

MATERIAS ESPECÍFICAS

B1. CARRETERAS

MEB1T1. La legislación de Carreteras

1. La legislación de carreteras

Los artículos 148 y 149 de la Constitución española determinan el régimen competencial en materia de carreteras, estableciendo que el Estado tiene competencia exclusiva sobre las carreteras de interés general o cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma. En la Ley de Carreteras se fijan los criterios para considerar un itinerario como de interés general: formar parte de los principales itinerarios de tráfico internacional; constituir el acceso principal a un puerto o aeropuerto de interés general, a los centros logísticos de la defensa, o a los de transporte y logística que sean declarados de interés general por el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS); servir de acceso a los principales pasos fronterizos, y enlazar las Comunidades Autónomas, conectando los principales núcleos de población del Estado.

2. Ley 37/2015 de Carreteras

La ley se desarrolla en cuatro capítulos. El capítulo I, contiene las disposiciones generales, determina el objeto de la Ley, define y clasifica las carreteras. Se consideran carreteras “las vías de dominio y uso público proyectadas, construidas y señalizadas fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles”. Quedan fuera de este concepto los caminos, las vías pecuarias, y los viales estatales del Viario Anexo a la RCE, en los que no será de aplicación obligatoria la normativa técnica del Ministerio, pero sí estarán sujetos a esta ley, siendo su gestión competencia del MITMS.

Las carreteras se clasifican en autopistas (especialmente proyectadas, construidas y señalizadas para la exclusiva circulación de automóviles, a las que no tienen acceso las propiedades colindantes, no tienen cruces a nivel con otras vías y disponen de calzadas separadas para cada sentido de circulación); autovías (no reuniendo todos los requisitos de las autopistas, tienen calzadas separadas, cruces a distinto nivel y limitación de accesos); carreteras multicarril (sin ser autopistas o autovías, tienen al menos dos carriles para cada sentido, con separación o delimitación de los mismos, pudiendo tener accesos o cruces a nivel); y carreteras convencionales (el resto). Por otra parte, se considera elemento funcional de una carretera toda zona permanente afecta a la conservación de la misma o a la explotación del servicio público viario, tales como centros de conservación y explotación, áreas de servicios, vías de servicio, zonas de descanso, zonas de estacionamiento, lechos de frenado, estaciones de pesaje, paradas de autobuses, etc.

La Red de Carreteras del Estado (RCE) se clasificará funcionalmente en Red Básica (integrada por las carreteras que facilitan la accesibilidad a todo el territorio nacional y por las que circulan los principales flujos de viajeros y mercancías) y Red Complementaria (integrada por el resto de carreteras de la RCE).

El capítulo II, titulado “Planificación, proyecto, construcción y explotación de carreteras”, se divide en 5 secciones: Planificación; Programación, estudios y proyectos; Construcción; Financiación; y Explotación. En él se definen y clasifican los estudios de carreteras en: estudios previos (a escala 1:10.000 o menores), estudios informativos (a escala 1:5.000, definen y comparan alternativas para elegir la más adecuada), anteproyectos, proyectos básicos o de trazado (a escala 1:1.000, definen completamente los aspectos geométricos, y los bienes, derechos y servicios afectados), proyecto de construcción (con detalle suficiente para hacer factible su construcción), documentos finales de obra, y estudios de delimitación de tramos urbanos.

La financiación de las actuaciones en las carreteras del Estado se efectuará mediante los Presupuestos Generales del Estado, los recursos de otras administraciones públicas, de organismos nacionales e internacionales y de particulares, así como mediante el establecimiento de peajes y contribuciones especiales, cuando de la ejecución de las obras resulte la obtención de un beneficio especial para personas físicas o jurídicas.

La explotación de las carreteras del Estado se realiza, como regla general, directamente por él, siendo su utilización gratuita para el usuario o podrá conllevar el pago de peajes o tasas, cuyas tarifas aprobará el Gobierno. Excepcionalmente, las carreteras pueden ser explotadas mediante cualquiera de los sistemas de gestión indirecta previstos en la Ley. La facultad de inspección de la explotación corresponde, cualquiera que sea la forma de gestión, al MITMS.

El capítulo III titulado “Uso y defensa de las carreteras” comprende dos secciones: Limitaciones de la propiedad, e Infracciones y sanciones.

Se definen la **zona de dominio público** (terrenos ocupados por las carreteras, sus elementos funcionales y una franja de 8 m en autopistas y autovías, y de 3 m en el resto de las carreteras, a cada lado de la vía, medida en horizontal desde la arista exterior de la explanación y perpendicularmente a ella, sólo podrán realizarse obras o instalaciones de un servicio público de interés general previa autorización del MITMS, y será obligatorio su deslinde); **zona de servidumbre** (dos franjas de terreno a ambos lados, delimitadas interiormente por la zona de dominio público y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a 25 m en autopistas y autovías, y 8 m en el resto de las carreteras, no podrán realizarse obras ni se permitirán más usos que aquellos que sean compatibles con la seguridad viaria y la adecuada explotación de la vía, previa autorización del Ministerio); **zona de afección** (dos franjas de terreno a ambos lados de la misma, delimitadas interiormente por la zona de servidumbre y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a 100 m en autopistas y autovías, y 50 m en el resto de las carreteras, para la realización de obras e instalaciones así como para el cambio de su uso se exige autorización previa del Ministerio); y **zona de limitación a la edificabilidad** (a 50 m en autopistas y autovías, y a 25 m en el resto, con respecto al borde de la calzada, en variantes de población siempre a 50 m para la defensa de la nueva carretera, si la explanación es muy grande se hace coincidir con el borde exterior de la zona de servidumbre, dentro de esta línea queda prohibida cualquier obra de construcción, reconstrucción o ampliación, salvo las que sea de conservación y mantenimiento).

Se determina el régimen sancionador en materia de carreteras: tipificación de infracciones (leves, graves y muy graves), criterios de graduación, órganos competentes para la imposición de sanciones y plazos de prescripción (seis años para las muy graves, cuatro años para las graves, y un año para las leves).

El capítulo IV se dedica a travesías (partes de carretera en las que existen edificaciones consolidadas al menos en dos terceras partes de la longitud de ambos márgenes y un entramado de calles conectadas con aquella en al menos una de sus márgenes) y tramos urbanos (tramos de carretera estatal que discurren por suelo clasificado como urbano en el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico y reconocidos por un estudio de delimitación de tramos urbanos aprobado por el Ministerio). El otorgamiento de autorizaciones para realizar obras en la zona de dominio público y servidumbre de los tramos urbanos que no sean travesía corresponde al Ministerio, previo informe del Ayuntamiento correspondiente. En las travesías que no sean tramo urbano el otorgamiento es igual, incluso en las restantes zonas de protección (afección y limitación a la edificabilidad) de la carretera. Y, por último, en las travesías que sí sean tramo urbano, el otorgamiento le corresponde al Ministerio, previo informe del ayuntamiento, pero solo en la zona de dominio público.

3. Reglamento General de Carreteras

El Reglamento General de Carreteras de 1994 está vigente en lo que no se oponga a la Ley 37/2015, consta de cinco Títulos que regulan las disposiciones generales, los Planes y Programas de Carreteras del Estado, el régimen jurídico de las carreteras, el uso y defensa de las carreteras, y la materia correspondiente a travesías y redes arteriales, con contenido paralelo a la Ley 25/1988 que desarrollan. La Ley 37/2015 establece un plazo de un año desde su entrada en vigor (el 1 de octubre de 2015) para la aprobación del correspondiente reglamento general de desarrollo.

4. Funciones y estructura de la Dirección General de Carreteras

Según el RD 253/2024 que desarrolla la estructura orgánica básica del MITMS, corresponde a la DG de Carreteras el ejercicio de las siguientes funciones, entre otras, en el ámbito de las carreteras del Estado, en el contexto de la adaptación al cambio climático, la descarbonización y la movilidad sostenible, y sin perjuicio de las competencias del Ministerio del Interior en control y gestión del tráfico:

- La elaboración y seguimiento de la planificación de carreteras, así como estudios previos e informativos, anteproyectos, proyectos de trazado y de construcción.
- Las evaluaciones de impacto de las carreteras en la seguridad viaria, la elaboración de estudios de accidentalidad, y la coordinación de los programas de formación de los auditores de seguridad viaria.
- La elaboración y seguimiento de los estudios de viabilidad de concesiones de carreteras, así como la inspección de esas concesiones, en coordinación con la Subdelegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje.
- La gestión de la construcción de nuevas carreteras, acondicionamientos, duplicaciones de calzada y carreteras 2+1.
- La conservación de las carreteras y su explotación a través de las actividades de ayuda a la vialidad y vigilancia.
- La gestión de la cesión de los tramos de las carreteras del Estado que se transfieran a los Ayuntamientos y cambios de titularidad de carreteras existentes en virtud de acuerdo mutuo con otras administraciones públicas, así como la actualización del inventario y catálogo de las carreteras del Estado.
- La gestión del patrimonio vial, su defensa y su mejor uso en las zonas de dominio público, de servidumbre y de afección, así como en las zonas de influencia de las carreteras del Estado.
- El proyecto y la coordinación, inspección y control de las concesiones de áreas de servicio.
- El impulso y desarrollo de iniciativas de movilidad ciclista con una red continua y segura.
- La elaboración, implementación, seguimiento y control de la estrategia de eficiencia energética.
- El impulso a la innovación, así como la implantación de nuevas tecnologías en la carretera, en especial la metodología BIM, además de la elaboración y actualización de los sistemas de gestión de la información de la DG de Carreteras.
- La participación en la elaboración y seguimiento de las políticas nacionales y europeas en I+D+i en carreteras y la representación en organizaciones nacionales, europeas e internacionales en esta materia.
- La elaboración de la propuesta de anteproyecto de presupuestos y la gestión y tramitación de los créditos y gastos asignados, así como la gestión de los asuntos relativos a la licitación, contratación, adquisiciones y expropiaciones.
- La elaboración y propuesta de la normativa técnica de aplicación en las carreteras.

La Dirección General de Carreteras se estructura en las siguientes subdirecciones generales: Planificación y Explotación, Proyectos y Obras, Conservación y Gestión de Activos, Sostenibilidad e Innovación, y Coordinación.

5. Catálogo de la Red de Carreteras del Estado

La Ley 37/2015 de Carreteras actualiza el catálogo de las carreteras estatales de acuerdo con la clasificación que en ella se contiene y establece la obligación del MITMS de mantener actualizado este catálogo, que se presenta en su web con datos del final de cada año. La información se desglosa en diferentes listados generales y provinciales, con tramificación, longitudes por tipo de vía, y puntos kilométricos iniciales y finales.

El Catálogo es la referencia de nomenclatura a utilizar para la RCE. En el campo “Carretera” se incluye la denominación: N para carreteras convencionales (las antiguas «nacionales») y A, AP o código de la ciudad para autopistas y autovías libres, autopistas de peaje o tramos urbanos y periurbanos de gran capacidad. En el campo “Denominación” se incluye el nombre de cada carretera, y en el campo “Itinerario de referencia O/D” figuran, en general, las localidades que la definen.

Los datos oficiales indican una red estatal compuesta por 26.500 km (1.400 km de autopistas de peaje, 10.300 km autovías y autopistas libres, 500 km carreteras multicarril y 14.300 km carreteras convencionales).

MEB1T2. La planificación estratégica de carreteras del Estado y los programas de carreteras

1. Planificación estratégica de carreteras del Estado y los programas de carreteras

Según la Ley 37/2015 de carreteras, el Plan estratégico de las carreteras del Estado es el instrumento técnico y jurídico de la política sectorial de carreteras. Contendrá la descripción y diagnóstico del conjunto de carreteras y elementos funcionales; el período de tiempo que abarca y los objetivos para dicho período; los criterios de coordinación con otras redes de carreteras y con otros sistemas de comunicación y transporte; los criterios generales de programación, conservación y explotación del sistema; la evaluación de impacto estratégico, ambiental, de sostenibilidad y territorial; la previsión e identificación de los agentes responsables de la ejecución de las actuaciones contempladas así como de los medios disponibles para ello; las actuaciones previstas; la implantación y despliegue de servicios avanzados a las carreteras y sistemas inteligentes de transportes; el procedimiento de evaluación y control de su ejecución, así como instrumentos para la difusión de sus resultados; los criterios de inversión, evaluación de impacto ambiental y económico, alternativas de financiación y de priorización en la programación de actuaciones en las carreteras; la clasificación, categorización y programación que sean necesarias para el cumplimiento del Plan; y la previsión de desarrollo del mismo.

El Plan estratégico se aprobará y modificará por acuerdo del Consejo de Ministros, a propuesta del MITMS, previo informe del Consejo Asesor de Transportes y Movilidad Sostenible, oídas las administraciones autonómicas y locales y los sectores que puedan resultar afectados, en la forma que reglamentariamente se determine. Asimismo, se garantizará la participación de los Ministerios a los que concierna.

Los programas de carreteras son el instrumento técnico y jurídico de la política viaria en parte de una red de carreteras y deben contener las previsiones, objetivos y prioridades en relación con aquellos tramos de carreteras y sus elementos funcionales a los que se refieran. Corresponde al MITMS promover y aprobar los programas de carreteras que afecten a las carreteras y elementos funcionales de las mismas de su titularidad, de acuerdo con la programación presupuestaria general del Estado.

2. Evaluación coste-beneficio, análisis multicriterio y viabilidad financiera. Estudios informativos y anteproyectos. Nota de servicio 3/2014 sobre estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos

La Ley 37/2015 de Carreteras define los estudios informativos como aquellos estudios de carreteras en los que se definen y comparan, en líneas generales, diferentes alternativas de trazado, de conexión y de explotación de la actuación objeto de estudio, a efectos de que pueda servir de base al expediente de información pública y, en su caso, al trámite de evaluación de impacto ambiental, con objeto de poder seleccionar la más adecuada.

Sobre los anteproyectos, establece que consisten en el estudio a escala adecuada para definir o comparar con la precisión suficiente la mejor o mejores soluciones para satisfacer una determinada necesidad, de forma que pueda concretarse la solución óptima.

En los estudios informativos, para seleccionar la alternativa más adecuada, existirán objetivos económicos, sociales, territoriales y ambientales, que deberán analizarse con un análisis multicriterio, que obtiene la clasificación de las distintas alternativas según distintos criterios, a los que se asignan ciertas ponderaciones para obtener la puntuación total. Para evitar la posible subjetividad en la asignación de los pesos, se puede recurrir a técnicas con análisis de sensibilidad y robustez complementarios, que analizan la influencia de la variación de los pesos en la alternativa seleccionada.

Respecto a la valoración de acciones y efectos podemos encontrar costes valorables en términos monetarios o asimilables a ellos (las obras y su mantenimiento, la circulación de los vehículos, tiempo empleado por los viajeros), y efectos no valorables económicamente (ambientales, sociales, territoriales).

Por tanto, en la evaluación de las opciones se analizan separadamente aquellos costes y efectos que pueden medirse en unidades monetarias, empleando procedimientos de valoración económica, como el análisis coste-beneficio, y aquellos efectos no valorables monetariamente.

En general, se contará con los siguientes indicadores:

- Indicadores económicos: Valor Actualizado Neto (VAN), es el sumatorio de los beneficios anuales actualizados; Relación Beneficio/Coste, que es el cociente entre los ingresos y los costes actualizados, su valor debe ser superior a uno para que el proyecto sea viable; Período de Recuperación de la Inversión, es el número de años necesario para que, a la tasa de actualización correspondiente, el valor actual de los ingresos se iguale con el de los costes; Tasa Interna de Retorno (TIR), es la tasa de actualización que iguala el valor actual de los ingresos con el valor actual de todos los costes.
- Indicadores socioeconómicos, pretenden reflejar la demanda potencial de un territorio a través de datos de población, potencial turístico, renta media y otras infraestructuras.
- Indicadores territoriales, pretenden reflejar el territorio en los siguientes aspectos: accesibilidad, equilibrio regional, pertenencia a grandes redes.

La entonces Subdirección General de Proyectos redactó la Nota de Servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos, donde se establecen criterios homogéneos para realizar los estudios de rentabilidad, que deben analizar, además de la rentabilidad económica de la carretera, donde se estudia la contribución del proyecto al bienestar social, la rentabilidad financiera que determina si dicho proyecto permitiría la participación privada y, por tanto, si la generación de ingresos cubriría sus costes.

3. Criterios aplicables a carreteras de la Orden FOM/3317/2010 por la que se aprueba la Instrucción de eficiencia

En la primera década de este siglo se produjo un aumento significativo del coste medio del kilómetro de autovía. En la situación económica del año 2010 se consideró necesario optimizar el uso de los recursos públicos, mejorando la eficiencia de las inversiones, de forma que se proyectaran las nuevas actuaciones en base a criterios de seguridad y mínimo coste posible, sin que ello supusiera una merma de la calidad.

En este sentido, se redactó la Orden FOM/3317/2010, por la que se aprueba la Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del MITMS; que establece una serie de criterios aplicables a las carreteras.

Los Estudios Informativos pondrán un especial interés en optimizar los trazados minimizando los costes de las alternativas que cumplan los requisitos funcionales y medioambientales exigibles. El trazado de la carretera se definirá según la norma 3.1-IC, que permite disminuir las características exigidas justificándolo adecuadamente en proyectos de carreteras de montaña, carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental, duplicaciones de calzada, acondicionamientos de trazado, o ensanches de plataforma.

En los Proyectos de Construcción y de Trazado, el autor deberá elaborar e incluir en el proyecto un informe que compruebe que el Estudio Informativo cumple lo anterior, e indique las modificaciones del trazado que se hayan producido con respecto al Estudio Informativo, justificando sus motivos. Asimismo, el autor del proyecto deberá presentar a la Dirección General de Carreteras, antes de su aprobación, una certificación en la que reconozca cumplir las instrucciones y parámetros de eficiencia que se recogen en la Orden Ministerial.

Se permite incluir en los proyectos modificaciones solicitadas por otras administraciones, que contemplen obras o mejoras adicionales, no justificadas por la funcionalidad de la propia infraestructura proyectada. Para ello, estas modificaciones deberán ser acordadas mediante un Convenio, que incluirá la aportación económica, por parte de la Administración territorial solicitante, que cubra el incremento presupuestario que resulte.

No se incluirán en los proyectos actuaciones cuya justificación y necesidad se base en la promoción de desarrollos urbanísticos o polígonos industriales, que nunca serán financiadas por el MITMS, aunque podrá autorizarlas (si cumplen los requerimientos para ello), para que los promotores puedan ejecutarlas y financiarlas.

Otros criterios a seguir en el proyecto de carreteras son los siguientes:

- La rasante se proyectará minimizando los costes del conjunto formado por movimiento de tierras, estructuras y túneles, siempre respetando la DIA.
- La longitud de estructuras debe ser la mínima compatible con la DIA y con el obstáculo a salvar. La tipología estructural elegida será la de coste mínimo posible (sumando construcción y conservación).
- Sólo se proyectarán túneles si es estrictamente necesario, vinculando su longitud exclusivamente a los aspectos técnicos. En fase de proyecto, no se definirán nuevos túneles ni falsos túneles no previstos en el EI y en la DIA.
- Se minimizarán en lo posible, en los proyectos de nuevos trazados, la ejecución de vías de servicio y vías colectoras.
- La sección de firme seguirá definiéndose según 6.1-IC y se dimensionará con la categoría de tráfico que resulte con las hipótesis de crecimiento definidas en la orden ministerial. De entre todas las secciones posibles se elegirá la de menor coste de ejecución y conservación.
- En los proyectos de adecuación de travesías se incluirán únicamente las actuaciones de firmes, señalización y balizamiento necesarios para mantener la seguridad vial de la carretera.

Entre los parámetros de eficiencia contenidos en la orden ministerial se encuentran los siguientes:

- El Presupuesto de los proyectos de construcción será como máximo el previsto en la orden de estudio del proyecto. La orden define unas horquillas para acotar el coste de ejecución material de autovías interurbanas de nuevo trazado y de variantes de población en carretera convencional en función de las dificultades geotécnicas y la orografía. Así, por ejemplo, para autovía limita el coste máximo por km en el peor de los casos a 8,5 M€.
- Los precios unitarios de las unidades de obra serán como máximo los recogidos en el Cuadro de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras, que será actualizado anualmente. La utilización de unidades de obra no recogidas en el Cuadro de Precios, deberá suponer, como máximo, el 20% del presupuesto (sin contar reposiciones de servicios afectados y arqueología).
- De entre todas las posibilidades que existan para cumplir la DIA, se proyectará la de mínimo coste posible, dejando constancia en el proyecto de la inversión motivada por cuestiones ambientales, justificando valores superiores al 15% del presupuesto total.
- A efectos de definir la necesidad de carriles adicionales en rampa, terceros carriles por cuestión de capacidad, categoría del firme, así como cualquier otra cuestión de la geometría. Los estudios de tráfico necesarios utilizarán incrementos de tráfico menores del 1,5% (1,44% anual).

La orden ministerial define las Autovías de débil demanda como aquellas de IMD prevista <7.000 veh/d en el año de puesta en servicio. En ellas se debe:

- Ser especialmente estricto en las condiciones de trazado que supongan aumentos importantes de coste.
- Incluir un anejo en el proyecto que recoja la viabilidad e idoneidad de su posible ejecución progresiva, de forma que en una primera fase se ejecutara la primera calzada de la autovía.
- En aquellos casos en que así lo establezca la Dirección General de Carreteras, el proyecto se dividirá en dos fases, de manera que en la primera fase se ejecute la primera calzada de autovía.

MEB1T3. Estudios de carreteras (I)

1. Cartografía y topografía

La obtención de la cartografía y la realización de trabajos topográficos en estudios informativos, anteproyectos y proyectos de trazado y construcción de la Dirección General de Carreteras se realiza de acuerdo con las Notas de Servicio 3/2024 y 1/2025 que establecen las prescripciones que deben cumplir los trabajos necesarios para su realización. En lo que se refiere a los proyectos de trazado y construcción cabe mencionar los siguientes aspectos fundamentales:

- Vuelo fotogramétrico: condiciones del avión o del vehículo aéreo no tripulado y de la cámara, características del vuelo, condiciones meteorológicas, tipos de cámaras y sus especificaciones técnicas, sistemas para datos de orientación de la cámara, características de los fotogramas, sensores aerotransportados con tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) que son el resultado de la integración del GNSS (Global Navigation Satellite System) con unidades de medición inercial y sensores láser que se pueden utilizar en zonas donde la densa vegetación oculte el terreno natural.
- Implantación de redes básicas: una Red Básica Planimétrica con lado máximo 4 km enlazada con la Red Geodésica Nacional, y una Red Básica Altimétrica enlazada mediante nivelación geométrica con la Red de Nivelación de Alta Precisión, las redes se materializan sobre el terreno por medios que garanticen su permanencia como hitos prefabricados o clavos en hormigón. A partir de estas bases se realizarán todos los trabajos de topografía de campo.
- Apoyo de campo: toma de datos para determinar los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica de los pares fotográficos del vuelo, para lo que se parte de la Red Básica realizada, con apoyo continuo de al menos 5 puntos por par estereoscópico o apoyo con aerotriangulación analítica para reducir el número de los puntos de apoyo.
- Restitución fotogramétrica: planos originales en formato A-1, a escala 1:1.000 y curvas de nivel a 1 m de equidistancia, recogiendo la toponimia local y con todos los elementos georreferenciados. La franja a ambos lados de la futura carretera será lo suficientemente amplia para que dé una idea del terreno, edificios y lugares circundantes.
- Ortofotografía digital: se trata de una imagen proyectada ortogonalmente, por lo que permite la superposición sobre ella del diseño de proyecto, obteniendo unos planos que enriquecen la información. Así, en un estudio informativo se puede realizar un montaje del trazado a escala 1:5.000 sobre las ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea. Posteriormente, una vez realizada la cartografía a escala 1:1.000 se realizará una ortofotografía digital de toda la zona incluida en la restitución fotogramétrica.
- Red de Bases de Replanteo: partiendo de los vértices de la Red Básica se obtiene la red de Bases de Replanteo, que son vértices próximos al trazado de la carretera y a una distancia media entre sí de unos 200 m, que permiten realizar trabajos topográficos de detalle en el entorno inmediato del proyecto. Las bases de replanteo deben quedar cerca de las obras, pero fuera de los terrenos afectados por ellas, y se deben materializar con medios que garanticen su permanencia. No obstante, las bases se deben enlazar entre sí para facilitar su reposición en caso necesario.
- Trabajos topográficos complementarios: realizados a partir de la Red de Replanteo, tales como:
 - Levantamientos parciales a escala 1:1.000 en caso de que la cartografía ejecutada deje sin restituir zonas.
 - Levantamientos taquimétricos a 1:200 o 1:500 en obras de drenaje, estructuras o emboquilles de túneles.
 - Levantamiento de perfiles longitudinales y transversales de las vías donde se ubican intersecciones o enlaces.
 - Replanteo, estaquillado del eje y perfiles transversales cada 20 m.
 - Fijación sobre la cartografía de elementos singulares como servicios afectados, sondeos, etc.

2. Estudios geológicos, geotécnicos y de procedencia de materiales

Estudio geológico. Debe definir sólo la parte del terreno afectada por las obras aportando datos prácticos. En un estudio informativo para detectar terrenos con dificultades geotécnicas, importante para seleccionar el trazado idóneo y valorar los costes de las alternativas. En la fase de proyecto para facilitar el alcance del estudio geotécnico y la planificación de las prospecciones de campo, trabajando en la información geológica previa, la fotointerpretación de la zona y el reconocimiento sobre el terreno de las unidades litológicas.

Estudio geotécnico. Tiene como objetivos:

- Determinar las características de los desmontes, del cimiento de las obras de explanación y de las estructuras, en cuanto a resistencia y deformabilidad, para calcular la inclinación de los taludes de desmontes y rellenos, proyectar las medidas de sostenimiento, recomendar la tipología de las cimentaciones de estructuras y sus parámetros de diseño.
- Determinar las características de los materiales excavados en los desmontes para valorar su empleo en los terraplenes, explanadas o firmes, o la necesidad de llevarlos a vertedero.
- En su caso, determinar las técnicas de excavación de los túneles, garantizando su estabilidad, su geometría (necesidad de contrabóveda) y las necesidades de sostenimiento (cerchas, bulones, hormigón proyectado) y revestimiento.
- Caracterizar los préstamos, yacimientos y vertederos.

Para ello es necesario:

- La realización de una campaña de reconocimientos geotécnicos: calicatas, sondeos, penetrómetros, prospecciones geofísicas y estaciones geomecánicas (en macizos rocosos).
- La toma de muestras y la realización de ensayos en campo o laboratorio.
- La interpretación en gabinete de los resultados, realizando los cálculos necesarios.

Estudio de procedencia de materiales. De acuerdo con la Orden Circular 22/2007, las canteras y préstamos que se estudien en el proyecto tendrán en general carácter informativo, debiendo el Contratista gestionar la búsqueda y adquisición de los materiales necesarios que cumplan con las condiciones del Pliego de Prescripciones Técnicas del Contrato. También corresponderá al contratista gestionar, en caso necesario, los permisos ambientales y legalizar su explotación. No obstante, en cada proyecto es necesario realizar un estudio de procedencia de materiales que garantice la viabilidad del diseño y acote su precio: materiales del entorno utilizables, distancias a la obra, costes de extracción, etc. Para ello se realiza un estudio de cada préstamo o cantera que pueda ser utilizado durante la obra, reflejando en el proyecto su localización, accesos, características y volúmenes aprovechables. También se deben estudiar las plantas de suministro (hormigones o mezclas bituminosas), en el caso en que se estime poco rentable instalar plantas en la propia obra.

3. Estudios climatológicos e hidrológicos

Estudio climatológico. Se orientará a la definición de los rasgos climáticos de la zona, para establecer:

- El trazado, en la fase de estudio informativo para detectar trazados afectados por nieblas, heladas, nevadas, etc., fenómenos que tienen importantes repercusiones en la explotación viaria.
- En la fase de proyecto, la incidencia del clima en la obra, determinando los coeficientes medios de aprovechamiento de días laborables para la realización de las principales unidades de obra, que permitirán, junto con el coeficiente reductor por días festivos, estimar los días trabajables en la obra para determinar el plazo de la obra.
- Definición de los índices y clasificaciones agroclimáticas (Martonne, Datin-Revenga, Papadakis, diagrama ombrotérmico) que servirán de partida para el diseño de las plantaciones a realizar para la integración ambiental de la obra.
- Servir de apoyo al proyecto de señalización y a la definición del plan de mantenimiento de la carretera.

Estudio hidrológico. Tiene por finalidad determinar los caudales generados en las cuencas interceptadas por la carretera para dimensionar las obras de drenaje, los puentes sobre cauces y para encajar correctamente el trazado. Para ello es preciso obtener datos pluviométricos de las estaciones de AEMET, y mantener contacto con las Confederaciones Hidrográficas que pueden dar datos de aforos, además de corresponderles autorizar las obras sobre dominio público hidráulico, por lo que es necesario recabar información sobre los condicionantes de diseño que exigen. Partiendo de los datos de precipitación de AEMET es posible obtener la precipitación de cálculo para distintos periodos de retorno (probabilidad de presentarse en 1 año $1/T$) mediante el uso de distribuciones estadísticas (Gumbel y SQRT-ET_{máx}). Finalmente, se elegirá justificadamente una determinada precipitación de cálculo para cada obra de drenaje y periodo de retorno considerados. La norma 5.2 IC de Drenaje Superficial establece para las obras de drenaje transversal $T=100$ años para el cálculo de caudales y $T=500$ años en el caso de posibilidad de daños catastróficos, o para puentes sobre cauces.

El método de estimación de los caudales depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante. Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos de la norma 5.2-IC, basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escurrimiento. En las cuencas grandes estos métodos pierden precisión, pero en ellas suele disponerse de información directa sobre caudales. La frontera entre cuencas grandes y pequeñas corresponde a un área mayor o igual a 50 km².

En el caso de los métodos hidrometeorológicos, para calcular los caudales es preciso estudiar las cuencas a una escala adecuada para su delimitación correcta, obteniendo su superficie, longitud del cauce, desnivel y umbral de escurrimiento en función de los usos del suelo. Y con ellos estimar el tiempo de concentración, el coeficiente de uniformidad de la cuenca, así como para cada periodo de retorno obtener el coeficiente de escurrimiento y la intensidad del aguacero de cálculo. El proyecto debe dejar constancia de todo el proceso de estimación de caudales.

4. Normativa sísmica

De acuerdo con lo dispuesto en las Normas de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02) y Puentes (NCSP-07), en el caso de que la ubicación y características de las obras lo exijan, deberán considerarse las acciones sísmicas en los cálculos del proyecto.

Las obras ingeniería se clasifican, en función de la posibilidad de producir víctimas, de interrumpir un servicio primario, de los daños económicos o de la posibilidad de dar lugar a daños catastróficos, en: de importancia moderada, normal y especial.

Los puentes de las autopistas y autovías y de las carreteras convencionales con $IMD > 7.000$ se consideran de importancia especial, pues son infraestructuras imprescindibles para que la ayuda pueda llegar a las víctimas. Los proyectos de estructuras de importancia normal o especial deben contar con la consideración de la acción sísmica siempre que la aceleración básica (sismo $T=500$ años) sea igual o superior a 0,04g, para lo que se incluye en la NCSP-07 un listado de municipios en los que sucede.

Los puentes pueden soportar el sismo de cálculo resistiéndolo elásticamente instalando elementos de disipación sísmica, o admitiendo daño en la estructura disipando energía mediante la formación de rótulas plásticas. La normativa exige que para un $T=100$ años (probabilidad 63 % en los 100 años vida útil de la estructura) el comportamiento de la estructura sea esencialmente elástico. En el caso de terraplenes y desmontes, existen pocas alternativas que no pasen por tender los taludes para aumentar su seguridad ante un sismo.

MEB1T4. Estudios de carreteras (II)

1. Estudios de tráfico. Toma de datos: sistemas convencionales y nuevas tecnologías

El conocimiento del tráfico y sus previsiones son una herramienta básica para la planificación, proyecto, conservación y explotación de la red de carreteras. En particular el dimensionamiento de una vía se hace a partir del tráfico existente y previsible, y el dimensionamiento de un firme tiene como variable específica el volumen de vehículos pesados.

Estudios de intensidades de circulación. Para conocer la intensidad de tráfico en una carretera en servicio es necesario contar el número de vehículos que pasan por determinadas secciones.

Para ello se pueden realizar **aforos manuales**, donde un observador cuenta los vehículos que pasan por una sección en un periodo determinado, tienen como ventaja que permiten distinguir tipos de vehículo y con personal bien entrenado son más precisos, y como inconvenientes: su coste y capacidad de conteo, hasta 800 veh/h en un periodo largo y 2.000 veh/h en uno corto.

Y **aforos automáticos** con aparatos que detectan, cuentan y registran los vehículos, unos emplean como detector de vehículos un tubo de goma cerrado en un extremo, colocado transversalmente sobre la calzada y con el otro extremo del tubo terminando en una membrana flexible metálica que cierra un contacto eléctrico cuando pasan los vehículos que acciona el contador, que cuenta el paso de un vehículo al recibir dos impulsos de los dos ejes, como existen vehículos de más de dos ejes, se produce un error por exceso generalmente pequeño, este tipo de aparato es particularmente útil en instalaciones provisionales o de corta duración; en instalaciones permanentes pueden utilizarse otros tipos de detectores que no estén tan expuestos al paso de los vehículos, los más utilizados son los detectores de lazo, que consisten en un cable enterrado en el pavimento formando un lazo por el que circula una corriente eléctrica que se modifica al pasar sobre él la masa metálica del vehículo y es registrada por el contador, estos aparatos automáticos registran el número total de vehículos que pasan y pueden clasificarlos por su longitud, número de ejes y masa.

Estos estudios son fundamentales para obtener la IMD y la distribución de intensidad a lo largo del año, elemento sustancial para determinar el nivel de servicio en las carreteras y su dimensionamiento.

Además, se realizan otro tipo de estudios:

Estudios de velocidades. Resultan imprescindibles en los estudios de planeamiento de una red viaria y para conocer la calidad del servicio, teniendo en cuenta la demanda soportada. Se pueden medir por procedimientos manuales (en un punto o con coche flotante) o automáticos, empleando detectores como los descritos anteriormente, o aplicando el principio del radar, donde el aparato lleva incorporada una antena que envía un haz de ondas que se refleja en el vehículo con una frecuencia distinta, siendo directamente proporcional la diferencia de frecuencias a la velocidad del vehículo.

Estudios de origen y destino. Las características de los viajes: origen, destino y motivo, son datos esenciales para los estudios de planificación y para determinar la demanda futura de tráfico. Solo se pueden obtener preguntando a los viajeros mediante encuestas, que pueden ser de dos tipos: en la carretera (de pantalla o cordón) y domiciliarias.

Encuestas en la carretera (de pantalla o cordón), para las que se establecen estaciones de encuesta en las distintas carreteras de la red, de forma que la mayoría de los viajes que interesan haya de efectuarse pasando por alguna de las estaciones que forman una pantalla que corta el corredor, o un cordón alrededor del área, las encuestas se realizan en todas las estaciones simultáneamente, y la duración de las mismas suele ser de al menos 16 h, si el tráfico nocturno no es importante, los entrevistadores anotan directamente una serie de datos como tipo de vehículo o número de ocupantes, y preguntan otros, como origen, destino, motivo y ruta del viaje, a los vehículos de transporte de mercancías se les pregunta además naturaleza de la mercancía y peso transportado.

Encuestas domiciliarias, donde se entrevista a los habitantes de una zona en sus domicilios, directamente o por correo, seleccionando una muestra aleatoria, estas encuestas se emplean cuando es necesario conocer los viajes que se realizan en un área con gran densidad viaria en la que no se podrían establecer las pantallas o cordones necesarios, permiten obtener más datos tanto de particulares como de las empresas de transporte.

2. Modelación del tráfico. Prognosis de tráfico

Como datos básicos para determinar cuál va a ser el futuro comportamiento de la red de carreteras, es necesario disponer de unas previsiones de la demanda de tráfico. Según el número de variables y de relaciones entre ellas, crece la complejidad de los métodos de previsión, y con ella el coste que supone tanto la obtención de datos para su aplicación, como la realización de las previsiones. Por consiguiente, la aplicación de los métodos más complicados estará justificada en los proyectos de gran alcance como en la planificación de un eje de gran importancia, o en el conjunto de la red de una zona amplia, mientras que para pequeñas actuaciones se emplearán métodos más sencillos, si no se pueden aprovechar los resultados conseguidos en otros estudios más costosos.

Métodos de previsión del transporte de viajeros, se pueden basar en **extrapolación de tendencias** del ritmo de crecimiento observado en años anteriores suponiendo que se conservará en el futuro próximo, dado que el crecimiento del tráfico está directamente relacionado con el del parque de vehículos automóviles, pueden realizarse previsiones del primero basándose en la evolución futura del segundo.

O en modelos de **previsión de la demanda**, en los que se desarrolla un modelo matemático que permite determinar los viajes que se harán por una determinada carretera en función de sus características, perfil socioeconómico de los viajeros o modos de transporte alternativos con una serie de ecuaciones entre estas variables, que se ajustan a partir de los datos obtenidos en las encuestas, y que luego con los valores previsibles para esas variables permiten obtener el número de viajes en el futuro, se distingue entre modelos agregados (se obtiene el número de viajes que salen de un núcleo de población o zona de una ciudad en función de valores medios de ciertas características) y desagregados (las ecuaciones del modelo tratan de determinar el comportamiento medio de una familia o persona de unas determinadas características socioeconómicas), o entre modelos directos (suponen que un viajero elige de una sola vez el destino, modo y ruta del viaje bastando una sola ecuación para obtener el número de viajes que van por un tramo de carretera) y secuenciales (suponen que el conductor decide en primer lugar si hace o no el viaje, luego cuál será su destino, después qué modo de transporte usará y finalmente qué ruta elegirá, siendo éstos los más empleados siguiendo por tanto las etapas de generación y atracción de viajes en cada zona, distribución de viajes entre zonas, distribución modal, y asignación a la red).

Métodos de previsión del transporte de mercancías. Los métodos de previsión en este campo están bastante menos desarrollados que los de viajeros, debido a que éstos se han aplicado sobre todo en zonas urbanas donde el transporte de mercancías tiene menor importancia relativa, además las previsiones son mucho más difíciles debido a la gran diversidad de tipos de mercancías, si se pretendiera alcanzar un grado de precisión semejante al conseguido en el transporte de personas, sería preciso desarrollar modelos para más de cincuenta grupos de mercancías distintas, lo que pocas veces estará justificado.

Los modelos más sencillos se basan en la extrapolación de las últimas tendencias registradas, o vinculando las previsiones al crecimiento del volumen del transporte de mercancías y éste a la variación del producto nacional bruto. Otros métodos más elaborados se basan en la utilización de las tablas input-output de la economía nacional, teniendo en cuenta la localización actual y previsible de los distintos centros de producción y consumo, se pueden determinar los volúmenes de transporte entre las distintas zonas en función de la previsible variación del PNB. Su distribución será función de los costes de transporte y de las instalaciones de carga y descarga disponibles. Después, una vez conocido el tonelaje que se transportará por carretera, es preciso determinar el número de camiones que será necesario para ello. Conocido el número de vehículos necesarios, su asignación a las distintas rutas posibles se hace empleando modelos de asignación similares a los empleados para el tráfico de coches.

3. Plan de aforos. Mapas de tráfico del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible

La Ley 37/2015 de carreteras establece la obligación del MITMS de facilitar información actualizada de los datos de aforo en las carreteras de su competencia. Para ello, la red de carreteras del Estado cuenta con unas 3.400 estaciones de aforo, de las cuales un 22% son permanentes (aforan todo el año), 2% semipermanentes (aforan 84 días, una semana por mes), 12% primarias (aforan una semana en meses alternos, incluyendo siempre agosto), 31% secundarias (aforan 12 días laborables, 2 por cada mes alterno) y 33% de cobertura (aforan 2 días laborables al año). Además, hay cerca de 300 estaciones virtuales en las autopistas de peaje.

Esta red de aforo permite elaborar anualmente el Mapa de Tráfico desde el año 1960, que contiene actualmente mapas de tráfico con datos de IMD generales y en los accesos a las principales ciudades, tanto de vehículos ligeros como pesados (diferenciando las mercancías peligrosas), y velocidades medias de circulación para los vehículos ligeros de cada tramo de la red e información puntual de las velocidades temporales de vehículos ligeros y pesados que pasa por cada sección de aforos; además recoge datos de la evolución en los últimos años, junto con un estudio de accidentes en la red de carreteras del Estado. En el Mapa se publica tanto la información oficial de tráfico que el MITMS proporciona sobre la RCE, como la correspondiente a la red prioritaria autonómica de carreteras, facilitada por las Comunidades Autónomas, de forma que entre ambas se recoge el 95% del tráfico total y el 96% del tráfico de vehículos pesados.

La IMD actual ronda los 25.000 vehículos en autovías, 20.000 en autopistas de peaje y 3.500 en carreteras convencionales, con un valor medio para toda la red sobre los 13.000, con un 15% de pesados.

No obstante, en la red de carreteras del Estado conviven carreteras con niveles de tráfico muy dispar:

- Autovías de acceso a ciudades y circunvalaciones donde se alcanzan intensidades muy elevadas, superiores a 100.000 vehículos/día.
- Autopistas de peaje y autovías de baja demanda (IMD en torno a los 5.000 vehículos/día o inferiores).
- Carreteras convencionales de elevada demanda, incluso alcanzando intensidades de 20.000 vehículos/día, lógicamente con un mal nivel de servicio, como algunos tramos del corredor Mediterráneo.
- Carreteras convencionales de baja demanda, 2.000 vehículos/día o inferiores. Son normalmente carreteras de trazado estricto en entornos montañosos o despoblados.

También debe recalcar que, aunque la red de carreteras del Estado supone tan solo el 15% del conjunto de la red de carreteras española, concentra más del 50% del tráfico, elevándose el porcentaje al 65% para el tráfico de vehículos pesados. Estas cifras, junto con la preponderancia del transporte por carretera tanto en el tránsito interior de personas como de mercancías, dan idea de la importancia de la red de carreteras del Estado en el sistema de transporte español.

MEB1T5. Trazado de carreteras

1. Norma 3.1-IC de trazado

La norma 3.1-IC contempla las especificaciones del trazado de una carretera. Es aplicable en la RCE a proyectos de carreteras interurbanas, y de tramos urbanos y periurbanos con sus peculiaridades. En carreteras de montaña, carreteras que discurran por espacios naturales de interés ambiental o acusada fragilidad y actuaciones en carreteras existentes, podrán disminuirse las condiciones exigidas en la Norma, justificándose adecuadamente. Son datos básicos para el estudio del trazado la velocidad de proyecto, para definir las características geométricas en condiciones de comodidad y seguridad, y la visibilidad que debe ser mayor que las distancias de parada, adelantamiento, decisión y cruce, según los casos.

En la norma 3.1-IC las carreteras se denominan con una letra seguida de un número. La letra será A para las autopistas y autovías, y C para las carreteras convencionales y las carreteras multicarril. El valor numérico indica la velocidad de proyecto en km/h, con independencia de la velocidad máxima permitida por la reglamentación. Se consideran los siguientes grupos y denominaciones: Grupo 1 (Autopistas y autovías A-140, A-130); Grupo 2 (Autopistas y autovías A-120, A-110, A-100, A-90, A-80, y carreteras C-100); y Grupo 3 (Carreteras C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40).

2. Trazado en planta

El trazado en planta se compone de rectas, curvas circulares y curvas de transición.

Alineaciones rectas. Elemento de trazado indicado en carreteras de dos carriles para obtener oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a infraestructuras preexistentes, condiciones urbanísticas o terrenos llanos. Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos o exceso de velocidad, se limita su longitud máxima a la recorrida en 1 min a la velocidad de proyecto (V_p), y para que se produzca una adaptación a la conducción se establece una longitud mínima superior a la distancia recorrida en 5 s (curvas en "S") o 10 s (curvas en "C").

Curvas circulares. En el diseño de las curvas circulares se consideran la velocidad, el radio, el peralte, el coeficiente de rozamiento transversal, la visibilidad de parada y la coordinación planta-alzado. Para proporcionar seguridad se establece un radio mínimo en función de la clase de carretera y la velocidad de proyecto (p.e. 1.050 m en A-140, 700 m en A-120, 450 m en A-100 y C-100, y 250 m en A-80) y una determinada relación entre radios consecutivos para evitar cambios bruscos de geometría y velocidad. Fijado el radio, éste lleva asociado un peralte y la necesidad o no de curvas de transición, mejorando ambos la percepción visual de una curva. Además, el peralte compensa parte de la fuerza centrífuga y las curvas de transición permiten un aumento progresivo de ella. El peralte se limita superiormente al 8% (grupos 1 y 2), 7% (grupo 3) para evitar el deslizamiento de vehículos lentos hacia el interior de la curva en carreteras heladas, e inferiormente al 2% por cuestiones de drenaje.

Curvas de acuerdo o de transición. Las curvas de transición tienen por objeto evitar discontinuidades en la curvatura. Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca es $R \cdot L = A^2$, donde A es su parámetro y L su longitud, que deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal, por transición de peralte, y por condiciones de percepción visual. Las clotoides contiguas a una curva serán simétricas, salvo justificación técnica en contrario.

3. Trazado en alzado

Se procurará ceñir la rasante al terreno de forma que se minimice el impacto ambiental, así como el coste de las explanaciones, viaductos y túneles.

Inclinación de las rasantes. Se establecen unos valores máximos de inclinación en función de la velocidad de proyecto por razones de seguridad y costes de explotación. Se pretende evitar la existencia de tramos largos de acusada pendiente para evitar dificultades de frenado en los vehículos pesados, pero donde existan se diseñarán lechos de frenado. Los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes serán: autopistas y autovías rampa-pendiente 4-5% para A-140-130-120-110-100, y 5-6% para A-90-80, que podrán incrementarse un 1% en casos justificados; carreteras convencionales y multicarril máxima-excepcional 4-5% C-100, 5-7% C-90-80, 6-8% C-70-60 y 7-10% C-50-40. En general, no se dispondrán rampas ni pendientes con la inclinación máxima establecida cuya longitud supere los 3.000 m, independientemente del estudio de carriles adicionales, ni longitudes medidas entre vértices consecutivos cuyo recorrido sea inferior a 10 s a la V_p . En general, el valor mínimo de la inclinación de la rasante no debe ser inferior a 0,5%, aunque, excepcionalmente, la rasante podría alcanzar un valor menor, en ningún caso inferior a 0,2%. La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que 0,5% por evacuación de las aguas de la calzada.

Acuerdos verticales. La curva de acuerdo será una parábola de eje vertical de ecuación $y = x^2/2K_v$, donde K_v es el parámetro. Definiendo θ como el valor absoluto de la diferencia de las inclinaciones en los extremos del acuerdo en tanto por uno, se cumplirá que $K_v = L / \theta$, siendo L la longitud de la curva de acuerdo. La Norma exige unos valores mínimos del parámetro en función de la velocidad de proyecto para ofrecer al conductor suficiente visibilidad de parada y visibilidad de adelantamiento, según los casos. También se establece que la longitud (en m) sea superior a la V_p (en km/h) por consideraciones estéticas.

4. Sección transversal

La sección transversal influye fundamentalmente en la capacidad de la vía y se fijará, determinando el número de carriles y sus dimensiones, en función del tipo de carretera y del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte, situado 20 años después de la entrada en servicio. Los niveles de servicio deben cumplir los siguientes mínimos: A-140-130-120 nivel C, A-110-100-90-80 y C-100-90-80 nivel D, y C-70-60-50-40 nivel E.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada al paso de los vehículos o calzada, que está formada por los carriles. Además de éstos, existen otras partes de la plataforma no destinadas a la circulación normal, como son los arcenes, zonas que permiten a los vehículos apartarse momentáneamente de la calzada en caso de avería o emergencia, o las aceras destinadas a los peatones. También los márgenes de la carretera tienen una gran influencia en el caso de accidentes causados por la salida de un vehículo fuera de la calzada, estas zonas se denominan bermas. En carreteras con calzadas separadas juega un importante papel la mediana comprendida entre ambas plataformas, que tendrá una anchura mínima de 10 m cuando se prevea ampliación, y de 2 m o la anchura de trabajo del sistema de contención de vehículos en ambos sentidos, si fuese superior, cuando no se prevea.

Calzada. En carreteras de calzadas separadas no se proyectarán más de cuatro carriles por calzada ni menos de dos, no computando los carriles de cambio de velocidad, los de trenzado, ni los incluidos en confluencias de autovías o autopistas; donde se dispongan dos calzadas separadas para cada sentido de circulación, la calzada central se conectará sólo con la lateral, aunque, excepcionalmente, podrá conectarse directamente con otras vías. En carreteras de calzada única se proyectarán dos carriles por calzada, uno para cada sentido, en ningún caso se proyectarán calzadas con dos carriles por sentido, no computando los carriles adicionales ni los de cambio de velocidad. Para la anchura de los carriles la Norma establece casi con generalidad la anchura de los carriles en 3,5 m, que se podrá reducir, si fuese necesario y de forma justificada, en tramos periurbanos y urbanos considerándose una reducción de la velocidad.

5. Nudos, enlaces e intersecciones

La Norma 3.1-IC denomina nudo a la zona en la que se cruzan dos o más vías y clasifican los nudos en intersecciones (cuando todos los movimientos se realizan al mismo nivel) o enlaces (al menos un movimiento a distinto nivel). En autopistas y autovías sólo se dispondrán enlaces, y en carreteras multicarril y convencionales se determinará con base en un estudio específico.

Salvo justificación en contrario o que se conecte con carreteras estatales o autonómicas de primer orden, en carreteras de calzadas separadas la distancia entre enlaces consecutivos no será inferior a 6 km en carreteras interurbanas y a 2 km en carreteras urbanas y periurbanas; y en carreteras de calzada única en las que esté prevista la duplicación de calzada, será de aplicación lo indicado para carreteras de calzadas separadas, y en carreteras de calzada única sin previsión de duplicación de calzada no será inferior a 2 km. Estas distancias lo son entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.

En autopistas, autovías y carreteras con velocidad de proyecto >80 km/h e IMD >5.000, la distancia entre una entrada y la salida posterior será como mínimo de 1.200 m; si esto no fuese posible, se unirán entrada y salida, debiendo tener el carril de trenzado resultante una longitud mínima de 1.000 m; la distancia entre una salida y la salida posterior será como mínimo de 1.000 m; y la distancia entre una entrada y la entrada posterior será como mínimo de 1.000 m. Cuando las distancias anteriores no se puedan cumplir se proyectará una vía colectora-distribuidora.

6. OC 1/2021 sobre recomendaciones para el diseño de carreteras 2+1 y carriles adicionales de adelantamiento

La demanda de tráfico en las vías interurbanas de la RCE se ha venido resolviendo en los últimos 30 años mediante carreteras convencionales o autovías (hoy en día con plenas características de autopistas). Sin embargo, existen alternativas técnicas suficientemente contrastadas que pueden constituir una respuesta intermedia que no conlleve necesariamente la construcción de una carretera de alta capacidad. Se trata de un nuevo tipo de vía que ha venido consolidando su denominación como Carretera 2+1 y actualmente cuenta con una amplia experiencia internacional.

Las Carreteras 2+1 disponen de una única plataforma donde se mantiene una separación permanente entre sentidos de circulación, no siempre a través de sistemas de contención de vehículos, que incorpora un carril adicional reservado alternativamente a uno y otro sentido de circulación para permitir la maniobra de adelantamiento. Todo ello supone una franca mejora de las condiciones de seguridad vial y del nivel de servicio de la carretera.

En las carreteras convencionales la maniobra de adelantamiento implica la invasión del sentido contrario, situación no exenta de riesgo y cuya oportunidad debe ser personalmente gestionada por el conductor. Por el contrario, el objetivo de un tramo de Carretera 2+1 es que sea la propia infraestructura la que proporcione directamente la gestión segura de la maniobra de adelantamiento a través de carriles adicionales diseñados específicamente para esa función. De esta manera el conductor no tiene que evaluar la visibilidad disponible y arriesgarse a invadir el sentido contrario.

De cara a la calidad del servicio público viario, al incrementar la velocidad media de recorrido y reducir el tiempo de espera para adelantar a otros vehículos, se consigue una mejora del nivel de servicio de la carretera y una mayor funcionalidad como parte integrante del sistema de transporte.

MEB1T6. Drenaje superficial y subterráneo

1. Norma 5.2-IC. Drenaje superficial

La actual norma 5.2-IC entró en vigor en marzo de 2016 y tiene por objeto establecer reglas para proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elementos y sistemas de drenaje superficial de la RCE.

Drenaje superficial. El drenaje superficial comprende el **drenaje longitudinal** (recogida de aguas pluviales procedentes de la plataforma de la carretera y sus márgenes, y su evacuación hacia los cauces naturales o al sistema de alcantarillado en zonas urbanas), y el **drenaje transversal** (continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera). Cualquier estudio de drenaje requiere determinar el caudal de agua a evacuar (estudios hidrológicos), y dimensionar los elementos que lo han de desaguar (estudios hidráulicos).

Estudios hidrológicos. En primer lugar, debe fijarse el **periodo de retorno** (T) del caudal de referencia, según la norma 5.2-IC: 25 años para el drenaje de plataforma y márgenes, salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo que se debe adoptar 50 años; para obras de drenaje transversal un valor superior o igual a 100 años que resulte compatible con los criterios de la Administración Hidráulica competente; y 500 años para estudiar la socavación en cimientos de puentes. El caudal máximo correspondiente a un determinado período de retorno se debe determinar a partir de la información que proporcione la Administración Hidráulica competente. Si no se dispone de dicha información, se debe calcular según la metodología de la 5.2-IC con los siguientes métodos de cálculo de caudales:

- Racional: supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo sobre toda su superficie. Se aplica a cuencas menores de 50 km², con ciertas particularidades para obras ubicadas en el Levante y Sureste peninsular.
- Estadístico: se basa en el análisis de series de datos de caudal medidos en estaciones de aforo u otros puntos. Dichas series se pueden complementar con datos sobre avenidas históricas. Se aplica a cuencas ≥ 50 km².
- Otros métodos hidrológicos: se usan cuando los anteriores no sean adecuados para las características de la cuenca.

El método racional utiliza la fórmula: $Q = I \cdot C \cdot A \cdot K_t / 3,6$, donde Q es caudal en m³/s, I es precipitación en mm/h, C es coeficiente de escorrentía, A es área en km², y K_t un coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. El **coeficiente de escorrentía** relaciona la proporción entre la lluvia evacuada por escorrentía y la lluvia total caída sobre la cuenca. En la norma 5.2-IC se propone una fórmula que depende de la precipitación máxima diaria para el periodo de retorno considerado y del umbral de escorrentía, que es la precipitación a partir de la cual se generan aguas de escorrentía. Se trata de un parámetro muy variable en función del tipo de suelo (desde arenoso a arcilloso), pendiente, uso (urbanizado, tierras de cultivo, bosques densos), y de su humedad en el momento del aguacero.

Estudios hidráulicos. Conocido el caudal es necesario diseñar el elemento que lo evacúe, con varios condicionantes:

- Velocidad de la corriente: el caudal no debe causar daños por erosión ($v < 6$ m/s en elementos de hormigón), ni por atarramiento ($v > 1$ m/s, pero si no es posible deben disponerse areneros que faciliten la limpieza de sedimentos).
- Sin interrupción de la carretera: con resguardo mínimo entre la lámina de agua y la plataforma de 0,5 m en obras de drenaje transversal y 0,05 m en obras de drenaje longitudinal respecto a la calzada sin que el agua alcance el arcén.
- Debe limitarse la sobreelevación del nivel de la corriente, de acuerdo con la Administración Hidráulica competente.
- Identificando y controlando las posibles zonas de deposición de sedimentos y arrastres.
- Identificando y controlando los impactos de los vertidos de aguas recogidas por los elementos del drenaje superficial.
- Minimizando el impacto ambiental, incluyendo el posible efecto barrera sobre la fauna.
- Independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes, que deben dar servicio únicamente a la carretera, sin mezclar caudales con los provenientes de otras obras o terrenos.
- Continuidad, tanto geométrica como hidráulica entre los elementos que constituyen la red de drenaje.

Elementos de drenaje superficial de plataforma y márgenes (drenaje longitudinal):

- Caces: franja estrecha longitudinal en forma de canal revestido de muy poca profundidad, se sitúan normalmente al borde de la plataforma, junto a un bordillo o una barrera rígida.
- Cunetas: elemento superficial en forma de zanja continua en el terreno, cuya función es conducir el agua a modo de canal en lámina libre. Su sección transversal normalmente es triangular o trapezoidal, o con forma de hondonada. Salvo justificación, las cunetas se proyectarán revestidas, y en todo caso cuando la velocidad supere la máxima admisible, cuando $i > 3\%$, $i < 1\%$, y donde se desee evitar infiltraciones. Para $i > 7\%$ medidas de escalonamiento o aumento de rugosidad con paramentos irregulares. Por su situación pueden ser: de desmonte (situadas entre la plataforma y el pie de un desmonte, recogiendo agua de ambos), de guarda (situadas en la coronación de un desmonte, recogiendo aguas de las cuencas vertientes hacia el desmonte) o de pie de terraplén (recogen aguas de las bajantes de la plataforma, y de las cuencas vertientes hacia el terraplén).
- Bajantes: elementos colocados en terraplenes para evitar que el vertido de aguas de la plataforma cause cárcavas, necesitan un bordillo junto al arcén que forme un caz que conduzca las aguas hacia ellas; y en los taludes de desmontes para desaguar cunetas de guarda que por la configuración del terreno no pueden tener otra salida.
- Colectores: tuberías para conducción de caudales por gravedad en lámina libre que se utilizan principalmente para transportar por debajo de la plataforma las aguas de escorrentía recogidas por los elementos de drenaje, bien porque la capacidad hidráulica de éstos resulte insuficiente o bien porque se tenga que cruzar la calzada para desaguar.
- Sumideros: elemento de drenaje cuya función es captar caudales de la plataforma o de un elemento de drenaje superficial, normalmente un caz o cuneta, y desaguar a un colector a través de una arqueta que le sirve de registro.
- Arquetas y pozos: elementos de conexión y registro de colectores.

- Areneros: elementos que producen una disminución de velocidad que favorece la sedimentación de partículas, generalmente por incremento de la sección en la que se ubican o por disminución de pendiente.
- Balsas de retención: elementos encargados de la retención de vertidos accidentales que además tienen cierta capacidad de laminación y de captura de sustancias contaminantes arrastradas por el agua de escorrentía.
- Elementos de laminación: destinados a reducir las puntas de caudal, normalmente por almacenamiento.
- Sistemas de infiltración y filtros: ejercen cierta función de depuración mediante filtrado a través de un medio poroso que puede ser un suelo natural (sistemas de infiltración) o artificial (filtro).
- Bombeos: cuando no sea posible desaguar por gravedad, deben evitarse siempre que sea posible.

Drenaje transversal, se resuelve con los siguientes tipos de obras:

- Los puentes y viaductos, situados en cauces importantes y con caudales normalmente permanentes. Además de desaguar los caudales, se deben estudiar: sobreelevaciones, estribos fuera de la vía de intenso desagüe (zona por la que pasaría la avenida de T=100 años produciendo una sobreelevación <0,3 m), o socavación de cimientos.
- Obras de drenaje transversal (ODT): obras de sección cerrada, es decir provistas de solera con función estructural. Normalmente responde a las tipologías de tubo o marco y sus dimensiones son inferiores a las de los puentes.

En cuanto a las obras de drenaje transversal se pueden dar una serie de recomendaciones:

- Las obras de drenaje suelen cruzar la carretera en una sola alineación recta, con independencia de la geometría del cauce, siendo la implantación mejor la que coincidente con el cauce natural, pero si es muy esviado se puede recurrir a una obra de drenaje más corta mediante la modificación del cauce, evitando quiebros bruscos de alineación y previendo protecciones contra la erosión en los codos.
- El perfil también se suele ajustar al del cauce, solamente con fuertes pendientes se recurre a soluciones de entradas en pozo o salidas escalonadas, siempre con los tramos enterrados con pendiente uniforme.
- La sección debe procurar respetar las dimensiones del cauce natural, evitando fuertes estrechamientos. La 5.2-IC asocia la longitud de la obra con un mínimo de sección ($L > 15 \text{ m} \rightarrow \varnothing > 1,8 \text{ m}$).

2. Orden Circular 17/2003 Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera

El drenaje subterráneo consiste en la evacuación del flujo de agua subterránea para que no afecte a la explanada y por consiguiente al firme. La filtración se puede producir a través de las grietas en el firme, desde cunetas, bermas, medianas, desmontes, o por elevación de la capa freática (la 6.1-IC establece que la cota de la explanada debe quedar por encima del nivel freático 60 cm en suelos seleccionados, 80 cm en adecuados, 1 m en tolerables y 1,2 m en marginales). Para reducir estas situaciones se puede: mejorar la impermeabilidad del firme y de las zonas no afirmadas de la plataforma, pero la aparición de fisuras y grietas en el firme es inevitable con el paso del tiempo; instalar sistemas de drenaje subterráneo para facilitar la evacuación de agua que se haya podido infiltrar o para rebajar el nivel freático si está alto.

En cuanto a la evacuación de las aguas infiltradas desde la plataforma de la carretera, las *Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera* (OC 17/2003) prevén tres casos: F o de explanada de baja permeabilidad, el agua infiltrada circulará por la superficie de contacto entre la explanada y el firme, caso de las explanadas tratadas con cemento o cal; E o de explanada permeable y suelo de explanación de baja permeabilidad, el agua infiltrada circulará por la superficie de contacto de la explanada con el fondo del desmonte o la coronación del relleno; caso S o de explanada permeable y suelo de explanación también permeable, el agua infiltrada circulará verticalmente atravesando la explanada y suelos subyacentes hasta encontrar un material impermeable. En los casos F y E, el vertido de las aguas infiltradas se producirá hacia los espaldones de los rellenos, hacia los drenes proyectados en zonas de mediana o secciones en desmonte, o por vertido directo hacia la cuneta. En estos casos, es conveniente que las capas de baja permeabilidad tengan una pendiente mínima del 2 % que favorezca el flujo sub-horizontal. Además del flujo de agua según las secciones transversales, es preciso analizar el flujo de agua longitudinal, que es especialmente importante en las transiciones entre un desmonte y un relleno, estableciendo la necesidad de proyectar zanjas drenantes transversales en esta transición cuando el desmonte tiene una pendiente mayor o igual al 3 % y su longitud es superior a los 150 m.

Los elementos del drenaje subterráneo más habituales son:

- Zanjas drenantes: se diseñan para proteger el firme y la explanada de la infiltración procedente del firme, bermas, medianas, cunetas y desmontes, así como para rebajar el nivel freático si está alto. Normalmente están constituidas por una zanja rellena con material granular, protegida de la colmatación por un geotextil, y suele alojar en el fondo una tubería drenante. Cada 50 m como máximo, o en los cambios de dirección o pendiente, se interrumpen en arquetas de registro para tareas de conservación.
- Pantallas drenantes: son zanjas bastante más profundas que anchas (su anchura no suele superior a 25 cm), se suelen disponer en el borde de explanadas, constituidas por un geotextil, un material granular drenante y una tubería.
- Drenes californianos: son perforaciones de pequeño diámetro efectuadas en el interior del terreno natural dentro de las que se coloca un tubo ranurado, con pendientes reducidas, pero >3%, con el objetivo de reducir las presiones intersticiales para mejorar la estabilidad del talud, agotar una bolsa de agua o rebajar el nivel freático.
- Mantos drenantes: son capas drenantes formadas por material granular o geocompuestos que se disponen entre el cimiento de un relleno y el terreno natural, con el objeto de captar surgencias del terreno y aportes del propio relleno. En ocasiones se pueden sustituir por drenes en espina de pez (red de zanjas con esta forma).
- Contrafuertes drenantes: son un sistema mixto de drenaje y refuerzo del terreno empleado en desmontes o rellenos, constituidos por zanjas rellenas de material drenante orientadas según la línea de máxima pendiente.

MEB1T7. Movimiento de tierras

1. Movimiento de tierras

Se denominan así las obras de remodelación del terreno natural que es preciso realizar para conseguir la explanación de la carretera. Según que la sección se desarrolle en desmante o en terraplén será necesario proceder a la excavación y retirada del terreno natural o a la aportación, extensión y compactación de materiales apropiados. El movimiento de tierras es muy importante cuando la carretera discurre por terreno accidentado y tiene una velocidad de proyecto elevada, pero aunque se trate de una carretera en una zona llana o que se adapte mucho al terreno, las obras de tierra tienen siempre un peso importante en el presupuesto de la obra, por lo que es fundamental optimizar el trazado para reducirlas, compensándolas lo mejor posible, analizando las necesidades de préstamos y vertederos, así como determinando la distancia media de transporte de los materiales excavados hasta su lugar de empleo a partir de un diagrama de masas. Además, es necesario estudiar las características geotécnicas de los suelos y rocas afectados para asegurar la estabilidad de las explanaciones y elegir los métodos constructivos más adecuados.

2. Clasificación y características de los suelos según el PG-3

Los suelos están constituidos por una mezcla de partículas sólidas inorgánicas, cuyos intersticios están ocupados por aire y agua. Puede contener también materia orgánica, desde cantidades despreciables hasta un porcentaje muy elevado (turberas y otros suelos orgánicos). Según el PG-3 los suelos se clasifican en: suelos seleccionados, suelos adecuados, suelos tolerables, suelos marginales y suelos inadecuados. Se determinarán en función de una serie de parámetros, los principales son: su contenido en materia orgánica; su contenido en sales solubles como el yeso; proporción de finos controlada mediante el cernido por el tamiz 0,080 UNE, límite líquido e índice de plasticidad; e hinchamiento. Se considerarán suelos inadecuados los que no se puedan incluir en las categorías anteriores, o los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen. Los suelos seleccionados y adecuados se utilizan fundamentalmente en coronación de terraplenes o fondos de desmante que requieran una mejora de la explanada natural, mientras que los suelos tolerables son habituales en núcleo de terraplén.

3. Construcción de terraplenes, pedraplenes y rellenos todo-uno

Terraplenes. Si el terreno tiene gran inclinación se escalona la superficie para evitar el desplazamiento del terraplén, y después se realizan las siguientes fases:

- Excavación, transporte y extensión del suelo. La construcción se hace por tongadas con un espesor que depende de la maquinaria de compactación, el tipo de suelo y el grado de compactación deseable.
- Humectación o desecación del suelo. Una vez extendida la tongada se procede, si es necesario, a su humectación para que el suelo alcance una humedad próxima a la óptima de compactación. En ocasiones la humedad del suelo es excesiva, cuando se deba a precipitaciones puede ser suficiente esperar a su desecación natural o acelerada mediante escarificación.
- Compactación de las tongadas, mediante varias pasadas de compactadoras de diferente tipo (rodillos vibratorios, compactadores de neumáticos, o rodillos de pata de cabra en suelos cohesivos con cierta humedad). Se exige un porcentaje próximo al 100% de la densidad óptima según el PN o PM, determinando el espesor máximo de la tongada y el número mínimo de pasadas. El PG-3 fija un espesor de tongada de 30 cm, salvo especificación en contra.

Pedraplenes. Cuando hay roca disponible, estable frente al agua, procedente de la excavación en la traza o de un túnel, su empleo en un pedraplén puede presentar ciertas ventajas, sobre todo en los de gran altura: aprovechamiento de materiales, taludes más inclinados, velocidad de construcción mayor y deformabilidad más reducida que en un terraplén. En los pedraplenes se distingue cimienta, núcleo y zona de transición (con un espesor del orden de 1 m) a coronación. Se suelen compactar con rodillos vibrantes muy pesados. El control de la compactación es muy complicado por lo que se basa en la obtención del método de trabajo en un tramo de prueba.

Rellenos todo-uno. Los rellenos “todo-uno” se caracterizan por tener unas condiciones granulométricas intermedias entre las del terraplén y el pedraplén. El espesor de las tongadas del relleno todo-uno ronda los 50 cm, y se suelen compactar con rodillos vibratorios pesados. Tiene las mismas zonas que los pedraplenes y también se hace un tramo de prueba.

4. Compactación

La compactación es un tratamiento eficaz y económico de refuerzo de los suelos para que resistan las sollicitaciones con deformaciones admisibles. Es necesario distinguir entre consolidación (proceso lento en que la densificación tiene lugar por la expulsión de aire y eventualmente de agua de los poros) y compactación (la densificación se obtiene rápidamente sin pérdida de humedad, solo disminución de huecos de aire y acercamiento de partículas).

Durante la compactación las partículas del suelo se mueven hacia una disposición más densa. La densidad seca del suelo es un buen índice para evaluar la eficacia del proceso, pero teniendo en cuenta el diferente comportamiento de los distintos suelos suele utilizarse el grado de compactación o porcentaje alcanzado respecto a una densidad de referencia, obtenida con cada suelo en un ensayo normalizado denominado Próctor (con dos modalidades Normal y Modificado con diferente energía de compactación). En los suelos granulares basta con la obtención de una alta densidad seca para lograr resistencia e indeformabilidad, pero en suelos con finos es imprescindible también comprobar la humedad.

5. Ejecución de excavaciones: estabilidad de taludes

Durante la ejecución de las excavaciones se tomarán las precauciones adecuadas para no disminuir la estabilidad del terreno no excavado. En especial, se atenderá a las características tectónico-estructurales del entorno y a las alteraciones de su drenaje y se adoptarán las medidas necesarias para evitar los siguientes fenómenos: inestabilidad de taludes en roca o de bloques de la misma, debida a voladuras inadecuadas, deslizamientos ocasionados por el descalce del pie de la excavación, encharcamientos debidos a un drenaje defectuoso de las obras, taludes provisionales excesivos, etc.

Desmontes en tierras. La estabilidad del talud se calcula con los métodos de superficies de deslizamiento, teniendo en cuenta la cohesión, ángulo de rozamiento, densidad, humedad y presiones intersticiales del terreno. Las variables son la altura, la inclinación, el drenaje, la presencia de bermas y el proceso constructivo. El drenaje superficial y subterráneo del talud puede ser importante para su estabilidad, en especial en terrenos expansivos, solubles o erosionables. Se disponen cunetas revestidas tanto en la coronación de desmante, en el pie y en las bermas para evitar la erosión por las escorrentías sobre el talud.

Desmontes en roca. Los desmontes en roca presentan el mismo tipo de problemas que los desmontes en tierra, pero los tratamientos son muy diferentes. La estabilidad de los taludes en roca está relacionada con el rumbo y buzamiento de estratos y diaclasas, el espesor de los estratos, la alternancia de materiales, el tipo de juntas y los materiales de relleno, el grado de alterabilidad de la roca y la presencia de agua subterránea. Para evitar el deslizamiento de bloques o el vuelco de estratos se precisan cálculos de estabilidad de bloques rocosos, y sistemas de protección que se describen en el siguiente apartado. Cuando el macizo rocoso se encuentra muy diaclasado, su comportamiento en cuanto a estabilidad global es más asimilable al de un suelo, por lo que pueden ser necesarios métodos de cálculo de superficies de deslizamiento. El desagüe superficial se centra en la captación de manantiales, en la construcción de drenes subhorizontales en la parte baja del talud, y en el diseño de cunetas análogas a los desmontes en suelos.

6. Protección de la infraestructura frente a la caída de materiales

La protección de la carretera frente a la caída de materiales puede lograrse mediante:

- Modificación de la pendiente del talud, evitando zonas inestables o vuelco de estratos.
- Diseño de cunetas junto al pie del talud, para prevenir que suelos o fragmentos de rocas puedan llegar a la calzada, para lo que se suelen complementar con pantallas que eviten los rebotes de fragmentos.
- Recubrimiento del talud con hormigones proyectados (gunita), se reduce la alteración de la roca por meteorización, se sellan las juntas por donde pueda penetrar el agua y se adiciona un soporte estructural a los salientes de roca.
- Anclajes, normalmente barras o cables de acero que se introducen mediante perforaciones en la roca, pueden ser pasivos (se traccionan únicamente cuando la roca se deforma) o activos (se pretensan durante su instalación).
- Instalación de mallas y redes metálicas para el revestimiento del talud rocoso con mallas.
- Pantallas o barreras: diseñadas para soportar el impacto de rocas y contenerlas.
- Construcción de falsos túneles o semitúneles (abiertos en el lado contrario a la ladera).

7. Técnicas de mejora del terreno

Los rellenos cimentan superficialmente, cuando la capacidad de soporte no es suficiente o los asientos no son admisibles (suelos blandos) se utilizan técnicas de mejora del terreno de cimentación, las más habituales son:

- Precarga: consiste en someter al suelo blando a cargas importantes, normalmente con tierras.
- Mechas drenantes: que se hincan en el terreno, normalmente al tresbolillo y separadas de 1 a 2 m, y sirven para acortar el camino del agua que debe expulsarse en el proceso de consolidación, agilizándolo.
- Columnas de grava: consiste en la hincada de tubos metálicos en el terreno, que posteriormente se rellenan de grava, para posteriormente retirar el tubo. De esta manera se densifica el terreno y se acelera la consolidación del terreno.
- Compactación dinámica: consiste en la caída de pesas elevadas a gran altura, en una malla de puntos establecida en la superficie del terreno a tratar. De esta manera se densifica el terreno hasta cierta profundidad.
- Inyecciones de alta presión (Jet-grouting): consiste en la mezcla íntima del terreno con cemento, introduciendo al nivel requerido una tubería provista de toberas que proyectan lechada de cemento a elevada presión.

8. Cimentaciones de estructuras: tipologías y métodos constructivos

Cimentaciones superficiales. En las estructuras, las cimentaciones superficiales están formadas por zapatas aisladas y corridas, o losas construidas de hormigón armado.

Cimentaciones profundas. Vienen motivadas por la presencia de espesores grandes de suelos blandos, riesgo de socavación, o existencia de heterogeneidades importantes. En estos casos se construyen cimentaciones mediante pilotes, tanto aislados como en grupo con encepado. Los pilotes pueden trabajar por fuste, o por punta; y se construyen prefabricados hincados, o perforados de hormigón “in situ” (excavación y sostenimiento del terreno con camisas de acero o lodos bentoníticos y posterior hormigonado).

Cimentaciones semiprofundas. Son situaciones intermedias, en las que a escasa profundidad existe un apoyo adecuado, pero no lo suficientemente somero para establecer una cimentación superficial. Se recurre entonces a cimentaciones “en pozo” en las que se excava el terreno mediante diversas técnicas para alcanzar el estrato competente.

MEB1T8. Firmes (I)

1. Firmes: conceptos generales

Los firmes deben soportar las cargas de tráfico y poseer unas características superficiales en su capa de rodadura (regularidad superficial, adherencia neumático-pavimento, ruido de rodadura, reflexión luminosa) que los hagan cómodos y seguros para los usuarios. Se clasifican en cuatro grupos: firmes flexibles, firmes semiflexibles, firmes semirrígidos y firmes rígidos. Los firmes **flexibles** están constituidos por capas granulares no tratadas, con pavimento bituminoso de espesor inferior a 15 cm. Si el espesor de pavimento bituminoso sobre capas granulares no tratadas es mayor o igual de 15 cm, los firmes se consideran **semiflexibles**. Los firmes **semirrígidos** son los constituidos por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos con espesor ≥ 18 cm y una contribución significativa a la resistencia estructural del conjunto del firme. Los firmes **rígidos** tienen pavimento de hormigón, por su rigidez distribuyen las cargas sobre un área grande con presiones muy reducidas.

2. La explanada: capacidad de soporte y materiales

La capacidad de soporte de una explanada es su resistencia a la deformación bajo las cargas del tráfico, que depende de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo que la constituye. Es función no sólo del tipo de suelo de la explanada, sino de su densidad y humedad. La capacidad de soporte de la explanada será variable en el espacio y en el tiempo debido a la natural variabilidad de los suelos, de su grado de compactación y de su contenido de humedad, por lo que se adopta como representativo un valor que sea superado en la mayoría de los puntos y en las épocas más desfavorables.

Por otra parte, las cargas del tráfico actúan sobre la explanada a través del firme, que se encarga de la distribución tensional y de su acomodación a la capacidad de soporte, que exigirá un firme más resistente cuanto menor sea la capacidad de soporte de la explanada.

Aunque anteriormente se emplease el CBR como criterio de clasificación de explanadas, en la actualidad, tras la publicación de la 6.1-IC de secciones de firme, se emplea simplemente como una prescripción adicional a exigir a los distintos tipos de suelos, realizándose la evaluación de la capacidad de soporte de las explanadas mediante el ensayo de placa con carga y la deflexión patrón máxima.

Según la norma 6.1-IC, a los efectos de definir la estructura del firme en cada caso, se establecen tres categorías de explanada E1, E2 y E3, en función de su módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2} (MPa) ≥ 60 , 120 y 300, respectivamente). La configuración de la explanada depende de las características de los materiales del fondo de desmonte o coronación de terraplén y de los materiales y espesores con que esté constituida.

Los materiales empleados en la formación de la explanada pueden ser suelos tolerables, adecuados, seleccionados, seleccionados con CBR ≥ 20 , o estabilizados in situ con cemento o cal tipos 1, 2 y 3; y deben cumplir las prescripciones contenidas en el PG-3, además de las complementarias recogidas en la norma 6.1-IC.

Con carácter general, para la capa superior utilizada en la formación de las explanadas, por razones de durabilidad y uniformidad de la capacidad estructural, se recomienda la consideración preferente de los suelos estabilizados in situ.

En desmontes en roca se evitará la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje adecuado y el relleno con hormigón tipo HM-20 de las depresiones que puedan retener el agua.

3. Materiales de los firmes: zahorras, suelocemento, gravacemento y mezclas bituminosas

Zahorras. Se utilizan como base o sub-base en firmes flexibles o semiflexibles, son materiales granulares de granulometría continua, se distinguen zahorras naturales, y zahorras artificiales (que se obtienen por machaqueo) y son las indicadas para la construcción de nuevos firmes según la instrucción 6.1-IC, pues actualmente es prácticamente imposible disponer de zonas de préstamo que permitan la obtención de zahorras naturales.

Suelocemento y gravacemento. La estabilización de un suelo o una grava con cemento tiene por objeto mejorar su resistencia y durabilidad, y se emplean como base o sub-base de firmes semirrígidos, siendo fabricados en central.

Mezclas bituminosas. Están formadas por áridos, polvo mineral y un ligante, de manera que los áridos quedan cubiertos de manera homogénea por éste. El polvo mineral (o filler) es fundamental porque: condiciona la proporción de ligante; constituye con el ligante el mástico que da cohesión al conjunto; es el elemento más importante en la adhesividad; e influye en el porcentaje de huecos y, por tanto, en la impermeabilidad y en resistencia de la mezcla. Los ligantes intervienen en proporciones muy variables, pero pueden situarse entre el 3% y el 10% sobre la masa de los áridos, los más usuales son los betunes de penetración para las mezclas en caliente y las emulsiones bituminosas para las mezclas en frío. Para las mezclas en capas de rodadura (drenantes o discontinuas de pequeño espesor) se emplean habitualmente los betunes asfálticos modificados con polímeros. Las mezclas se realizan en central, son después transportadas a obra y allí se extienden y compactan. Según la fracción de árido empleada se distingue: mástico (filler + ligante), mortero bituminoso (mástico + árido fino), y hormigón bituminoso (mortero bituminoso + árido grueso).

4. Clasificaciones de las mezclas bituminosas

De acuerdo con el PG-3 y la norma 6.1-IC en su última actualización, se distinguen:

- Microaglomerados en frío, se extienden a temperatura ambiente al estar fabricados con emulsiones bituminosas, con un espesor total ≤ 3 cm, y uno medio que no suele ser superior a 1,5 cm por capa, en una o dos capas, se usan para mejorar la textura y la resistencia al deslizamiento de la superficie pavimentada. La denominación incluye la palabra “MICROF”, seguida de un número que expresa el tamaño máximo del árido, de las letras “sup” (capa única o segunda capa) o “inf” (primera capa) y la denominación de la emulsión a utilizar. De acuerdo con el PG-3, existen microaglomerados en frío del tipo MICROF 11, MICROF 8 y MICROF 5.
- Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente tipo hormigón bituminoso, se denominan con las letras “AC” (asphalt concrete), seguidas del tamaño nominal de árido (16, 22 y 32 mm), las letras “surf”, “bin” o “base” (capa de rodadura, intermedia o base), el tipo de ligante y la granulometría con las letras “D” o “S” en función de si es densa o semidensa.
- Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente para capas de rodadura:
 - Drenantes, se caracterizan por un contenido muy alto de huecos, se emplean en espesor de 4 cm, se denominan con las letras “PA” (porous asphalt), seguida del tamaño nominal de árido (11 mm) y el tipo de ligante.
 - Discontinuas, tienen una discontinuidad muy acusada en el huso granulométrico en los tamices inferiores al árido grueso, se emplean en espesores de 2-3 cm. Se denominan con las letras “BBTM”, seguidas del tamaño nominal de árido, la clase (A y B) y el tipo de ligante (BBTM 8A, BBTM 11A, BBTM 8B y BBTM 11B).
 - Ultrafinas, para espesores de mezcla entre 1 y 2 cm, donde el método de adherencia es una parte esencial, tamaño nominal de árido 5, 8 u 11 mm.
- Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente tipo SMA, tienen baja proporción de árido fino, discontinuidad granulométrica en tamaños intermedios y alto contenido en betún. Se pueden utilizar en capa de rodadura e intermedia, tamaño nominal de árido 8, 11 o 16 mm.
- Mezclas bituminosas en caliente o semicaliente de alto módulo MAM ($E \geq 11.000$ MPa), que se pueden emplear en capa intermedia y base para reducir espesores ≥ 20 cm con explanadas E3 o E2, tamaño nominal de árido 22 mm

5. Pavimentos de hormigón

Se distinguen los siguientes tipos:

- Pavimentos de hormigón en masa. Se disponen en ellos juntas transversales de contracción y juntas longitudinales de alabeo, entre carriles o cuando la anchura de construcción es superior a 5 m. En las juntas transversales para mejorar la transmisión de cargas entre losas contiguas se pueden disponer pasadores, que son barras lisas de acero no adheridas al hormigón, situados a mitad de espesor, que aseguran la continuidad de la rodadura a largo plazo bajo tráfico pesado, pues imposibilitan el escalonamiento del pavimento en las juntas. Son los más empleados actualmente por su adaptabilidad técnica y económica a diferentes condiciones.
- Los pavimentos de hormigón armado con juntas fueron concebidos en una época en que las juntas constitúan el punto más débil y un problema de conservación, aumentando la longitud de las losas para reducir su número. La misión de las armaduras es mantener cosidas las fisuras transversales que inevitablemente aparecen en losas largas (normalmente de 10-20 m), de este modo se asegura la transmisión de cargas en las fisuras, se impide la intrusión de agua y se evita la abertura de las grietas bajo la acción del tráfico. Este tipo de pavimentos, antes bastante empleado para tráfico pesado ha caído en desuso, debido a su mayor coste no compensado por mayor calidad.
- Los pavimentos continuos de hormigón armado suprimen las juntas transversales, la cuantía geométrica de la armadura de acero será 0,7% para HF-4,5 y 0,6% para HF-4,0 según la 6.1-IC. Se forman muchas fisuras de abertura inferior a 0,5 mm, distanciadas 1-3 m, que son imperceptibles para el usuario y no se deterioran bajo tráfico. Este tipo de pavimento se ha empleado en la Y asturiana entre Oviedo, Gijón y Avilés con unos excelentes resultados.
- Los pavimentos de hormigón armado con fibras de acero se han empleado en los últimos años en aplicaciones en que su elevado coste es compensado por sus características: aumento de la resistencia a tracción, flexotracción y fatiga, fisuración controlada, resistencia al impacto y durabilidad. Una dosificación normal de fibras puede ser ~ 40 kg/m³, dispersas homogéneamente por todo el hormigón. Con este material se puede reducir el espesor del pavimento y aumentar el espaciamiento de las juntas, por lo que puede resultar competitivo en: refuerzos adheridos a pavimentos existentes, pavimentos de puentes, o pavimentos sometidos a cargas muy pesadas (industriales, portuarios).

6. Norma 6.1-IC de secciones de firme

La norma es de aplicación a los proyectos de firmes de carreteras de nueva construcción y de acondicionamiento de las existentes si se trata de paquetes de firme nuevos o reconstrucción total de firmes existentes, no será aplicable a los pavimentos sobre puentes, ni en túneles, ni en la rehabilitación superficial o estructural de los firmes de las carreteras en servicio, en los que se seguirá la Norma 6.3-IC de Rehabilitación de firmes. Para garantizar la capacidad estructural y la uniformidad a lo largo de toda la traza, la Norma 6.1-IC presenta un cuadro de soluciones para la formación de la explanada y un catálogo de secciones de firme, función de la categoría del tráfico pesado y de la explanada, contrastadas por la experiencia y comprobadas mediante métodos analíticos. Entre las secciones estructurales especificadas se deberá seleccionar en cada caso la más adecuada, dependiendo de los materiales disponibles, de los aspectos funcionales y de seguridad vial, de los costes de construcción y de conservación, y de los aspectos ambientales.

MEB1T9. Firms (II)

1. Características superficiales y estructurales de los firmes

Las **características superficiales** de los pavimentos son las relacionadas con la capa de rodadura, sin que tengan relación directa con la resistencia estructural del firme, su importancia deriva de la influencia que tienen en la funcionalidad de la carretera, ya que de ellas dependen la seguridad y comodidad de circulación, los gastos de explotación y la contaminación ambiental. Se pueden citar las siguientes: resistencia al deslizamiento, regularidad superficial, propiedades reflexivas, ruido de contacto neumático-pavimento, proyecciones de agua al paso de los vehículos, consumos debidos al contacto neumático-pavimento, permeabilidad y drenabilidad, limpieza, y resistencia al ataque de aceites y combustibles.

Las **características estructurales** son fundamentales para resistir las cargas de los vehículos pesados que producen una pérdida lenta y progresiva de la capacidad inicial. La forma más frecuente de establecer la capacidad estructural del firme es determinando la deflexión o desplazamiento vertical bajo una carga normalizada de referencia. La deflexión es un valor evolutivo que representa el estado estructural del firme, respecto a un valor inicial de deflexión mínima. Las técnicas de interpretación de los valores de la deflexión permiten cuantificar las actuaciones necesarias de refuerzo o rehabilitación del firme. Una deflexión elevada no es buena o mala por sí misma, sino que su valor se tiene que interpretar en función del tipo de firme y de los espesores de las capas que lo constituyen. Finalmente, la otra variable básica que interviene en el estudio de la capacidad estructural del firme es la cuantificación adecuada de las solicitaciones, donde puede influir una mala regularidad superficial por los efectos dinámicos que puede inducir en las cargas de tráfico.

2. Auscultación de firmes

La auscultación de los firmes es el conjunto de las técnicas encaminadas a medir sus características por medio de los equipos apropiados, se divide en auscultación de características superficiales y de características estructurales.

Auscultación de características superficiales:

Resistencia al deslizamiento. Para asegurar una buena adherencia neumático-pavimento se necesita siempre una cierta microtextura o aspereza de la superficie del firme, pero además a velocidades altas y con pavimento mojado, debe tener una macrotextura suficientemente gruesa, para que se pueda evacuar rápidamente el agua. Se establecen tres medidas fundamentales: microtextura, macrotextura y coeficiente de resistencia al deslizamiento.

Para la medida de la **microtextura** se emplea el péndulo de fricción TRL.

Para caracterizar la **macrotextura** de un pavimento, se utilizan fundamentalmente tres procedimientos distintos: método del círculo de arena, equipos basados en sensores láser, y medida del drenaje superficial (drenómetros).

Para la medición del **coeficiente de resistencia al deslizamiento** se emplean equipos montados en vehículos provistos de depósitos de agua para conseguir una película de 0,5 mm de agua en la franja del pavimento donde se efectúan las mediciones. Cabe distinguir equipos: de rueda oblicua (respecto al sentido de la marcha), que determinan el coeficiente de rozamiento transversal (CRT) de un modo continuo, lo que les hace especialmente aptos para la auscultación de una red de carreteras), el equipo que se utiliza habitualmente en España es el SCRIM; y de rueda de medida longitudinal, que a su vez se dividen en equipos de rueda bloqueada, rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento fijo, o rueda parcialmente bloqueada con grado de deslizamiento variable, y que son equipos menos frecuentes en España.

Regularidad superficial. Existen muchas técnicas para determinar la regularidad superficial: regla de 3 m, perfilógrafos, y perfilómetros de alto rendimiento. Para poder comparar las mediciones de los distintos equipos de medida, fue necesario definir un patrón de referencia, el denominado IRI (Índice de regularidad internacional), que mide las oscilaciones verticales que experimentarían un vehículo patrón al circular a 80 km/h por un perfil determinado y se divide por la distancia recorrida, obteniéndose el IRI del perfil.

Auscultación de características estructurales. La inspección visual del firme proporciona una información valiosa para una primera aproximación a su estado estructural. Para la medición de las deflexiones se pueden utilizar distintos equipos, los más usados en España son el deflectómetro de impacto, el deflectógrafo Lacroix y el curviámetro.

3. Estrategias de conservación de los firmes

Debido al tráfico de vehículos y a las acciones climáticas, las características iniciales de una carretera se van degradando con el tiempo. Todas las operaciones tendentes a restituir esas características son consideradas como conservación de la carretera. La conservación tiene una incidencia directa sobre la explotación, de manera que al disminuir la conservación de una determinada vía aumentan en ella los accidentes, los consumos de combustible o los tiempos de recorrido.

Objetivos de la conservación de los firmes, mantenimiento de: una adecuada resistencia al deslizamiento, una regularidad superficial acorde con el trazado de la vía y las velocidades de recorrido, y una resistencia estructural suficiente para el tráfico que ha de soportar la carretera. Se puede distinguir entre una conservación preventiva (para evitar que aparezcan deterioros), o curativa (para corregir los deterioros que hayan aparecido).

Estrategias de conservación, son el conjunto de actuaciones a desarrollar durante la vida de la carretera para lograr la vida más larga del firme con el menor coste. Un primer grupo de estrategias está formado por aquellas que prevén fundamentalmente grandes operaciones de conservación a realizar en momentos concretos, muy separados en el tiempo, para prácticamente restituir las condiciones iniciales del firme. El otro grupo comprende las estrategias en las que se prevén operaciones muy frecuentes de manera que las características iniciales del firme se vayan perdiendo lentamente.

4. Rehabilitación de firmes: norma 6.3-IC

Esta norma se aplica en los proyectos de rehabilitación superficial o estructural de los firmes de las carreteras en servicio. Cuando dichos proyectos incluyan tramos con firmes de nueva construcción o con reconstrucción total del existente, éstos se proyectarán de acuerdo con la Norma 6.1-IC. En obras de acondicionamiento, mejora de trazado, ensanche y duplicación de calzada, con aprovechamiento de la calzada existente, se aplicarán conjuntamente esta norma y la 6.1-IC. El objeto de la Norma 6.3-IC es establecer los criterios que permitan proyectar la solución idónea de rehabilitación de un firme de carretera. Para ello, se pone a disposición del proyectista un procedimiento de evaluación del estado de un firme y una gama de soluciones de rehabilitación, entre las que se deberá elegir la más adecuada, según consideraciones técnicas, económicas y ambientales, así como de mínima repercusión en la seguridad del tráfico durante las obras.

5. Orden Circular 2/2023 sobre reutilización de capas de firme y pavimentos bituminosos

La reutilización de firmes comprende una serie de técnicas constructivas tendentes al máximo aprovechamiento de materiales envejecidos por el uso en la rehabilitación estructural de firmes, con unas técnicas eficientes, unos productos de alta calidad y homogeneidad, y a unos costes razonablemente competitivos frente a las soluciones tradicionales.

Aunque las posibilidades técnicas actuales son muy amplias, la Orden Circular 2/2023 contempla únicamente:

- La reutilización in situ con emulsión de capas bituminosas, que es la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material resultante del fresado de una o más capas de mezcla bituminosa de un pavimento existente, una emulsión bituminosa, agua y, eventualmente, aditivos. El proceso se realiza a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar en un espesor comprendido entre 6 a 12 cm. A la hora de calcular los espesores exigidos en la rehabilitación, el espesor de las capas reutilizadas con esta técnica se minora multiplicándolo por 0,75.
- La reutilización in situ con cemento de capas de firme, que es la mezcla homogénea, convenientemente extendida y compactada, del material granular procedente del fresado de una o varias capas de un firme existente, con excepción de las de pavimento de hormigón, con cemento, agua y, eventualmente, aditivos y material de aportación. Este proceso se realiza a temperatura ambiente y sobre la misma superficie a tratar, en una profundidad adecuada para que el espesor resultante tras la compactación esté comprendido entre 20 y 35 cm.
- La reutilización en central en caliente ($>140^{\circ}\text{C}$) o semicaliente ($\leq 140^{\circ}\text{C}$) de capas bituminosas, que es la técnica de fabricación de mezclas bituminosas que utiliza el material bituminoso a reciclar (RA, Reclaimed Asphalt), con la aportación de un betún asfáltico, áridos, polvo mineral, y eventualmente, aditivos, con los que se obtiene una mezcla bituminosa caliente o semicaliente. El RA procede de la disgregación de capas de mezclas bituminosas mediante fresado o demolición, y debe estar compuesto por áridos de buena calidad y granulometría continua, cubiertos por betún asfáltico envejecido. Siempre que se realice el ensayo de determinación del módulo dinámico de la mezcla y el ensayo de fatiga se considera que tienen las mismas características que una mezcla nueva convencional.

6. Transformación de firmes rígidos degradados en firmes mixtos

La rehabilitación de firmes de hormigón se puede hacer con un refuerzo de hormigón o con un refuerzo de mezcla bituminosa, que es el más habitual porque mejora la calidad de rodadura y permite abrir al tráfico en un menor tiempo. El resultado es un firme mixto, cuyo funcionamiento se ve afectado por la aparición de grietas por reflexión en el refuerzo de mezcla que reproducen el deterioro o las juntas que existían en el pavimento de hormigón inferior antes de colocar el refuerzo. Para prevenir este problema se pueden utilizar diversos métodos: reparación previa del firme de hormigón (reparaciones de losas, restitución de pasadores, relleno de huecos en la base mediante inyección con lechada de cemento, microfresado de escalonamiento, y mejoras de drenaje), rotura controlada del pavimento de hormigón existente mediante fracturación (crack and seat) o desintegración (rubblizing), diseño especial de la mezcla bituminosa, capas especiales de relajación de tensiones, mallas, o inducción de la reflexión de forma controlada.

7. Consideraciones ambientales: carencia de materiales y huella energética

Por consideraciones ambientales y de reutilización de los materiales existentes la Norma 6.3-IC establece la obligatoriedad, en superficies de rehabilitación superiores a 70.000 m², de estudiar los materiales reciclados de firmes y pavimentos, teniendo en cuenta las siguientes prescripciones (actualizadas por la OC 2/2023):

- La reutilización en central en caliente podrá emplearse en cualquier categoría de tráfico y en cualquier capa del firme.
- La reutilización en central en semicaliente podrá emplearse en las categorías T1 a T4, en cualquier capa del firme.
- La reutilización in situ con emulsión podrá emplearse en las categorías T1 a T4, en capas que no sean de rodadura. Sobre la capa reciclada se proyectarán mezclas en caliente o semicaliente, reutilizadas o no, con espesor mínimo de:
 - 8 cm en la categoría de tráfico pesado T1 en dos capas: 2-3 cm de rodadura y 5-6 cm de capa intermedia.
 - 5 cm en las categorías de tráfico pesado T2 y T3. Si fuera preceptivo el empleo de mezclas drenantes, discontinuas, SMA o AUTL en capa de rodadura, entre ésta y la reutilizada se dispondrá una capa intermedia de 5 cm de espesor.
 - Para la categoría de tráfico pesado T4, sobre la mezcla reutilizada in situ con emulsión se dispondrá una capa de rodadura con un espesor mínimo 3 cm o, alternativamente, en dos capas de microaglomerado en frío.
- La reutilización in situ con cemento podrá ser empleada en las categorías de tráfico pesado T1 a T4, en capas de base y subbase, y será equivalente a un suelocemento.
- En los arcenes podrán emplearse todas las técnicas de reutilización.

La DGC del MITMS ha aprobado la OC 3/2024 sobre cálculo de la huella de carbono en la construcción y rehabilitación de firmes, con el fin de impulsar la utilización de técnicas de construcción más sostenibles.

MEB1T10. Obras de paso

1. Obras de paso: tipologías y materiales. Métodos constructivos y medios auxiliares

Las obras de paso salvan los obstáculos en el trazado de una carretera. Los materiales más empleados en su construcción son: hormigón armado, en cimentaciones y pilas, y tableros de luces hasta 20 m; hormigón pretensado, en tableros contruidos in situ a partir de 20 m de luz o en vigas prefabricadas; acero estructural, en puentes metálicos o mixtos.

Las tipologías estructurales más frecuentes, así como los procedimientos constructivos, con los que están íntimamente relacionadas dependen de las diferentes clases de estructuras.

Pasos inferiores de camino. Son estructuras con una luz libre que no suele superar los 8 m, y atraviesan los rellenos de la carretera para dar servicio a caminos o carreteras poco importantes. Normalmente son de hormigón armado, fabricados in-situ o prefabricados. En el caso de soluciones in-situ se construyen mediante cimbras cuajadas. Se distinguen pórticos, marcos y bóvedas.

Puentes de luces cortas o medias. Son las estructuras habituales en pasos superiores, pasos inferiores de carreteras y muchos viaductos del trazado. Se distinguen las siguientes tipologías:

- Tableros de vigas prefabricadas: luces habituales hasta 40-45 m. Las vigas más comúnmente empleadas son en T, doble T o artesa. Se construyen en un taller de prefabricación, se transportan a obra y se colocan normalmente mediante grúas o vigas de lanzamiento. Una vez colocadas las vigas, se debe construir la losa de hormigón armado superior en el ancho del tablero, que recibirá el firme, los pretiles y las cargas del tráfico. Normalmente esto se hace sobre prelosas de hormigón armado prefabricadas, que se instalan sobre las vigas con grúas.
- Tableros losa de hormigón armado o pretensado: luces hasta 40-45 m, aunque la zona de distribución normal suele oscilar en torno a los 30 m. La construcción suele llevarse a cabo mediante cimbras convencionales, ya sean cuajadas (altura hasta 15-20 m), aporticadas para alturas mayores, o incluso autocimbras. Las losas pueden estar aligeradas o no, y ser de hormigón armado o pretensado en función de la luz (menos o más de 20 m).

Viaductos de luces grandes. Aunque la distinción de luces cortas y medias con las grandes luces es dudosa, convencionalmente se puede establecer la frontera en los 50 m de luz:

- Cajones de hormigón pretensado: se pueden distinguir cajones de canto e inercia constante que se usan en luces hasta 60 m; cajones de canto constante e inercia variable con luces de 80-90 m y hasta 120-150 m; y cajones de canto variable con luces mayores de 100 m. Para su construcción se utilizan: cimbras convencionales cuajadas o aporticadas; autocimbras en las que la construcción es por fases en vanos sucesivos de 50-60 m; empuje, ejecutando el tablero en un extremo del puente para empujarlo mediante gatos hasta su posición definitiva; avance en voladizo, se pueden alcanzar luces de hasta 250 m, aunque las luces típicas rondan los 100 m, la técnica consiste en la construcción del tablero desde las pilas hacia los centros de vano avanzando en voladizo mediante carros de avance.
- Soluciones mixtas acero-hormigón: en ellas se optimizan las propiedades de ambos materiales, del hormigón la buena resistencia a compresión y el bajo coste, y del acero la alta resistencia a tracción. Se pueden emplear tanto en el ámbito de las luces medias como en el de las luces grandes. Además de la instalación con grúas o izado de los elementos metálicos, en puentes mixtos de grandes luces es habitual la técnica de empuje de las vigas o cajón metálico desde uno de los estribos, alcanzando luces máximas de 90 m.
- Otras soluciones son los arcos, los puentes colgantes y los puentes atirantados, que normalmente son soluciones excepcionales para abordar el ámbito de las grandes luces.

2. Conservación e inspección de obras de paso

En los programas de conservación, la inspección de los puentes resulta esencial para conocer su estado, los tipos de inspecciones en la red de carreteras del Estado son:

- Inspecciones básicas: inspección visual efectuada por los encargados del mantenimiento, con el objeto de detectar cuanto antes los deterioros, previniendo que degeneren en graves, o de localizar daños graves que necesitan una intervención urgente. Su periodicidad es de unos 15 meses. De las inspecciones básicas normalmente se derivan actuaciones de mantenimiento ordinario, cuyo objeto es retrasar la aparición de deterioros y evitar que se agraven los existentes para alargar la vida de la estructura.
- Inspecciones principales: es una inspección visual minuciosa de todos los elementos del puente, llevada a cabo por personal especializado sin el uso de medios especiales. El intervalo entre inspecciones es de unos 5 años. El objetivo fundamental es evaluar con detalle el estado de deterioro de una estructura, lo que puede implicar en algunos casos la necesidad de realizar una actuación de mantenimiento extraordinario (protección, reparación de la estructura, refuerzo, renovación de ciertos elementos).
- Inspecciones especiales: no se realizan sistemáticamente o con carácter periódico, sino que surgen como consecuencia de la detección de daños en una inspección principal o de una situación excepcional (una riada, el impacto de un vehículo). Implican la presencia de técnicos especializados con medios especiales. Estas inspecciones van enfocadas a la determinación del nivel de seguridad de la estructura y las posibles alternativas para intervenir. Con estas inspecciones se obtienen datos imprescindibles para redactar los proyectos de rehabilitación que en su caso pudieran ser necesarios.

En la RCE la información de las inspecciones, junto con el inventario, se integran en un sistema de gestión de obras de paso que permite conocer su estado, definir alternativas de reparación, y elaborar un programa de actuación.

3. Patologías de degradación

La Guía para la realización de inspecciones principales de obras de paso en la RCE recoge los deterioros que se pueden presentar de forma más habitual, entre los que se pueden destacar los siguientes deterioros: en el cimiento, como los provocados por los efectos de la socavación en cauces; en la subestructura, como asentamientos y giros de estribos o pilas; en la superestructura, con una amplia variedad en función del material y de la tipología del tablero; en los elementos de conexión, como en los aparatos de apoyo; asociados a los equipamientos como rotura de las defensas; o en los materiales.

4. Rehabilitación de las obras de paso

Las operaciones de rehabilitación de obras de paso más frecuentes son las de: reparación o sustitución de los sistemas de drenaje y desagües (más relevante en carreteras afectadas por problemas de vialidad invernal donde es habitual el uso de fundentes), de las juntas, de los aparatos de apoyo, o de los sistemas de contención; la impermeabilización de tableros; la renovación del pavimento sin aumentar su espesor; la protección de paramentos contra humedades o desconchones; el pintado de elementos metálicos expuestos a la corrosión, o la creación de dispositivos que faciliten la inspección.

5. Normativa aplicable

La más destacada en relación con las obras de paso es la siguiente: Código Estructural 2021; Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera IAP-11; Norma de construcción sismorresistente: puentes NCSP-07; Instrucción para la recepción de cementos RC-16; Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos para carreteras (RPM-96); Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras (RPX-96); Recomendaciones para la realización de pruebas de carga en puentes de carreteras (1999); Notas de servicio sobre la utilización de cimbras autolanzables (2007), sobre aparatos de apoyo (1995), o sobre losas de transición en obras de paso (1992); Guías para la realización de inspecciones principales y básicas en obras de paso en la RCE (2012 y 2009).

6. Aspectos principales del Real Decreto 470/2021 por el que se aprueba el Código Estructural

El Código Estructural es de aplicación al proyecto, construcción, control y mantenimiento de todas las estructuras y elementos estructurales de hormigón, de acero o mixtos de hormigón-acero, con ciertas excepciones, como, entre otras, los elementos estructurales mixtos compuestos por hormigón y cualquier otro material distinto del acero estructural; las estructuras pretensadas con armaduras activas fuera del canto del elemento; las estructuras realizadas con hormigones especiales no considerados en el Código; las estructuras expuestas normalmente a temperaturas superiores a 70 °C; las cimentaciones profundas; las tuberías de hormigón para la distribución de fluidos; los depósitos a presión, plataformas offshore o balsas de almacenamiento de líquidos; o las presas.

En el Código se regulan las cuestiones relativas a las bases de proyecto y el análisis estructural, así como a los requisitos técnicos exigibles a los materiales componentes, a la durabilidad y vida útil de las estructuras, a la seguridad en caso de incendio, y al control y la ejecución de las estructuras, actualizando las Instrucciones EHE-08 y EAE que se derogan.

Para justificar que la estructura cumple las exigencias que establece el Código, el autor del proyecto, con la conformidad de la propiedad, y la dirección facultativa deberán adoptar cualquiera de las siguientes 3 opciones:

- Soluciones técnicas de acuerdo con los procedimientos que contempla el Código cuya aplicación es suficiente para acreditar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el mismo.
- Para el dimensionamiento y comprobación de las estructuras en el proyecto, los procedimientos establecidos en los eurocódigos estructurales, junto con los correspondientes Anejos Nacionales, respetando su ámbito de aplicación y el resto de la reglamentación específica vigente.
- Soluciones alternativas que se aparten de los procedimientos del Código, siempre que se justifique que la estructura cumple las exigencias del Código porque sus prestaciones son equivalentes a las que se obtendrían aplicando éste.

7. Monitorización en tiempo real de estructuras y taludes

La Red de Carreteras del Estado contiene un conjunto de puentes y obras geotécnicas que disponen o han dispuesto en algún momento de su vida de un sistema de monitorización para la vigilancia de su comportamiento estructural o geotécnico, como ayuda a la construcción, para controlar la evolución de una patología determinada, para vigilar su correcto funcionamiento, o para recoger datos que puedan explotarse con fines de investigación y redacción de normativa.

Con el tiempo, el número de obras objeto de estas instrumentaciones ha crecido apreciablemente. Los sistemas de instrumentación dispuestos, con características técnicas heterogéneas y sin requisitos comunes de comunicación, han funcionado de manera aislada y sin estandarizar, lo que ha impedido una gestión centralizada del conjunto, por lo que la Dirección General de Carreteras del MITMS ha aprobado la Orden Circular 2/2021 sobre la plataforma de monitorización de estructuras de la RCE, con el objeto de armonizar los datos y registrarlos en un único punto, que define su ámbito de aplicación para: puentes y estructuras asimilables; terraplenes, desmontes y otras obras geotécnicas; y túneles.

Todos los elementos de la RCE citados, en los que exista o se prevea disponer un sistema de instrumentación electrónica de control de parámetros de tipo estructural o geotécnico, se integrarán en la Plataforma CELOSÍA para el seguimiento y análisis en tiempo real de las estructuras monitorizadas de la RCE.

MEB1T11. Túneles en carreteras (I)

1. Métodos constructivos. Maquinaria y medios auxiliares

Excavación mediante voladuras: indicada en rocas duras, se perforan los taladros en el frente de avance utilizando jumbos dotados de 2 o 3 brazos con martillos hidráulicos de perforación, el arrastre del detritus y la refrigeración se consiguen con agua. Después se cargan los taladros con explosivo y detonador. Tras la voladura se ventilan los gases, se retira el escombros y sanean los fragmentos de roca que puedan desprenderse. Es habitual el empleo de palas cargadoras que llevan el escombros directamente al exterior o cargan dumpers si la distancia >500 m o con secciones >70 m².

Excavación mecánica: indicada en rocas medias o blandas, se puede distinguir la siguiente maquinaria:

- Rozadora, provista de un brazo móvil con un cabezal dotado de herramientas de corte, que gracias a la rotación y el empuje mediante cilindros hidráulicos desprende el material barriendo el frente de excavación.
- Martillo hidráulico, colocado sobre un brazo articulado, que rompe la roca por impacto. Indicado en rocas blandas o fisuradas en la fase de destroza, no en avance, pues se necesitan al menos 2 caras libres para un buen rendimiento.
- Tuneladoras, su cabeza gira al tiempo que empuja contra el terreno gracias a unos cilindros hidráulicos. Son poco frecuentes en carreteras, ya que el coste de instalación y amortización se compensa sólo en túneles largos. Se distinguen topes (rocas duras y medias), escudos (rocas blandas y suelos) y dobles escudos (características mixtas).

Grandes secciones de excavación conllevan riesgos de inestabilidad, cuando la sección de un túnel es mayor de 40-50 m² es habitual excavar por fases: avance (se excava y sostiene la parte de la bóveda del túnel) y destroza (del resto de la sección). En terrenos de mala calidad puede haber una tercera fase de excavación de una contrabóveda.

2. Sostenimiento

Existen diversos métodos para la construcción de un túnel, a partir de los años 60 ha tenido gran difusión el nuevo método austriaco (NMA), que se basa en que la propia roca se autosostenga, formando un anillo de descarga. Para ello conviene mantener inalterada la roca con técnicas de excavación mecánica o, en su defecto, de voladura controlada (precorte). El sostenimiento debe dejar deformarse al terreno hasta alcanzar su equilibrio, siendo su misión evitar que la roca pierda sus propiedades. El NMA se aplica en macizos rocosos competentes, estando contraindicado en suelos, rocas blandas o macizos rocosos muy fracturados. Los elementos más empleados como sostenimiento son:

- Hormigón proyectado (gunita): permite sellar la superficie, cerrando juntas y evitando la alteración de la roca, formando un anillo capaz de resistir cargas. Puede ser en masa para sellar la roca con espesores <5 cm, o armado con una mayor capacidad resistente, empleándose mallas electrosoldadas de acero y mayor espesor. Se gunita con brazos robotizados para mayor comodidad y seguridad de los trabajadores al alejarlos del frente de roca.
- Bulones: su función es coser las juntas de la roca, impidiendo que bloques inestables puedan deslizarse a favor de las fracturas, confinar la roca evitando la formación de zonas decomprimidas. Hay bulones activos (pretensados) y pasivos que son más frecuentes, más fáciles de colocar y dejan deformarse a la roca. También hay bulones de anclaje mecánico, bulones que se adhieren mediante resina epoxi o lechada de cemento, o bulones tipo Swellex que son huecos y se adhieren por rozamiento al aumentar su diámetro cuando se bombea agua a alta presión.
- Cerchas metálicas: trabajan como un arco, colaborando con la gunita, con la ventaja de aportar resistencia inmediata y ayudar a definir la geometría del túnel; entre cerchas, para solidarizarlas, se colocan barras de acero (tresillones).

Para atravesar zonas de peor calidad (fallas, abundante agua, etc.) se recurre a tratamientos especiales como:

- Paraguas de bulones de redondo de acero de 32 mm (paraguas ligero) o micropilotes (tubos huecos de acero inyectados con lechada de cemento) colocados en el frente, sobre clave de la bóveda del túnel.
- Estabilización del frente con bulonado (de fibra de vidrio, fácil de romper posteriormente) o sellado con gunita.
- Ejecución de contrabóveda en la solera de túnel.
- Patas de elefante, prolongación recta de las cerchas colocadas en la fase de avance que permite excavar la destroza sin descalzar el sostenimiento.

La auscultación en túneles es importante, especialmente en los excavados con el NMA, siendo precisos datos diarios para poder detectar la tendencia a la estabilización del túnel y tomar decisiones sobre el sostenimiento a aplicar. Con la medición de convergencias se detectan los desplazamientos del contorno del túnel, siendo la instrumentación más utilizada por su rapidez y economía. Los extensómetros e inclinómetros miden movimientos en el interior del macizo, y por su coste sólo se emplean en puntos problemáticos. Con edificación sobre el túnel se controlan los asentamientos por métodos topográficos.

3. Revestimiento

En la mayoría de los túneles excavados en macizos rocosos con el NMA el sostenimiento garantiza la estabilidad del túnel, por lo que la disposición de un revestimiento obedece a otros motivos: impermeabilización, mejora de la ventilación, ahorros en iluminación y estética. La tendencia actual es a instalar siempre revestimiento, que puede ser sin función estructural con paneles prefabricados resistentes al fuego (acero, aluminio) y de colores claros, colocándose únicamente en los hastiales del túnel. El revestimiento con función estructural suele estar formado por un anillo de hormigón en masa, de unos 30 cm, construido sobre un encofrado deslizante, y se suele acompañar de un geotextil drenante y una lámina de impermeabilización. Se logra así un revestimiento excelente, pero caro, que puede estar aconsejado en terrenos donde se esperan cargas diferidas, mucha afluencia de agua, o por razones de mantenimiento en túneles largos o con mucho tráfico.

4. Equipamiento e instalaciones en los túneles

Iluminación. Debe prever la adaptación durante el día de la visión del conductor a la luminosidad interior del túnel, la luminosidad de la zona de umbral suele ser un 3-10% de la zona de acceso, que se va reduciendo hasta un mínimo aceptable por seguridad, función de las características de reflexión del firme y hastiales, y de la intensidad y velocidad del tráfico (de 0,5 a 10 cd/m²). Lámparas más usadas: fluorescentes, vapor de sodio, y se están realizando pruebas con LED, montadas en luminarias herméticas y resistentes a los gases. La iluminación se dispone en varias líneas que se accionan independientemente en función de la iluminación del exterior captada por un luxómetro. Alumbrado de emergencia: lámparas en la parte baja para no quedar ocultas por el humo de incendio y guiar hacia las salidas de emergencia.

Ventilación. La necesidad de ventilación en un túnel obedece a la evacuación de los gases tóxicos (CO, NO_x) y humos nocivos para las personas que dificultan la visibilidad en condiciones normales de explotación y en caso de incendio. La ventilación puede ser longitudinal, semitransversal (con falso techo) y transversal (con falso techo dividido, para túneles largos, el más potente y versátil). Es habitual instalar detectores CO y opacímetros para accionamiento automático de la ventilación. Los túneles también se equipan con sistemas de detección de incendios, como cables sensores o sistemas de detección automática por análisis de imágenes de CCTV. En cuanto a medidas de extinción de incendios, los túneles se dotan de puestos de emergencia colocados a intervalos de 100-150 m que disponen de 2 extintores y un poste de SOS, o hidrantes alimentados por una red de agua a presión, o una columna seca para su uso por los bomberos.

Instalaciones de gestión del tráfico: aforos de tráfico, de intensidad y velocidad, para prevenir la congestión; dispositivos de control de galibo; CCTV que pueden operar con sistemas de detección automática de incidentes y permiten la supervisión continua; señalización interior fija para galerías de escape, apartaderos y puestos de emergencia; paneles luminosos de mensaje variable; balizas reflectantes en hastiales para guiado de vehículos. En cuanto a señalización exterior: carteles del nombre, longitud, velocidad máxima e instalaciones de seguridad; señales de encendido obligatorio del alumbrado o de prohibición de adelantar; y semáforos para restringir el acceso al túnel en caso necesario.

Otros equipos: de radiocomunicación que permiten la comunicación entre el centro de control y el personal del túnel o bomberos. En túneles largos también existen sistemas de radio para informar a los usuarios con mensajes de emergencia, complementados por megafonía. Los túneles interurbanos normalmente cuentan con una alimentación de alta tensión (se suele exigir la conexión con 2 redes independientes), transformadores y la instalación de baja tensión. También es habitual grupos electrógenos que cubran la iluminación de emergencia, los equipos informáticos y la ventilación en modo degradado, con sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI), para cubrir el suministro entre la caída de la red eléctrica y la entrada en funcionamiento de los grupos electrógenos. Si bien la mayor parte de las instalaciones funcionan actualmente de manera automática, ante incidencias es preciso tomar decisiones con la intervención humana, por lo que en túneles de cierta longitud se exige la instalación de un centro de control con personal las 24 horas del día.

5. Real Decreto 635/2006 sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado

El Real Decreto 635/2006, que es transposición de la Directiva 2004/54 sobre requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras, tiene por objeto garantizar un nivel suficiente de seguridad a los usuarios en los túneles de la red de carreteras del Estado mediante el establecimiento de los requisitos mínimos que habrán de cumplir dichas infraestructuras, con la finalidad de prevenir situaciones críticas que puedan poner en peligro la vida humana, el medio ambiente y las propias infraestructuras, así como proteger a los usuarios en caso de que se produzcan algunas de las citadas situaciones.

Es aplicable a todos los túneles de la red de carreteras del Estado, tanto si están en servicio como si se encuentran en fase de construcción o de proyecto.

En el caso de túneles transfronterizos, sin perjuicio del cumplimiento de lo establecido en la Directiva 2004/54 y en el Real Decreto 635/2006, las instalaciones y el régimen de explotación se ajustarán a lo que decida la Comisión técnica mixta internacional que al efecto se designe.

El RD establece 4 figuras que intervienen en la seguridad de un túnel:

- **Autoridad Administrativa (Secretaría de Estado de Transportes y Movilidad Sostenible),** responsable del cumplimiento de los requisitos de seguridad establecidos en la normativa, autoriza la puesta en servicio o el cierre inmediato en caso de emergencia, realiza inspecciones periódicas al menos cada 5 años, y pone en práctica las medidas de reducción del riesgo necesarias.
- **Gestor del túnel (Dirección General de Carreteras):** responsable de las operaciones necesarias para el funcionamiento del túnel y sus instalaciones, de elaborar y actualizar el manual de explotación o de realizar informes con incidentes significativos.
- **Responsable de Seguridad:** figura designada por la DGC para coordinar todas las medidas e intervinientes en la seguridad de un túnel, existiendo en las fases de proyecto, construcción y explotación, pudiendo ser diferente para cada una de ellas. Podrá tener una relación funcional o contractual con el gestor del túnel, pero no recibirá instrucciones de aquél en relación con el ejercicio de sus funciones.
- **Organismo de Inspección:** entidad funcionalmente independiente del gestor del túnel en la que la Autoridad Administrativa puede delegar las inspecciones periódicas.

MEB1T12. Túneles en carreteras (II)

1. Mantenimiento de túneles de carreteras

La explotación de un túnel requiere de operaciones de mantenimiento: **preventivas** (inspección de funcionamiento, labores rutinarias de mantenimiento y reparación de deficiencias), **correctivas** (reparación de defectos detectados en el mantenimiento preventivo no subsanables en el momento, y averías inesperadas), y **predictivas** (optimización de acciones y su periodicidad).

Las tareas más habituales de mantenimiento son la inspección visual del revestimiento, la limpieza de los conductos de drenaje, reparaciones de daños por accidentes de tráfico, vigilancia del estado del firme, limpieza de lámparas y sustitución de dañadas, revisión periódica de ventiladores, limpieza de la señalización y reparación de paneles luminosos, comprobación periódica de las instalaciones de seguridad y lucha contra los incendios, etc.

2. Plan de adecuación de túneles al Real Decreto 635/2006

El RD 635/2006 establece que el MITMS debía elaborar un Plan de adecuación de túneles a los requisitos mínimos de seguridad en él establecidos. Por ello, en 2007 se aprobó el “Plan de adecuación de los túneles de carreteras del Estado a los requisitos establecidos en el RD 635/2006”. Para su elaboración se analizaron los túneles estatales, se identificaron los aspectos que no cumplían con el Real Decreto, se realizó una valoración económica, y se programaron las actuaciones con una inversión de 250 M€ hasta el año 2019 (que era la fecha límite de adecuación de acuerdo con la Directiva 2004/54).

Este plazo límite no se cumplió, principalmente por el incremento de los requisitos de seguridad que exige el RD 635/2006 respecto a la Directiva 2004/54. Con ayuda de los Fondos Next Generation EU, se ha hecho un gran esfuerzo por lograr este hito, estando la mayor parte de los túneles de la red de carreteras del estado adecuados o en licitación.

3. Metodología de análisis de riesgo en túneles de la Red de Carreteras del Estado

Por resolución de 2012, la Autoridad Administrativa aprobó la metodología de análisis de riesgo en túneles de la red de carreteras del estado (MARTE), dado que así lo establece el RD 635/2006 por la necesidad de realizar análisis de riesgo en túneles para justificar determinadas variaciones respecto a los requisitos mínimos fijados, así como para permitir el paso de mercancías peligrosas por el túnel. Esta metodología ha sido desarrollada por la Dirección General de Carreteras y aprobada por la Secretaría de Estado de la que depende. Los análisis de riesgo basados en la metodología MARTE buscan la comparación de las medidas de seguridad del túnel real con un túnel virtual que se adecúa al RD 635/2006.

La Dirección General de Carreteras, como gestor del túnel, debe redactar y actualizar el manual de explotación; que incluirá el análisis de riesgo, cuando resulte necesario, que será realizado por un organismo funcionalmente independiente del gestor del túnel. En el análisis de riesgo se determina el índice de riesgo del túnel (IR) que es el cociente entre el coeficiente de riesgo del túnel real y el del túnel virtual, con los siguientes criterios de aceptación: si $IR < 1,15$, el túnel se considera seguro, y no requiere más medidas para estar en servicio; si $1,15 < IR < 1,5$, el túnel puede estar en servicio, pero es necesario adoptar medidas adicionales o mejorar las existentes; si $IR > 1,5$, se trata de un túnel con una elevada peligrosidad, y será necesario reducir el riesgo antes de que entre en servicio. En todos los túneles de la RTE con longitud mayor que 500 m se llevaron a cabo las medidas compensatorias deducidas del análisis de riesgo y ya se ha conseguido un $IR < 1,15$. También se está actuando en numerosos túneles de la RCE para conseguir este mismo objetivo.

Si se presentaran características de diseño o condiciones de explotación especiales, se debe realizar un análisis de riesgo que contemple los siguientes casos:

- Incumplimiento de requisitos estructurales.
- Excepcionalidad por técnicas innovadoras.
- Características especiales en relación con los parámetros de seguridad.
- Desviación respecto a los requisitos mínimos de equipamiento.
- Pendientes superiores al 3%.
- Anchura del carril derecho inferior a 3,5 m.
- Ventilación y demás medidas de seguridad insuficientes.
- Evaluación de viabilidad de apartaderos para túneles sin carril de emergencia.
- Viabilidad o no del transporte de mercancías peligrosas por el túnel.
- Evaluación de la necesidad de situar servicios de emergencia en el centro de control.
- Adelantamientos en los túneles por parte de los vehículos pesados en túneles con más de un carril por sentido.

Se recoge también un método de estudio para los análisis de riesgos relacionados con las Mercancías peligrosas, siendo recomendable para los túneles que pertenezcan a la Red de Itinerarios de Mercancías Peligrosas (RIMP).

El análisis de riesgo es un proceso en el que se realiza un estudio pormenorizado de los riesgos asociados a la explotación de un determinado túnel y se concluye con una evaluación o determinación cuantitativa o cualitativa de los mismos, que debe permitir decidir al gestor bajo qué condiciones se desarrollará la explotación del túnel en función de la comparación de su nivel de riesgo con unos patrones de referencia determinados.

4. Orden Circular 27/2008 sobre metodología de inspección de túneles

La Orden Circular 27/2008 sobre metodología de inspección de túneles, se redacta para dar cumplimiento a la obligación recogida en el RD 635/2006, que establece que corresponde a la Autoridad Administrativa ejercer las tareas de inspección sobre los aspectos regulados en el mismo, bien directamente o bien a través de organismos de inspección debidamente habilitados, realizando inspecciones periódicas para asegurarse que todos los túneles incluidos en el ámbito de aplicación de dicho real decreto cumplen sus disposiciones.

Para el cumplimiento de la citada obligación se hace necesario disponer de una metodología en la que se recojan los procedimientos técnicos y administrativos a los cuales deben ajustarse las actuaciones de inspección, de forma que resulten homogéneos y coherentes con la finalidad prevista en el citado real decreto.

La metodología de inspección se desarrolla con los siguientes criterios generales: obra civil para comprobar la seguridad de la estructura, equipamientos para su verificación funcional, y recursos humanos analizando que el gestor del túnel cuenta con el personal necesario para la operación del túnel y con los medios materiales suficientes para el desempeño de sus funciones.

Los organismos de inspección deberán ser en todos los casos independientes del gestor del túnel o empresa encargada de realizar las labores de su explotación, control y mantenimiento; y de la empresa fabricante, instaladora o mantenedora del equipamiento de los túneles.

La periodicidad máxima entre inspecciones sucesivas será de 5 años, según establece el Real Decreto 635/2006. Siempre a instancias de la Autoridad Administrativa, se podrán establecer periodos de inspección inferiores a 5 años, o se solicitará la realización de una nueva inspección, en túneles que por sus características, su situación estratégica en la red de transporte, o por haber sufrido un incidente grave se estime oportuno y necesario.

También será recomendable realizar inspecciones 6 meses después de la entrada en servicio de un túnel (tanto inicial como después de una obra de acondicionamiento del diseño de túneles preexistentes).

Las inspecciones se llevarán a cabo de acuerdo con un Plan de Inspección de Túneles aprobado por la Dirección General de Carreteras. Para la elaboración del citado plan, se tendrá en cuenta fundamentalmente el nivel de riesgo asociado a cada túnel, función de factores tales como la longitud del mismo, IMD, etc.

Salvo razones justificadas se recomienda que las inspecciones se realicen con la siguiente periodicidad máxima: túneles unidireccionales y bidireccionales de longitud superior a 2.000 m, cada 3 años; túneles unidireccionales y bidireccionales de longitud entre 1.000 y 2.000 m, cada 4 años.

Respecto a la ejecución de las inspecciones, los trabajos que tengan que realizarse en el interior de los túneles y que supongan su corte parcial o total se deberán realizar como norma general en horario nocturno y en colaboración con la Autoridad de Tráfico. El periodo exacto en el que se vaya a realizar la inspección se deberá consensuar con el Gestor del túnel y el Responsable de Seguridad. Además se intentará, en la medida de lo posible, que estos trabajos coincidan con actuaciones de conservación o mantenimiento programadas, con objeto de no interferir en la explotación del túnel.

5. Orden Circular 33/2013 sobre el manual de explotación de los túneles de la RCE

La OC 33/2013 es de aplicación a todos los túneles de la RCE que requieren Manual de Explotación, que son todos los urbanos, y los interurbanos con longitud no inferior a 200 m, según establece el RD 635/2006, que además deberán disponer, de acuerdo con lo establecido en el RD 393/2007 por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, de un Plan de Autoprotección o Plan de Emergencia redactado en coordinación con los Servicios de Emergencia y de Protección Civil competentes a nivel autonómico o local e integrado en el Manual de Explotación.

El Manual de Explotación de túneles se redacta inicialmente durante la redacción del proyecto. Posteriormente es revisado, modificado y completado en lo necesario durante la fase de construcción y previamente a la puesta en servicio. Posteriormente, durante la explotación también se deberá ir revisando en base a la experiencia que se vaya adquiriendo (incidentes, accidentes, simulacros, etc.) y por las modificaciones que se realicen en el túnel y sus sistemas de seguridad.

La elaboración del Manual de Explotación será responsabilidad del gestor del túnel. El Manual de Explotación habrá de ser redactado y firmado por un técnico competente en la materia, y conformado por el ingeniero Director de las obras, Director del contrato de conservación o Inspector de la concesión, según corresponda. En el caso de túneles en servicio, tendrá que ser firmado también por el Director de Explotación del túnel, quien podrá ser al mismo tiempo autor del manual.

El Manual de Explotación deberá revisarse con una periodicidad no superior a 3 años, sin ser necesaria una nueva aprobación tras cada revisión. En los túneles de la Red de Carreteras de Estado la aprobación del manual de explotación le corresponde al Director General de Carreteras.

El Manual de Explotación describirá las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los usuarios. Tendrá en cuenta las características de la vía, la configuración de la estructura, el entorno, la naturaleza del tráfico, los márgenes de actuación de los servicios de emergencia, con especial consideración a los posibles usuarios con movilidad reducida y con discapacidad.

MEB1T13. Señalización, balizamiento y sistemas de contención

1. Señalización: norma 8.1-IC de señalización vertical. Norma 8.2-IC de marcas viales. Sistema de señalización turística homologada en carreteras estatales (SISTHO)

La señalización persigue aumentar la seguridad y comodidad de la conducción, y facilitar la orientación de los conductores. Los principios básicos de la buena señalización son: claridad, sencillez, uniformidad y continuidad.

Señalización vertical. Se regula por la Norma 8.1-IC (2014), que se complementa con *Señales verticales de circulación* (1992), *Señalización del Camino de Santiago* (2008), y *Manual del sistema de señalización turística homologada* (2014). Para la ejecución el PG-3 recoge el artículo 701 sobre señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes.

Las señales están compuestas por: leyendas y símbolos, la superficie sobre la que están inscritos y los elementos de sustentación (postes, banderolas y pórticos). Pueden ser de contenido fijo o de código de circulación (advertencia de peligro, reglamentación y de indicación), los paneles complementarios que acotan su prescripción, y los carteles (dirección propia, salida inmediata o pre-señalización de salida, confirmación de itinerario con distancia a destinos y localización). La visibilidad de la señalización debe permitir al conductor percibirla, interpretarla, decidir y ejecutar la maniobra. Se distingue la visibilidad fisiológica (máxima distancia a la que se puede leer un mensaje, 800 veces la altura de la letra), y la visibilidad geométrica (máxima distancia libre de obstáculos de la visual entre el conductor y determinada señal). Los carteles no deben sobrecargarse para permitir su lectura y comprensión por los conductores. El máximo número de líneas con nombres y cajetines de identificación de carreteras es 4 en carteles de dirección propia (recomienda no más de 3), y en los carteles de salida 4 en autovías y autopistas, y 3 en carreteras convencionales. Las señales deben ser retrorreflectantes, excepto los elementos de color negro y azul o gris oscuro. Existen tres clases de retrorreflexión de menor a mayor calidad: RA1, RA2 y RA3. En la norma 8.1-IC se fija la clase mínima en función del tipo de señal y del tipo de vía.

Las señales de peligro se colocan entre 150 y 250 m antes de él, las de reglamentación en la sección donde comienza su aplicación. Las señales se distanciarán entre sí 50 m para que el conductor pueda percibir las, decidir y actuar. En autopistas y autovías las señales de advertencia y reglamentación se situarán en ambos márgenes, excepto las de peligro por incorporación a izquierda o derecha, y la de sentido obligatorio. En carreteras convencionales se situarán en el margen derecho y además en el margen izquierdo las señales de prohibido adelantar, y de paso a nivel. Los carteles de salida inmediata se colocan al comienzo del carril de deceleración, los carteles de preseñalización 500 m y 1.000 m antes en enlaces, o 200 m en intersecciones. Los carteles de confirmación tras un enlace a 500 m, o a 200 m de la intersección.

La norma 8.1-IC contempla las situaciones de señalización que se dan en cada tipo de carretera:

- Autopistas y autovías: inicio y final, destinos a señalar tanto de dirección propia como de salida, localizaciones atravesadas por la carretera, y confirmación de itinerario. En los carteles de orientación prevalece el fondo azul, excepto en los carteles de salida inmediata a carreteras convencionales o servicios, que son blancos.
- Carreteras convencionales: Además de los previstos para el caso anterior, se prevén situaciones propias de estas carreteras, como la señalización de intersecciones. En los carteles de orientación prevalece el fondo blanco, excepto en los carteles de salida hacia autopistas o autovías, tanto salida inmediata como preaviso, que son con fondo azul.
- Se dedican apartados específicos a la señalización de intersecciones, glorietas, circunvalaciones y túneles.
- Existe un apartado dedicado a la señalización de situaciones específicas como velocidad máxima, adelantamiento, pasos a nivel, restricciones de paso, pasos de peatones, sentido obligatorio, carriles reservados.
- Por último, destaca el apartado dedicado a la señalización y balizamiento en curvas.

Señalización horizontal. Las marcas viales están reguladas por la Norma 8.2-IC (1987), que se complementa con la *Nota de Servicio sobre los criterios de la señalización horizontal* (2007) y la *Guía para el proyecto y ejecución de señalización horizontal* (2012). El PG-3 recoge el artículo 700 marcas viales.

La señalización horizontal debe ser coherente con la vertical, con sus dimensiones en función de la vía y velocidad máxima permitida. Se contemplan: marcas longitudinales discontinuas (delimitan carriles), marcas longitudinales continuas (ningún vehículo debe atravesarlas ni circular a su izquierda cuando separan sentidos), marcas longitudinales continuas adosadas a discontinuas (solo se debe tener en cuenta la línea más próxima al lado por el que se circula), marcas transversales (continuas ante un STOP o semáforo, o discontinuas en ceda el paso), flechas (dirección, salida, fin de carril o retorno), inscripciones en el pavimento (para prescripción), otras marcas (cebreados, delimitación de estacionamiento, paso a nivel).

Las características exigibles a una marca vial son visibilidad nocturna (retrorreflectantes con microesferas de vidrio), visibilidad diurna, resistencia al deslizamiento, resistencia al deterioro (erosión mecánica por el tráfico y acción de la intemperie por la radiación ultravioleta del sol). Los materiales utilizados son: pinturas, termoplásticos de aplicación en caliente, plásticos de aplicación en frío y marcas prefabricadas, a los que hay que añadir las microesferas de vidrio. Las marcas viales serán, en general, de color blanco y reflectantes (pueden exceptuarse en vías iluminadas o urbanas). En zonas urbanas son amarillas las marcas relacionadas con la prohibición de parada, estacionamiento, o no bloqueo de intersección. Se usan de color azul o verde en zonas de estacionamiento. Las de colores en general no serán reflectantes.

Señalización de obras. Se encuentra regulada en la Norma 8.3-IC (1987) y se complementa con los manuales de *Señalización de obras fijas* y *Señalización móvil de obras* (1997). Esta norma es de aplicación cuando en la plataforma o proximidades de una vía se realizan obras, y tiene como objetivo conseguir mayor seguridad para los usuarios de la carretera y trabajadores de las obras, así como limitar el deterioro del nivel de servicio de la vía afectada.

2. Balizamiento

Regulado en la OC 309/90 sobre hitos de arista y OC 6/2023 sobre elementos de balizamiento retrorreflectantes. Además, el PG-3 recoge el art. 702 sobre captafaros retrorreflectantes y el 703 sobre elementos de balizamiento retrorreflectantes.

El balizamiento sirve de refuerzo de la señalización vertical y horizontal, y sus elementos más habituales son: captafaros reflectantes (en arcones del tronco, intersecciones, enlaces, curvas $r < 250$ m y sobre barreras), hitos de arista (con captafaros reflectantes), balizas flexibles e hitos de vértice en divergencias y bifurcaciones, marcas viales sonoras en los bordes de calzada, paneles direccionales en tramos de fuerte curvatura, mangas catavientos y pantallas antideslumbrantes, y balizamiento con elementos luminosos (habitual en obras).

3. Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos

La normativa se encuentra establecida en la Orden Circular 35/2014 de Recomendaciones sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. El PG-3 recoge el artículo 704 sobre barreras de seguridad.

Los sistemas de contención son dispositivos para proporcionar un cierto nivel de contención de un vehículo fuera de control, de manera que se limiten los daños para sus ocupantes, para el resto de los usuarios de la carretera y otras personas u objetos situados en las proximidades. Los sistemas de contención de vehículos se clasifican en barreras de seguridad (empleadas en márgenes y medianas), pretilas (en bordes de tableros y muros), amortiguadores de impacto (diseñados para un choque frontal), y lechos de frenado (en pendientes prolongadas para detener vehículos sin frenos). Salvo por reposición y mantenimiento de los sistemas de contención existentes, actualmente solo se pueden instalar en la RCE sistemas con marcado CE, que han de acreditar la superación de ensayos con choque de vehículos a escala real.

En los proyectos de nuevas carreteras o acondicionamientos de las existentes se debe realizar un análisis de los márgenes de la carretera para identificar las situaciones de riesgo por existencia en las proximidades de:

- Farolas, carteles, pórticos y banderolas, postes SOS, pantallas acústicas y árboles de más de 15 cm de diámetro.
- Otras carreteras o calzadas paralelas, así como otras infraestructuras.
- Muros, cimentaciones, arquetas, que sobresalgan más de 7 cm del terreno.
- Elementos estructurales de pasos superiores (pilas, estribos).
- Accesos a puentes, túneles y estrechamientos de la plataforma.
- Cunetas no suficientemente tendidas (taludes H:V iguales o superiores a 6:1 y aristas suavizadas).
- Desmontes con taludes inferiores a 3:1 si las aristas no se han suavizado, o 2:1 si las aristas se han suavizado.
- Terraplenes con altura superior a 3 m, o aquellos con altura inferior, pero con taludes $< 5:1$ si las aristas no se han suavizado o 3:1 si las aristas se han suavizado.
- Posibilidad de caídas a distinto nivel (estructuras, muros).

Los sistemas de contención son capaces de absorber parte de la energía del vehículo, disminuyendo la severidad del impacto, y de reconducir la trayectoria del vehículo fuera de control, constituye un accidente sustitutorio del que tendría lugar en caso de no existir aquél de consecuencias más predecibles y menos graves, pero no está exento de riesgos para los ocupantes del vehículo. Por ello, en los proyectos se debe considerar en primer lugar un diseño de las márgenes de la carretera que evite la disposición de tales elementos, intentando tomar medidas con el orden de prioridad siguiente: ampliar la sección transversal en terrenos llanos con bajo coste de expropiación, eliminar el obstáculo, diseñar el obstáculo o desnivel de manera que sea franqueable por el vehículo con seguridad (tender taludes, medianas más anchas y llanas, arquetas que no sobresalgan del terreno), alejar el obstáculo del borde de una calzada, y disponer fusibles estructurales (en farolas y postes), siempre que la caída del elemento no pueda provocar daños a terceros.

Para la elección del sistema de contención en primer lugar se debe valorar el riesgo del accidente (muy grave, grave y normal), eligiendo después el nivel de contención en función del riesgo del accidente, de la IMD total y de pesados, y de si el sistema es una barrera o un pretil. Los niveles de contención se clasifican: clase de contención normal (niveles N1 y N2, ensayo con vehículos ligeros de 1,5 t a 80 km/h y 110 km/h respectivamente), clase de contención alta (niveles H1 vehículo pesado de 10 t a 70 km/h, H2 autobús de 13 t a 70 km/h y H3 pesado de 16 t a 80 km/h), y clase de contención muy alta (niveles H4a pesado no articulado de 30 t a 65 km/h y H4b pesado articulado de 38 t a 65 km/h). Además, excepto en el nivel N1, se ensayan también con el impacto vehículo ligero de 0,9 t a 100 km/h para comprobar la seguridad de sus ocupantes, ya que cuanto mayor es el nivel de contención más severo es el impacto en los vehículos ligeros.

Además, debe comprobarse que la deflexión dinámica es menor o igual que la distancia al desnivel y la anchura de trabajo es menor que la distancia al obstáculo. Si no, se puede cambiar a un sistema con el mismo nivel de contención, pero con menor desplazamiento transversal, o actuar sobre el diseño de la sección transversal para alejar obstáculos y desniveles.

Los sistemas se clasifican por medio de un índice de severidad de impacto que miden las deceleraciones que sufren los ocupantes de los vehículos, pueden ser A (menos severo), B y C (más severo). En la OC 35/2014 solo se admite el uso de sistemas A y B, salvo autorización expresa de la Dirección General de Carreteras. Obviamente, a igualdad de contención y desplazamiento transversal se elegirán preferiblemente los sistemas con índice A frente a los B.

En la OC 35/2014 se especifica cómo deben disponerse los sistemas de contención de vehículos en todas las situaciones (anticipaciones, transiciones, prolongaciones, distancias a borde de calzada, obstáculos y desniveles, extremos, etc.).

MEB1T14. PG-3 y el Reglamento UE 305/2011 de productos de la construcción

1. Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)

El pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras del MITMS, conocido como PG-3, constituye un conjunto de instrucciones para el desarrollo de las obras de carreteras y puentes, y contiene las condiciones técnicas referentes a los materiales y a las unidades de obra. Las prescripciones del PG-3 son de aplicación a las obras de carreteras y puentes de cualquier clase adscritas a la DGC del MITMS en todo lo que no sean explícitamente modificadas por el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, donde se indicará preceptivamente que será de aplicación el PG-3.

El PG-3 está estructurado en 8 partes: introducción y generalidades; materiales básicos; explanaciones; drenaje; firmes; puentes y otras estructuras; elementos de señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos; y Varios.

La estructura de todos los artículos del PG-3 es similar y sigue el siguiente contenido:

Definición. Cada uno de los artículos comienza con una definición de la unidad de obra a la que corresponde el artículo.

Materiales. Cuando proceda, descripción de los materiales constituyentes y de las características que se les exigen.

Tipos. En algunos casos, una vez establecidos los materiales a emplear, se deben determinar los diferentes tipos de unidad de obra que se pueden emplear.

Equipo necesario para la ejecución de las obras. Establece las condiciones de los equipos y técnicas que será preciso emplear, en el caso más general desde su fabricación, transporte, colocación en obra y acabado.

Ejecución de las obras. Fija condiciones para la correcta ejecución de las unidades de obra.

Tramo de prueba. Una de las características más singulares de la construcción es que cada obra es un prototipo, lo que implica que las condiciones no son las mismas de una obra a otra (materiales a emplear, plantas de producción y su distancia hasta la obra, maquinaria utilizada, condiciones ambientales), por lo que las fórmulas y procedimientos que funcionaron en un lugar puedan no tener el resultado esperado en otro, debiendo ajustarse. Por ello en algunas unidades de obra importantes se exige la realización de un tramo de prueba. Es decir, antes de comenzar la puesta en obra definitiva de la unidad, se debe realizar una prueba a escala real para validar los medios propuestos por el contratista y los procedimientos de construcción, con el objetivo de ajustarlos a tiempo.

Especificaciones de la unidad terminada. Se fijan unas determinadas especificaciones representativas de la correcta ejecución de la unidad, medibles mediante ensayos u otras comprobaciones, con el objetivo de controlar que la unidad de obra terminada cumple unos requisitos mínimos.

Limitaciones de la ejecución. Determinadas condiciones, fundamentalmente ambientales, pues habitualmente no pueden ser controladas en obra, exigen que la unidad de obra no se ejecute, imponiéndose restricciones en este sentido.

Control de calidad. Se fija el número mínimo de ensayos de autocontrol del contratista para asegurar la calidad de la unidad obra, estableciéndose frecuencias de control, tamaño de lotes, etc.

Criterios de aceptación o rechazo. La gravedad de no alcanzar las características exigidas en el Pliego es variable, por lo que conviene establecer ciertas tolerancias a la hora de fijar la aceptación o rechazo de una unidad de obra ejecutada. Además de ello, en todo proceso de fabricación y puesta en obra existen desviaciones aleatorias inevitables. Tradicionalmente, la estrategia para cumplir con los mínimos exigibles es mejorar las características medias de la unidad de obra para alejarlas del mínimo de rechazo (empleo de mejores materiales, aumento de dosificaciones) o reducir la desviación típica de las características de la unidad (normalmente con el mayor control de calidad de los procesos y métodos de ejecución). Sin embargo, ambas estrategias tienen un coste, y siempre habrá circunstancias por las que un lote no cumpla las características mínimas. También deben tenerse en cuenta las importantes repercusiones económicas de rechazar un determinado lote ejecutado. Cuando no se alcancen determinados valores, será preciso rechazar la unidad, siendo necesaria su demolición y reposición, salvo en casos en que se puedan adoptar alguna de estas dos estrategias:

- Que la falta se reponga o repare con medidas posteriores, en el caso de que sea posible.
- Que el contratista vea mermados sus ingresos económicos, de manera que el incumplimiento de las especificaciones no le sea rentable, viéndose impelido a mejorar en la ejecución de la unidad.

Medición y abono. Es fundamental fijar las condiciones de medición y abono de la unidad, que deben ser lo suficientemente claras y precisas como para evitar conflictos posteriores entre contratista y Administración sobre la interpretación del contrato de obras. En muchos artículos del PG-3 se fija inequívocamente el procedimiento de medición y abono de la unidad. En algunos casos, establece alternativas de medición y abono, siendo el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de cada proyecto el que fije la modalidad. Como novedad, en algunas unidades también se ha introducido la posibilidad de abonar bonificaciones si el contratista obtiene determinadas mejoras respecto a las características mínimas exigida en el pliego, siempre que se recoja en el presupuesto del proyecto.

Especificaciones técnicas y distintivos de calidad. En este sentido, se puede reconocer el cumplimiento de determinadas especificaciones del Pliego si el fabricante dispone de una marca, sello o distintivo de calidad que esté homologado por la Dirección General de Carreteras.

Relación de normas. Por último, se establece una relación de normas de referencia en el artículo en cuestión.

2. El Reglamento UE 305/2011 de productos de construcción. El marcado CE

El origen del Reglamento UE 305/2011 de productos de construcción está en las numerosas barreras técnicas que dificultaban la existencia de un verdadero mercado interior de productos de construcción en la Unión Europea, ya que cada Estado contaba con sus propias disposiciones para regular este tipo de productos. El procedimiento para facilitar la comercialización de productos se basa en el establecimiento de especificaciones técnicas armonizadas a nivel europeo, para evaluar determinadas prestaciones esenciales de los productos de construcción, cuyo cumplimiento supone la obtención del marcado CE.

Obtención del marcado CE. Existen dos casos en que podemos encontrar productos con marcado CE:

- Productos incluidos en normas armonizadas (normas EN): para estos productos es obligatorio el marcado CE y la emisión de la declaración de prestaciones, pues de otra forma no se podrán comercializar.
- Productos no incluidos en normas armonizadas: el fabricante que lo desee puede acudir a un organismo de evaluación técnica (OET) notificado por algún Estado Miembro, y solicitar la emisión de una evaluación técnica europea (ETE) para su producto. Para ello el OET debe indagar sobre la existencia de algún documento de evaluación europeo (DEE) que cubra la evaluación. Si existe, se puede tramitar la ETE, pero si no, es necesaria la elaboración de un DEE antes de poder evaluar el producto y poder emitir una ETE.

Según el sistema de evaluación que se implante corresponderá evaluar dichas tareas al organismo notificado y/o al propio fabricante, lo que dará lugar a diferentes tipos de marcado CE (4, 3, 3+, 2+, 1, y 1+). La exigencia aumenta desde el 4 hasta el 1+. Así, para un producto evaluado con sistema 1+, es el organismo notificado el que debe determinar el producto tipo, inspeccionar la fábrica, controlar la producción, así como realizar ensayos de seguimiento de la producción antes de comercializar el producto. Al fabricante le corresponderá controlar la producción y ensayar muestras tomadas de acuerdo a un plan de ensayos. En el sistema de evaluación 2+, en cambio, corresponde al propio fabricante determinar el producto tipo, además de lo que hacía con el sistema 1+. El organismo notificado se limita a inspeccionar la fábrica y controlar la producción.

Debe recalarse que el marcado CE no lo emite la Administración ni los organismos notificados. El marcado CE lo pone, bajo su responsabilidad, el fabricante cuando ha realizado las tareas que implica el sistema de evaluación asignado al producto.

Declaración de prestaciones. La declaración de prestaciones de las características esenciales del producto, será emitida por el fabricante cuando el producto se introduce en el mercado y está cubierto por una norma armonizada o el fabricante ha decidido voluntariamente realizar una evaluación técnica europea. Una copia de la declaración se entregará por el fabricante, distribuidor o comercializador al receptor del producto, en la lengua que exija cada Estado.

El marcado CE se colocará de manera visible e indeleble en el producto, en alguna etiqueta adherida al mismo, o cuando no sea posible lo anterior en el envase o albarán que lo acompañe. Aparecerá el logotipo CE, las dos últimas cifras del año de su primera colocación, y varios aspectos de la Declaración de Prestaciones (identificación del fabricante, del producto, norma/s armonizada/s, uso previsto, características esenciales y niveles o clases de prestaciones, etc.).

3. Los Eurocódigos

Los Eurocódigos estructurales son un conjunto de normas europeas, encargadas por la Comisión Europea al Comité Europeo de Normalización (CEN) que proporcionan una serie de métodos comunes para calcular la resistencia mecánica de los elementos que desempeñan una función estructural en una obra de construcción.

El propósito de los Eurocódigos es el de ser usados como documentos de referencia para: ofrecer presunción de conformidad de los edificios y obras de ingeniería civil en relación con la resistencia mecánica y estabilidad, seguridad de uso y durabilidad; y servir de base para las especificaciones de los contratos de obras y servicios de ingeniería, de acuerdo con las Directivas Europeas de contratación pública, y para la elaboración de las especificaciones técnicas armonizadas o documentos de evaluación para los productos de construcción.

En la actualidad los Eurocódigos cubren los siguientes ámbitos: bases de cálculo de estructuras, acciones en estructuras, proyecto de estructuras de hormigón, de acero, mixtas de acero y hormigón, de madera, de fábrica, de aleación de aluminio, proyecto geotécnico, y proyecto para la resistencia al sismo de estructuras.

El nivel de seguridad en los edificios y en obras de ingeniería civil es competencia de cada uno de los Estados. En España, las normas relativas al cálculo y proyecto de estructuras son de obligado cumplimiento en todo el ámbito nacional, pues son aprobadas por Real Decreto del Consejo de Ministros, y tienen un carácter reglamentario superior al de los eurocódigos, que no son de aplicación obligatoria. No obstante, España está haciendo un esfuerzo para que el formato de seguridad recogido en la legislación española sobre diseño de estructuras sea idéntico al definido por los Eurocódigos. Normas como la IAP-11 de acciones de puentes de carretera y el Código Estructural ya adoptan los procedimientos de cálculo contenidos en los Eurocódigos.

La Dirección General de Carreteras del MITMS ha aprobado en marzo de 2019 la Orden Circular 1/2019 sobre aplicación de los eurocódigos a los proyectos de carreteras, en la que ha dispuesto que los proyectos de puentes y estructuras asimilables, así como de terraplenes, desmontes y demás obras geotécnicas, dentro de la red de carreteras del Estado, deben cumplir las especificaciones contenidas en los Eurocódigos Estructurales. Además, ha desarrollado una serie de guías que facilitan la aplicación de los Eurocódigos a los proyectos de carreteras.

MEB1T15. Proyectos de trazado y de construcción

1. Proyecto de trazado. Trámite de información pública

El Reglamento General de Carreteras define el proyecto de trazado como la parte del proyecto de construcción que contiene los aspectos geométricos del mismo, así como la definición concreta de los bienes y derechos afectados. Se debe someter al trámite de información pública previsto en la Ley de Expropiación Forzosa, y, además, cuando las funciones de un estudio informativo sean asumidas por un proyecto de trazado, respecto a las circunstancias que justifiquen la declaración de interés general de la carretera y sobre la concepción global de su trazado, según la normativa de carreteras.

2. Proyecto de construcción

El Reglamento General de Carreteras establece que el proyecto de construcción consiste en el desarrollo completo de la solución óptima, con el detalle necesario para hacer factible su construcción y posterior explotación, y con los datos necesarios para que se puedan ejecutar las obras sin intervención de los autores del proyecto. Por su parte, la Ley de Contratos del Sector Público (LCSP) establece la necesidad de redactar, supervisar, aprobar y replantear el proyecto que defina con precisión los trabajos objeto del contrato de obras, salvo que se trate del supuesto de obras de emergencia o de obras de mera conservación y mantenimiento.

3. Documentos del proyecto de construcción: memoria y anejos, planos, PPTP, mediciones y presupuestos

Memoria. En ella se describirá el objeto de las obras y se justificará la solución proyectada, teniendo carácter contractual en todo lo referente a la descripción de los materiales básicos o elementales que forman parte de las unidades de obra, por tanto, debe estar firmada. En los demás aspectos, la memoria tendrá carácter informativo. Debe incluir la manifestación expresa y justificada de que el proyecto comprende una obra completa o fraccionada, según el caso. Los anejos a la memoria deben incluir los datos y cálculos utilizados en la redacción del proyecto.

Planos. Tienen carácter contractual, y, por tanto, deben estar firmados. Deben definir perfectamente la obra con la precisión suficiente para poderse ejecutar en su totalidad, describiendo gráficamente todos y cada uno de sus elementos y el proceso constructivo, así como delimitar la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y servicios afectados. A partir de los planos deberá ser posible deducir las mediciones.

Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (PPTP). Su contenido constituye unas cláusulas contractuales entre el constructor y la Administración, por lo que debe estar firmado. Describe las obras y regula su ejecución: características de los materiales, normas para la elaboración de las distintas unidades de obra, instalaciones exigibles y precauciones a adoptar. Asimismo, detallará las formas de medición y abono, establecerá el plazo de garantía, especificará las normas previstas para las recepciones, determinará las obligaciones del contratista. Se redactará de forma que concrete solamente aquellos puntos no establecidos en el PG-3, que seleccione las alternativas ofrecidas por éste o que lo modifique.

Presupuesto. Figurarán las mediciones. El precio de las unidades de obra se basará en la determinación de los costes directos (mano de obra, materiales y maquinaria) e indirectos (oficinas a pie de obra, comunicaciones, almacenes, talleres, laboratorio, personal técnico y administrativo adscrito a la obra). En el Presupuesto se incluirán los Cuadros de Precios nº 1 y nº 2 que tienen carácter contractual por lo que deben estar firmados. En ellos figurará lo necesario para el abono de unidades de obra completas (cuadro nº 1) o incompletas (cuadro nº 2). El presupuesto de ejecución material (PEM) se obtendrá como el sumatorio de las mediciones por sus precios más las partidas alzadas, entre las que cabe distinguir:

- Las partidas alzadas a justificar: se trata de unidades susceptibles de medición, pero cuya medida exacta se desconoce a priori en proyecto, por lo que su presupuesto se estima en una partida alzada. El abono en obra se realiza multiplicando la medición real de la unidad ejecutada por el precio definido en el proyecto.
- Las partidas alzadas de abono íntegro: se trata de trabajos no susceptibles de medición, como la partida de "Limpieza y terminación de las obras", que es obligatoria en obras fijas fuera de poblado con presupuesto >600.000 €.

El presupuesto se organizará por capítulos: Explanaciones; Drenaje; Firmes; Estructuras; Túneles; Señalización, balizamientos y defensas; Integración ambiental; Sistemas de transporte inteligente; Obras complementarias; Reposición de servicios; Seguridad y salud. El PBL = PEM + GG (13 %) + BI (6%) + IVA (21 % de PEM+GG+BI), ambos presupuestos (PEM y PBL) deben ir firmados.

Estudio de Seguridad y Salud. El Real Decreto 1627/1997 implanta la obligatoriedad de la inclusión de un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras públicas en que el presupuesto sea igual o superior a 75 millones de pesetas, el plazo sea superior a 30 días laborables con más de 20 trabajadores simultáneos en algún momento, el volumen de mano de obra (suma de los días de trabajo del total de los trabajadores de la obra) sea superior a 500 o se trate de obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas. Este estudio deberá formar parte del proyecto de ejecución de obra y será elaborado por el técnico competente designado por el promotor (coordinador de seguridad y salud en fase de proyecto). Debe tener memoria, planos, PPTP y presupuesto, que se recogerá en el PEM del proyecto. Si no se alcanzan los límites indicados lo preceptivo es redactar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Estudio de impacto ambiental. En el caso de que sea necesario que el proyecto se someta a evaluación de impacto ambiental, incluirá un Estudio de Impacto Ambiental, realizado de acuerdo con la Ley 21/2013 de evaluación ambiental. El contenido será: Objeto y descripción del proyecto; Examen de alternativas; Inventario ambiental; Identificación y valoración de impactos; Evaluación de las repercusiones en la Red Natura 2000; Establecimiento de medidas preventivas, correctoras y compensatorias; Programa de vigilancia y seguimiento ambiental; y Documento de síntesis.

4. Dirección del proyecto

El proceso de elaboración de un proyecto se inicia con una Orden de Estudio, que establece: tipo de proyecto a redactar; situación de la actuación; clase de carretera; obras a proyectar; características: velocidad de proyecto, secciones tipo; instrucciones particulares; autorización de Asistencia Técnica; programación; presupuesto aproximado de las obras; instrucciones para la tramitación posterior (supervisión). En el caso de que se autorice una asistencia técnica, ésta se llevará a cabo mediante un contrato de servicios para la redacción del proyecto. En el PPTP del Concurso figurarán como condicionantes generales del proyecto los puntos establecidos en la Orden de Estudio, asimismo fijará el plazo de ejecución de los trabajos, así como el presupuesto indicativo del contrato.

La Dirección General de Carreteras designa en el Pliego quién será el Director del Contrato, cuyas funciones son:

- Interpretar el PPTP y demás condiciones del Contrato, y proponer las oportunas modificaciones y su posible incidencia en el presupuesto y/o plazo para realizar el Proyecto, para su aprobación por el órgano de contratación.
- Establecer y concretar los criterios de proyecto al Consultor e inspeccionar, de una manera continuada y directa, la correcta realización del estudio contratado.
- Emitir las certificaciones para el abono de los trabajos, de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares del Contrato.
- Aprobar el plan de trabajo propuesto por el Consultor.
- Facilitar al Consultor credenciales y coordinarlo con otros organismos oficiales.
- Preparar la recepción única y definitiva del Proyecto y efectuar la liquidación del Contrato.

5. Supervisión y aprobación del proyecto

La LCSP establece que antes de la aprobación del proyecto, cuando el presupuesto base de licitación del contrato de obras sea igual o superior a 500.000 €, IVA excluido, los órganos de contratación deberán solicitar un informe de las correspondientes oficinas o unidades de supervisión de proyectos. En los proyectos de cuantía inferior a la señalada, el informe tendrá carácter facultativo, salvo que afecten a la estabilidad, seguridad o estanqueidad de la obra en cuyo caso el informe de supervisión será igualmente preceptivo.

Según el Reglamento General de la Ley de Contratos es obligatorio que todos los departamentos ministeriales que tengan a su cargo la realización de obras dispongan de oficinas o unidades de supervisión de proyectos, con estas funciones:

- Verificar que se han tenido en cuenta las disposiciones generales de carácter legal o reglamentario, así como la normativa técnica, que resulten de aplicación para cada tipo de proyecto.
- Examinar que los precios de los materiales y de las unidades de obra son los adecuados para la ejecución del contrato.
- Verificar que el proyecto contiene el estudio de seguridad y salud o, en su caso, el estudio básico de seguridad y salud.
- Proponer al órgano de contratación criterios y orientaciones de carácter técnico para su inclusión, en su caso, en la norma o instrucción correspondiente.
- Las demás funciones que les encomienden los titulares de los Departamentos ministeriales.

Los estudios y proyectos de carreteras que deban someterse al trámite de información pública, serán objeto de aprobación provisional y definitiva, los que no hayan de someterse serán objeto únicamente de aprobación definitiva. La aprobación provisional, que implicará la declaración de que el estudio o proyecto está bien redactado y cumple todos los requisitos y prescripciones legales, permitirá practicar, en su caso, la información pública y la oficial correspondiente, así como cuantos trámites sean preceptivos o convenientes para obtener la aprobación definitiva. La aprobación provisional y definitiva de los estudios y proyectos de carreteras corresponde a la Dirección General de Carreteras, excepto cuando el expediente haya sido sometido al trámite de información pública, en cuyo caso corresponde la aprobación definitiva al Ministro de Transportes y Movilidad Sostenible (delegada en el Secretario de Estado de TMS). La aprobación definitiva de un estudio o proyecto de carreteras podrá confirmar o modificar los términos de la aprobación provisional. La aprobación definitiva de un proyecto implicará la declaración de utilidad pública y la necesidad de ocupación de los terrenos.

6. Principios de la metodología BIM aplicados a los proyectos de carreteras

BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos a través de una maqueta digital, que conforma una gran base de datos que permite gestionar los elementos que forman parte de la infraestructura durante todo su ciclo de vida.

La metodología BIM está suponiendo una verdadera revolución tecnológica para la cadena de producción y gestión de las infraestructuras, permitiendo construir de una manera más eficiente, reduciendo costes al tiempo que permite a proyectistas, constructores y demás agentes implicados trabajar de forma colaborativa. Desde el punto de vista institucional, el uso de la metodología BIM es un facilitador de una política de construcción sostenible, de la eficiencia del gasto público, y de la competitividad nacional.

El MITMS ostenta la Presidencia y Secretaría de la Comisión Interministerial para la incorporación de la Metodología BIM en la licitación pública, que contempla la gestión sostenible de los recursos y la economía circular, así como la innovación digital, y ha incluido el uso de la metodología BIM en la Estrategia de Movilidad segura, sostenible y conectada 2030. Con ello el MITMS alinea la política de transportes e infraestructuras de España con la Agenda 2030 de Naciones Unidas, o con las recientes Comunicaciones de la Comisión Europea relacionadas con la digitalización de la construcción en la UE.

MEB1T16. Construcción de carreteras (I)

1. Dirección de obras de carreteras

Según el PG-3, las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras, son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través de su equipo, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que los Pliegos de Prescripciones correspondientes dejan a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia, la dirección inmediata de determinadas operaciones; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en la recepción y redactar la liquidación de las obras.

El Contratista estará obligado a prestar su colaboración al Director para el normal cumplimiento de sus funciones.

2. Plan de obra

La LCSP tiene en consideración el plan de obra, especificando que uno de los documentos del proyecto debe ser un plan de obra de carácter indicativo, con previsión del tiempo y coste. A pesar de que el plan de obra que desarrolle el contratista sea diferente al del proyecto, éste es importante pues obliga al proyectista a profundizar en los medios a utilizar durante la obra y a definir mejor el proyecto. Además, es un paso necesario para definir el estudio de seguridad y salud, el control de calidad y el plan de vigilancia ambiental, pues éstos dependen de la duración de actividades y los recursos empleados en la obra. La planificación de la obra requiere:

- Analizar las unidades de obra para asignar los medios adecuados.
- Establecer periodos de tiempo de realización de cada unidad o conjuntos de ellas.
- Programar la realización de las actividades, algunas podrán realizarse de manera independiente, pero la mayoría deberá preceder o seguir necesariamente a otras unidades o desarrollarse paralelamente.
- Emplear un procedimiento lógico que encadene las actividades (Pert, Gantt) determinando el camino crítico.

3. Organización de las obras

Se pueden dar las siguientes organizaciones de la dirección de las obras, siendo los tipos más habituales en la Dirección General de Carreteras el 2º y el 3º, dándose también el 1º en obras de bajo presupuesto y escasa complejidad:

- Dirección de obra constituida exclusivamente por funcionarios técnicos con título suficiente, y pertenecientes a la plantilla del Centro de la Administración contratante.
- Dirección de obra constituida por funcionarios con la asistencia de un consulting que ayude a los funcionarios en las tareas de la Dirección de obra en general.
- Dirección de obra constituida por funcionarios con el apoyo de un consulting para realizar trabajos concretos de la Dirección de obra, como pueden ser el Control de Calidad de la obra.
- Dirección de obra llevada a cabo directamente por el consultor, responsabilizándose por completo de la Dirección de obra. Tendrá una supervisión por parte del Centro del que depende la obra.
- Dirección de obra llevada por un Organismo o Ente Público creado exprofeso por la Administración para estos fines.

4. Aseguramiento de la calidad

La OC 4/2024 sobre sistema de gestión de la calidad en obras de la DGC contempla varios sistemas para asegurar el control de calidad de una obra: Control interior (responsabilidad del propio contratista, se divide en control interno realizado por él para controlar su producción y control externo realizado por una organización independiente de la unidad de producción); Control exterior (responsabilidad de la Administración). El coste del control interior forma parte integrante del precio de cada unidad de obra, el del control exterior será de cuenta del contratista hasta el 1% del presupuesto de la obra. La Dirección General de Carreteras exige que el contratista aplique un plan de aseguramiento de la calidad (PAC) que debe redactar antes del comienzo de las obras, siendo aprobado por la dirección de obra. El PAC debe contener:

- Los procedimientos de ejecución: definiendo la procedencia de materiales, los equipos de personal, la maquinaria y los medios auxiliares, y el plan de puntos de inspección (que debe indicar: el control (inspección o ensayo), las normas de referencia, la frecuencia y los responsables; los procedimientos específicos; los puntos críticos y de parada).
- Los procedimientos funcionales: organización de la obra y de la unidad de la calidad, compras y suministros, tratamiento de documentación, auditorías, calibración de equipos de medida, y tratamiento de las no conformidades y acciones correctivas.

Las funciones de los distintos agentes en relación a la calidad son:

- La dirección de obra: debe definir la calidad exigida, obligar a que la obra se ajuste a la calidad del proyecto y la oferta del contratista, organizar el control exterior y coordinar las actuaciones. Debe redactar un esquema director de la calidad con la metodología para coordinar el PAC de los distintos intervinientes y las actividades de control exterior.
- El contratista: debe implantar un sistema de calidad en la obra, establecer los métodos de ejecución y verificación.
- La asistencia técnica de control exterior de la calidad (A.T. de control y vigilancia de obras), debe redactar un plan de supervisión del aseguramiento de la calidad para seguir el PAC del contratista.

5. Plan de seguridad y salud

El Real Decreto 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción establece un nivel mínimo de seguridad en las obras, así como los instrumentos y figuras responsables que intervienen:

- El director de obra, le corresponde la comprobación y vigilancia del correcto desarrollo de la obra y dirigir a sus colaboradores que se integran en la dirección facultativa, es el responsable último de la seguridad y salud en la obra.
- El contratista: con la figura del responsable de seguridad y salud en la obra, que asume las obligaciones de la contrata y subcontratas en la materia: aplicación de los principios de acción preventiva, hacer cumplir el plan de seguridad y salud, y atender las indicaciones de la Dirección Facultativa, siendo una figura de gran importancia, que requiere experiencia previa en obra, formación técnica y formación especializada en prevención de riesgos laborales.
- El coordinador de seguridad y salud, integrado en la dirección facultativa. Debe integrar la actividad de las diferentes empresas que intervienen en la obra, elaborar un informe de supervisión previo a la aprobación del plan de seguridad y salud, visitar regularmente la obra y adoptar las medidas necesarias para asegurar el cumplimiento del plan de seguridad, así como elaborar un informe trimestral de seguimiento de la obra.

El plan de seguridad y salud tiene como antecedente el estudio de seguridad y salud del proyecto, así como las normas generales de prevención y las disposiciones mínimas reglamentarias. Lo redacta el contratista (responsable de seguridad y salud), lo supervisa el coordinador de seguridad y salud, y lo aprueba la Administración (en obras de la DGC, los Jefes de Demarcación). Debe definir las actividades a realizar en la obra, identificar los riesgos que implican, y establecer las medidas preventivas de eliminación o disminución del riesgo, teniendo la máxima difusión en la obra. El Plan tiene una estructura similar a la de un proyecto: memoria, pliego, planos y presupuesto; su seguimiento se realiza por medio del libro de incidencias, que está en custodia del coordinador de seguridad y salud, pero debe estar a disposición de todos los agentes de la obra. El coordinador tiene el deber de comunicar las anotaciones al contratista, a los representantes de los trabajadores, y a la inspección de trabajo en el caso de reincidencia o paralización de la obra por riesgo grave o inminente.

6. Plan de vigilancia medioambiental

Normalmente, la evaluación de impacto ambiental se realiza durante la redacción del estudio informativo, que incluye un estudio de impacto ambiental que contiene un plan de vigilancia ambiental (PVA) preliminar. En esta fase se formula la declaración de impacto ambiental, con determinaciones sobre el PVA. En el proyecto de construcción se desarrolla completo el PVA. Posteriormente, durante las fases de construcción y explotación, se deberá poner en práctica, determinando la eficacia de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias y vigilando el cumplimiento de la declaración de impacto ambiental. El PVA suele controlar en obras de carreteras:

- Calidad atmosférica: emisión de polvo y partículas, para cuya prevención se suelen usar riegos.
- Niveles sonoros: durante la fase de obra y durante la explotación (restricciones en obra y pantallas acústicas).
- Calidad de las aguas: medidas para evitar que arrastres de tierras o vertidos de la obra lleguen a los cauces (barreras de retención de sedimentos o balsas de decantación).
- Suelos, flora y vegetación: jalonamiento de la obra, utilización de la tierra vegetal, hidrosiembra y plantaciones.
- Fauna: permeabilidad de la infraestructura mediante pasos de fauna y en autovías atención al vallado.
- Patrimonio cultural: seguimiento arqueológico de los trabajos de movimiento de tierras.
- Gestión de residuos de la obra.

Los agentes que intervienen en las obras del MITMS en relación a la vigilancia ambiental son los siguientes:

- El director de la obra, que tiene como obligación el seguimiento del cumplimiento de la DIA, así como remitir al órgano ambiental la información solicitada, además de ser el responsable último del cumplimiento de la DIA.
- El coordinador ambiental, designado por la Admón. que sigue el PVA integrado en la Dirección Facultativa.
- El contratista, que debe acometer las medidas de prevención, corrección y compensación de impacto ambiental, documentar la gestión medioambiental y obtener los permisos medioambientales necesarios (préstamos).

7. Servicios afectados

Los proyectos de construcción deben incluir un anejo de reposición de servicios que contendrá una separata por cada servicio, para poder tramitar separadamente la obtención de los permisos. Cada separata es un proyecto con memoria, pliego, planos y presupuesto, debe estar firmada por técnico competente y contener la aprobación del titular del servicio que permita su posterior legalización. En la práctica, es difícil obtener esa aprobación durante la redacción proyecto. Por el contrario, es habitual que durante las obras los titulares del servicio exijan mejores características, lo que es causa de modificados. En ocasiones, se exige la realización del proyecto y las obras de reposición por empresas habilitadas por los titulares. Se debe recoger en el anejo de expropiaciones las que sean necesarias para la reposición de los servicios.

MEB1T17. Construcción de carreteras (II)

1. Incidencias en las obras (en el marco de la LCSP)

Modificación del contrato de obras. Serán obligatorias para el contratista las modificaciones no previstas en el pliego de cláusulas administrativas particulares cuando no excedan, aislada o conjuntamente, del 20% del precio inicial del contrato, IVA excluido. Cuando la modificación no resulte obligatoria para el contratista, solo será acordada por el órgano de contratación previa conformidad por escrito del mismo, resolviéndose el contrato en caso contrario. Si la modificación supone reducción de unidades de obra, el contratista no tendrá derecho a reclamar indemnización.

Cuando las modificaciones supongan nuevas unidades de obra no previstas en el proyecto, y no sea necesario realizar una nueva licitación, los precios aplicables a las mismas serán fijados por la Administración, previa audiencia del contratista por plazo mínimo de 3 días. Si el contratista no aceptase los precios fijados, el órgano de contratación podrá contratarlas con otro empresario en los mismos precios que hubiese fijado, ejecutarlas directamente o resolver el contrato.

Cuando la modificación contemple unidades de obra que hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, antes de efectuar la medición parcial de las mismas, deberá comunicarse a la Intervención con una antelación mínima de 5 días, para que, si lo considera oportuno, pueda acudir a dicho acto en sus funciones de comprobación material de la inversión, y ello, sin perjuicio de, una vez terminadas las obras, efectuar la recepción.

Cuando el Director facultativo de la obra considere necesaria una modificación del proyecto y se cumplan los requisitos que a tal efecto regula la LCSP, recabará del órgano de contratación autorización para iniciar el correspondiente expediente, que se sustanciará con las siguientes actuaciones:

- Redacción de la modificación del proyecto y aprobación técnica de la misma.
- Audiencia del contratista y del redactor del proyecto, por plazo mínimo de 3 días.
- Aprobación del expediente por el órgano de contratación, así como de los gastos complementarios precisos.

No obstante, no tendrán la consideración de modificaciones:

- El exceso de mediciones, entendiéndose por tal, la variación que durante la correcta ejecución de la obra se produzca exclusivamente en el número de unidades realmente ejecutadas sobre las previstas en las mediciones del proyecto, siempre que en global no representen un incremento del gasto superior al 10% del precio del contrato inicial. Dicho exceso de mediciones será recogido en la certificación final de la obra.
- La inclusión de precios nuevos, fijados contradictoriamente por los procedimientos establecidos en la LCSP y en sus normas de desarrollo, siempre que no supongan incremento del precio global del contrato ni afecten a unidades de obra que en su conjunto exceda del 3% del presupuesto primitivo del mismo.

Cuando la tramitación de una modificación exija la suspensión temporal total de la ejecución de las obras y ello ocasione graves perjuicios para el interés público, el Ministro, podrá acordar que continúen provisionalmente las mismas tal y como esté previsto en la propuesta técnica que elabore la dirección facultativa, siempre que el importe máximo previsto no supere el 20% del precio inicial del contrato, IVA excluido, y exista crédito adecuado y suficiente para su financiación.

En el plazo de 6 meses contados desde el acuerdo de autorización provisional deberá estar aprobado técnicamente el proyecto, y en el de 8 meses el expediente de la modificación del contrato. Dentro de este plazo de 8 meses se ejecutarán preferentemente, de las unidades de obra previstas, aquellas partes que no hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas.

Obras de emergencia. Un contrato de obra se puede tramitar de emergencia cuando se deba actuar de manera inmediata por acontecimientos catastróficos, situaciones que supongan grave peligro y necesidades que afecten a la defensa nacional. En este caso, el órgano de contratación, sin obligación de tramitar expediente de contratación, podrá ordenar la ejecución de lo necesario para remediar el acontecimiento. La Administración con sus medios propios puede hacer parte o toda la obra de emergencia. En caso de que no exista crédito adecuado y suficiente, una vez adoptado el acuerdo, se procederá a su dotación de conformidad con lo establecido en la Ley General Presupuestaria. Si el contrato ha sido celebrado por la AGE, se dará cuenta de dichos acuerdos al Consejo de Ministros en el plazo máximo de 30 días. El plazo para iniciar las actuaciones, declarada la emergencia, es de un mes. En caso contrario se realizaría la contratación por el procedimiento ordinario. Aunque la realización de obras de emergencia es más habitual en la conservación y explotación de carreteras, se pueden dar situaciones durante la ejecución de contratos de obra que justifiquen la necesidad de realizar este tipo de obras.

Fuerza mayor. De acuerdo con la LCSP, el contratista, siempre que no exista actuación imprudente por su parte, tiene derecho a una indemnización por los daños y perjuicios producidos en situaciones de:

- Incendios causados por la electricidad atmosférica.
- Fenómenos naturales catastróficos: maremotos, terremotos, temporales marítimos, inundaciones u otros similares.
- Destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra o alteraciones graves del orden público.

En el caso de no cumplirse estos supuestos, debe tenerse en cuenta el principio de riesgo y ventura del contratista.

Resolución del contrato de obras. Son causas de resolución del contrato de obras, además de las generales de la LCSP, las siguientes:

- La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a 4 meses.
- La suspensión de las obras por plazo superior a 8 meses por parte de la Administración.
- El desistimiento.

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista. Será necesaria la citación de éste para su asistencia al acto de comprobación y medición.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista solo tendrá derecho a una indemnización equivalente al 2% del precio de la adjudicación, IVA excluido.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte de la Administración por plazo superior a 4 meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3% del precio de adjudicación, IVA excluido.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a 8 meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6% del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, IVA excluido, entendiéndose por obras dejadas de realizar las que resulten de la diferencia entre las reflejadas en el contrato primitivo y sus modificaciones aprobadas y las que hasta la fecha de notificación del desistimiento o de la suspensión se hubieran ejecutado.

Cuando las obras hayan de ser continuadas por otro empresario o por la propia Administración, con carácter de urgencia, por motivos de seguridad o para evitar la ruina de lo construido, el órgano de contratación, una vez que haya notificado al contratista la liquidación de las ejecutadas, podrá acordar su continuación, sin perjuicio de que el contratista pueda impugnar la valoración efectuada ante el propio órgano, que resolverá lo que proceda en el plazo de 15 días.

Prórrogas. Si el retraso de una obra no es imputable al contratista (falta de autorización para reponer un servicio afectado, tramitación de un modificado de un contrato, detención de anualidades, etc.), la Administración puede acordar una prórroga del contrato que no será inferior al tiempo perdido, a no ser que el contratista solicitase una prórroga menor.

2. Certificaciones de obras y relaciones valoradas

Corresponde al Director de obra, en base a las mediciones mensuales realizadas de cada unidad de obra de acuerdo con los criterios que fije el PPTP, y los precios de ejecución material del contrato, redactar mensualmente la relación valorada a origen. Al resultado de esta valoración se le aplicarán los porcentajes para obtener el presupuesto de licitación (GG y BI), que se multiplicará por el coeficiente de la baja de adjudicación para obtener la certificación mensual de la obra. La Administración tiene la obligación de abonar el precio en los 30 días siguientes a la aprobación de la certificación. Si se demorase, debe abonar al contratista intereses de demora y la indemnización por los costes de cobro.

3. La certificación final y liquidación. Garantía de las obras y vicios ocultos

Cuando las obras han finalizado y se encuentran en buen estado debe firmarse el acta de recepción. Cuando las obras no se hallen en buen estado, así se hará constar en el acta. El Director de las obras señalará los defectos observados y dará al contratista las instrucciones para remediarlos en determinado plazo. Si el contratista no lo remediase, se le concederá un nuevo plazo improrrogable o se resolverá el contrato.

Las mediciones reales finales pueden ser superiores a las mediciones del proyecto, sin necesidad de aprobación previa. No obstante, el incremento del precio del primitivo contrato no puede exceder el 10%. Dentro del plazo de tres meses contados a partir de la recepción, el órgano de contratación deberá aprobar la certificación final de las obras ejecutadas, que será abonada al contratista a cuenta de la liquidación del contrato.

Una vez levantada el acta de recepción comienza el plazo de garantía, que se fija en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares de cada contrato de obras atendiendo a su complejidad, y no podrá ser inferior a 1 año, salvo casos especiales. Dentro del plazo de 15 días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía, el director de la obra redactará un informe sobre el estado de las obras. Si éste fuera favorable, el contratista quedará libre de toda responsabilidad, salvo los casos de vicios ocultos, procediéndose a la devolución de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes. En el caso de que el informe no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra y no al uso durante el plazo de garantía, el director de la obra procederá a dictar las oportunas instrucciones al contratista para que realice las reparaciones, concediéndole un plazo para ello y sin derecho a percibir cantidad alguna por ampliación del plazo de garantía.

Si la obra se arruina con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, éste debe responder de los daños y perjuicios que se manifiesten durante un plazo de 15 años a contar desde la recepción. Transcurrido este plazo sin que se haya manifestado ningún daño o perjuicio, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del contratista.

MEB1T18. La gestión de la RCE: sistemas de gestión directos e indirectos

1. La gestión de la RCE: sistemas de gestión directos e indirectos

Según la Ley 37/2015 de Carreteras compete al MITMS la explotación de las carreteras del Estado. Dicha explotación, como regla general, se realizará directamente, aunque también podrán ser explotadas por cualquiera de los sistemas de gestión indirecta de los servicios públicos que establece la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público.

En la gestión indirecta por concesión, la sociedad concesionaria deberá facilitar al MITMS, dentro del plazo que éste establezca, los datos que le requiera sobre la explotación, incluyendo los relacionados con el tráfico y la seguridad viaria.

2. Concesiones de carreteras del Estado: autopistas de peaje y autovías en régimen de concesión

Según la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, la concesión de obras es un contrato que tiene por objeto la realización de una obra a cambio del derecho a explotarla, o de dicho derecho acompañado de percibir un precio. Es la manera en la que se construyen y explotan las autopistas de peaje directo al usuario, y las autovías de peaje en sombra y de pago por disponibilidad donde la Administración abona unas tarifas pactadas, en función del número de usuarios o de la disponibilidad de la infraestructura en condiciones adecuadas, según unos indicadores previamente establecidos.

El contrato de concesión de obras podrá comprender la adecuación, reforma, modernización, reposición o gran reparación de una obra en servicio.

El derecho de explotación de las obras deberá implicar la transferencia al concesionario de un riesgo operacional de demanda y/o de suministro, sin que esté garantizado que, en condiciones normales de funcionamiento, el mismo vaya a recuperar las inversiones realizadas ni a cubrir los costes en que hubiera incurrido.

Los contratos de concesión de obras tendrán un plazo de duración limitado, que se calculará en función de las obras, y se hará constar en el pliego de cláusulas administrativas particulares. Si la concesión de obras sobrepasara el plazo de 5 años, la duración máxima de la misma no podrá exceder del tiempo razonable para que el concesionario recupere las inversiones realizadas, junto con un rendimiento sobre el capital invertido. En cualquier caso, la duración máxima es 40 años en los contratos de concesión de obras. Los plazos fijados en los pliegos de condiciones solo podrán ser ampliados en un 15% de su duración inicial para restablecer el equilibrio económico del contrato.

3. Actuaciones preparatorias de los contratos de concesión: el estudio de viabilidad

Los contratos de concesión de obras irán precedidos de las siguientes actuaciones:

- Realización preceptiva de un estudio de viabilidad de la obra, que será sometido a información pública durante un mes con tramitación paralela al trámite de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Realización, potestativa para la Administración según el grado de dificultad de la obra, de un Anteproyecto. Este será también sometido a un mes de información pública e incorporará las prescripciones de la DIA.
- Aprobación del Pliego de Cláusulas Administrativas particulares.
- Realización del Proyecto, en su caso, cuando así lo decide la Administración.

El estudio de viabilidad deberá contener, al menos, los datos, análisis, informes o estudios que procedan sobre:

- Finalidad y justificación de las obras, así como definición de sus características esenciales.
- Justificación de las ventajas cuantitativas y cualitativas que aconsejan la utilización del contrato de concesión de obras frente a otros tipos contractuales.
- Previsiones sobre la demanda de uso e incidencia económica y social de las obras en su área de influencia y sobre la rentabilidad de la concesión.
- Valoración de los datos e informes existentes que hagan referencia al planeamiento sectorial, territorial o urbanístico.
- Estudio de impacto ambiental cuando este sea preceptivo de acuerdo con la legislación vigente. En los restantes casos, un análisis ambiental de las alternativas y las correspondientes medidas correctoras y protectoras necesarias.
- Justificación de la solución elegida, indicando, entre las alternativas consideradas si se tratara de infraestructuras viarias o lineales, las características de su trazado.
- Riesgos operativos y tecnológicos en la construcción y explotación de las obras.
- Coste de la inversión a realizar, así como el sistema de financiación propuesto para la construcción de las obras.
- Estudio de seguridad y salud o, en su caso, estudio básico de seguridad y salud, en los términos previstos en las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- El valor actual neto de todas las inversiones, costes e ingresos del concesionario, a efectos de la evaluación del riesgo operacional, así como los criterios para valorar la tasa de descuento.
- Existencia de una posible ayuda de Estado y compatibilidad de la misma con el Tratado de Funcionamiento de la UE.

4. Inspección de concesiones

Según el RD 253/2024 que desarrolla la estructura orgánica básica del MITMS, corresponde a la Dirección General de Carreteras la coordinación, inspección y control de las concesiones de carreteras, en coordinación con la Subdelegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje.

La Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público establece que el órgano de contratación ostentará las siguientes prerrogativas y derechos en relación con los contratos de concesión de obras:

- Interpretar los contratos y resolver las dudas que ofrezca su cumplimiento.
- Modificar unilateralmente los contratos por razones de interés público debidamente justificadas.
- Decidir el restablecimiento del equilibrio económico de la concesión a favor del interés público.
- Acordar la resolución de los contratos.
- Establecer, en su caso, las tarifas máximas por la utilización de las obras.
- Vigilar y controlar el cumplimiento de las obligaciones del concesionario, a cuyo efecto podrá inspeccionar el servicio, sus obras, instalaciones y locales, así como la documentación, relacionados con el objeto de la concesión.
- Asumir la explotación de las obras en los supuestos en que se produzca el secuestro o intervención de la concesión.
- Imponer al concesionario las penalidades pertinentes por razón de los incumplimientos en que incurra.
- Ejercer las funciones de policía en el uso y explotación de las obras.
- Imponer con carácter temporal las condiciones de utilización de las obras que sean necesarias para solucionar situaciones excepcionales de interés general, abonando la indemnización que en su caso proceda.

5. La Delegación del Gobierno en las sociedades concesionarias de autopistas nacionales de peaje

El Delegado del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas de Peaje es el órgano coordinador, ejecutivo y de relación de la Administración con las citadas sociedades, correspondiéndole:

- Coordinar las actuaciones que acuerde la Administración en relación con los contratos de concesión.
- Controlar el cumplimiento por el concesionario de sus obligaciones durante la fase de explotación de la concesión y velar por el cumplimiento del correspondiente plan económico-financiero.
- Tramitar los escritos que dirijan los concesionarios a la Administración e informar al órgano de contratación de las incidencias que surjan en el desarrollo del contrato.
- Evacuar los informes que le sean requeridos por el órgano de contratación y expedir las certificaciones que corresponda.
- Proponer las tarifas de peajes y sus revisiones anuales, que aprueba el Gobierno.
- Proponer al órgano de contratación los acuerdos que procedan en aplicación a los títulos negociables de los derechos de cobro del concesionario y en materia de hipoteca de las concesiones.
- Formular las propuestas sobre el secuestro y reversión de la concesión o sobre la resolución del contrato.
- Acordar, previa audiencia del concesionario, la imposición de las penalidades y multas coercitivas.
- Fijar las condiciones de utilización de la autopista con carácter temporal.
- Aprobar los contratos que el concesionario realice con terceros para la explotación de las áreas de servicio, así como los que se refieran a la prestación de aquellos servicios necesarios para la explotación de la propia autopista.
- Recabar los datos necesarios de las Sociedades Concesionarias, comprobar sus libros de cuentas y acordar la inspección de instalaciones, pudiendo asistir, con voz y sin voto, a las reuniones del Consejo de Administración.

El Delegado de Gobierno podrá ejercer por delegación del órgano de contratación cualquiera de las competencias de éste con excepción de las que le corresponden en materia de secuestro y reversión de la concesión, así como de resolución del contrato. Actualmente, en el MITMS el Delegado del Gobierno es el Secretario General de Transporte Terrestre. Como apoyo a la Delegación del Gobierno existe, en la estructura del MITMS, la Subdelegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje.

6. La gestión directa a través de la Sociedad Estatal de Infraestructuras del Transporte Terrestre S.M.E., S.A.

La AGE ha suscrito con la SEITT un Convenio por el que se atribuye a ésta la gestión directa de la explotación de las autopistas de titularidad estatal: Radiales de Madrid (R-2, R-3, R-4 y R-5), Eje Aeropuerto de Madrid (M-12), Madrid-Toledo, Ocaña-La Roda, Circunvalación de Alicante, y Cartagena-Vera.

La explotación comprende las operaciones de conservación y mantenimiento de la vialidad, las actuaciones de defensa de la vía, y las actuaciones de reforma, modernización, reposición y gran reparación para mantener la autopista apta para su fin. Los proyectos de obras de este tipo de actuaciones serán supervisados y aprobados por el MITMS.

Teniendo en cuenta el importe de las actuaciones pendientes de ejecutar por SEITT y la necesidad de hacerlas en el plazo más breve posible, se realizará una aportación de capital para cubrir el déficit generado en los años 2023-2025 de 128 M€.

El alcance de la explotación podrá ser ampliado mediante adenda, para incorporar aquellas actividades de asistencia al Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible en relación a una futura licitación de las autopistas objeto del convenio que sean precisas.

Corresponde a la DGC del MITMS la inspección de la explotación de acuerdo con el documento de coordinación que a tal fin sea elaborado por la Comisión de Seguimiento y Control del convenio.

El convenio tendrá una duración de 10 años, hasta diciembre de 2032, prorrogable por hasta 7 años más.

MEB1T19. Conservación de carreteras (I)

1. Contratos de conservación y explotación empleados en la Red de Carreteras del Estado

El MITMS, a través de la DG de Carreteras, planteó en 2021 un nuevo modelo en los contratos de servicios de conservación y explotación de los sectores de carreteras del Estado, que tiene como objetivo último garantizar una movilidad segura compatible con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estos contratos incluyen las siguientes prestaciones:

- Ayuda a la vialidad y conservación ordinaria de las carreteras, incluyendo actuaciones como:
 - Aquellas que permitan que la carretera y sus elementos funcionales dispongan de las mejores condiciones para asegurar una circulación lo más segura, cómoda y fluida posible en cualquier situación.
 - Vigilancia y atención de accidentes e incidentes.
 - Vialidad invernal.
 - Servicio de control de túneles y comunicaciones.
 - Mantenimiento de instalaciones.
 - Establecimiento de inventarios y reconocimiento del estado de la vía.
 - Apoyo a la explotación y estudios de seguridad vial.
 - Mantenimiento de los elementos de la carretera con los niveles de calidad más próximos posibles a los deseables, en función de las prioridades y recursos disponibles.
- Proyectos específicos de pequeñas obras necesarias para mejorar la funcionalidad de la vía (menores de 500.000 €, IVA excluido, que no requieren supervisión de su proyecto según la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público).
- Explotación de los elementos funcionales de las carreteras: áreas de servicio existentes, aparcamientos seguros, etc.

Se separan, de forma expresa, los gastos e ingresos del contrato, estableciendo, de un lado, el presupuesto de gastos (costes de conservación y explotación y pequeñas obras) y, de otro, el presupuesto de ingresos (canon a abonar como contraprestación por el derecho de explotación de las áreas de servicio y otros servicios públicos).

Los objetivos fundamentales de este nuevo planteamiento son:

- Servicio integral: ofrecer al usuario un servicio integral que garantice la movilidad en unas condiciones adecuadas de calidad, vialidad y seguridad, lo que supone no sólo el mantenimiento de las vías de circulación, sino también ofrecer servicios complementarios para el descanso y el repostaje (áreas de servicio).
- Optimización de recursos: permite aprovechar las sinergias que se obtienen al gestionar de manera conjunta cada tramo de carretera.
- Mejora del estado de la carretera: a través de un incremento de la dotación destinada a la realización de las operaciones de conservación de los elementos constitutivos de la carretera, tales como limpiezas y siegas, reparaciones de firmes, actuaciones en los sistemas de drenaje, mejora de los sistemas de contención, etc.
- Mejora de elementos de la carretera: la inclusión de pequeñas obras de conservación preventiva tiene por finalidad la rehabilitación, reposición y mejora de los elementos de la carretera mediante inversiones que superan el alcance previsto en los contratos anteriores.

2. Vialidad invernal

En España, la formación de placas de hielo y las nevadas afectan de forma regular a 20 provincias, lo que se traduce en la necesidad de actuar más o menos regularmente a lo largo de más de 2.000 km de autovías y autopistas y 8.000 km de carreteras convencionales de la RCE, en general entre los meses de noviembre y abril, siendo particularmente intensa en diciembre y enero. Los objetivos de la vialidad invernal son:

- Evitar la formación de placas de hielo, mediante la extensión de fundentes sobre la calzada antes de que se produzca la helada (tratamientos preventivos). El fundente más empleado es el cloruro sódico en forma de sal o salmuera.
- Minimizar las perturbaciones al tráfico como consecuencia de las nevadas, mediante el empleo de maquinaria quitanieves y la extensión de fundentes que eviten la persistencia de hielo (tratamientos curativos). Para combatir hielo ya formado además de cloruro sódico también se usa cloruro cálcico, que mejora su fusión.
- Informar al usuario con la antelación suficiente.
- Asegurar la atención a los ocupantes de los vehículos cuando las circunstancias lo hagan necesario.

Los dos primeros objetivos atañen a la DGC, los dos últimos, fundamentalmente a las autoridades de tráfico y protección civil, siendo imprescindible para todos ellos contar con una adecuada previsión meteorológica y con la necesaria coordinación regulada en el Protocolo de “Coordinación de actuaciones de los órganos de la AGE ante nevadas y otras situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la RCE”.

La maquinaria empleada está compuesta por máquinas quitanieves de empuje y dinámicas, esparcidores de fundentes, y máquinas auxiliares como palas cargadoras para la carga de sal, cintas transportadoras, plantas de fabricación de salmuera, barredoras, etc.

Los medios principales del plan de vialidad invernal 2024/2025 en la RCE están constituidos por 3.600 trabajadores, más de 1.400 máquinas quitanieves, más de 250.000 t de fundentes y más de 400 depósitos de salmuera, todo ello con un coste anual estimado de casi 70 millones de €.

3. Inspecciones de elementos y sistemas de gestión

La Dirección General de Carreteras del MITMS tiene implantados los siguientes sistemas de gestión de ayuda a la conservación y explotación de la Red de Carreteras del Estado:

Gestión de firmes. Los objetivos del sistema de gestión de firmes de la DGC pueden resumirse en:

- Poseer información sobre las características de los firmes (inventario) y su estado de conservación (auscultación).
- Evaluar su evolución.
- Proponer y valorar el coste de las operaciones de conservación necesarias.
- Optimizar la utilización de los presupuestos, proporcionando estrategias de conservación (preventiva o correctiva) en base a una ordenación prioritaria de las actuaciones, en función de criterios técnicos y económicos.
- Facilitar el flujo de datos e información entre todos los implicados.

El inventario de firmes tiene información de las características superficiales, estructurales y geométricas, y recoge dos fichas, la del firme inicial, y la de rehabilitación y mejora. Según el inventario de la RCE, en las capas de rodadura el 46% son mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso, el 30% mezclas bituminosas discontinuas, el 12% mezclas porosas, el 10% microaglomerados en frío y el 2% hormigón; en cuanto a la tipología el 82% son firmes semiflexibles y semirrígidos.

Gestión de túneles. La DGC ha desarrollado una aplicación denominada BIT que incluye un inventario de cada uno de los túneles, datos de todas las incidencias significativas, informes de las inspecciones periódicas, manual de explotación y plan de emergencia interior. El inventario contiene las características geométricas y funcionales, datos de tráfico, equipamientos e instalaciones de seguridad. De acuerdo con el inventario, en la RCE existen unos 500 tubos que suman una longitud de unos 280 km.

Gestión de obras de paso. Este sistema de gestión ayuda al óptimo mantenimiento de las estructuras de la red. En la RCE existen 25.000 obras de paso, de las cuales 2/3 se consideran “puentes” por tener luces superiores a 10 m.

El sistema de gestión de puentes de la Dirección General de Carreteras se articula por medio de:

- Inventario de las estructuras de la red, con datos referentes a la localización, características geométricas, funcionales y estructurales de las obras de paso con longitud superior a 3 m.
- Realización de inspecciones: Básicas, Principales, y Especiales.
- Establecimiento de prioridades de reparación, ponderando los índices de condición mediante factores como la seguridad, la funcionalidad, la importancia del itinerario, la posibilidad de desviar el tráfico, o el valor patrimonial.
- Definición de alternativas de reparación con su coste, y la elaboración de los programas de actuación.
- El control y seguimiento de los programas de actuación.

Gestión de señalización. La DGC dispone de un Sistema de Gestión de la Señalización Vertical denominado InCa, basado en un GIS y en el inventario de la señalización, que es actualizado por las empresas de conservación y explotación. De esta manera actualmente se encuentran inventariados más de 115.000 carteles y de 660.000 señales en la RCE. Cada cartel o señal se encuentra localizado geográficamente con coordenadas UTM, y se dispone de información sobre su año de fabricación, materiales, reflectancia, dimensiones, diseño, estado de conservación, etc. De esta forma, el InCa permite estudiar las estrategias de conservación y mantenimiento de la señalización.

4. Nota de Servicio 2/2021: seguridad en las actividades de conservación

El objetivo de esta nota de servicio es proponer medidas que incidan en la mejora de la seguridad de los trabajadores que realizan tareas sobre la carretera, bien de manera frecuente o bien de manera esporádica, para tratar de disminuir los riesgos laborales asociados a esta actividad (y por ende a todos los usuarios de las carreteras).

Propone como acciones a corto plazo: particularizar los documentos preventivos a las características y trabajos concretos de cada sector, incluyendo un apartado específico de señalización, identificando los tramos de riesgo especial, y proponiendo medidas específicas en estos tramos; en obras menores y de emergencia, los documentos preventivos incluirán un apartado específico de señalización. En autorizaciones de obras de terceros que afecten a la circulación se exigirá la elaboración de los documentos preventivos oportunos.

A medio plazo, incluye otras medidas para mejora de la seguridad de los trabajos: ejecución de bandas fresadas longitudinales; construcción de apartaderos; posibilidad de adecuación de márgenes/cunetas seguras para mejorar el estacionamiento puntual de los vehículos averiados y de los vehículos de vigilancia; mejorar los medios de señalización de obras incluidos en los pliegos de los contratos de conservación y explotación (COEX); etc.

5. Nota de Servicio 1/2022: recomendaciones para mejorar la sostenibilidad en los centros COEX

En la Dirección General de Carreteras la preocupación y el respeto por el medioambiente y la sostenibilidad ha sido una constante. Alineada con la estrategia de economía circular se pretende también impulsar una transformación en este sentido. Por ello, el objetivo de la NS 1/2022 es dar cumplimiento a estas cuestiones en el ámbito de los contratos de servicios de conservación y explotación de carreteras en lo que respecta a los centros operativos fundamentalmente.

Algunas de las medidas que integra son: promover el autoconsumo eléctrico de centros COEX; abandonar las calderas de gas o de gasoil sustituyéndolas por calderas de biomasa, pellets, o sistemas de calefacción renovable; en el caso de que se construyan nuevos centros COEX, diseñarlos de acuerdo con estándares de eficiencia energética; o dar preferencia al uso de vehículos «Cero Emisiones» o «ECO» (cuando no haya una alternativa «Cero emisiones»).

MEB1T20. Conservación de carreteras (II)

1. Proyectos y obras de conservación extraordinaria. Normativa específica de conservación y particularidades de la normativa genérica aplicable

La redacción de proyectos de conservación extraordinaria es necesaria cuando se trata de actuaciones de mayor envergadura que las actividades de conservación ordinaria, para ser posteriormente licitados como contratos de obra, tal es el caso de:

- Rehabilitación o mejora del firme (rehabilitación estructural o tratamientos superficiales).
- Rehabilitación de estructuras (protección y recalce de cimentaciones, sustitución de aparatos de apoyo y juntas, reparación de desconchones, sellado de fisuras, sustitución de impostas y pretils, impermeabilización del tablero, aplicación de pinturas protectoras sobre paramentos o elementos metálicos, refuerzo de la estructura).
- Reparación de taludes (saneamiento retirando elementos sueltos que pueden desprenderse, colocación de muros de gaviones, escollera u hormigón, instalación de mallas de triple torsión, revegetación, retaluzado).
- Renovación de marcas viales (normalmente se actúa en todas las carreteras estatales en una provincia).
- Reposición de la señalización vertical (por deterioro o mal estado, pérdida de características retrorreflectantes, cambios de leyenda, adaptación a la normativa vigente, se suele actuar por provincias).
- Renovación o implantación de iluminación (instalación de báculos y luminarias, líneas eléctricas, transformadores).
- Mejora de túneles (en especial para adaptarlos al RD 635/2006 de requisitos mínimos de seguridad).
- Elementos funcionales (estaciones de pesaje, áreas de descanso, aparcamientos de vialidad invernal).
- Seguridad Vial o Mejoras locales (implantación de enlaces por intersecciones, reordenación de accesos, prolongación de carriles de cambio de velocidad o de vehículos lentos, mejora de trazado, ensanche de plataforma, pantallas de protección contra el ruido).

En cuanto a la redacción de los proyectos de conservación y rehabilitación, hay que tener presente estos aspectos:

- La mayor parte de la normativa está pensada para carreteras de nueva construcción, las rehabilitaciones están consideradas en general dentro de las excepciones en la propia normativa (p.e. admitir giros a la izquierda con IMD>5.000 en reordenación o mejora de accesos ya existentes).
- El Reglamento General de Carreteras exige de información pública, por declaración de interés general de la carretera y concepción global de su trazado, a los estudios de carretera que se refieran a acondicionamientos de trazado, ensanches de plataforma, mejoras de firme, duplicaciones de calzada y, en general, a actuaciones que no supongan una modificación sustancial de la carretera. Puede, no obstante, ser necesaria la información pública por otras causas previstas en la Ley: expropiaciones, reordenación de accesos, modificación de enlaces, legislación ambiental, etc.
- Estas obras se deben realizar normalmente manteniendo la carretera en servicio para el tráfico, lo que puede condicionar el proceso constructivo, el plazo de la obra y la solución a adoptar.
- En muchos casos, los proyectos de conservación no necesitan la misma documentación que un proyecto de una nueva carretera, pudiendo suprimirse muchos documentos exigidos al resto de proyectos.

2. Nota de Servicio 1/2019

La Nota de Servicio 1/2019 sobre instrucciones para la redacción de los proyectos supervisados por la Subdirección General de Conservación de la Dirección General de Carreteras pretende mejorar la calidad de los proyectos que tienen por objeto la conservación y mejora del patrimonio viario y/o de la seguridad vial, así como agilizar su supervisión y aprobación.

Estos proyectos no han dispuesto de una normativa propia, más allá de la norma 6.3-IC específica para actuaciones de rehabilitación de firmes, y de algunos artículos correspondientes a unidades de reciclado del firme de que consta el PG-4.

La mayor parte de la normativa vigente, pensada para nuevas carreteras, exceptúa de su cumplimiento a muchos de los proyectos de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos, ya que resulta, en muchos casos, inviable tanto técnica como económicamente, al tratarse, por ejemplo, de proyectos de actuaciones específicas y de mejoras locales a los que no es de aplicación la Norma de Trazado 3.1-IC; ni tampoco la Orden Circular 35/2014 de Recomendaciones sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos, que exceptúa de su ámbito de aplicación las obras de conservación para las que la aplicación de esos criterios exija la ampliación de la sección transversal de la carretera, que constituyen proyectos de mejoras locales.

No obstante, la inaplicabilidad de determinadas normas en los proyectos de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos no puede significar que se actúe en los mismos como si dichas normas no existieran. Por ello, con las instrucciones recogidas en la NS 1/2019 se pretende aportar unos criterios de aplicación de la normativa en esos proyectos.

También, desde la SGC se considera necesario realizar un esfuerzo para conseguir una homogeneización y una estandarización en el contenido y alcance de los proyectos que se redactan desde las diferentes Demarcaciones de Carreteras del Estado y que necesitan de su supervisión por parte de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos.

3. Obras de emergencia

Según recoge la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, cuando la Administración tenga que actuar de manera inmediata a causa de acontecimientos catastróficos, de situaciones que supongan grave peligro o de necesidades que afecten a la defensa nacional, se aplicará el siguiente régimen excepcional:

- El órgano de contratación, sin obligación de tramitar expediente de contratación, podrá ordenar la ejecución de lo necesario para remediar el acontecimiento producido o satisfacer la necesidad sobrevenida, o contratar libremente su objeto, en todo o en parte, sin sujetarse a los requisitos formales establecidos en la LCSP. En caso de que no exista crédito adecuado y suficiente, una vez adoptado el acuerdo, se procederá a su dotación de conformidad con lo establecido en la Ley General Presupuestaria.
- Si el contrato ha sido celebrado por la Administración General del Estado, sus Organismos Autónomos o demás entidades públicas estatales, se dará cuenta al Consejo de Ministros en el plazo máximo de 30 días.
- El plazo de inicio de la ejecución de las prestaciones no podrá ser superior a un mes, contado desde la adopción del acuerdo. Si se excediese este plazo, la contratación requerirá la tramitación de un procedimiento ordinario.
- Ejecutadas las actuaciones objeto de este régimen excepcional, se observará lo dispuesto la LCSP sobre cumplimiento de los contratos, recepción y liquidación de la prestación. En el supuesto de que el libramiento de los fondos necesarios se hubiera realizado a justificar, transcurrido el plazo de un mes desde el acuerdo, se rendirá la cuenta justificativa del mismo, con reintegro de los fondos no invertidos.

Las restantes prestaciones que sean necesarias para completar la actuación acometida por la Administración y que no tengan carácter de emergencia se contratarán con arreglo a la tramitación ordinaria regulada en la LCSP.

4. OC 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles

El objeto de la OC 36/2015 es ser el documento de referencia en las actuaciones de iluminación de los tramos de carretera a cielo abierto y túneles de la Red de Carreteras del Estado, y tiene como objetivos: establecer los criterios a aplicar sobre los tramos de carreteras en que está justificado iluminar y con qué nivel de iluminación; describir los elementos que componen una instalación, sus posibles alternativas y ayudar en la elección óptima de la solución a emplear; fijar los criterios para la redacción de los proyectos de las instalaciones de iluminación, las condiciones de ejecución de las obras, y los procedimientos para el mantenimiento y la explotación de las instalaciones de forma eficiente; así como los criterios de evaluación de las instalaciones existentes.

Las recomendaciones recogidas en la OC 36/2015 son de aplicación en los proyectos de construcción de nuevas carreteras y túneles, de acondicionamiento de los existentes y de actuaciones específicas de iluminación. Dichos proyectos deberán incluir en un anejo de su memoria el análisis económico de las posibles soluciones a aplicar, determinando la más eficiente desde un punto de vista técnico y económico. El proyecto constructivo contemplará con el detalle exigido todos los elementos de la instalación, desde la acometida general hasta las luminarias.

La OC 36/2015 establece los criterios para iluminar un tramo de carretera de la Red de Carreteras del Estado.

Las autovías y autopistas se iluminarán cuando discurren por suelo urbano en ambos márgenes y su IMD sea igual o superior a 80.000 o a 60.000 si hay más de 120 días de lluvia al año. Las carreteras convencionales no se iluminarán en general, aunque podrá justificarse su iluminación en tramos de concentración de accidentes en los que más del 50% de los accidentes se hayan producido en periodo nocturno durante los dos últimos años. También estará justificada la iluminación de los siguientes puntos singulares: glorietsas situadas en carreteras convencionales, en las que por tener una importante intensidad de tráfico o por su peligrosidad no sea suficiente con una correcta señalización y balizamiento de la misma; enlaces de autovías y autopistas que se deban iluminar según lo mencionado anteriormente; cruces con glorietsas e intersecciones a nivel, siempre que el tráfico de la carretera secundaria sea mayor que 10.000 vehículos por día, o bien sea un TCA con un porcentaje de accidentes nocturnos superior al 50% durante los dos últimos años. A los efectos, la IMD que se debe tener en cuenta es la del año de puesta en servicio.

Los túneles se iluminarán siempre si tiene una longitud superior a 200 m, siendo objeto de un estudio específico en caso contrario.

La iluminación de un tramo carretera o de un punto singular de la Red que no cumpla los criterios anteriores requerirá la autorización expresa del Director General de Carreteras, previo informe justificativo del Jefe de la Demarcación correspondiente.

Una vez confirmada la necesidad de iluminar, la OC 36/2015 estudia las situaciones de proyecto, los criterios de calidad y las clases de Alumbrado. Una Clase de Alumbrado se define como el conjunto de requisitos fotométricos que deben cumplirse para satisfacer las necesidades visuales de un grupo de usuarios de la vía pública en distintos tipos de áreas y alrededores. Son aplicables las clases ME, MEW y CE. Las clases ME y MEW están destinadas a conductores de vehículos motorizados en vías de tráfico fluido, ya que permiten velocidades de circulación elevadas. La clase CE está destinada a conductores de vehículos motorizados, pero en áreas conflictivas, tales como calles comerciales, intersecciones de vías públicas de alguna complejidad, glorietsas y áreas en las que se forman retenciones, así como para peatones y ciclistas.

La OC 36/2015 dedica también capítulos a los componentes de una instalación de iluminación: fuentes de luz, como las lámparas de vapor de sodio de alta presión y los diodos electroluminiscentes (LEDs); equipos eléctricos auxiliares; luminarias; columnas y soportes de puntos de luz; dispositivos de regulación del flujo luminoso y consumo de los puntos de luz; distribución eléctrica; y control y gestión de la instalación.

MEB1T21. Explotación de carreteras (I)

1. Protección del dominio público y limitaciones a la propiedad.

La Ley de Carreteras 37/2015 establece las zonas de protección del dominio público viario, fijando limitaciones a la propiedad en las zonas de dominio público, servidumbre y afección, además de una zona de limitación a la edificabilidad. Las medidas de las tres primeras zonas de protección se establecen desde la arista exterior de la explanación. En los puentes se puede fijar esa arista exterior como la proyección ortogonal del tablero sobre el terreno o utilizar otros criterios, pero los soportes de la estructura son dominio público, expropiándose al menos los terrenos ocupados por la excavación de los cimientos y una franja de 1 m a su alrededor. En los túneles se puede extender el dominio público a la superficie del terreno sobre ellos si es necesario para la conservación y mantenimiento de la obra.

La realización de cualquier actividad que pueda afectar al régimen de las zonas de protección requiere autorización del MITMS, sin perjuicio de otras competencias concurrentes. La prohibición y la necesidad de autorización operarán tanto respecto de las carreteras construidas como de las proyectadas o en construcción una vez aprobado definitivamente el estudio informativo correspondiente o, en su defecto, el anteproyecto o proyecto, cualquiera que sea el plazo previsible de la actuación contemplada en el estudio.

2. Zonas de dominio público, servidumbre y afección. Zona de limitación a la edificabilidad

Dominio Público. Terrenos ocupados por las carreteras y sus elementos funcionales (afectos a la conservación y explotación de la carretera, como áreas de descanso, estacionamiento, pesaje, parada de autobuses, áreas de servicio, vías de servicio, centros de conservación) y una franja de 8 m en autopistas y autovías, y de 3 m en el resto de las carreteras, a cada lado de la vía, medida en horizontal desde la arista exterior de la explanación y perpendicularmente a ella. Sólo podrán realizarse obras o instalaciones de un servicio público de interés general, y con motivo de la Ley General de Telecomunicaciones se da derecho a los operadores de telecomunicaciones a la extensión de sus redes. Es necesario precisar que una cosa es el dominio público expropiado y otra la zona de protección de dominio público, que puede incluir terrenos privados. En la actualidad se expropia toda la zona de dominio público, pero en carreteras existentes pueden no coincidir ambos conceptos. Además, la nueva Ley 37/2015 establece la obligatoriedad de su deslinde.

Zona de servidumbre. Dos franjas de terreno a ambos lados, delimitadas interiormente por la zona de dominio público y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a 25 m en autopistas y autovías, y 8 m en el resto de las carreteras. No podrán realizarse obras ni se permitirán más usos que aquellos que sean compatibles con la seguridad vial y la adecuada explotación de la vía. El MITMS podrá utilizar o autorizar a terceros la utilización de la zona de servidumbre por razones de interés general o cuando lo requiera el mejor servicio de la carretera. Serán indemnizables la ocupación de la zona de servidumbre y los daños y perjuicios que se causen por su utilización.

Zona de afección. Dos franjas de terreno a ambos lados, delimitadas interiormente por la zona de servidumbre y exteriormente por dos líneas paralelas a las aristas exteriores de la explanación a 100 m en autopistas y autovías, y 50 m en el resto de las carreteras, en las que, para la realización de obras e instalaciones, obras de reparación o mejora en existentes, así como para el cambio de su uso y plantar o talar árboles, se exige autorización previa.

Zona de limitación a la edificabilidad. Se sitúa a 50 m en autopistas y autovías y a 25 m en el resto, con respecto a la arista exterior de la calzada, en variantes de población y en nudos viarios, cambios de sentido, intersecciones y vías de giro siempre a 50 m. En el caso de taludes muy grandes que hagan caer la línea en el interior de las zonas de dominio público o servidumbre se hará coincidir con el borde exterior de la zona de servidumbre. El MITMS, previo informe no vinculante de las comunidades autónomas y entidades locales afectadas a emitir en un plazo no superior a dos meses, podrá, por razones geográficas o socioeconómicas, fijar una línea límite de edificación inferior a la establecida con carácter general, aplicable a determinadas carreteras estatales en zonas o tramos perfectamente delimitados.

Dentro de esta línea queda prohibida cualquier obra de construcción, reconstrucción o ampliación, o cambio de uso, salvo las imprescindibles para la conservación y mantenimiento de las construcciones o instalaciones ya existentes. Además, la edificación residencial, y la asimilada a la misma en lo relativo a zonificación acústica conforme a la legislación vigente en materia de ruido, estarán sometidas, con independencia de su distancia de separación con respecto a la carretera, a las restricciones que resulten del establecimiento de las zonas de servidumbre acústica que se definan como consecuencia de los mapas de ruido realizados por el MITMS. Será indemnizable la depreciación originada en las fincas contiguas a carreteras que se construyan, incluida la pérdida de edificabilidad que tuvieran reconocida las fincas sitas en las zonas de protección de dichas carreteras y no pudiera ejercerse en otras ubicaciones. El MITMS podrá autorizar la colocación de instalaciones fácilmente desmontables entre el borde exterior de la zona de dominio público y el de la zona de limitación a la edificabilidad, especialmente puntos de recarga de vehículos y marquesinas e instalaciones que precisen para su correcto funcionamiento, siempre que no se comprometa la seguridad viaria, la adecuada explotación de la carretera o la utilización de la zona de servidumbre para los fines previstos en la Ley 37/2015 de Carreteras.

A efectos de aplicación de las distancias, los nudos viarios, los ramales de enlace, los cambios de sentido, las intersecciones, las vías colectoras-distribuidoras y las calzadas laterales se considerarán carreteras convencionales, a las vías de servicio no les serán de aplicación las zonas de protección de la carretera salvo el dominio público.

3. Publicidad

A efectos de la Ley 37/2015 no se consideran publicidad los carteles informativos autorizados por el MITMS que, según el Reglamento de Carreteras de 1994, vigente en lo que no se opone a la nueva Ley, son:

- Las señales de servicio.
- Los carteles que indiquen lugares de interés cultural, turístico, poblaciones, urbanizaciones y centros importantes de atracción con acceso directo e inmediato desde la carretera.
- Los que se refieran a actividades y obras que afecten a la carretera.
- Los rótulos de los establecimientos mercantiles que sean indicativos de su actividad, que pueden ser autorizados si su segunda mayor dimensión no es superior al 10% de su distancia al borde de calzada, y su luminosidad y características no producen deslumbramientos, confusión o distracción en los conductores, siempre que estén situados sobre los inmuebles o en su inmediata proximidad.
- Los que se refieran a los carburantes disponibles, marca y precios en la estación de servicio más próxima.

El resto de carteles que tiendan a promover la contratación de bienes o servicios, puedan producir deslumbramientos, confusión o distracción a los usuarios de la carretera, o sean incompatibles con la seguridad vial, serán considerados como publicidad, y no podrán colocarse fuera de los tramos urbanos si son visibles desde las calzadas de la carretera. Esta prohibición no dará en ningún caso derecho a indemnización.

4. Procedimiento de autorizaciones

Informes previos. En el caso de **planes de infraestructuras**, el informe de la DGC deberá tener en cuenta las previsiones futuras de nuevas carreteras y de ampliación de las existentes, indicando la documentación a presentar por el promotor y los criterios generales que deben cumplirse en las futuras obras del plan. A menor escala, en el caso de necesidad de accesos a la carretera, la solicitud de **informes previos de viabilidad** puede presentar una descripción y esquema gráfico suficientemente precisos de la actuación que pretenden realizar con el tramo de carretera afectado y sus accesos y conexiones más cercanos, incluyendo la situación de las zonas de protección de la carretera. En caso de que el promotor consiga un informe de viabilidad favorable, para obtener la autorización de las obras deberá presentar un proyecto (según la entidad de la afección) con todos los datos necesarios y con el grado de detalle que se exija desde el Ministerio.

Procedimiento de autorización. Está definido en el Reglamento de Carreteras y contempla las siguientes etapas:

- Recepción de la solicitud en la Demarcación o Unidad de Carreteras, y notificación al interesado de la recepción de la solicitud de autorización y de la necesidad de abono de las tasas administrativas por la gestión del expediente.
- Solicitud de informes internos al servicio de proyectos y obras de la Demarcación (para que evalúe posibles incidencias sobre proyectos en redacción o finalizados y obras en ejecución), y las empresas adjudicatarias de los contratos de conservación y explotación (para que evalúen las afecciones sobre la carretera).
- Preparación por la Demarcación de la contestación, mediante la correspondiente autorización o mediante un informe negativo. Si la Demarcación no es competente, elevará informe a los servicios centrales de la DGC para que resuelva el órgano competente (Subdirector de Planificación y Explotación, Director General de Carreteras).
- Antes de la remisión de la autorización y según las características de la solicitud, se notificará al interesado la necesidad de constitución de un aval para poder llevar a cabo las obras, en caso de ocupación permanente del Dominio Público con alguna instalación se exigirá el pago de un canon de ocupación anual.

5. Informes vinculantes a instrumentos de planeamiento urbanístico y ordenación territorial

Acordada la redacción, revisión o modificación de un instrumento de planeamiento urbanístico u ordenación territorial que pudiera afectar a carreteras estatales, el órgano competente para otorgar su aprobación inicial deberá enviar, con anterioridad a dicha aprobación, el contenido del proyecto al MITMS, para que emita, en el plazo de tres meses, un informe comprensivo de las consideraciones que estime convenientes para la protección del dominio público. Este informe tendrá carácter vinculante en lo que se refiere a las posibles afecciones a la Red de Carreteras del Estado. Si transcurrido dicho plazo, no se hubiera evacuado el informe citado, se entenderá su conformidad con el mismo.

6. Aplicación del RDL 7/2015 por el que se aprueba el TR Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana en materia de explotación de carreteras.

El RDL 7/2015 tiene diferentes implicaciones sobre la explotación de carreteras: recoge la clasificación de los suelos en función de su edificabilidad (con la repercusión que esto tiene sobre los EDTUs, publicidad, etc.), indicando que solo el suelo urbanizado puede ejercer sus derechos a la edificación; establece que la administración competente en carreteras deberá emitir informe determinante sobre los instrumentos de ordenación urbanística acerca de la afección y del impacto de la actuación sobre la capacidad de las infraestructuras; y recoge como deberes vinculados a la promoción de las actuaciones de transformación urbanística y a las actuaciones edificatorias el costear y ejecutar las infraestructuras de conexión con las redes generales de servicios y las de ampliación y reforzamiento de las existentes.

7. Régimen sancionador

La Ley 37/2015 de Carreteras regula en la sección 2ª de su capítulo III dedicado al Uso y defensa de las carreteras, las infracciones y sanciones. Las infracciones son catalogadas como muy graves, graves y leves, prescribiendo a los 6, 4 y 1 año, respectivamente. Las infracciones serán sancionadas atendiendo a los daños producidos, al riesgo creado y a la intencionalidad del causante, con las siguientes multas: infracciones leves de 300 a 3.000 €, infracciones graves de 3.001 a 15.000 €, e infracciones muy graves de 15.001 a 300.000 €. Las sanciones tienen como plazos de prescripción 3, 2 y 1 año, respectivamente, según la Ley 40/2015 del Régimen Jurídico del Sector Público. La imposición de sanciones por infracciones leves corresponderá al Delegado del Gobierno; la de las graves, al Director General de Carreteras y la de las muy graves, al Ministro de TMS. La imposición de la sanción que corresponda será independiente de la obligación de indemnizar los daños y perjuicios causados, y de la de restituir o reponer las cosas a su estado anterior.

MEB1T22. Explotación de carreteras (II)

1. Transportes especiales. Nota de Servicio 4/2023

La circulación de vehículos especiales implica factores de riesgo para la seguridad vial y el deterioro de la infraestructura. Por consiguiente, su circulación sólo debe ser autorizada si aporta un interés económico general y ante la imposibilidad de otras alternativas de transporte. De acuerdo con el Reglamento General de Vehículos, el órgano competente en materia de tráfico puede conceder las autorizaciones por un número limitado de circulaciones o por un plazo determinado, previo informe vinculante del titular de la vía, cuando se supere la geometría o cargas máximas por eje permitidas. La autorización propiamente dicha corresponde a la DGT, salvo que el itinerario discorra íntegramente por Cataluña, Navarra o País Vasco.

La SG de Planificación y Explotación de la DGC ha elaborado la Nota de Servicio 4/2023 sobre instrucciones para la emisión de los informes preceptivos y vinculantes relativos a solicitudes de autorización de transportes especiales.

En función de sus dimensiones y cargas, se distinguen cuatro categorías de transporte especial: genérico, ordinario, extraordinario y excepcional. El transporte especial genérico se considera informado favorablemente con carácter general. El transporte especial ordinario no necesita un estudio específico. Los transportes especiales extraordinarios y excepcionales necesitan un estudio específico que acredite que la afección a la carretera no resulta inadmisibles, pudiendo quedar el informe favorable condicionado a la aportación por el titular de un certificado de indivisibilidad de la carga.

2. Áreas de servicio e instalaciones de servicio

Áreas de servicio. Son elementos funcionales de la carretera, formando parte del dominio público viario, diseñados para albergar instalaciones que satisfagan a los usuarios (gasolineras, restaurantes, hoteles, talleres, zona de descanso, etc.), estando prohibidas las actividades de espectáculo o diversión.

El diseño de las áreas de Servicio está regulado por la Ley de Carreteras y su Reglamento, así como la Orden Circular 320/94. En cuanto a su ubicación, no se podrán instalar en variantes o circunvalaciones, extendiéndose la prohibición a los 5 km anteriores y posteriores. Actualmente no existe limitación alguna de distancia entre áreas de servicio, salvo las que deriven de razones de seguridad vial o explotación de la carretera, recogidas en la normativa vigente.

Las áreas de servicio cuentan con accesos directos desde la carretera, y desde ellas no se puede tener acceso a propiedades colindantes o a otras carreteras. El cerramiento de la autovía/autopista las rodea.

Instalaciones de servicio. Las instalaciones de servicio son aquellas que satisfacen las necesidades de los usuarios como estaciones de servicio, restaurantes, hoteles, talleres, etc., pero que a diferencia de las áreas de servicio son propiedades privadas y no son de dominio público. No obstante, por su proximidad a la carretera les son de aplicación las limitaciones a la propiedad que establece la Ley de carreteras. En autovías y autopistas los accesos a una instalación de servicio deben ser siempre a través de enlaces o vías de servicio conectadas con ellos. En carreteras convencionales se puede admitir accesos directos cuando esté suficientemente justificada la imposibilidad de otro tipo de acceso.

3. Aparcamientos seguros

La Ley 37/2015 de Carreteras define los aparcamientos seguros como aquellas zonas dotadas de instalaciones destinadas a facilitar el estacionamiento temporal de vehículos, fundamentalmente destinados al transporte, en condiciones de seguridad, ubicadas en la proximidad de carreteras o sus zonas de influencia. Deben incluir servicios básicos como duchas y aseos, internet y opciones de compra de alimentos para proporcionar un confort estándar, y reunir condiciones de accesibilidad universal para personas con discapacidad.

Corresponde al MITMS verificar el cumplimiento de los requisitos que habrán de cumplir los aparcamientos seguros, y gestionar la Plataforma Nacional de Aparcamiento Seguro y Protegido.

La Comisión Europea ha elaborado un estándar para catalogar los aparcamientos seguros para camiones, que contempla unos servicios mínimos y cuatro categorías, según los niveles de seguridad que ofrecen: bronce, plata, oro y platino.

4. Accesos a la Red de Carreteras del Estado: normativa aplicable

Los accesos a la Red de Carreteras del Estado se regulan en la Ley de Carreteras 37/2015, en la instrucción 3.1-IC y en la Orden de 16 de diciembre de 1997 de accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios.

Se consideran accesos a una carretera estatal las conexiones de ésta con sus vías de servicio o con otras vías no estatales, y las entradas y salidas directas a núcleos urbanos, industriales, y a fincas colindantes. Son accesos directos aquellos en los que la incorporación de los vehículos se produce sin utilizar las conexiones de otras vías públicas con la carretera.

Se prohíben los accesos directos a las autopistas y autovías, y a las nuevas carreteras que no sean vías de servicio. Los accesos a las autopistas y autovías se realizarán a través de enlaces y a nuevas carreteras a través de sus nudos o de vías de servicio. Tampoco se autorizarán accesos directos a los ramales de los enlaces e intersecciones y a los carriles de cambio de velocidad. En el resto de carreteras, las propiedades colindantes tampoco tendrán acceso directo, salvo que se realice a través de vías de servicio, o el acceso sea de interés público, o no sea posible otro tipo de acceso.

La Orden de Accesos otorga al Director General de Carreteras las competencias para limitar los accesos a las carreteras estatales, establecer los lugares en que pueden construirse, y reordenar los accesos existentes; otorgar, modificar o suspender las autorizaciones de acceso y para las instalaciones de servicio.

5. Travesías y tramos urbanos

La Ley 37/2015 de Carreteras define las **travesías** como las partes de carretera en las que existen edificaciones consolidadas al menos en dos terceras partes de la longitud de ambos márgenes y un entramado de calles conectadas con aquélla en al menos una de sus márgenes; y los **tramos urbanos** como tramos de carretera estatal que discurren por suelo clasificado como urbano en el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico y reconocidos por un estudio de delimitación de tramos urbanos aprobado por el Ministerio.

El otorgamiento de autorizaciones para realizar obras en la zona de dominio público y servidumbre de los tramos urbanos que no sean travesía corresponde al Ministerio, previo informe del Ayuntamiento correspondiente. En las travesías que no sean tramo urbano el otorgamiento es igual, incluso en las restantes zonas de protección (afección y limitación a la edificabilidad) de la carretera. Y, por último, en las travesías que sí sean tramo urbano, el otorgamiento le corresponde al Ministerio, previo informe del ayuntamiento, pero solo en la zona de dominio público. El silencio administrativo respecto a las solicitudes de autorización indicadas tendrá siempre carácter negativo.

6. Estudios de delimitación de tramos urbanos

La Ley 37/2015 de Carreteras establece que en los estudios de delimitación de tramos urbanos (EDTU) el MITMS fijará, para la fracción de Red de Carreteras del Estado estudiada, los tramos que se consideran urbanos y los que se consideran travesías. Asimismo, se fijará en todos los casos la línea límite de edificación y la zona de dominio público y, en los urbanos, también la de servidumbre, todo ello según las circunstancias de cada margen de la vía. La anchura definida por dicha línea límite de edificación podrá ser no uniforme, y la misma podrá fijarse a distancia inferior a la prescrita con carácter general por la Ley, de acuerdo con el planeamiento urbanístico previamente existente a la entrada en vigor de la Ley.

A efectos de lo previsto en el apartado anterior, el MITMS notificará al ayuntamiento y comunidad autónoma afectados el EDTU a fin de que en el plazo de dos meses a partir del día siguiente a la fecha de dicha notificación emitan informe.

En caso de conformidad, o si el ayuntamiento o la comunidad afectada no contestasen en plazo, el EDTU podrá ser aprobado por el MITMS. En caso de disconformidad, que deberá ser motivada, el MITMS decidirá si procede continuar con la tramitación, y en este caso la elevará al Consejo de Ministros, que resolverá si procede aprobar el estudio de delimitación.

Con independencia de la información oficial mencionada, se llevará a cabo un trámite de información pública durante un período de treinta días hábiles. Las observaciones en este trámite solamente se podrán tener en consideración si versan sobre la repercusión que el estudio tendría en lo referente a limitaciones a la propiedad, régimen de autorizaciones, infracciones y sanciones.

Los EDTUs deberán actualizarse, siguiendo el procedimiento indicado, cuando las circunstancias así lo demanden, y como máximo cada cinco años después de su aprobación definitiva.

7. Cesión de tramos. Orden TMA/1160/2021, de cesión de tramos a Ayuntamientos

La Ley de Carreteras 37/2015 establece que el MITMS promoverá los acuerdos oportunos para transferir a la administración que corresponda las carreteras o tramos de las mismas que, siendo de titularidad del Estado, no cumplan los requisitos precisos para formar parte de la RCE. La cesión de tramos urbanos de carreteras estatales está regulada por la Orden TMA/1160/2021. El expediente se promoverá a instancia del Ayuntamiento o del MITMS, y será resuelto por el Consejo de Ministros, excepcionalmente podrá resolverlo el Ministro cuando exista acuerdo entre ambas partes.

Una carretera estatal o un tramo determinado adquieren la condición de vía urbana si se cumplen a la vez estas dos condiciones: que el tráfico de la carretera sea mayoritariamente urbano, y que exista alternativa viaria que mantenga la continuidad de la RCE. Se trata de una situación habitual con la construcción de autovías y variantes de población de carreteras convencionales.

El acuerdo se formalizará sobre la base de un proyecto de acondicionamiento redactado por la Dirección General de Carreteras del MITMS. La ejecución de las obras será contratada por el MITMS, que asumirá su financiación. Una vez firmada el acta de recepción de las obras, el MITMS dictará resolución por la que se transferirá al Ayuntamiento la titularidad del tramo de carretera con todos sus elementos auxiliares y equipamientos. Desde ese momento y sin más trámites, el Ayuntamiento asumirá plenamente la titularidad del tramo y será responsable de su conservación y explotación, sin perjuicio del régimen de responsabilidad del contratista establecido en la LCSP para las obras por él ejecutadas. El tramo de carretera entregado al Ayuntamiento será excluido de la Red de Carreteras del Estado y de sus inventarios y catálogos.

8. Gestión y seguimiento en materia de ruido: aplicación de la Ley 37/2003 de ruido a la Red de Carreteras del Estado. Mapas de ruido y planes de acción.

En materia de carreteras, la Ley 37/2003 de Ruido exigía la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido (MER) para todos aquellos corredores con más de 3 millones de vehículos anuales. Por ello, la Dirección General de Carreteras aprobó en el año 2013 los MER 2ª fase, que simulan la contaminación acústica producida por las carreteras en los receptores cercanos. Posteriormente, se desarrolló el Plan de Acción contra el Ruido 2ª fase (PAR) que recogía medidas específicas para eliminar los rebases en los Objetivos de Calidad Acústica detectados en los MER: reducción de velocidad; pantallas acústicas; firmes fonoabsorbentes; o actuaciones complejas (soterramientos, viseras o similares).

Los fondos NextGenerationEU tienen el ruido como uno de sus objetivos fundamentales, por lo que se está financiando con estos fondos: la redacción de unos 100 proyectos de construcción de actuaciones no complejas del PAR 2ª fase; la construcción de los proyectos anteriores que se ejecuten en los próximos años; la elaboración de las órdenes de estudio de las actuaciones complejas del PAR 2ª fase; y la elaboración de los MER y PAR de las fases 3 y 4, que tienen un alcance ambicioso en cuanto al reparto de responsabilidades entre las distintas administraciones públicas.

MEB1T23. Innovación aplicada a la movilidad por carretera

1. Innovación aplicada a la movilidad por carretera, sistemas inteligentes de transporte cooperativos (C-ITS)

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son un conjunto de aplicaciones informáticas, electrónicas o de comunicaciones para mejorar la movilidad, seguridad y productividad del transporte, optimizando la utilización de las infraestructuras y aumentando la eficiencia energética. Destacan los siguientes ITS relacionados con las carreteras:

- Los equipos y sistemas de aforo de vehículos y detección de sus características.
- Los sistemas de cobro electrónico de peajes o tasas por el uso de infraestructuras, sin necesidad de parar el vehículo.
- Los equipos para la captación de datos ajenos a la propia infraestructura y al vehículo, como estaciones meteorológicas, detectores de niebla, detectores de temperatura del pavimento, células fotoeléctricas.
- Los sistemas para la gestión en túneles.
- Comunicación entre vehículos y con la infraestructura: están en desarrollo sistemas I2V en los que los sistemas a bordo del vehículo gestionarían los datos recibidos a través de los sensores de comunicación con la infraestructura, consiguiendo mantener niveles de seguridad altos en la conducción, informando de la posibilidad de cambiar el itinerario en función de los problemas detectados en la vía, etc.

Los ITS cooperativos (C-ITS) son el área de los ITS que se ocupa del intercambio de información en tiempo real entre los usuarios de la carretera y la infraestructura, permitiendo aplicaciones y servicios avanzados con un enorme potencial para aumentar la comodidad, la movilidad y la seguridad.

2. Vehículo autónomo y conectado

El vehículo autónomo es capaz de desplazarse por sí mismo, sin la interacción del conductor, respetando las señales y normas de tráfico, pudiendo tomar decisiones en función de todo aquello que le rodea y pudiendo calcular de nuevo la ruta hacia su destino ante cualquier imprevisto durante el viaje.

Se espera que la conducción autónoma revolucione el tráfico rodado mitigando las externalidades actuales, especialmente al reducir los accidentes (el factor humano se considera el responsable del 90% de los accidentes de tráfico), reducir la contaminación y la congestión (al ser el vehículo autónomo más eficiente en la conducción). Además, el coche autónomo puede contribuir a una movilidad más inclusiva, haciendo posible que personas que no pueden conducir (algunas personas de edad avanzada o con discapacidad, menores o personas sin carné) puedan desplazarse en estos vehículos sin necesidad de depender de otra persona.

A pesar de estas ventajas, existen aún muchas dudas y desafíos a superar, ya que la operación de los vehículos autónomos implica no solo el desarrollo de los vehículos sino también el desarrollo de todo el entorno de conducción (infraestructura digital y física, conectadas entre sí y con el vehículo), así como la consideración de un gran abanico de aspectos éticos, regulatorios y socio-económicos a tener en cuenta.

La Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 del MITMS incluye una línea de actuación centrada en la automatización del transporte y el impulso a vehículos conectados y autónomos, dentro del Eje 5 de Movilidad Inteligente. En particular, se propone:

- Avanzar en el diseño de una Hoja de Ruta para el impulso del vehículo autónomo, que será desarrollada en el seno de un grupo interministerial que partirá de un “mapa” de las normas y estándares existentes que afectan al vehículo autónomo, con identificación de las autoridades competentes.
- Caracterizar las carreteras estatales en función de su idoneidad para ser testadas para la conducción autónoma y conectada.
- Analizar la creación de un sandbox regulatorio o entorno seguro desde el punto de vista de la regulación, en el que puedan probarse innovaciones tecnológicas antes de su llegada al mercado, bajo estricto seguimiento de las autoridades y con máximas garantías para los participantes.

Se trata de medidas concretas para los próximos años que ayudarán al desarrollo a largo plazo de la conducción autónoma. Y es que aunque pasarán muchos años, incluso décadas, hasta ver vehículos autónomos operando masivamente en las calles, los vehículos autónomos son ya una realidad tangible en algunas partes del mundo.

Alemania, principal productor automovilístico de Europa está avanzando en la regulación de la conducción autónoma. Desde el Gobierno alemán se defiende que este marco regulatorio ofrecerá la oportunidad de avanzar en la investigación y el desarrollo y de hacer que la movilidad del futuro sea más versátil, más segura, más respetuosa con el medio ambiente y más orientada al usuario. Numerosos fabricantes de vehículos alemanes aprovecharán este marco regulatorio para acelerar la investigación en el campo y seguir posicionándose estratégicamente en él.

En nuestro país, también se ha avanzado recientemente en la puesta en marcha de vehículos autónomos, en particular, de autobuses autónomos. En febrero de 2021, se puso en circulación un autobús autónomo cero emisiones en las calles de Málaga. Era la primera vez en Europa que un vehículo de alta capacidad entraba en servicio en situación de tráfico real en una ciudad. El autobús circuló en fase de pruebas durante un mes, realizando el trayecto desde el Ayuntamiento de Málaga hasta el puerto, y los pasajeros que querían probar el funcionamiento podían reservar su plaza a través de una aplicación. Aunque la conducción era autónoma, durante las pruebas había siempre un conductor para revisar la operativa.

3. Carreteras inteligentes

Las carreteras inteligentes son vías que incorporan tecnología avanzada en materia de seguridad, carga de vehículos y conectividad. Tienen tres objetivos claros: aumentar la eficiencia en la conducción, mejorar la seguridad y reducir la contaminación en el medio ambiente.

4. Tecnologías aplicables para la tarificación de las carreteras

El pago por uso de las carreteras en Europa está regulado por la Directiva 2019/520 relativa a la interoperatividad de los sistemas de telepeaje de las carreteras y por la que se facilita el intercambio transfronterizo de información sobre el impago de cánones de carretera en la Unión.

Existen dos posibles tecnologías para la implantación de los sistemas de pago por uso. Una está basada en dispositivos de comunicación de corto alcance DSRC (Dedicated Short Range Communication), donde cada vehículo instala un pequeño equipo embarcado y el pago se activa cuando ese equipo es detectado por un pórtico situado en la carretera. Para permitir la tarificación en función de la distancia recorrida es necesario que exista uno de esos pórticos por cada sentido y tramo de la vía donde exista una entrada o salida. Este es el sistema que actualmente usa el Via-T en España, siendo una solución óptima en las autopistas donde el número de entradas y salidas es reducido.

La segunda tecnología considerada es la unión de la navegación por satélite y la telefonía móvil. En este caso el equipo embarcado es más complejo, ya que es capaz de detectar de forma autónoma, basado en la posición estimada, el uso de la infraestructura sujeta a cobro sin necesidad de pórticos.

5. Digitalización de la Red de Carreteras del Estado

El MITMS avanza hacia una gestión digital de la Red de Carreteras del Estado, afrontando este reto en su Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030, así como desde la Presidencia de la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM (Building information modelling) en la licitación pública.

La incorporación de la metodología BIM depende en un 80% de las personas y los procesos y un 20% de la tecnología. Este proceso supone un enorme desafío en la DGC, por varias razones:

- La gran extensión de la red en servicio: La Dirección General de Carreteras gestiona más de 26.000 km de tronco principal de carreteras, autovías y autopistas, a los que hay que sumar el resto de viales que conforman la red (vías de servicio, ramales de enlace, glorietas, etc).
- La organización de la DGC en servicios centrales (Subdirecciones) y en servicios periféricos (Demarcaciones de Carreteras), con un total de 1.900 empleados, lo que da una idea de la complejidad de su organización y de sus procedimientos.
- Vías gestionadas mediante diferentes modalidades de gestión:
 - Gestión directa: Red no concesionada, dividida en diferentes sectores que incluyen tramos de autovías, de carreteras convencionales, etc.
 - Gestión indirecta: Autovías concesionadas en el programa de autovías de primera generación, junto con la autovía en concesión A-66 Benavente - Zamora; autovías y autopistas de peaje gestionadas actualmente por SEITSA y autopistas de peaje en concesión.

La incorporación de la nueva metodología de trabajo BIM difiere de los usos y costumbres aplicados en los procedimientos administrativos durante décadas en la DGC. La DGC realizó una evaluación integral previa e identificó la necesidad de una serie de actuaciones iniciales de transformación de la gestión. Estas actuaciones no constituyen en sí mismas resultados de implantación BIM, pero son ineludibles a la hora de conseguir la plataforma de trabajo única y la base de datos interoperable que configure el escritorio de todos los empleados de la DGC, las empresas contratistas o los ciudadanos.

Entre otras iniciativas, la DGC ha impulsado desde principios del año 2020 la creación de varios grupos de trabajo internos, asociados a distintas líneas de actuación con el objetivo de avanzar en dicho proceso de digitalización que permita la adaptación a la metodología de trabajo BIM. En concreto se trabaja en:

- Digitalización de la información y del expediente administrativo.
- BIM gestión de activos (BIM COEX).
- BIM innovación en proyecto y obra.

La metodología BIM solo generará valor al sector de la construcción cuando esté integrada por todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de la infraestructura, permitiendo que la información fluya entre fases e implicados. Para ello, la interoperabilidad será la clave debido a la diversidad de las aplicaciones que existen o se crearán en el futuro para resolver las distintas necesidades a las que se enfrentan proyectistas, constructoras, conservadoras y explotadores de carreteras a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura.

La DGC es consciente de su papel tractor sobre el sector de la construcción y trabaja para adaptarse a la transformación que implica BIM y para definir con concreción los requisitos de trabajo y entregables en BIM que constituirán su forma habitual de trabajo en los próximos años.

MEB1T24. Seguridad vial

1. Indicadores de seguridad vial

Según sus repercusiones, los accidentes se clasifican en: accidentes con daños materiales (en los que no se producen lesiones), accidentes con víctimas (en los que se producen lesiones o muerte), accidentes mortales (según un criterio internacional, se considera que la víctima fallece como consecuencia del accidente si se produce en los 30 días siguientes).

Los estudios de seguridad vial se basan en el estudio de los accidentes con víctimas. Además de los datos de accidentes, para los estudios de seguridad vial es primordial contar con datos sobre las características de la carretera y el tráfico.

Los índices relacionados con los accidentes se pueden clasificar en:

- Índices generales (en comparaciones internacionales), como el número anual de víctimas mortales o accidentes con víctimas por cada 10^5 hab o 10^5 veh, tienen el gran inconveniente de no tener en cuenta el volumen de tráfico.
- Índices para la planificación de medidas, reflejan el riesgo de sufrir un accidente, los más habituales son:
 - Índice de mortalidad: Víctimas mortales / 10^8 vehículo-km
 - Índice de peligrosidad: Accidentes con víctimas / 10^8 vehículo-km
 - Índice de gravedad: Víctimas mortales / 100 accidentes con víctimas
 - Índice de severidad: Accidentes con víctimas mortales / 100 accidentes con víctimas
- Indicadores específicos para estudios detallados, que sirven para el proyecto de medidas concretas:
 - Tipo de accidentes: colisiones frontales, laterales, alcances, salidas de vía, atropellos, vuelcos, etc.
 - Condiciones ambientales y estado de la vía: día o noche (iluminada o no), pavimento seco, mojado, nieve o hielo.
 - Vehículos implicados (bicicletas, motocicletas, turismos, autobuses, camiones) o peatones.

2. Últimas cifras y evolución de los principales indicadores

Durante 2023 fallecieron 1.806 personas en siniestros de tráfico (1.288 en vías interurbanas y 518 en vías urbanas), un 3% más que en 2022, siendo el aumento en las vías urbanas del 10%. Los fallecidos vulnerables (peatones, usuarios de patinetes, ciclistas y motoristas) supusieron el 52% del total, porcentaje que en vías urbanas alcanza el 80%. Factores como el exceso de velocidad o las distracciones por el teléfono móvil siguen siendo claves en los accidentes con víctimas mortales, a los que se añade la falta de protección adecuada, cinturón de seguridad o casco en motoristas y ciclistas, como agravante en la severidad de los siniestros.

De total de fallecidos en vías interurbanas, aproximadamente la tercera parte perdieron la vida en la Red de Carreteras del Estado. Estas cifras, aunque dramáticas, son muy positivas en comparación con las de hace años, pues en el año 2003 fallecieron en accidentes de tráfico 3 veces más, teniendo ahora menos víctimas en carretera que en el año 1960 cuando había 30 veces menos de vehículos. En 2022 en la RCE el índice de peligrosidad era de aproximadamente 8 y el índice de mortalidad aproximadamente 0,3. El riesgo de tener un accidente con víctimas en una carretera convencional estatal es más de 2 veces el de una carretera de gran capacidad, siendo el riesgo de fallecer 4 veces el de una vía de gran capacidad, lo que denota la mayor severidad de los accidentes que se producen en las carreteras convencionales.

En cuanto a los tipos de accidentes que se dan en la red estatal:

- Las salidas de la vía son el tipo de accidentes con más víctimas mortales, el 32% de los muertos se produce en este tipo de accidentes (son los mayoritarios en vías de gran capacidad). Le siguen las colisiones frontales y fronto-laterales, en las que se producen el 24% de las víctimas mortales (son los mayoritarios en carreteras convencionales).
- Destaca también la elevada severidad de los accidentes por atropello, pues si bien representan tan solo el 2% de los accidentes con víctimas, arrojan el 14% de las víctimas mortales en las carreteras del Estado.

3. Aspectos de la infraestructura que más incidencia tienen sobre la seguridad vial

Entre las características de la carretera que más influyen en la seguridad se pueden citar las siguientes:

- El control de accesos, ya que un buen control de accesos evita incorporaciones o salidas de la carretera de forma indiscriminada en lugares que pueden no reunir las condiciones adecuadas por falta de visibilidad o ausencia de carriles de cambio de velocidad.
- La sección transversal, donde influyen de forma notable los arcenes, la disposición de bermas adecuadas y las zonas de despeje lateral.
- El trazado en planta y alzado, que debe ser coherente con la velocidad de recorrido, con radios de curvatura superiores al mínimo exigido para esa velocidad, peraltes adecuados, acuerdos verticales que garanticen la visibilidad, también debe evitar saltos bruscos entre la velocidad específica de elementos de trazado contiguos, y una adecuada coordinación planta alzado, evitando pérdidas de trazado o problemas de visibilidad.
- La disposición de intersecciones y enlaces, en número, distancia entre ellos y con tipologías adecuadas para las intensidades de tráfico a las que deban servir.
- La señalización horizontal y vertical, para garantizar una circulación lo más segura posible.
- Los sistemas de contención de vehículos, ubicados en los lugares precisos y con la tipología correcta.
- Las características superficiales del pavimento, fundamentalmente el CRT, y en menor medida el IRI puesto que es más un indicador de confort que de seguridad. Se puede presentar la situación paradójica en la que en una carretera con pavimento en mal estado sucedan menos accidentes por la menor velocidad a la que transitan los vehículos.

4. RD 345/2011 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la RCE y su desarrollo en las OC 30/2012 y 39/2017

El Real Decreto 345/2011 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la RCE, es la trasposición de la Directiva 2008/96 sobre la Gestión de la Seguridad Vial de las Infraestructuras.

El ámbito de aplicación del RD es el conjunto de todas las carreteras integrantes de la Red Transeuropea, las autopistas y las otras carreteras principales (autovías) que forman parte de la RCE, independientemente de que se encuentren en fase de planificación, proyecto, construcción o servicio. El RD se aplica tanto a nuevas carreteras, como a modificaciones sustanciales de las existentes (duplicaciones de calzada, variantes de población u obras de acondicionamiento de más de 10 km). Están excluidos los túneles de carretera, dado que tienen una reglamentación específica de seguridad mediante el RD 635/2006 sobre Seguridad en Túneles. La Ley 37/2015 ha extendido la evaluación y gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en servicio y las inspecciones periódicas de seguridad viaria a toda la RCE.

El RD define diferentes procedimientos: Evaluación del impacto de las infraestructuras viarias en la seguridad, Auditorías de seguridad viaria, Evaluación y gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en servicio, e Inspecciones periódicas de seguridad viaria. Por su parte, la OC 30/2012, modificada por la OC 39/2017, ha aprobado las directrices básicas de estos procedimientos, así como el programa de formación inicial y actualización periódica de los auditores.

El RD 345/2011 también define dos conceptos fundamentales, que son:

- Tramo de concentración de accidentes (TCA), tramo de carretera de longitud no superior a 3 km, salvo excepciones justificadas, que lleve en explotación más de 3 años, en el que las estadísticas de accidentes registrados indican que el nivel de riesgo es significativamente superior al de tramos semejantes.
- Tramo de alto potencial de mejora (TAPM), tramo de carretera con alto potencial de ahorro de los costes originados por los accidentes en el que se espera que una mejora de la infraestructura sea altamente efectiva.

Evaluación del impacto de las infraestructuras viarias en la seguridad (EIIVS). Consiste en un análisis comparativo de la repercusión de una carretera nueva o de la modificación sustancial de una carretera existente sobre la seguridad de la red viaria. El informe de evaluación de impacto debe exponer las consideraciones de seguridad que sean relevantes para la elección de la alternativa óptima, para ello debe incluir un análisis cualitativo y cuantitativo del efecto de las alternativas sobre la seguridad vial.

En el análisis multicriterio de las alternativas estudiadas en el estudio informativo se tendrán en cuenta la EIIVS, de acuerdo con un factor de ponderación. También se considerará en los análisis coste-beneficio de las diferentes alternativas el efecto de la reducción de la accidentalidad que se espere de cada alternativa respecto a la alternativa “cero”.

Auditorías de seguridad viaria. Son una comprobación independiente, pormenorizada y sistemática de la seguridad de las características de diseño del proyecto de una carretera, aplicada a las diferentes fases que van desde el anteproyecto a la explotación en su fase inicial. Con las auditorías de seguridad viaria se busca identificar con antelación suficiente los potenciales problemas que afecten a la seguridad vial, a fin de adoptar medidas para eliminarlos o reducirlos.

Tanto los informes de auditoría como los de respuesta en las etapas de proyecto y previa a la apertura deben incorporarse al expediente del proyecto y obra, siendo archivados con él. Los informes de la fase inicial de servicio serán archivados por los servicios de conservación de la Demarcación.

El Real Decreto 345/2011 fija que los equipos de auditoría estarán compuestos al menos por un auditor principal y uno auxiliar, que serán designados por la Dirección General de Carreteras. Los auditores deberán cumplir estos requisitos:

- Auditores auxiliares: deben tener experiencia o formación en el diseño de carreteras, estudio de accidentes y seguridad vial, haber realizado el programa de formación, superado las pruebas de acreditación, y participado en los cursos periódicos de actualización, y ser independientes, sin haber participado en el anteproyecto o proyecto.
- Auditores principales: además de los requisitos anteriores, deben haber participado en la auditoría de 3 proyectos análogos considerados en dos grupos (anteproyecto/proyecto, puesta en servicio/fase inicial de servicio) bajo la dirección de un auditor principal.

Evaluación y gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en servicio. Incluirá la evaluación de la seguridad de los tramos completos de las carreteras en servicio en la que se integran la identificación (cada 3 años) y el tratamiento (sin fijar periodo) de los TCA y los TAPM.

La DGC priorizará en sus programas de actuaciones de mejora la ejecución de las medidas de mayor índice de rentabilidad esperada (cociente entre el ahorro de costes sociales por reducción de la accidentalidad, a lo largo de la vida útil de la medida, y el coste de la medida), e informará a los usuarios sobre los TCA.

Inspecciones periódicas de seguridad viaria. La DGC llevará a cabo periódicamente inspecciones de las carreteras a través de las cuales se identificarán los elementos de la carretera susceptibles de mejora en los que se requiera una actuación de mantenimiento por motivos de seguridad, así como la repercusión de las obras viarias sobre la seguridad de la circulación y velará para que se adopten las medidas de seguridad pertinentes. Las Inspecciones se llevarán a cabo con una frecuencia mínima de 6 años por inspectores designados por la DGC que tendrán experiencia o formación específica en el diseño de carreteras, ingeniería de la seguridad vial y análisis de accidentes. Los inspectores revisarán los aspectos relacionados con la seguridad de la circulación realizando recorridos con el fin de detectar aquellos elementos susceptibles de mejora mediante actuaciones de mantenimiento. Estos elementos, así como las propuestas de actuaciones preventivas se reflejarán en un informe de inspección, que podrá proponer la adopción de medidas que se realizarán en el menor plazo posible en función de la disponibilidad presupuestaria, y que serán objeto del oportuno seguimiento.