

TEMA 68

PARÁMETROS FUNDAMENTALES DEL TRÁFICO. VELOCIDAD. DEFINICIONES. PERCENTIL 85. VELOCIDAD INADECUADA Y VELOCIDAD EXCESIVA. OTRAS VARIABLES DERIVADAS. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE DATOS DE LOS PARÁMETROS DE TRÁFICO. PROCEDIMIENTOS DE INTEGRACIÓN Y ANÁLISIS.

1. LA VELOCIDAD. DEFINICIONES.

- 1.1 Relacion entre velocidad media temporal y velocidad media especial.
- 1.2 Relacion entre la velocidad media de recorrido y velocidad media espacial

2. PERCENTIL 85.

3.VELOCIDAD INADECUADA Y VELOCIDAD EXCESIVA.

4.OTRAS VARIABLES DERIVADAS

INTENSIDAD.

DENSIDAD DE TRÁFICO

RELACIÓN FUNDAMENTAL

RELACIÓN VELOCIDAD – DENSIDAD

RELACIÓN VELOCIDAD – INTENSIDAD

RELACIÓN INTENSIDAD – DENSIDAD

RELACIÓN VELOCIDAD-SINIESTRALIDAD

5. MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE DATOS DE LOS PARÁMETROS DE TRÁFICO.

Métodos de obtención de parámetros de tráfico

Vehículo flotante

Sistema de lectura de matrículas

Estación de toma de datos (ETD)

Espiras virtuales

RADAR

6. PROCEDIMIENTO DE INTEGRACIÓN Y ANÁLISIS

1. La velocidad. Definiciones.

La velocidad se define como la medida de movimiento expresada en distancia por unidad de tiempo, generalmente como kilómetros por hora (km/h).

Es una medida importante de la calidad del servicio proporcionado al conductor a través del tiempo que se tarda en un desplazamiento y en la seguridad en la circulación. Se utiliza como una medida de eficacia importante que define los niveles de servicio en muchos tipos de vía, como son las carreteras de dos carriles, las autopistas, etc.

Así mismo la limitación de la misma según el tipo de vía y sus características están continuamente presentes para los conductores.

La velocidad inadecuada forma, junto la infracción a la norma, la distracción, el cansancio, enfermedad o sueño y el alcohol y drogas, el conjunto principal **factores de riesgo** de los accidentes de tráfico.

El conocimiento de la velocidad es pues un factor necesario para la vigilancia y prevención pero también para la gestión de tráfico. Los niveles de tráfico se pueden conocerse usando otros parámetros como intensidad u ocupación, pero nada mejor para saber cómo se comporta el tráfico que conocer esta variable fundamental. Sin embargo la importancia viene pareja con la dificultad de definición, así como su influencia tanto en la seguridad vial como la eficiencia del flujo circulatorio.

Cuando se habla de velocidad hay que hacer una primera división dependiendo de si la velocidad se refiere a la de un vehículo determinado o bien si se refiere al conjunto de la circulación.

La **velocidad de un determinado vehículo**, puede definirse mediante tres conceptos:

- *Velocidad instantánea*: es la velocidad de un vehículo en un momento determinado.
- *Velocidad de circulación*: es el cociente entre la distancia recorrida en un tramo determinado y el tiempo que el vehículo está en movimiento.
- *Velocidad de recorrido*: es la velocidad media conseguida por un vehículo al recorrer un tramo de la carretera, es decir el cociente entre la distancia recorrida en un tramo determinado y el tiempo que transcurre desde el instante en que el vehículo inició el viaje hasta que llega a su destino, incluyendo las posibles detenciones y retrasos debidos al tráfico.

Si nos referimos al **conjunto de la circulación**, existen tres posibles valores medios:

- *Velocidad media temporal*: es la velocidad media de todos los vehículos que pasan por un perfil fijo de la carretera o sección durante un cierto periodo de tiempo y se obtiene como la media de las velocidades instantáneas de todos los vehículos durante el periodo seleccionado. Se corresponde con los datos que se obtienen en los equipos de toma de datos de la red de aforos y equipamiento ITS. Se define como:

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}$$

Dónde:

- \bar{V}_t es la velocidad media temporal
 - V_i es la velocidad del vehículo en el punto de medición
 - n es la muestra de vehículos
- *Velocidad media espacial*: es la velocidad media de todos los vehículos que en un instante determinado están en un tramo dado de la carretera. Se dice entonces, que se tiene una distribución espacial de velocidades de punto.

$$\bar{V}_e = \frac{\sum_{j=1}^m V_j}{m}$$

Dónde:

- \bar{V}_e es la velocidad media espacial
- V_j es la velocidad del vehículo en el punto en el que se encuentre dentro del tramo
- m es la muestra de vehículos

La velocidad media espacial también puede obtenerse a partir de los tiempos de recorrido de los vehículos que circulan por un tramo determinado. Se obtiene dividiendo la longitud de tramo entre el tiempo medio de recorrido.

$$\bar{V}_e = \frac{d}{t}$$

Dónde:

- \bar{V}_e es la velocidad media espacial
- d es la longitud del tramo considerado de la infraestructura
- \bar{t} es el tiempo de recorrido medio de los vehículos en ese tramo obteniéndose este valor de la siguiente forma:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

Siendo t_i el tiempo de cada vehículo y n el número de vehículos considerados en la muestra.

La velocidad media temporal es siempre superior a la velocidad media espacial.

- *Velocidad media de recorrido:* es la media de velocidades de recorrido de todos los vehículos en un tramo de carretera.

$$\bar{V}_r = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Dónde:

- \bar{V}_r es la velocidad media de recorrido
- n es el número de vehículos de la muestra
- d_i es la longitud recorrida por dichos vehículos
- t_i es el tiempo empleado por dichos vehículos en recorrer dicho tramo

Otro concepto en el que intervienen las velocidades y que ha de ser utilizado para la creación de distintos tipos de escenarios de comportamiento de los conductores para un mismo tramo de carretera, es la distribución de velocidades.

Midiendo las velocidades de varios vehículos, se puede determinar las distribuciones de frecuencia de velocidades. Las frecuencias obtenidas dependerán del método seguido para medir las distintas velocidades.

Si se miden las velocidades de los vehículos cuando estos pasan por un perfil fijo de

carretera, se obtiene la **distribución temporal**, mientras que si se miden las velocidades de todos los vehículos en un instante dado, se obtiene la **distribución espacial**. En general se utilizarán distribuciones medias temporales.

Relación entre velocidad media temporal y velocidad media espacial

Se cumple, aproximadamente

$$\bar{V}_e \approx \bar{V}_t + \frac{s_t^2}{\bar{V}_t}$$

Siendo s_t^2 la varianza de la distribución de velocidades en el tiempo, es decir, indica el grado de homogeneidad o heterogeneidad de las velocidades en la muestra.

Cuando la varianza de la muestra es cero, es la única situación en la que la velocidad media espacial y temporal coincide. Esto sólo ocurre cuando la totalidad de las velocidades de los vehículos de la muestra, son iguales. En cualquier otra situación y siendo siempre la varianza un valor muy pequeño, la velocidad media espacial es siempre menor que la velocidad media temporal.

Relación entre la velocidad media de recorrido y velocidad media espacial

Si un grupo de vehículos recorre la misma distancia, la velocidad media de recorrido de los mismos se obtiene dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de los tiempos de recorrido.

$$\bar{V}_r = \frac{d}{\bar{t}}$$

Así, puede verse que, la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial con base en la distancia, es decir:

$$\bar{V}_r = \bar{V}_e$$

2.Percentil 85

Para muchos estudios de trazado o regulación del tráfico interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un cierto número de vehículos. En este caso la velocidad correspondiente al percentil 85 es aquella que solamente es sobrepasada por un 15 % de vehículos. Suele ser alrededor de un 20 % superior a la velocidad media.

3.Velocidad inadecuada y velocidad excesiva

La movilidad implica necesariamente movimiento, y el tráfico terrestre por vías urbanas e

interurbanas implica el movimiento de vehículos a motor, vehículos no motorizados, peatones, y en general todo tipo de usuarios, más y menos vulnerables, todos en un mismo entorno infraestructural más o menos segregado, que canaliza, regula, organiza y ordena su movimiento.

La ingeniería de tráfico analiza cuáles son las variables que definen este movimiento, y lo liga con variables de diseño y de gestión de la infraestructura con el fin de optimizar las inversiones públicas y estima las inversiones requeridas para el mantenimiento en condiciones óptimas de nivel de servicio.

La accidentalidad viaria ocurre sólo cuando existe movimiento, se puede afirmar que **la movilidad es la condición necesaria** (pero no suficiente) para que ocurra un accidente de tráfico, del que pueden o no derivarse lesionados, heridos y fallecidos.

En el caso español, la velocidad inadecuada o excesiva está presente en aproximadamente el 40% de los accidentes con víctimas.

La **velocidad puede ser inadecuada**, definida como velocidad que no se adapta a los **condicionantes del vehículo** (antigüedad, grado de conservación y mantenimiento, equipamiento de seguridad activa y pasiva, dimensiones, alumbrado, peso, etc), **de la vía** (estado del pavimento, balizamiento, señalización horizontal, señalización vertical, margen de la vía, indicaciones de dirección, diseño geométrico, etc), **del conductor** (edad, pericia, condiciones psicofísicas, experiencia, cansancio, fatiga, etc), **del ambiente** (visibilidad, estado físicoquímico de la calzada, humedad, precipitaciones, temperatura, dirección y velocidad del viento, etc), así como de los **condicionantes del tráfico** (intensidad, densidad, velocidad, composición del tráfico, cambios de carril, movimientos de trenzado, entradas y salidas, sección transversal, presencia de aparcamientos, mezcla de tráfico, etc).

El concepto de adecuación y el subsiguiente de la moderación de la velocidad quedan recogidos en la Ley de Tráfico, y desarrollado en el Reglamento General de Circulación (RD 1428/2003) en sus artículos 45 y 46, los cuales se transcriben a continuación:

Artículo 45. Adecuación de la velocidad a las circunstancias.

Todo conductor está obligado a **respetar los límites de velocidad establecidos (VELOCIDAD EXCESIVA)** y a tener en cuenta, además, **sus propias condiciones físicas y psíquicas, las características y el estado de la vía, del vehículo y de su carga, las condiciones meteorológicas, ambientales y de circulación, y, en general, cuantas circunstancias concurren en cada momento (VELOCIDAD ADECUADA)**, a fin de adecuar la velocidad de su vehículo a ellas, de manera que siempre pueda detenerlo dentro de los límites de su campo de visión y ante cualquier obstáculo que pueda presentarse (artículo 19.1 del texto articulado).

Artículo 46. Moderación de la velocidad. Casos.

1. Se circulará a **velocidad moderada (ADECUACIÓN DE LA VELOCIDAD)** y, si fuera preciso, se detendrá el vehículo cuando las circunstancias lo exijan, especialmente en los casos siguientes:

- a) Cuando haya peatones en la parte de la vía que se esté utilizando o pueda preverse racionalmente su irrupción en ella, principalmente si se trata de niños, ancianos, invidentes u otras personas manifiestamente impedidas.
- b) Al aproximarse a ciclos circulando, así como en las intersecciones y en las proximidades de vías de uso exclusivo de ciclos y de los pasos de peatones no regulados por semáforo o agentes de la circulación, así como al acercarse a mercados, centros docentes o a lugares en que sea previsible la presencia de niños.
- c) Cuando haya animales en la parte de la vía que se esté utilizando o pueda preverse racionalmente su irrupción en ella.
- d) En los tramos con edificios de inmediato acceso a la parte de la vía que se esté utilizando.
- e) Al aproximarse a un autobús en situación de parada, principalmente si se trata de un autobús de transporte escolar.
- f) Fuera de poblado al acercarse a vehículos inmovilizados en la calzada y a ciclos que circulan por ella o por su arcén.
- g) Al circular por pavimento deslizante o cuando pueda salpicarse o proyectarse agua, gravilla u otras materias a los demás usuarios de la vía.
- h) Al aproximarse a pasos a nivel, a glorietas e intersecciones en que no se goce de prioridad, a lugares de reducida visibilidad o a estrechamientos.

Por otra parte, la velocidad puede ser excesiva, cuando es superior a la velocidad reglamentariamente establecida, bien de manera fija o dinámica, para el tramo de vía por el que el vehículo circula.

Como se ha observado, la velocidad influye decisivamente en la densidad y en la intensidad de vehículos en una infraestructura dada. Sería erróneo pensar que una vía concreta, de características conocidas (nº de carriles, ancho de carriles, existencia y tipo de arcén, entradas y salidas, tipo de pavimento, condiciones meteorológicas, control/gestión de la velocidad, etc) posee unas características propias inherentes e inmutables definidas como capacidad de la infraestructura (ver Manual de Capacidad (Highway Capacity Manual 2010)), sino más bien las corrientes científicas y estado del arte más reciente considera que es posible adaptar el número de vehículos que pueden atravesar una sección de vía determinada con condiciones de seguridad si se gestiona adecuadamente la velocidad, distancia de seguridad y cambios de carril, por un lado mediante la educación vial y por otro lado mediante la tecnología a bordo o la tecnología V2I (vehículo-infraestructura) que comunica vehículo con infraestructura y que ayuda a adaptar el estilo de conducción de los conductores logrando una eficiencia máxima y la optimización del espacio viario.

Dicho esto, es evidente que la DGT se erige como organismo responsable para garantizar que en la red viaria española:

- 1- **Vigilar que se cumplen los límites legalmente establecidos**, tanto genéricos como específicos mediante el empleo de dispositivos tecnológicos normalizados que miden la velocidad instantánea o de circulación de los vehículos y captan imágenes de calidad de los mismos..
- 2- **Advertir y reglamentar** la velocidad ante eventos adversos (fenómenos meteorológicos adversos, congestión, obras, emisiones contaminantes,

optimización del consumo energético, etc) que recomiendan una velocidad adecuada de interés general menor que la legalmente establecida.

Evidentemente, en la descripción de funciones de la DGT aparece la de gestión y control del tráfico, y además en el artículo 113 del Reglamento General de Circulación, se consagra a la SEÑALIZACIÓN CIRCUNSTANCIAL como elemento clave en la gestión del tráfico, quedando jerárquicamente en 2º orden, por encima de la señalización fija vertical y horizontal, y solo por detrás de las indicaciones de los agentes del tráfico. Este hecho facilita la labor del gestor de tráfico a la hora de prohibir o recomendar velocidades distintas a la mostrada por la señalización fija sin el riesgo de poder caer en contradicción o incomprensión, dado que el conductor deberá en este caso prescindir de ésta y atender únicamente a la señalización circunstancial.

La SEÑALIZACIÓN CIRCUNSTANCIAL, también denominada como variable o dinámica, permite informar, reglamentar, advertir, y recomendar al usuario en tiempo real en función de las circunstancias o eventos prevalentes en el entorno vial que condicionan el flujo circulatorio y que pueda tener influencia en la seguridad o en la fluidez de la circulación.

Toda señalización variable, independientemente de su soporte (mecánico, electromecánico, eléctrico, informático, etc), deberá ser susceptible de tener al menos 2 posiciones o estados, es decir mostrar al menos dos mensajes.

En conclusión, la DGT tiene amparo normativo, capacidades y medios propios para lograr que la movilidad se realiza en cumplimiento de la velocidad límite legalmente establecida en cada tramo de vía (velocidad excesiva), y señalar circunstancialmente la velocidad en función de datos de tráfico, meteorológicos, ambientales, o económicos que justifiquen la circulación a velocidades distintas a los límites fijos.

8. Otras variables derivadas

Las características de la movilidad se ven afectadas por múltiples factores entre los que se destacan los siguientes:

- Tipo de **vía** (geometría, ancho de carril, nº de carriles, ancho de arcén, separación de sentidos, etc).
- Tipo de **vehículo** (vehículo ligero, vehículo pesado, vehículo de dos ruedas, vehículo de tracción mecánica, etc).

- Tipo de **conductor y de conducción** (conducción agresiva, conducción eficiente, conducción neutral, conducción conservadora, etc).
- Interacción **vehículo-via**.
- Interacción **conductor-vehículo**.
- Interacción **conductor-vía**.

La ingeniería de tráfico tiene como principales objetivos el planeamiento, el trazado y la explotación de las redes viarias, de forma que la circulación de personas y mercancías sea segura, rápida y económica.

De las interacciones y factores que afectan a la movilidad, centrándose en el movimiento de vehículos a lo largo de una red viaria de características conocidas, se tiene que el movimiento de los vehículos puede definirse a través de 3 parámetros conocidos como “Parámetros fundamentales del Tráfico”.

Las **tres variables fundamentales del tráfico son: la intensidad, la velocidad y la densidad de tráfico**. Otra variable que también se utiliza habitualmente en el mundo del tráfico es la composición o clases de vehículos que forman la corriente de tráfico, en especial para determinar el porcentaje de vehículos pesados. Hay otras características, también interesantes para definir el tráfico, como son la separación entre vehículos (medida en unidades de longitud), el intervalo (medida en unidades de tiempo) y la ocupación.

Estos 3 parámetros fundamentales del tráfico se relacionan entre sí por medio de expresiones de tipo no lineal, ya estudiadas previamente.

RELACIÓN VELOCIDAD-SINIESTRALIDAD

La accidentalidad viaria ocurre sólo cuando existe movimiento, se puede afirmar que **la movilidad es la condición necesaria** (pero no suficiente) para que ocurra un accidente de tráfico, del que pueden o no derivarse lesionados, heridos y fallecidos.

La energía cinética $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ expresa la energía de un cuerpo o sólido en movimiento de una masa “m” y que se desplaza a una velocidad instantánea “v”. Se puede observar como la energía crece exponencialmente con potencia 2 en función de la velocidad, por lo que a medida que los vehículos incrementan su velocidad, su energía cinética crece exponencialmente. En caso de impacto, esta energía que el vehículo concentra en forma de movimiento, se disipa en un impacto, en el que según la teoría de conservación de la energía, será tanto más grave o violento a medida que mayor sea la velocidad de

circulación.

En el caso español, la velocidad inadecuada o excesiva está presente en aproximadamente el 40% de los accidentes con víctimas.

Como ya se ha visto, la velocidad puede ser inadecuada, definida como velocidad que no se adapta a los condicionantes del vehículo, de la vía, del estado del conductor, del ambiente, o de los condicionantes del tráfico.

Por otra parte, la velocidad puede ser excesiva, cuando es superior a la velocidad reglamentariamente establecida, bien de manera fija o dinámica, para el tramo de vía por el que el vehículo circula.

9. Métodos de obtención de parámetros de tráfico.

Dependiendo del tipo de velocidad que miden, y más antigua a más moderna, las técnicas de medición de velocidad son principalmente:

- Vehículo flotante, la técnica es manual y mide la velocidad media de recorrido.
- Estación de toma de datos, mediante gomas o mediante espiras electromagnéticas, mide la velocidad media temporal
- Radar, basado en el efecto Doppler y mide la velocidad media temporal
- Lectura de matrículas, basada en visión artificial de las placas de matrícula, mide la velocidad media de recorrido
- Espiras virtuales, basada en visión artificial, mide la velocidad media temporal.

Adicionalmente cabe citar otros dispositivos como los cinemómetros basados en tecnología láser, y sistemas recientes basados en el concepto “vehículo conectado” basados fundamentalmente en la telefonía móvil, bluetooth y los sistemas GPS de navegación, que convierten a cada vehículo en un sensor de tráfico, capaz de transmitir a los Centros de Gestión de Tráfico información relativa no solo a su velocidad, sino también de la activación de dispositivos como el limpiaparabrisas, alumbrado, ABS, ESP, generando alertas de posibles incidencias de tráfico o meteorológicas.

a. Vehículo flotante

La forma más sencilla de obtener las velocidades medias de recorrido de un tramo, es el empleo de vehículos que circulan por la red viaria o tramo de estudio, en el que viajan como mínimo un conductor y un observador.

El coche flotante trata de mantenerse flotando en la circulación, adelantando a tantos vehículos como lo adelantan a él, o bien trata de circular a la velocidad media que el conductor estima que equivale a la velocidad media del tráfico.

Para estos estudios es necesario un vehículo que efectúe varias veces el recorrido

que se analiza, que conviene que tenga unas características medias representativas del parque de la zona donde se va realizar el estudio y que esté en condiciones de uso perfectas.

Una condición fundamental para la validez del estudio es que las condiciones de circulación a lo largo de todo el recorrido sean realmente representativas de la mayoría de los vehículos.

Para un determinado recorrido se obtendrá el tiempo medio. La norma es efectuar seis recorridos, hallando el tiempo medio. Las diferencias entre cada uno de los seis tiempos y la media se suman sin tener en cuenta sus signos. Si esta suma es menor que la media obtenida, se da por válido el resultado y en caso contrario se harán cuatro recorridos más. Lo que equivale a decir que la desviación media ha de ser como máximo $1/6$ de la media. El tiempo medio de recorrido se obtendrá a partir de la longitud total del tramo analizado y el tiempo empleado en recorrerlo. Es posible la utilización de GPS para facilitar los posteriores análisis de datos.

Dado que lo que se suele pretender es la obtención de las velocidades medias de recorrido en unos tramos previamente definidos, es fundamental que la velocidad de circulación existente en cada tramo a evaluar, no se vea afectado por factores que modifiquen la velocidad libre de circulación, de forma que cada tramo analizado tenga en su conjunto una velocidad homogénea.

Algunos de los factores que afectan a la velocidad, tendrán que ser considerados a la hora de dividir la vía en tramos, ya que son factores permanentes y que afectan a la velocidad indistintamente de umbrales horarios o época del año. En general hay que tener en cuenta a la hora de tramitificar:

- Trazado: El trazado de una carretera se definirá en relación directa con la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad. Dependiendo del trazado existente, las velocidades de circulación podrán diferir notoriamente.
- Pavimento: En algunas carreteras, las condiciones del pavimento obligan a reducir la velocidad de los vehículos.
- Proximidad zonas urbanas. Independientemente del posible aumento de intensidad en las proximidades de zonas urbanas, la existencia de intersecciones y la gran información que se da al conductor, obliga a la reducción de velocidad

Otros factores que afectan a la velocidad y no son permanentes, sino puntuales en mayor o menor rango horario, son los siguientes:

- Intensidad: Mientras la intensidad del tráfico es baja, los conductores pueden mantener la velocidad que ellos juzguen más adecuada, mientras que cuando aumenta la intensidad, la velocidad de cada conductor viene determinada en gran

parte por la velocidad de los demás conductores, produciéndose una disminución en la velocidad media de recorrido. Cuando la intensidad es muy alta y la carretera llega a estar congestionada, la velocidad resulta poco influida por las características de la carretera e incluso es la misma para todos los vehículos.

- Factores meteorológicos: aquellos desfavorables hacen disminuir la velocidad dependiendo de la intensidad de los fenómenos meteorológicos. Por la noche y dependiendo mucho de la existencia de iluminación en la carretera, la velocidad media de recorrido disminuye de forma apreciable.
- Característica de los conductores: Un parámetro importante y poco considerado a la hora de incluir en los factores que afectan a la velocidad, son las características de los conductores. Las velocidades medias de recorrido de un tramo de carretera, pueden variar dependiendo de si la mayoría de conductores circulan habitualmente por ese tramo, si el conductor es extranjero, si es un fin de semana con mayores desplazamientos de conductores desconocedores de las características del trazado o bien si un tramo concreto es más utilizado para desplazamientos de grandes distancias (dependerá de la época del año).

b. Sistema de lectura de matrículas

El sistema de lectura de matrículas obtiene el tiempo empleado por cada vehículo en recorrer un determinado tramo, en cuyos extremos se sitúan los equipos de toma de datos que registran la matrícula de los vehículos que circulan por el inicio y fin del tramo, pudiéndose obtener el tiempo empleado individualmente en efectuar el recorrido y por lo tanto la velocidad al ser una longitud conocida (ilustración 1)

Todos los datos de matrículas obtenidos por el sistema de lectura de matrículas, se envían a un servidor que es el encargado de comprobar las coincidencias de matrículas existentes para posteriormente obtener básicamente los siguientes datos:

- Identificación de la cámara que realiza el registro.
- Fecha y hora de la detección del vehículo en el punto de entrada y punto de salida.
- Longitud del tramo
- Matrícula del vehículo
- Tiempo de recorrido individual.
- Velocidad media de recorrido para cada vehículo
- Velocidad media de recorrido para el conjunto de vehículos que han circulado en un determinado tiempo.

c. Estación de toma de datos (ETD)

La Estación de Toma de Datos es el equipamiento que tradicionalmente más se ha usado en los Centros de Gestión de Tráfico para el conteo, clasificación y determinación de **velocidades medias temporales**. Las ventajas de este equipamiento radican en la gran cantidad de información que se pueden obtener a través de ellas y resistencia a condiciones climáticas adversas.

El equipo está compuesto por parejas de lazos electromagnéticos embebidos en el asfalto y conectados a una unidad de proceso y almacenamiento de datos, que permite la obtención, entre otros parámetros, de la velocidad media temporal del conjunto de vehículos, según el periodo temporal de agregación deseado.

El principio físico que sostiene el procedimiento es la ley de Lenz. Este físico demostró que si por un lazo cerrado (o espira) se la hace circular una corriente de una intensidad dada y, dentro de ese lazo se introduce un pedazo de hierro (vehículo), la intensidad se ve modificada. Lo que hace el procedimiento es medir esos pequeños cambios de intensidad y asignárselos a la circulación de un vehículo por el interior de una espira. Más técnicamente lo que se monta es un circuito oscilador conectado a las espiras que produce un campo electromagnético de una determinada frecuencia. Este campo se ve alterado cuando el vehículo entran en la zona de influencia de dicho campo, produciendo un descenso en la inductancia de la espira y un aumento en la frecuencia (ilustración 3)

Esquema estándar de instalación de espiras

El sistema de captación de datos de tráfico, se compone de dos espiras electromagnéticas y un detector que interpreta las variaciones causadas por el paso de los vehículos sobre las espiras (ilustración 2).

Los datos de tráfico que se obtienen a partir de la ETD, se basan fundamentalmente en los siguientes parámetros:

- Longitud de la espira.
- Longitud entre cabeceras de espiras situadas en el mismo carril de circulación.
- Comienzo de la activación de cada espira.
- Tiempo transcurrido entre activaciones.

d. Espiras virtuales

La obtención de datos de tráfico mediante visión artificial, utiliza los mismos parámetros que la ETD, con la diferencia de que no utiliza las variaciones de frecuencia de las espiras electromagnéticas para la detección de un vehículo, sino el análisis de

imágenes en las espiras virtuales creadas.

Dependiendo de la configuración de espiras virtuales, los datos de tráfico obtenido por el sistema pueden ser distintos, pero si la configuración de espiras virtuales es similar a la utilizada en las ETD, es decir, dos espiras por carril de circulación, los datos proporcionados por el sistema son los mismos que los proporcionados por la ETD, utilizando además los mismos parámetros de longitudes de espiras, ocupaciones, inicios/finales de activación, etc.

e. **RADAR**

La detección de los vehículos mediante un sistema de radar de microondas, se basa en el **efecto Doppler**, que consiste en el envío por parte del radar de una señal de microondas de forma constante, la cual, al impactar con el móvil, se recibe desviada en su frecuencia respecto a la enviada originalmente.

Puede ser configurado en una modalidad que emite un haz estrecho que únicamente controla un carril en un sentido de circulación. En esta modalidad, el equipo irá situado normalmente en pórtico.

Destacar que además de radares fijos y móviles a ubicar en un punto de la vía, la Dirección General de Tráfico cuenta con radares de tramo, PEGASUS y Drones.

10. Procedimientos de integración y análisis

Las tareas desarrolladas por las autoridades encargadas de la gestión y el control del tráfico pivotan indiscutiblemente en los Centros de Gestión de Tráfico (CGT), desde los que no solo se controla y monitoriza la circulación de vehículos, sino que también se “gestiona la oferta” y mediante herramientas de alto valor añadido se tiende igualmente a “gestionar la demanda”.

En apartados anteriores se han descrito todos los dispositivos ITS que se emplean para la captación de datos de tráfico y datos asociados al tráfico como los meteorológicos y ambientales.

Adicionalmente a estas fuentes de información, existen otras fuentes, de distinta tipología y fiabilidad, que se distinguen a continuación:

- Cámaras de televisión.
- Colaboración ciudadana.
- Servicio de gestión de emergencias (112).
- Policía de Tráfico (en el caso de la DGT es la Agrupación de Tráfico de la Guardia Civil).
- Información transmitida desde helicópteros: estado de la circulación, imágenes de video, disciplina del tráfico, situaciones de emergencia, etc).

Es en los CGT donde toda la información se concentra, y desde ellos se pueden llevar a

cabo las siguientes acciones:

Transmisión de la información bruta a operadores de servicios de valor añadido (google, inrix, etc).

Elaboración de la información y transmisión directa a los usuarios de la vía y a la ciudadanía en general por distintos medios:

- TV.
- Radio.
- Teletexto.
- PMV.
- PMV embarcado.
- Teléfono móvil (apps).
- Radio Tráfico (TMC/RDS).
- Redes sociales.

En el siguiente esquema se resume este proceso de gestión de la información:

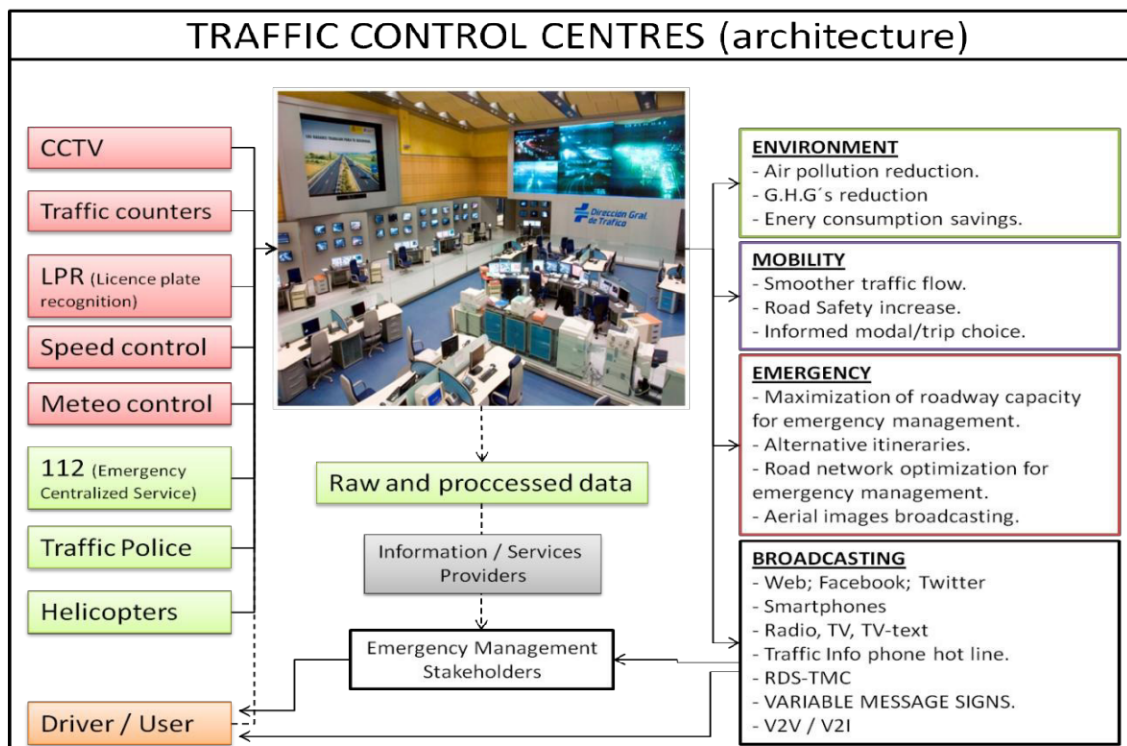


Ilustración 1: El Centro de Gestión de Tráfico como concentrador, elaborador y difusor de información. (Fuente: Comité Técnico de Gestión de Riesgos en Carretera de la AIPCR).

La calidad, uniformidad, fiabilidad, y normalización resulta fundamental a la hora de gestionar el tráfico y transmitir información creíble y de valor añadido para la toma de decisiones de viaje.

En el caso de la Dirección General de Tráfico, que recoge diariamente millones de Gb de datos de tráfico y de datos meteorológicos, a través de 2.177 PMV, 1.911 detectores, 300 lectores de matrícula, 1.553 cámaras de televisión, alrededor de 10.000 agentes de la ATGC, es aplicable la norma PNE199151-1 (Calidad de Datos), del subcomité 15, y la norma **199111-2-1** (Tratamiento y almacenamiento de información básica. Información de estaciones de toma de datos), y la norma **199111-2-2** (Tratamiento y almacenamiento de información básica. Información meteorológica), todas pertenecientes al **Comité de Normalización 199 de AENOR de Equipamiento para la Gestión del Tráfico**.

En los foros de los subcomités se da cabida a todos los agentes implicados en la materia objeto de normalización, como son fabricantes, desarrolladores, integradores, instaladores, etc, a fin de alcanzar soluciones que debido al grado de implicación legal deben satisfacer a todas las partes si bien cumpliendo el criterio de interés general que la DGT en este caso salvaguarda por medio de la presidencia de cada uno de estos subcomités.

Una vez que el dato es detectado, transmitido de manera normalizada, almacenado, reconstruido en base a reglas, analizado, elaborado y tomado en consideración para una decisión, aparece como elemento fundamental en la tarea de gestión del tráfico es la información al conductor, entendida tanto en su aspecto de información del tráfico ("Traffic Information") como en el de información al viajero ("Travel Information o Trip Information") ya que se trata de uno de los más potentes instrumentos de gestión porque contribuye de manera decisiva a reducir la congestión y ciertos accidentes.

La movilidad sostenible y segura depende fundamentalmente del factor humano, esto incluye su comportamiento como conductor de vehículos a motor y vehículos no motorizados, pero mucho antes de elegir un modo en el que realizar su viaje, cada individuo debe tomar unas decisiones de viaje. Entre las decisiones a tomar se encuentran fundamentalmente las siguientes:

- Fecha y franja horaria.
- Modo de transporte.
- Itinerario.
- Compartir el viaje (car-pooling).

Estas decisiones dependerán de múltiples factores, tanto los propios que describen al usuario como los que definen el entorno socioeconómico y cultural en que se encuentra.

En efecto, **detrás de cualquier desplazamiento subyace una gran incertidumbre y un proceso de toma de decisiones (ver siguiente figura), que no siempre contempla toda la información existente y que podría dar lugar a decisiones desinformadas e ineficientes que no minimizan el coste generalizado del viaje (este concepto engloba el coste económico, el coste temporal, y estima la percepción de la calidad) y que pueden llegar a no ajustarse finalmente a las preferencias de los usuarios, nada que ver con la movilidad sostenible y eficiente.**

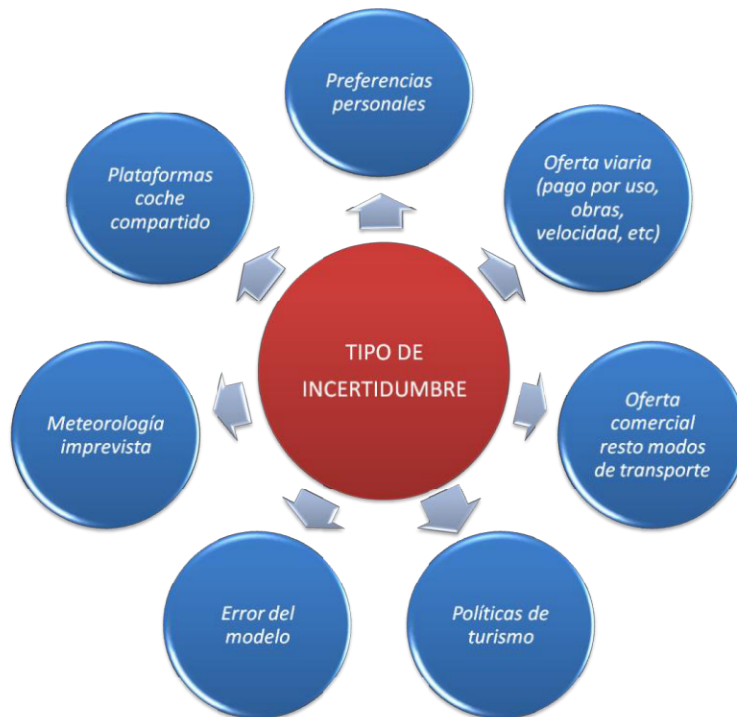


Ilustración 2: Esquema representativo de las incertidumbres asociadas a las decisiones de movilidad.

En el caso del tráfico, **compartir y retransmitir la información redundante en un uso de la capacidad de la red más eficiente que tiende a minimizar los costes externos (congestión, accidentalidad, contaminación) generales del conjunto de los usuarios.**

Independientemente del medio en el que se distribuya el mensaje que contiene la información de valor añadido (página web, aplicación móvil, radio, TV, teletexto, navegador del vehículo, paneles de mensaje variable en carretera, etc), **el principio fundamental de un sistema de información de tráfico debe asentarse sobre los siguientes criterios:**

- **Veracidad.**
- **Actualidad.**
- **Claridad.**
- **Concisión**
- **Exactitud.**
- **Accesibilidad.**
- **Rapidez.**
- **Economía.**

El canal de transmisión puede permitir que el flujo de la información entre el Centro de Gestión de Tráfico (CGT) y el usuario, sea en un único sentido o en ambos. En este caso y cuando la comunicación se establece entre el CGT y el usuario individual se consigue alcanzar la personalización del mensaje, de manera que aquél proporciona a éste, exclusivamente, la información que solicita.

En este sentido, las nuevas tecnologías basadas en el concepto de “vehículo conectado”, abren la posibilidad de personalizar los mensajes (de información, advertencia, recomendación y reglamentación) adaptados al tipo de vehículo, a la vía por la que circula, y al tipo de conductor, ya que los CGT podrán emitir mensajes codificados que sólo reciban los vehículos diana a los que se dirige el dato. Por ejemplo, si existe una restricción a la circulación de vehículos pesados durante una franja horaria en un tramo determinado de carretera, el CGT emitirá en dicha franja horaria un mensaje dirigido exclusivamente a los vehículos pesados que se detecten en dicho tramo. Otro ejemplo podría ser la emisión de mensajes de reglamentación del límite de velocidad, obligación de utilizar los sistemas de retención, o de advertencia por circular en situaciones administrativas irregulares (seguro obligatorio, ITV, situación de baja temporal/definitiva), etc.

De este modo, los mensajes emitidos desde los CGT pasarán a adquirir una máxima tasa de incidencia en los conductores ya que siempre que reciban un mensaje o dato, éste estará adaptado a su itinerario y a su vehículo.

La información vial puede clasificarse de acuerdo con diversos criterios:

1. Según la generación y difusión
2. Según el contenido

3. Según el receptor
4. Según el medio de difusión

ANEXO

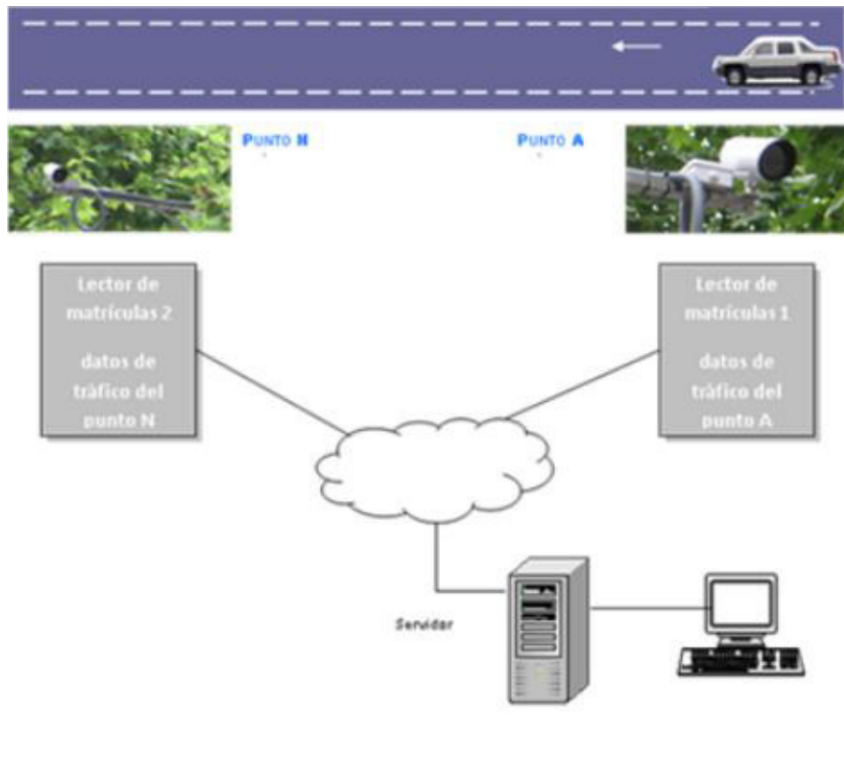
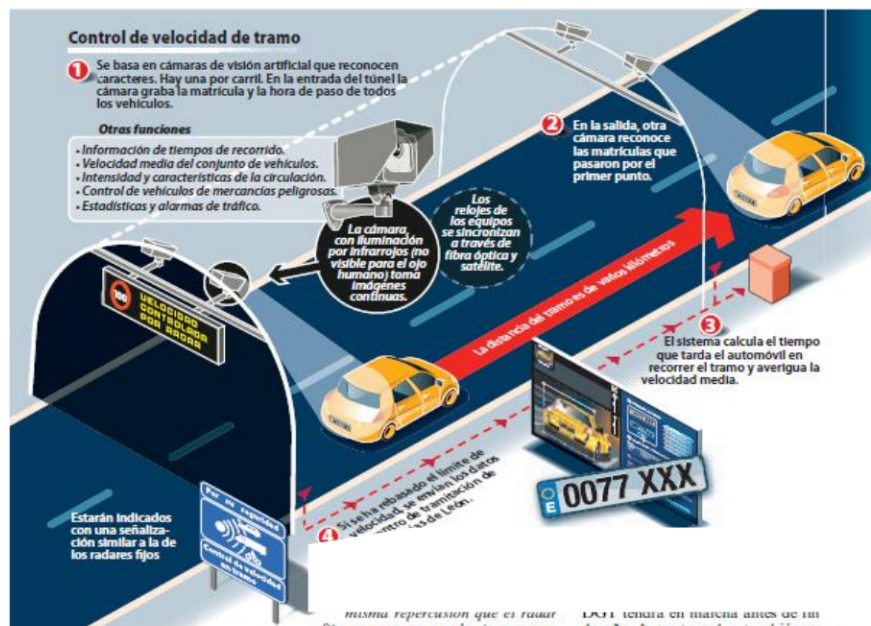


Ilustración 3



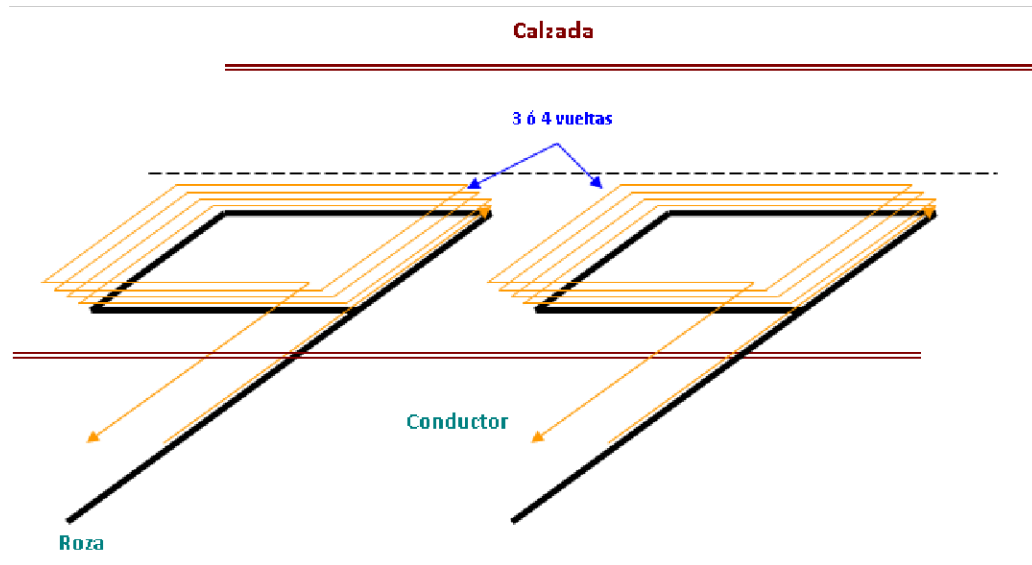


Ilustración 4

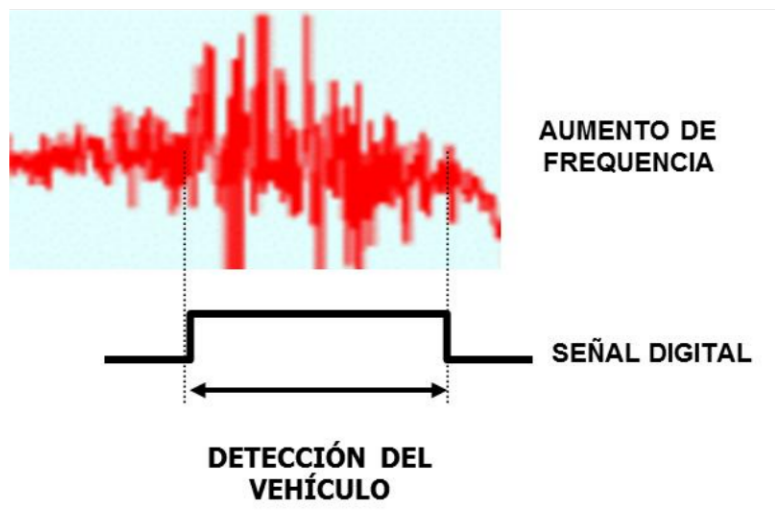


Ilustración 5