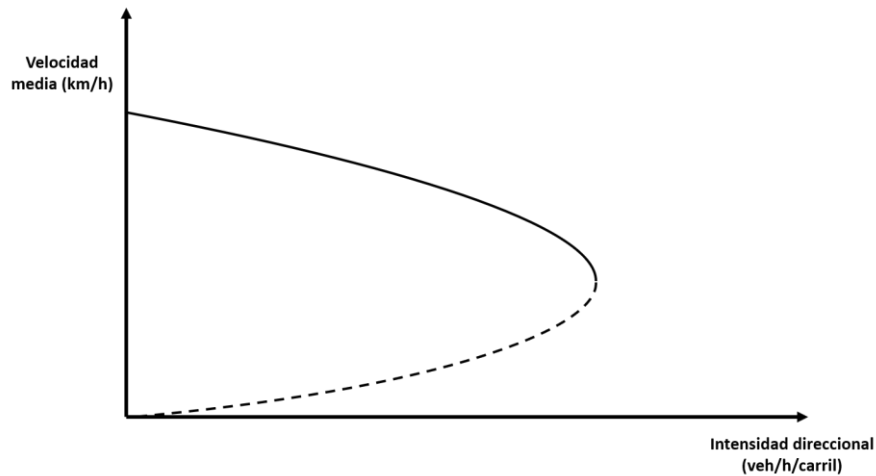


Imagen 1. Diagrama Intensidad-Velocidad

Características de este diagrama:

- Hay dos ramas en el diagrama:
  - Rama superior de la curva (continua). Es la más interesante a efectos prácticos. En ella, la situación es de circulación estable.
  - Rama inferior de la curva (discontinua). Es la situación a evitar, situación de congestión.
- Intensidad cero (o casi cero), es decir, por una sección de carretera no pasa ningún vehículo. Puede darse en los siguientes casos:
  - No hay vehículos por la carretera (o hay muy pocos) y, por tanto, los pocos vehículos que circulan lo hacen a muy altas velocidades.
  - El número de vehículos en la carretera es muy grande, la carretera está totalmente ocupada por vehículos que impiden totalmente la circulación y, por tanto, los vehículos están parados (velocidad nula).
- Cada valor de intensidad lleva asociados dos valores de velocidad:
  - El valor menor corresponde a una situación congestionada y muy inestable.
  - El valor mayor corresponde a una circulación libre y estable.
- El punto de cambio entre régimen estable e inestable se produce en el punto de máxima intensidad, que determina la capacidad de la vía.

En resumen, analizando el diagrama se puede concluir que se producen velocidades altas de circulación en el caso de existir un bajo flujo de vehículos circulando por la carretera. Este flujo va aumentando progresivamente hasta un máximo de intensidad (capacidad de la vía), a partir de la que la circulación se vuelve inestable y paulatinamente más lenta.



Entonces.....¿todas las carreteras tienen el mismo diagrama intensidad-velocidad?

(piénsalo antes de pasar a la siguiente página)

NO. Por ejemplo, la imagen 2 muestra el diagrama intensidad-velocidad de una carretera convencional, mientras que la imagen 3 muestra el diagrama intensidad-velocidad de una vía de doble calzada.

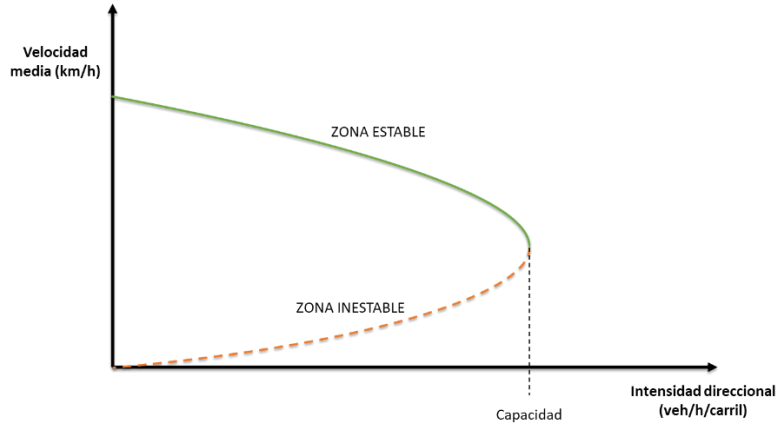


Imagen 2. Diagrama Intensidad-Velocidad carretera convencional

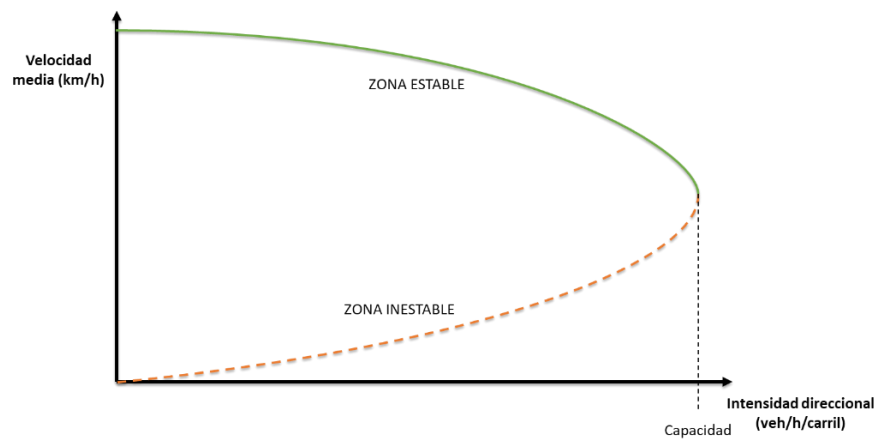


Imagen 3. Diagrama Intensidad-Velocidad vía de doble calzada



¿Diferencias entre un diagrama intensidad-velocidad de una carretera convencional y un diagrama intensidad-velocidad de una vía de doble calzada?

(piénsalo antes de pasar a la siguiente página)

Diferencias:

- La capacidad de una carretera convencional es menor que la de una vía de doble calzada (por carril).
- La capacidad se alcanza para una velocidad mayor en vías de doble calzada que en carreteras convencionales.
- El primer tramo del diagrama (zona de flujo libre con pocos vehículos circulando por la carretera) es más llano en las vías de doble calzada. Esto es debido a que en vías de doble calzada es más fácil llevar a cabo adelantamientos, por lo que aún aumentando el flujo del tráfico se puede mantener cierta velocidad, gracias a esa facilidad de adelantamiento.



CUIDADO!!!!

Los diagramas de las imágenes 1, 2 y 3 no son los diagramas reales que podemos encontrarnos al analizar el tráfico en carretera.

Los diagramas reales son los que se muestran en la imagen 4. Los diagramas no consisten en una curva totalmente definida sino en una serie de puntos correspondientes a las parejas de datos intensidad – velocidad, que pueden ajustarse a las curvas que se han mostrado antes.

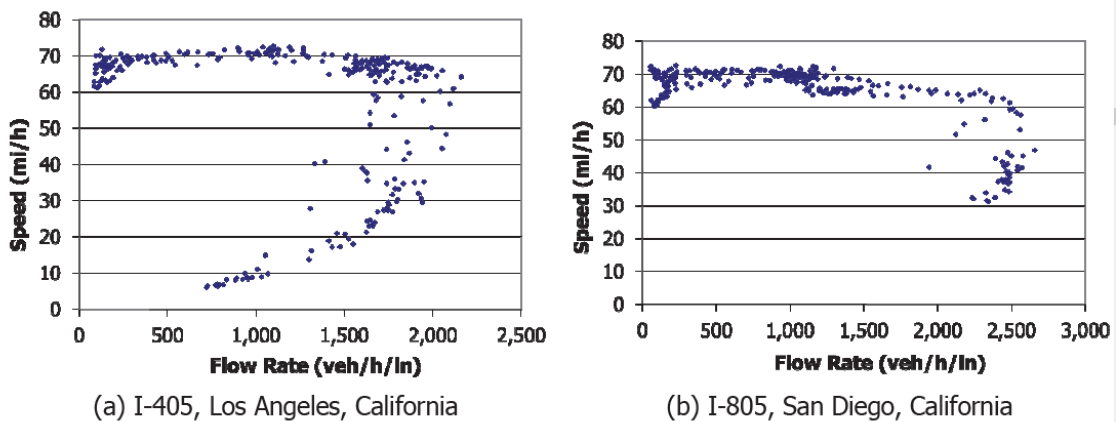


Imagen 4. Diagramas intensidad-velocidad reales



Una pregunta más... ¿el diagrama será igual para una carretera siempre? Por ejemplo, ¿el diagrama será igual si llueve como si no? (piénsalo antes de pasar a la siguiente página)

La respuesta de nuevo es NO. El diagrama varía: cuando llueve, la velocidad en flujo libre es menor que cuando las condiciones meteorológicas son favorables y el pavimento está seco. Esta diferencia es la que se muestra en la imagen 5.

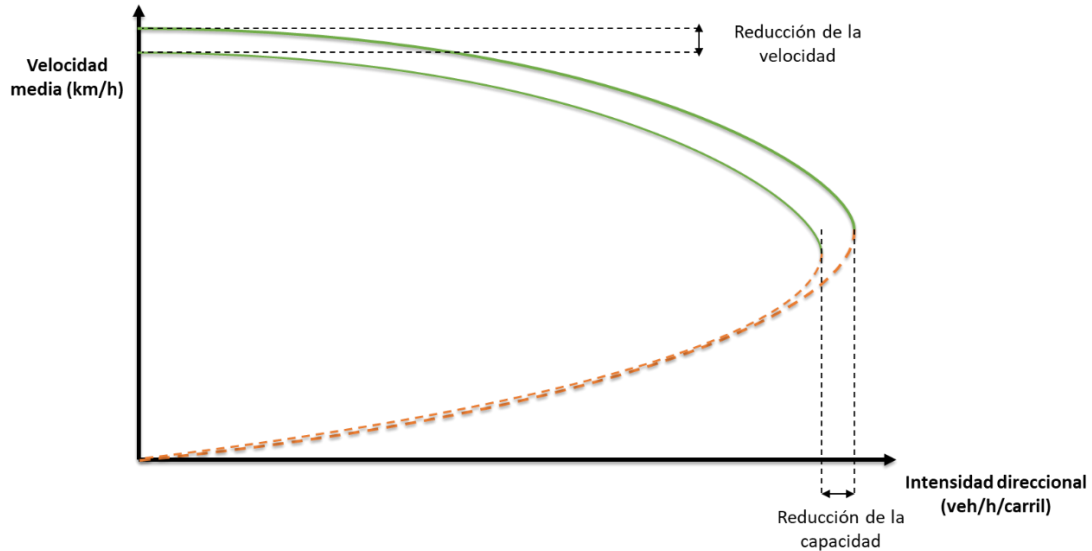


Imagen 5. Diferencia entre los diagramas intensidad-velocidad en condiciones meteorológicas adversas y favorables.

## 5 Relación intensidad - densidad

La relación intensidad – densidad puede obtenerse del anterior mediante la ecuación fundamental del tráfico. El gráfico correspondiente a esta relación se muestra en la imagen 6.

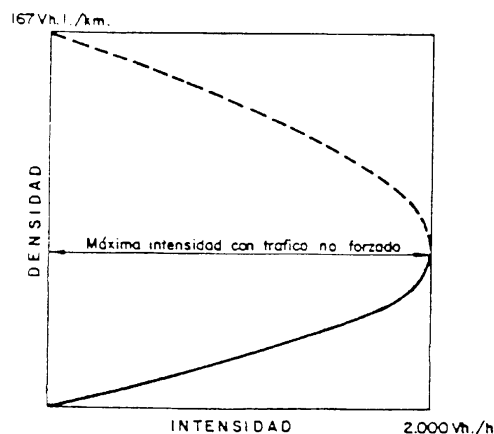


Imagen 6. Diagrama intensidad - densidad.

Características de este diagrama:

- Hay dos ramas en el diagrama:
  - Rama superior de la curva (discontinua). Situación de congestión.
  - Rama inferior de la curva (continua). Circulación estable.

- Intensidad cero (o casi cero). Puede darse en los siguientes casos:
  - No hay vehículos por la carretera (o hay muy pocos) y, por tanto, la densidad es prácticamente nula.
  - El número de vehículos en la carretera es muy grande, la carretera está totalmente ocupada por vehículos y, por tanto, la densidad es muy alta.
- Cada valor de intensidad lleva asociados dos valores de densidad:
  - El valor menor corresponde a una circulación libre y estable.
  - El valor mayor corresponde a una situación congestionada y muy inestable.
- El punto de cambio entre régimen estable e inestable se produce en el punto de máxima intensidad, que determina la capacidad de la vía.

## 6 Relación densidad - velocidad

La relación densidad - velocidad puede obtenerse del anterior mediante la ecuación fundamental del tráfico. El gráfico correspondiente a esta relación se muestra en la imagen 7.

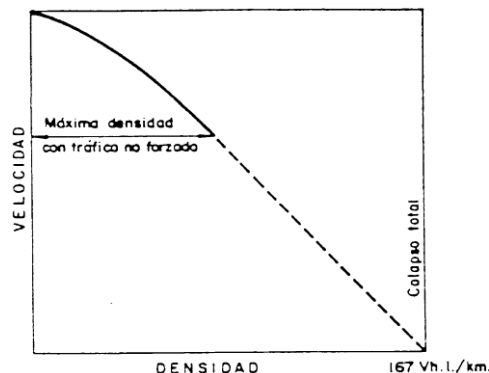


Imagen 7. Diagrama densidad - velocidad.

Características de este diagrama:

- Hay dos partes en el diagrama:
  - Parte superior de la curva (continua). Circulación estable.
  - Parte inferior de la curva (discontinua). Situación de congestión.
- Densidad cero (o casi cero) -> Velocidad en flujo libre
- Velocidad cero (o casi cero) -> densidad máxima, la vía está colapsada.
- El punto de cambio entre régimen estable e inestable se produce en el punto de máxima intensidad con tráfico no forzado.

## 7 Conclusión

En este documento se ha mostrado cuáles son las magnitudes fundamentales del tráfico (intensidad, velocidad y densidad) y cómo se relacionan entre ellas mediante la ecuación fundamental del tráfico.

Con estos conocimientos básicos, es posible tras la visualización de un diagrama intensidad – velocidad, por ejemplo, analizar el tráfico que circula por una carretera y el tipo de carretera de que se trata.



Vamos a comprobarlo:

Según el diagrama intensidad – velocidad de la imagen 8:

- ¿Qué tipo de carretera es la que se está estudiando?
- ¿Qué características tiene el tráfico en cada una de las situaciones numeradas en el gráfico?

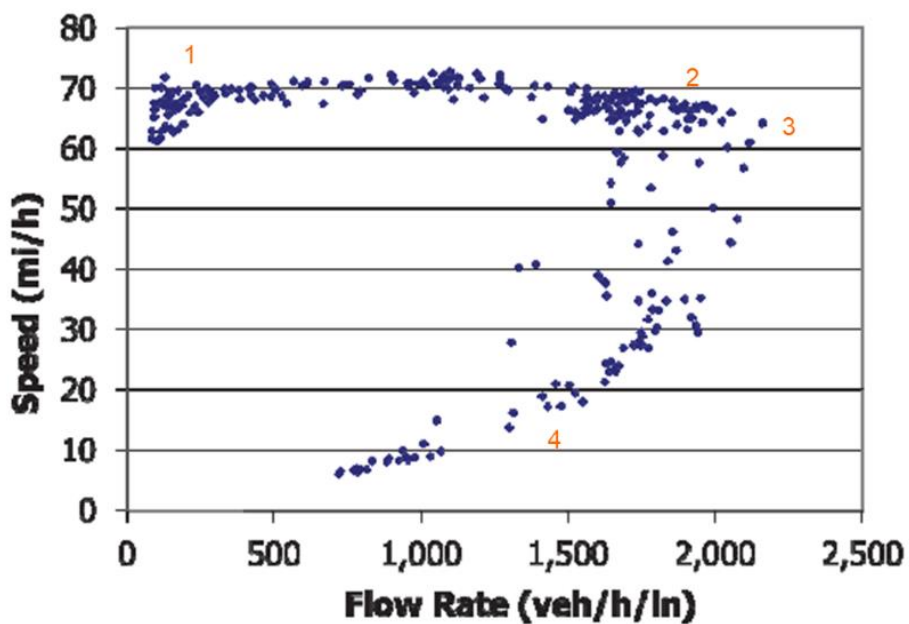


Imagen 8. Diagrama intensidad-velocidad ejemplo

## 8 Bibliografía

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

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