

## ANEXO 1. RETO N°1

### DISEÑO, MEJORA Y OPTIMIZACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS Y EL TRANSPORTE VIARIO.

---

Fecha de última actualización: 1 de diciembre de 2022

#### **1. Antecedentes**

En la actualidad, y en el marco del diseño de la infraestructura viaria, desde la Dirección General de Carreteras se realizan dos labores complementarias: el diseño de nuevas infraestructuras, por un lado, y la adaptación y mejora de las infraestructuras por otro en fase de conservación.

Para realizar estas labores de diseño y de mejora, la DGC realiza estudios de tráfico de los proyectos de carreteras, que se rigen por la Nota de Servicio 8/2014 (Recomendaciones para la redacción de los proyectos de trazado de carreteras), la Nota de Servicio 5/2014 (Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras) y las Recomendaciones sobre Glorietas de MITMA del año 1999.

Las metodologías recomendadas se fundamentan en los modelos clásicos de planificación del transporte y se emplea como indicador fundamental el nivel de servicio según el Manual de Capacidad americano HCM 2010 y modelos determinísticos y probabilísticos. Estos modelos presentan limitaciones a la hora de analizar elementos de geometría complejos y las interacciones vehiculares, especialmente en glorietas, nudos o intersecciones.

Asimismo, las fuentes de datos empleadas y los modelos requieren de su actualización de manera que se integren las múltiples fuentes de datos de movilidad existentes en la actualidad y las herramientas tecnológicas, analíticas y matemáticas disponibles. Los documentos de referencia para los estudios de movilidad resultan de algún modo genéricos sin aconsejar un tipo de modelización, método o simulación para cada tipología viaria a analizar, lo cual puede conducir a infra o sobre estimaciones en la demanda que provocan errores de diseño que a su vez pueden resultar en problemas de seguridad vial. Por ello, resulta aconsejable disponer de un sistema o conjunto de subsistemas apropiados para cada caso aprovechando la potencia tecnológica disponible actualmente para reducir las inconsistencias e imprecisiones de los resultados obtenidos que afectan directamente al diseño viario.

La literatura científica<sup>1</sup> ha encontrado evidencias de las debilidades que presenta la definición de capacidad del Manual de Capacidad americano HCM 2010. Por citar un ejemplo concreto, existen discrepancias notables de estas definiciones respecto a las observaciones reales, especialmente en entornos con más de dos carriles, donde las interacciones vehiculares como los cambios de carril crecen exponencialmente y afectan significativamente a la capacidad de la vía. Por tanto, resulta aconsejable aplicar metodologías más ajustadas a la realidad para la determinación de la capacidad de cada entorno viario y abierto a la amplia disposición de datos que actualmente brindan las tecnologías disponibles.

## **2. Necesidades no cubiertas**

Tras años empleando las metodologías y modelos clásicos, desde la Dirección General de Carreteras se han constatado una serie de limitaciones de su uso en el diseño y adaptación de la infraestructura viaria a las exigencias que eventualmente aparecen en la R.C.E.

Ciertamente, estos modelos presentan limitaciones a la hora de analizar elementos de geometría complejos como determinadas glorietas, nudos, intersecciones, tramos de más de 2 carriles, trenzados, etc. lo que dificulta la precisión en la toma de decisiones sobre su diseño y en la adecuación de su funcionamiento, lo que en definitiva reduce la eficiencia de las inversiones viarias.

Por otro lado, la normativa técnica en vigor para los estudios de tráfico en el Ministerio, plantea modelos que resultan de algún modo genéricos, sin aconsejar un tipo de modelización, método o simulación para cada tipología o elemento viario a analizar. Esto provoca habitualmente estimaciones poco precisas de la demanda, que resultan en errores de diseño y, potencialmente, problemas de fluidez y/o seguridad vial.

Asimismo, estos modelos no permiten la integración ni fusión de las múltiples fuentes de datos de movilidad existentes en la actualidad y las herramientas tecnológicas, analíticas y matemáticas disponibles.

Finalmente, de acuerdo con los compromisos internacionales adquiridos a nivel de Estado, y de acuerdo con la Estrategia de Movilidad y la Ley de Movilidad Sostenible, resulta fundamental ampliar el número de indicadores más allá del clásico nivel de servicio, con otros indicadores movilidad, relativos a seguridad vial, consumo energético, distribución modal, o emisiones contaminantes, que se emplean para la decisión de dotación de oferta vial, tipología de vía, y resto de elementos que afectan a la funcionalidad de una vía o tramo de vía.

---

<sup>1</sup> Improved Traffic Management Guidance: Freeway Capacity Analysis, Austroads 2020.

Por todo ello, desde la Dirección General de Carreteras se precisan de soluciones innovadoras que permitan superar las limitaciones citadas de los modelos empleados actualmente en el diseño y mejora de las infraestructuras viarias, permitiendo optimizar y mejorar el rendimiento de las infraestructuras por medio asimismo de inversiones más eficientes.

### **3. Objetivo del proyecto**

El objetivo general del proyecto es dotar a MITMA de una herramienta inteligente de apoyo en la toma de decisiones relacionadas con el diseño y adaptación de las infraestructuras, que permitan aumentar su eficiencia y doten a la DGC de una nueva óptica para la evaluación de la eficiencia de las infraestructuras por medio de una nueva batería de indicadores. En este sentido, desde la DGC se considera que herramientas que permitan realizar la simulación y evaluación de subalternativas de diseño viario sobre una alternativa basal o de partida. Éstas deben ser alternativas idóneas desde el punto de vista de la eficiencia del tráfico y la seguridad vial considerando indicadores para el conjunto de los usuarios y sus tipos.

Esta herramienta debe permitir superar algunas de las limitaciones de los modelos actuales y, por tanto, deberá poder determinar de la capacidad de cada entorno viario gracias a la amplia disposición de datos que actualmente brindan las tecnologías disponibles y reducir las inconsistencias, imprecisiones y rigideces de los resultados obtenidos que afectan directamente al diseño viario.

La solución propuesta deberá conjugar la analítica de datos (big data) con la digitalización de la oferta viaria y la demanda de movilidad (machine learning, visión artificial, inteligencia artificial), y la modelización (simulación del tráfico) de su funcionamiento todo ello con los objetivos de lograr una gestión inteligente de las infraestructuras (optimizar su uso, reducir los costes de mantenimiento, etc.) y mejorar la eficiencia del sistema de transportes en su conjunto.

Esta iniciativa busca primordialmente la eficiencia de las inversiones, y para ello se aboga por una solución de máxima aplicabilidad en la RCE, y adaptación de I+D a las problemáticas concretas existentes en la gestión de las infraestructuras viarias de MITMA en su conjunto, de manera que los resultados sean escalables, eficientes y replicables dentro de la RCE.

#### **a) Dimensiones a tener en consideración**

Esta herramienta digital deberá poder apoyar en el análisis, diagnóstico y la toma de decisiones en cuanto a optimización de la infraestructura viaria nueva y existente, y, en particular, deberá tener en consideración las siguientes dimensiones:

- Labores a apoyar:

## Programa de Compra Pública de Innovación de la Dirección General de Carreteras

- Diseño de nuevas infraestructuras viarias y, en particular, su dimensionamiento
- Mejora de las infraestructuras existentes y, en particular, la toma de decisiones acerca de la conveniencia de realizar determinadas actuaciones que precisen obra civil o no, para un incremento de su eficiencia y seguridad.
- Gestión de la red viaria, permitiendo identificar alternativas para su operación y funcionamiento más eficiente.
- Infraestructura viaria a optimizar. El sistema deberá poder aplicarse a cualquier tipo de vía, tramo de vía, o subtramo de la Red de Carreteras del Estado o su red anexa, incluyendo soluciones de:
  - Trazado
  - Dimensionamiento y oferta viaria
  - Tipología de sección transversal
  - Ordenación del tráfico
  - Soluciones para las intersecciones
  - Ubicación física de elementos
  - Ordenación de interacciones entre usuarios
  - Señalización vertical y horizontal
  - Balizamiento.
  - Regulación de tráfico
- Variables a optimizar:
  - Relación oferta-demanda
  - Confort y la seguridad viaria para el conjunto de los usuarios
  - Sostenibilidad ambiental, económica y social

Las propuestas realizadas por esta herramienta deberán evitar, siempre que ello sea posible, el incremento de capacidad basada en obra nueva de infraestructuras viarias.

En el caso de que la alternativa idónea sea la obra nueva, deberá comparar los resultados con respecto a otras alternativas, de forma que pueda tomarse la mejor decisión posible sin comprometer compromisos de otra índole como son los medioambientales y energéticos principalmente.

### **b) Requisitos esperados de la solución**

*A continuación, se detallan los requisitos que desde la DGC se considera que las soluciones innovadoras propuestas deberían permitir satisfacer. No obstante, esta relación no debe considerarse ni exhaustiva ni obligatoria. Se podrán considerar igualmente válidas propuestas que ofrezcan funcionalidades y capacidades no contempladas por la DGC, así como las que sólo permitan satisfacer algunos de los requisitos.*

## Programa de Compra Pública de Innovación de la Dirección General de Carreteras

El sistema tecnológico deberá basarse en análisis de datos de la demanda y la oferta viaria históricos y en tiempo real, de forma que sea posible realizar un diagnóstico de la relación entre la oferta y la demanda viaria y realizar propuestas precisas.

En este sentido, se valorarán positivamente las propuestas que mejoren la eficiencia del sistema de transporte viario en su conjunto contemplando todos los modos de transporte posibles en cada corredor.

Los requerimientos técnicos principales son los siguientes:

- El sistema no requerirá preferentemente la instalación en carretera de elementos intrusivos para la caracterización de la demanda.
- El sistema será capaz de realizar simulaciones en las que sea posible la comparación entre soluciones en lo que respecta a la funcionalidad de la infraestructura medida en términos de descarbonización, calidad del aire, seguridad de los usuarios, coste económico para la Administración, y la **eficiencia del sistema de transportes en su globalidad**.
- Deberá contemplar la participación en la esfera de la movilidad de **todos los usuarios** que les sea permitida la circulación en cada caso, sean medios motorizados o no.
- Deberá contemplar escenarios con distintas hipótesis de progresiva introducción de **vehículo conectado**.
- Deberá contemplar escenarios con distintas hipótesis de progresiva introducción del **vehículo autónomo**.
- El sistema deberá ser **sensible a aspectos microscópicos** como los cambios de carril que afectan significativamente la capacidad de una vía.
- El sistema será capaz de procesar simultáneamente en tiempo real datos de tráfico de toda la RCE para la caracterización y el análisis de parámetros relacionados con la capacidad y la eficiencia del transporte viario que conduzcan a **estrategias innovadoras en materia de carreteras inteligentes**.
- El sistema dispondrá de un toolbox con **todas las estrategias posibles en materia de carreteras inteligentes** y será capaz de calibrar, testar y presentar resultados numéricos y gráficos de cada alternativa.
- El **sistema será capaz de evaluar las alternativas en los distintos horizontes temporales** que se requiera, y contemplar los cambios con influencia en la demanda de movilidad como los usos del suelo, la evolución del parque móvil, indicadores socioeconómicos, o cualquier política de naturaleza vial.
- El **sistema dispondrá de indicadores objetivos** para la comparación de alternativas desde el punto de vista energético, medioambiental y de seguridad vial.

- **El sistema deberá ser de naturaleza eminentemente flexible y adaptable**, y esto deberá ir acompañado por sistemas abiertos desde el punto de vista técnico/informático que incentiven y promuevan la incorporación de soluciones innovadoras, pioneras y flexibles.

La tecnología o solución propuesta en su conjunto, debe estar preparada para su demostración o prueba a corto plazo con todas sus funcionalidades definidas, ya sea en modelos matemáticos e informáticos como capaz de realizar evaluaciones y mediciones objetivas en entornos de prueba reales en carretera.

#### **4. Casos de uso**

*A continuación, se plantean dos casos de uso para la solución innovadora. Se debe tener en consideración que estos son sólo ejemplos que tienen como objetivo facilitar la elaboración de las propuestas. Por tanto, las soluciones innovadoras propuestas podrán centrarse indistintamente en estos u otros casos de uso. De hecho, se valorarán positivamente las propuestas que aborden casos de uso adicionales a los que aquí se presentan.*

- CASO DE USO A:** Glorieta en servicio en vía de alta capacidad en el que se presentan de manera diaria problemáticas asociadas a los altos volúmenes de tráfico y con elevada variabilidad de la demanda por ramal a lo largo del día. Habiéndose identificado la problemática, el sistema es capaz de procesar información de múltiples fuentes (ej. Conteos manuales, detectores de tráfico, videograbaciones, datos de vehículo conectado, datos de telefonía móvil, incidentes de apps de movilidad, etc), gracias a la aplicación de las distintas técnicas citadas en apartados anteriores. Una vez son procesados el sistema es capaz de simular y generar estados sobre los que evaluar las variables que se desean analizar para la selección de la alternativa más eficiente. El proceso es iterativo y aprende a medida que se presentan de manera automática pequeños cambios de las condiciones de contorno al ecosistema de tráfico analizado hasta alcanzar la máxima eficiencia.
- CASO DE USO B:** Tramo de autopista recientemente liberado de los peajes. La supresión de las barreras de peaje por un lado, y su consecuencia económica sobre los usuarios convirtiendo en gratuita una infraestructura viaria de alta capacidad que previamente era de pago, provoca un incremento de la demanda tanto de vehículos ligeros como especialmente de vehículos pesados. Estos cambios transforman la

funcionalidad de esta vía dentro del mapa de carreteras, y para ello deben abordarse diversas actuaciones que garanticen que la vía preserve por un lado la fluidez del tráfico de largo recorrido y por otro lado la seguridad viaria para todos los usuarios. Se exige un trabajo muy detallado de la caracterización de la movilidad por un lado, con el empleo de nuevas fuentes de datos de movilidad (ej. Vehículo conectado, telefonía móvil, apps, inteligencia artificial, etc), el empleo de indicadores precisos de gran granularidad espacial, temporal y funcional, y la generación de soluciones eficientes. El sistema deberá contemplar la presentación de las mejores alternativas de rediseño, ordenación, gestión de la velocidad, gestión de la oferta, etc así como disponer de las capacidades de procesamiento y presentación de la evaluación comparativa de cada solución. El resultado podrá ser la disposición de carriles reservados a determinados vehículos en determinados horarios, la construcción de pasos a distinto nivel para determinados movimientos, la reducción de la oferta viaria en determinados horarios, implementación de ramp-metering, o el rediseño de los carriles de aceleración, por citar algunos.

## 5. Beneficios esperados

Entre los principales beneficios resultantes de aplicar a nivel del MITMA se espera lo siguiente:

- Desde el punto de vista de la **conservación y la explotación**: Potenciar las capacidades de identificación sistemática y objetiva de puntos y tramos viarios en los que existiendo cuellos de botella o problemas recurrentes de capacidad puedan aplicarse estrategias capaces de “exprimir” al máximo el rendimiento de la oferta viaria existente.
- Desde el punto de vista de la **planificación**: Incrementar la precisión en la determinación de la capacidad viaria para de manera más objetiva e informada sea posible seleccionar las inversiones en obras de infraestructura viaria de mayor calado cuando las estrategias del punto anterior no hayan funcionado.
- **Carreteras inteligentes**: Dotar a las carreteras de elementos capaces de amortiguar los efectos de la congestión mediante soluciones tácticas basadas en la tecnología de la carretera para garantizar la eficiencia del sistema de transporte viario y preservar el tráfico de largo recorrido en la RCE.
- Desde el punto de vista de **estudios y proyectos**: Disponer de herramientas de mayor precisión en la determinación de las potenciales ganancias de capacidad y de nivel de servicio derivadas de obras que impliquen ampliar el número de

carriles en contraste con soluciones alternativas naturaleza que impliquen menor obra civil.

## **6. Contenido innovador**

Actualmente existen soluciones que desde un punto de vista técnico tratan de abordar la caracterización del tráfico, su modelización y la comparación del funcionamiento viario en base a los resultados sobre la demanda de movilidad como son la velocidad, la demora o la seguridad, en muchos casos procedentes de nuevas fuentes de datos como es el vehículo conectado.

MITMA, como garante de la vialidad segura y confortable en la red de carreteras del Estado, precisa de herramientas y soluciones innovadoras, ya que no existen actualmente en el mercado soluciones que permitan integrar aspectos de distintas disciplinas con carácter holístico y enfocado a resultados eficientes con el usuario como centro del sistema.

En efecto, no existe en el mercado una solución integral que combine simultáneamente lo siguiente para el análisis, diagnóstico, y selección de alternativas de diseño viario desde la óptica de la eficiencia del conjunto de los usuarios:

- Machine learning.
- Inteligencia artificial.
- Redes neuronales.
- Big data.
- Modelización del tráfico.
- Formulación tradicional analítica de ingeniería de tráfico.

Asimismo, parte de la innovación de la solución será que se antepone al usuario en el centro de cualquier decisión, entendido desde el punto de vista de su seguridad, comodidad y tiempo de viaje, en contraste con los enfoques más tradicionales en los que la infraestructura se tendía a considerar como un elemento estanco y sin relación con el usuario de la misma.

Además, parte de esta innovación podrá traducirse en una innovación en la normativa de carreteras que establezca criterios y recomendaciones para la gestión inteligente de las infraestructuras de manera que de partida (carreteras de nueva construcción) o en carreteras en servicio se implanten soluciones que maximicen la eficiencia de la infraestructura viaria y el sistema de transporte.

La solución resultante basará parte de su innovación en tanto en cuanto logrará total o parcialmente reducir las limitaciones de los métodos y modelos actuales, especialmente



## Programa de Compra Pública de Innovación de la Dirección General de Carreteras

los basados en el HCM 2020. En efecto, se espera reducir las limitaciones metodológicas especialmente en infraestructuras viarias en las que existen carriles para vehículos de alta ocupación (VAO), divergencias, confluencias, glorietas, presencia de ramp-metering, sistemas de control de la velocidad, o condicionantes ambientales, por citar algunos.