



# Una metodología para el estudio del acondicionamiento de carreteras en entornos difíciles: El caso de la N-621 en el desfiladero de La Hermida

José P. Alba García  
ICCP  
Urbiconsult, S.A.  
Juan C. Mas Bahillo  
ICCP

Demarcación de Carreteras  
del Estado en Cantabria  
y José Murillo Díaz  
ICCP  
Dirección General de Carreteras  
del Ministerio de Fomento

## Resumen

**S**e presenta de forma sintética el estudio desarrollado para definir las actuaciones necesarias para mejorar las condiciones de servicio de un tramo de unos 20 km de la carretera N-621, entre Castro - Cillórgo (Cantabria) y Panes

(Asturias), en un medio natural escarpado, típico de un desfiladero profundo, y de muy singulares valores medioambientales. Se describe sucintamente un procedimiento innovador aplicado para llegar a alcanzar una solución de trazado que compatibiliza objetivos funcionales básicos y de preservación y puesta en valor del entorno atravesado, dando prioridad a la implantación “punto a punto” de la nueva sección tipo. Asimismo se muestran algunos de los formatos de presentación de datos y resultados que aportan nuevas soluciones para ofrecer una más fácil comprensión de los estudios realizados.

**PALABRAS CLAVE:** metodología, voladizos, entornos difíciles, iteraciones, plataforma, muros, consistencia.

## 1. Antecedentes

Los primeros pasos hacia la mejora de la carretera N-621 entre Castro – Cillórgo y Panes se dieron en el año 1992, con la emisión, por parte del Ministerio de Fomento, de una Orden de Estudio para la redacción de un Estudio Previo, que fue redactado en 1995, así como las primeras tramitaciones ambientales. Un informe del Órgano Ambiental indicó que las actuaciones propuestas no eran compatibles con la preservación de algunos valores protegidos, y necesitaban ser reconsideradas. En febrero de 2006, la Dirección General de Carreteras del Ministerio Fomento emitió la Orden de Estudio para el Estudio Informativo recientemente aprobado, cuya redacción conclu-



yó a principios del año 2009. El 8 de octubre de 2010 se publicó en el Boletín Oficial del Estado la Declaración de Impacto Ambiental favorable a las actuaciones propuestas en este Estudio, que se aprueba definitivamente el 10 enero de 2011.

La Orden de Estudio del Estudio Informativo definía como objeto del mismo la recopilación y análisis de la información necesaria para definir las diferentes alternativas viables para la mejora del tramo, analizando sus ventajas e inconvenientes y enfatizando el análisis sobre los condicionantes de tipo ambiental. Se establecían en la Orden de Estudio una calzada de 6 metros y arceles de 0,25 m, y que, en casos de especial dificultad, el ensanche de la plataforma se debía conseguir sacrificando el trazado geométrico. Se debía prever la construcción de aceras en el núcleo de La Hermida, la mejora de la protección de la carretera frente al desprendimiento de rocas mediante la colocación de pantallas dinámicas, el ensanche de los puentes existentes, la reposición de los accesos al río Deva, la mejora del drenaje longitudinal y transversal de la vía y el acondicionamiento ambiental de las obras.

## 2. Datos básicos y condicionantes

La carretera N-621 de León a Santander por Potes significa para los municipios de la zona prácticamente la única comunicación con Santander y Asturias por el Norte, así como con Palencia, León y Burgos por el Sur. Igualmente, supone la única vía de acceso desde la Cornisa Cantábrica hasta los valles de Camaleño y de Liébana. Es por tanto, la vía de acceso a servicios tan imprescindibles como los sanitarios, administración, comercio o educación, para una población cercana a los 10 000 habitantes censados en Potes y su entorno.

El tramo comprendido entre Castro Cillorigo y Panes (figura 1), de unos 20 km de longitud, discurre por el Desfiladero de La Hermida, cuya singular geomorfología viene definida por un relieve muy acusado en el que destacan sobremanera la verticalidad de las importantes paredes calizas, las grandes montañas y verdes laderas, así como el río salmonero Deva que recorre la garganta en paralelo a la propia carretera,



Figura 1. Delimitación del tramo Castro Cillorigo – Panes en la N-621

gozando todo el espacio atravesado de un conjunto de valores ambientales y paisajísticos que le confieren una singular y espectacular belleza.

La red fluvial que desemboca en el río Deva discurre de forma perpendicular al trazado, destacando los ríos Navedo, Corvera y Urdón, entre otros.

Los municipios directamente afectados por la carretera N-621 son: de Sur a Norte, Cillorigo de Liébana, Peñarrubia y Tresviso en Cantabria; y Peñamellera Baja en Asturias.

### Red viaria

La accesibilidad a Cantabria desde la Meseta ha mejorado de forma considerable con la puesta en servicio de los últimos tramos de la Autovía A-67, de Palencia a Santander. El resto de ejes de comunicación Norte – Sur (N-629, de Burgos a Santoña; N-623, de Burgos a Santander; ó N-621, de León a Unquera) presentan unas características funcionales que en gran medida no pueden considerarse adecuadas para satisfacer la demanda de tráfico, tanto de acceso en general como de condiciones de servicio.

En este sentido destaca el eje con-

formado por la carretera N-621, por su inadecuación a las demandas funcionales actuales y deficiente nivel de servicio. Esta carretera parte de León y atraviesa el Puerto de San Glorio, conectando con Liébana, Potes, La Hermida y Panes, así como con la Autovía A-8 del Cantábrico y la N-634 Irún – La Coruña en Unquera. Cabe señalar que el tramo Panes – Unquera fue acondicionado en su momento mediante ensanche de la plataforma, hasta alcanzar una sección 1+7+1, realizando mejoras en el trazado y construyendo un nuevo firme.

De igual modo, se rehabilitó el tramo Castro – Potes, actuaciones que ponen en evidencia la grave discontinuidad en las características geométricas del trazado en el tramo intermedio.

La red viaria actual se complementa con las carreteras locales y caminos vecinales que sirven de acceso a los pequeños núcleos de población. Así, la carretera N-621 conecta con las carreteras CA-880 a Lebeña, CM-22/11 a Allende, CA-282 a Caldas, Linares, Navedo y Piñeres, y con la CM-22/03 a Beges, así como con los caminos vecinales a Cuñaba y Robriguero.

El acusado relieve conformado por las paredes rocosas de fuerte pendiente o verticales en la margen del monte (figuras 2 y





Figuras 2 y 3. Las paredes rocosas suponen una limitación física de las condiciones de servicio en la carretera que atraviesa el desfiladero



Figura 4. Vehículos retrocediendo para permitir el paso a otros, lo que ocasiona retenciones y degradación de las condiciones de servicio.



Figura 5. Panorámica del desfiladero desde el Mirador de Cicera, situado en Peñarrubia (Cantabria)

3), por los pronunciados terraplenes en las márgenes que dan hacia el río Deva, por los vuelos de macizos rocosos sobre la carretera que limitan el gálibo disponible, o la estrechez de los cuatro puentes existentes sobre el río Deva, definen las limitaciones de una plataforma de sección muy ajustada

que constituye el principal condicionante a la hora de abordar un estudio de alternativas de ampliación de aquélla. Se podría afirmar que los tiempos de recorrido desde la localidad de Potes hacia los principales destinos de la cornisa costera son muy elevados y, en cierto modo, inadmisibles.

## Tráfico

El tramo de la N-621 comprendido entre Castro – Cillorigo y Panes tiene una IMD de 2 144 veh/día en el año 2009 (según registro de la estación S-321 en La Hermida), de los cuales un 8% (unos 170 vehículos) son camiones o autobuses. El tráfico en verano se llega a triplicar, dado el gran atractivo turístico y deportivo que tiene la zona. Este hecho, unido a la geometría del trazado y características de la sección disponible, hace que se produzcan retrasos y degradación del nivel de servicio (*figura 4*) que afecta muy negativamente a una importante población (casi 10 000 habitantes censados en Potes y su entorno), que ha de servirse, sin alternativa posible, de este tramo de carretera para comunicarse tanto con la Costa Cantábrica como con Castilla y León, y acceder así a los servicios más básicos en la capital, Santander.

## Espacios Naturales de Interés Ambiental

Las singulares características ecológicas, paisajísticas y culturales que conforman la zona sobre la que se ha desarrollado el Estudio Informativo, han llevado a numerosos reconocimientos de los valores ambientales que ésta alberga. De acuerdo con la legislación vigente, se distinguen distintas categorías de protección, que van desde Parque Nacional a Hábitats de Interés Comunitario, pasando por Espacios Protegidos de la Red Natura 2000 (*figura 5*). Así, se tienen:

### Espacios Naturales Protegidos

Un pequeño subtramo comprendido entre Urdón y Rumenes, de aproximadamente





## ÁREA DE ESTUDIO

Figura 6. Localización de LICs



## ÁREA DE ESTUDIO

Figura 7. Localización de ZEPAs

dos kilómetros (desde el p.k.166 al p.k.168, aproximadamente) discurre atravesando el límite noroeste del Parque de los Picos de Europa, que fue declarado como Parque Nacional en el año 1995. Está declarado también como Reserva de la Biosfera de Picos de Europa, Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) de Picos de Europa, y Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de Picos de Europa.

### Espacios protegidos de la Red Natura 2000

Todo el trazado sobre el que se ha realizado el Estudio discurre en paralelo al río Deva, que está catalogado por la Comunidad de Cantabria como Lugar de Importancia Comunitaria "Río Deva", incluyéndose por tanto en la Red Natura 2000. El último tramo de este LIC se solapa con el LIC "Río Cares-Deva", declarado por el Principado de Asturias, desde la confluencia con el Parque Nacional de los Picos de Europa, ocupando el cauce del río Deva hasta su confluencia con el Cares, río sobre el que continúa esta misma protección ambiental.

Prácticamente toda la zona de estudio forma parte de la Red Ecológica Europea Natura 2000 (ver figuras 6 y 7), ya que además de los anteriores espacios protegidos, existen otros Lugares de Importancia Comunitaria, denominados "Liébana" y "Picos de Europa", correspondientes a Cantabria y Asturias, respectivamente. Este último se encuentra además catalogado como ZEPA. Existen asimismo dos ZEPA debidas a la presencia de poblaciones bien conservadas

de aves rupícolas y ripícolas, denominadas "Desfiladero de La Hermida" y "Liébana".

### Hábitats de interés comunitario

En una franja, de unos 500 metros a ambos lados de la traza, existen hábitats de interés comunitario que se verán afectados -aunque de forma mínima- por la ampliación de la plataforma. Estos hábitats están asociados a brezales oromediterráneos endémicos con aliaga, bosques aluviales residuales, pendientes rocosas calcícolas con vegetación casmofítica, bosques de *Quercus ilex* y *Quercus rotundifolia*, o mantiales petrificantes con formación de tuf.

### Paisaje

El paisaje es uno de los principales valores ambientales de la zona estudiada y el más fácilmente perceptible, al estar integrado por los numerosos elementos naturales existentes. Tanto el fuerte relieve del desfiladero como el río Deva, sus afluentes y su vegetación de ribera aportan gran naturalidad al observador. Se observan paisajes más escarpados en las zonas con mayor relieve, siendo más emboscados conforme la verticalidad da paso a laderas de menor pendiente. Se pueden observar grandes masas de vegetación arbórea y arbustiva a lo largo de todo el recorrido, así como una gran riqueza faunística. Todos estos elementos contribuyen al excepcional interés que ofrece el paisaje en todo el tramo.

En el Estudio Informativo aprobado se ha realizado un análisis de la cuenca de

visualización para determinar el grado de incidencia de la carretera sobre el paisaje, llegando a la conclusión de que la cuenca visual es poco extensa, ya que la infraestructura sólo es visible desde algo más del 25% de la superficie adoptada como envolvente, de radio 5 kilómetros desde el eje de la carretera.

## 3. Objetivos

Entre los objetivos básicos del acondicionamiento de la N-621 se encuentra la propuesta de actuaciones para lograr continuidad y homogeneidad de sus características geométricas y funcionales, lo que se concreta en la ampliación de la plataforma existente y en la mejora de los elementos funcionales de la carretera para incrementar la seguridad en la conducción y el confort del usuario (figura 8 de la página siguiente), todo ello con el máximo respeto del singular entorno natural atravesado; esto significa que en la actuación se ha de tener una consideración particularizada de los temas ambientales y geotécnicos.

Se comprende que el objetivo de la Instrucción 3.1-IC "Trazado" es establecer unos adecuados parámetros de calidad geométrica para el diseño de cada clase de carreteras compatibles con las consideraciones económicas, físicas y ambientales del terreno atravesado, etc., pero permitiendo suficiente flexibilidad a los técnicos especialistas del diseño para que, con criterio, adecuen de modo responsable dichos



Figura 8. Uno de los objetivos principales del Estudio es la reducción de las situaciones de riesgo para la seguridad vial

parámetros de trazado a las características particulares del proyecto, justificando las soluciones propuestas.

Consecuentemente y dada la especial particularidad del presente estudio, se justifica la ineludible necesidad de ser flexible en la aplicación de algunos artículos de dicha Instrucción de trazado, pero siempre teniendo presentes los principios generales para el buen diseño geométrico establecidos en el capítulo 1 "Generalidades" de la Instrucción 3.1-IC a este respecto:

*"En Proyectos de carreteras urbanas, de carreteras de montaña y de carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad y de mejoras locales en carreteras existentes, podrán disminuirse las características exigidas en la presente Norma justificándose adecuadamente". (Apartado 1.2 "Objeto y ámbito de aplicación").*

*"Deberá lograrse una homogeneidad de características geométricas tal que induzca al conductor a circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad, en condiciones de seguridad y comodidad. Para ello se evitarán los puntos en que las características geométricas obliguen a disminuir bruscamente la velocidad y se facilitará la apreciación de las variaciones necesarias de velocidad mediante cambios progresivos de los parámetros geométricos y con la ayuda de la señalización". (Apartado 1.1 "Introducción").*

Se debe insistir, una vez más, que la mejora de trazado consecuente al acondicionamiento de la actual carretera no persigue el incremento de la velocidad de

circulación, sino lograr por parte del conductor una conducción continua, segura, responsable y respetuosa con el entorno. Se ha pretendido crear las condiciones para que las velocidades de todos los vehículos sean lo más homogéneas posible, evitando así la necesidad de maniobras de adelantamiento de difícil solución por las reducidas condiciones de visibilidad disponibles. Consecuentemente, no se ha considerado conveniente para el acondicionamiento de la carretera la rectificación generalizada del trazado, lo que llevaría a "tensar" la geometría del eje en planta, incitando al conductor a aumentar su velocidad, por lo que de la actuación sobre la N-621 se podrían derivar efectos negativos para la seguridad vial (incrementándose el riesgo y gravedad de los accidentes), además de producir un impacto ambiental inadmisibles.

Con la presente actuación se pretende diseñar una carretera fácilmente legible por el usuario, esto es, que el conductor perciba de forma clara la correspondencia existente entre las características geométricas de la carretera y el territorio atravesado, interpretándola inequívocamente como una vía de montaña que se amolda sumisamente, replegándose, al relieve; y así, durante el viaje y a la vista del entorno próximo, sabrá efectuar una lectura anticipada del trazado y acomodar sin precipitación su conducción a las sucesivas alineaciones curvas que se adaptan al relieve del territorio. El confort y la seguridad quedan, así, claramente potenciados.

En definitiva, se ha tratado de obtener un trazado consistente en sus caracterís-

ticas funcionales, utilizando soluciones similares y homogéneas ante circunstancias análogas y consiguiendo coherencia entre tramos contiguos, en cuanto a velocidad y aceleración sobretodo. Con tal diseño se cubrirán las expectativas del usuario, facilitando así una conducción predecible y adecuada, sin variaciones bruscas que supongan un aumento de riesgo. Las actuales situaciones de discontinuidad de la carretera implican mayor tiempo de comprensión y respuesta, y por tanto son especialmente peligrosas e inaceptables.

## 4. Criterios básicos de diseño

Dada la singularidad del medio físico en que se encuentra emplazada la carretera, y con objeto de lograr el máximo respeto del medio natural en los ajustes de trazado consiguientes, para el acondicionamiento de la actual carretera se renuncia a su geometrización inicial mediante un nuevo trazado acorde a una velocidad de proyecto preestablecida, siguiendo la Norma 3.1-IC "Trazado"; dicho de otro modo, el presente estudio de trazado no consiste, como suele ser lo habitual, en definir la geometría de una nueva carretera conforme a unas especificaciones técnicas para después intentar corregir el impacto producido, sino que, por el contrario, se analiza en cada punto de la carretera la mejor solución posible para su acondicionamiento, compatible con las estrictas condiciones de contorno (paisaje, medio físico y natural), para a continuación enlazar estas soluciones puntuales hasta alcanzar el mejor trazado posible.

Los criterios funcionales básicos del diseño adoptado son:

- Garantía de solución de accesibilidad a la población de las comarcas por las que discurre la N-621, sin por ello favorecer el incremento de la velocidad de circulación.
- Garantía para los conductores de la continuidad de la circulación, superando la situación actual que obliga frecuentemente a peligrosas maniobras para el cruce de los vehículos y a utilizar el ancho total de la carretera para circular en bastantes curvas, sobre todo por vehículos pesados.
- Mejora de la seguridad vial, evitando



riesgos de salida de la vía y de choques fronto-laterales (figura 9).

- Incremento del confort para el usuario, evitando sorpresas en la circulación, resolviendo la continuidad de trayectorias y mejorando las condiciones de visibilidad.
- Diseño de trazado *legible y consistente*; no se favorece el incremento de velocidad sino la reducción del tiempo de recorrido. Los parámetros geométricos del diseño no “*tensan*” el trazado de la actual carretera, manteniéndose un trazado sinuoso fácilmente identificable por el usuario como de carretera de montaña.
- Compatibilidad para el uso de la carretera por ciclistas y peatones, con la incorporación de arcones *pisables*, que, además, resuelven los sobreanchos necesarios.
- Diseño contenido de los elementos funcionales de la carretera tales como las intersecciones, accesos a caminos existentes y otros aspectos que influyen de modo notable en la unidad y en la seguridad del conjunto.
- Adecuación de los miradores y zonas de parada existentes, con posibilidad de implantar otros nuevos en lugares pintorescos, y acondicionamiento de zonas para aparcamiento. La presente actuación también debe servir para el acceso al paisaje y su disfrute, así como contribuir a potenciar los valores naturales y culturales del territorio.
- Integración ambiental y paisajista (ver figura 10) de los elementos funcionales de la carretera (obras de drenaje, barreras para contención de vehículos, muros y señalización) mediante selección de los materiales y cuidadosa implantación en el entorno.
- Tratamiento ambiental del corredor con propuesta de medidas compensatorias: supresión de líneas aéreas y canalizaciones visibles, revestimiento de los muros, etc.
- Mejora de los sistemas de protección frente a desprendimientos en las laderas próximas, con el diseño de las medidas necesarias para integrar dichas protecciones en el paisaje.
- Soluciones constructivas viables y económicas que no afecten al medio y que permitan una ejecución sin interrupción de la accesibilidad de la zona afectada.



Figura 9. La invasión del carril contrario es frecuente en este tramo, con los consiguientes riesgos para la seguridad vial

## 5. Parámetros geométricos de diseño para el trazado en planta

La integración de la presente actuación sobre el territorio será más “costosa” desde el punto ambiental y económico cuanto más rígidas sean las especificaciones técnicas de los parámetros geométricos de diseño.

Pero, es preciso garantizar el establecimiento de unos mínimos estándares de calidad, incluso podría decirse de modo irrenunciable para una carretera de la red del Estado, para lograr los principales requerimientos previstos para la carretera: funcionales (seguridad y confort en la conducción), territoriales (accesibilidad a las poblaciones de la N-621), ambientales y paisajísticos.

En tal sentido se ha considerado como objetivos básicos:

- Radio mínimo normal: 50 m (corresponde a  $V \approx 40$  km/h).
- Longitud de clotoide mínima: 25 m (corresponde a unos 2'' de tiempo de recorrido a 50 km/h).

ruido a 50 km/h).

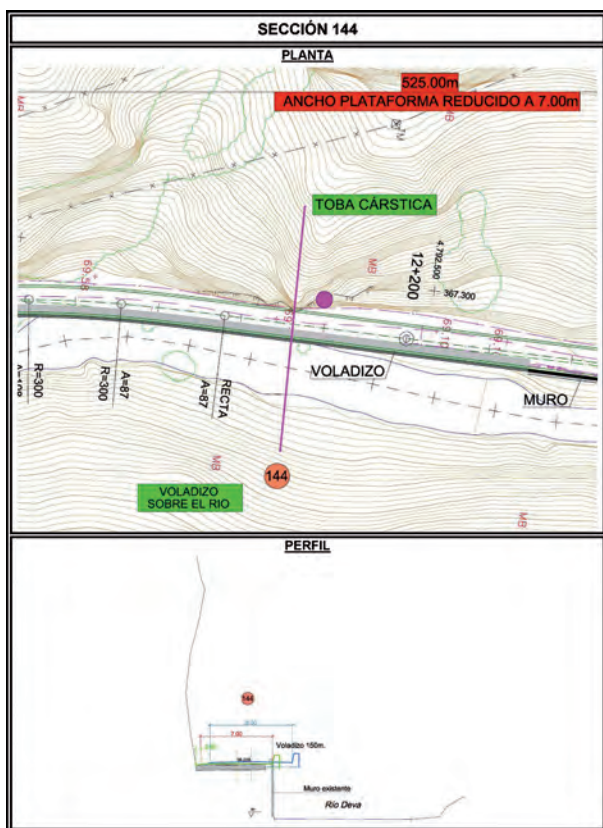
- No es necesario modificar la rasante: la pendiente varía alrededor del 1%.
- La sección transversal normal es 1,0-6,0-1,0.
- Se prevé señalizar solamente los bordes de la calzada con líneas discontinuas (a confirmar en fase de proyecto).

## 6. Explicación de la metodología para el ajuste geométrico del trazado

El trazado propuesto para el acondicionamiento de la carretera N-621 en el Estudio Informativo, con las consiguientes soluciones para el ensanche de plataforma (disposición de muro, de voladizo, pequeña excavación en ladera, etc.) y tratamiento ambiental, es fruto del análisis detallado de la actual carretera y su entorno mediante la obtención de secciones características a lo largo de todo su trazado, considerándose cada una de ellas suficientemente repre-



Figura 10. Simulación de las soluciones previstas para muros y pretilos, con pasos para pequeños invertebrados



**Margen izquierda:**

Pared rocosa vertical de gran altura cubierta parcialmente por vegetación casmofítica y ejemplares jóvenes de higuera y encina. No se contemplan actuaciones por este margen, que no cuenta con formaciones vegetales ni especies de interés especial, aunque existe una toba que no se afecta al no realizarse actuaciones.



**Margen derecha:**

Actualmente existe un muro sin apenas vegetación e inmediatamente debajo el cauce del río Deva. En la base del muro se localizan ejemplares poco desarrollados de sauce e higuera. Al no existir talud, la única opción viable para minimizar afecciones al cauce es la construcción de un voladizo, que dado que volaría directamente sobre el cauce, se ha considerado adecuado estrechar la plataforma hasta los 7 m.

Figura 11. Ficha de características empleada en el Estudio Informativo

sentativa de un subtramo de longitud variable de la carretera.

Dicho análisis por secciones características en puntos representativos del trazado, que el equipo redactor presenta como método novedoso desarrollado para el presente Estudio, se justifica ante la necesidad de identificar y evaluar de modo preciso las concretas circunstancias físicas y valores ambientales de cada punto, para de ahí deducir el tipo de actuación más conveniente y su alcance.

Mediante un proceso iterativo, de tres ajustes sucesivos, se consigue alcanzar un trazado que integra la variable ambiental y los condicionantes físicos desde el primer

momento de su diseño, conjugándolos de forma continua con los requerimientos funcionales (particularmente de seguridad vial) y territoriales (mejora de accesibilidad a la zona).

El ajuste de trazado se ha realizado de modo sistemático e iterativo, analizándose en etapas sucesivas las secciones características y el consiguiente eje en planta y también viceversa, con las implicaciones mutuas que se producen en los ajustes derivados; pues se ha considerado que el mejor modo de emplazar la nueva plataforma en un valle de morfología tan abrupta y de valores ambientales tan importantes es de forma gradual, atendiendo a los diferentes condicionantes que concurren en cada

sección, principalmente el reducido espacio físico disponible. En definitiva, el ajuste geométrico del trazado se ha realizado mediante el análisis, desde el inicio del proceso hasta el final, del binomio inseparable secciones características-trazado en planta, en continua interacción mutua, mediante un proceso de retroalimentación, según se explica seguidamente de forma abreviada.

En este sentido se han llegado a identificar un total de 320 secciones características lo que, en una longitud total de 20 292 m del tramo en estudio, significa de media una sección característica por cada 63 m de la actual carretera. Puede asegurarse, por tanto, que cada sección representa un

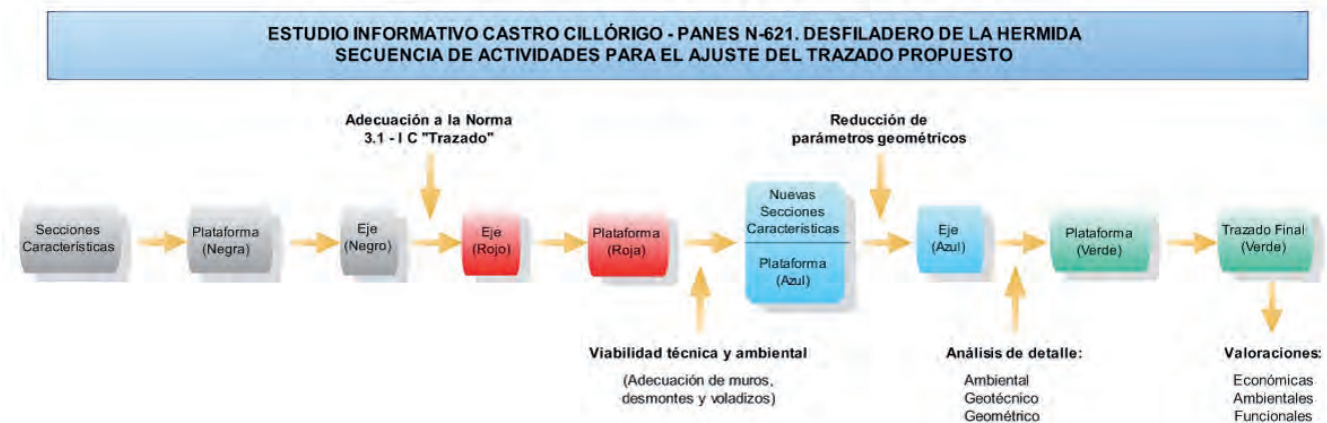


Figura 12. Esquema de la metodología empleada en el análisis del trazado del Estudio Informativo



subtramo de la carretera con características homogéneas, por lo que mediante su análisis se posibilita definir, no de modo genérico sino particularizado, las soluciones de ampliación de la plataforma adecuándose a las necesidades reales de cada punto del trazado y, consecuentemente en primera instancia, valorar y luego aminorar el impacto ambiental producido mediante ajustes de trazado sucesivos.

El Estudio Informativo incorpora unas fichas asociadas a cada una de estas 320 secciones características, en las que se aporta información detallada sobre los condicionantes existentes, la solución de ampliación propuesta en planta y perfil, así como fotografías de los elementos más destacables en cada una de esas secciones (figura 11).

Dado lo prolongado y laborioso del proceso, para facilitar su lectura y seguimiento, se han identificado por colores (negro, rojo, azul, verde) las distintas etapas de maduración en el desarrollo del trazado hasta alcanzar la solución propuesta (ver el esquema de la figura 12).

A continuación se aporta una explicación resumida de las actividades desarrolladas en este proceso de definición de la plataforma propuesta para la carretera N-621, entre Castro Cillorigo y Panes.

1. Topografía de detalle (escala 1/500) de la plataforma de la carretera existente y de sus márgenes, en la medida necesaria para identificar y evaluar los condicionamientos con la precisión requerida para el Estudio Informativo.
2. Geometrización del eje de la actual carretera y posterior análisis de sus características funcionales, principalmente determinación de radios existentes y anchura de la plataforma.
3. Identificación inicial de las secciones trasversales (235) que se consideran representativas y determinantes para la implantación de la nueva plataforma.
4. Estudio individualizado de cada sección transversal para la implantación de la nueva plataforma requerida que, en principio, se establece con 8 m de anchura (secciones color **negro**).
5. Fijación para cada sección transversal del correspondiente punto del eje de trazado derivado de la plataforma implantada según el punto anterior.



Figura 13. Tramo en el que previsiblemente será necesaria la ampliación mediante voladizo

6. Geometrización en planta de un nuevo eje provisional apoyado en los puntos anteriores de cada sección transversal (eje **negro**).
  7. A partir del eje **negro** se genera de un primer trazado adaptándose, en lo posible, a la Instrucción 3.1-IC "Trazado" (eje **rojo**).
  8. Traslado de los puntos del eje (**rojo**) a las secciones características para la determinación de la nueva ubicación de la plataforma (plataforma **roja**).
  9. Análisis de las soluciones de ampliación de plataforma (dimensiones de muros, estructuras en voladizo, etc.) a disponer en dichas secciones.
  10. Determinación de aquellos tramos que requieren un mejor ajuste del trazado a la topografía del relieve, para los que se identifican nuevas secciones características adicionales (85).
  11. Reajuste en la implantación de la nueva plataforma sobre las secciones transversales en dichos tramos para la obtención de la plataforma **azul**. Si es preciso se reducen algunos parámetros geométricos.
  12. Obtención de un nuevo ajuste de trazado (eje **azul**) a partir del emplazamiento de la plataforma **azul**.
  13. Análisis por secciones transversales de la flora y fauna potencialmente afectadas, incorporando condicionantes paisajísticos.
  14. Análisis por secciones transversales de soluciones de protección contra desprendimientos rocosos (inclinación de taludes, altura máxima, disposición de mallas, etc.).
  15. Análisis funcional de la carretera comprobando que su trazado cumple de modo consistente los objetivos previstos de seguridad y calidad (anchura de plataforma, radio disponible, etc.).
  16. Desarrollo del trazado propuesto (eje **verde**) comprobando que se armonizan de modo coherente todos los condicionantes concurrentes (topográficos, medioambientales, geotécnicos y geométricos) de la nueva carretera.
  17. Evaluación del trazado resultante dejando constancia de algunas limitaciones que se aceptan en cuestiones funcionales (radio, anchos, etc.) ambientales y geotécnicas.
- Después de la revisión completa del trazado propuesto (eje **verde**) y sus correspondientes secciones se observan algunos puntos en los que no ha sido posible alcanzar completamente todos los objetivos de calidad que fueron propuestos inicialmente. Dichos puntos, con aspectos sin satisfacer en cuestiones funcionales (radios, anchos, etc.) ambientales y geotécnicas, se han señalado sobre las plantas del trazado propuesto (eje **verde**) por medio de cuadros con colores temáticos para facilitar su comprensión, que a modo de ejemplo son:
- Curvas de radio <50 m.
  - Curvas con longitud de clotoide < 25 m.
  - Alineaciones curvas sin posibilidad de disponer sobreancho en plataforma.
  - Tramos con muro próximo al río, cerca de un frezadero.
  - Tramos con voladizo muy próximos sobre el río, sin afectarlo (figura 13).
  - Ensanche en tramo próximo a toba cárstica, sin afectarla.



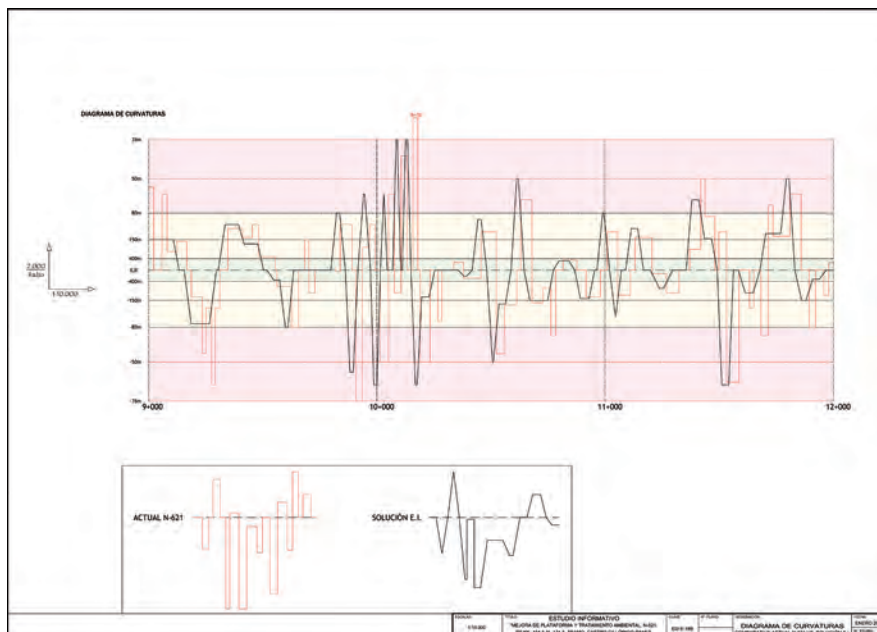


Figura 14. Ejemplo de Diagrama de Curvaturas comparativo entre la carretera actual y la solución propuesta

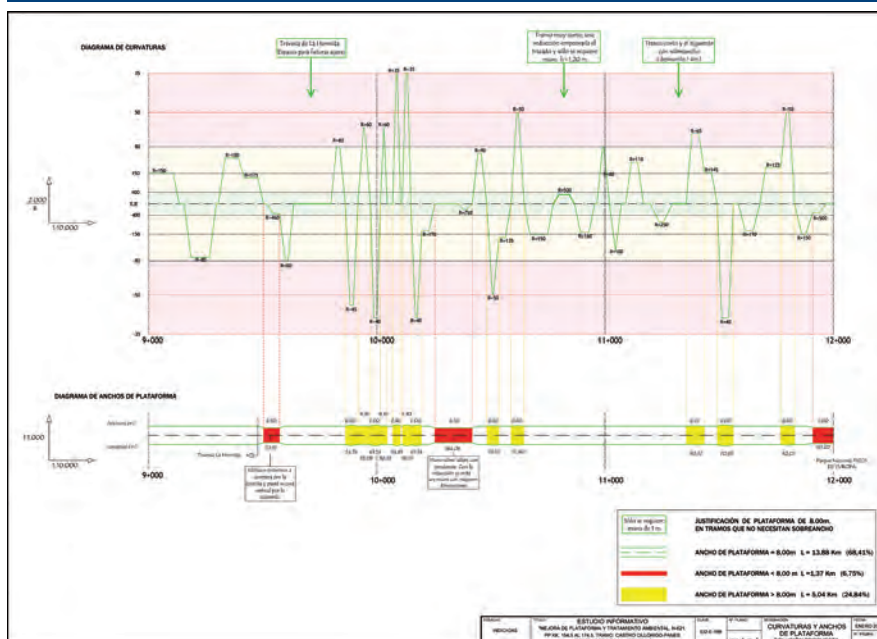


Figura 15. Ejemplo de gráfico de curvaturas y anchos de la solución propuesta



Figura 16. El relieve condiciona significativamente las posibles soluciones de ampliación, como se observa en la imagen

- Desmante puntual en roca con altura superior a 4 m.

En consecuencia, el nuevo trazado propuesto (eje **verde**) dispone de unos parámetros geométricos que sólo permiten encuadrar la nueva carretera en el nivel de prestaciones inferior dentro de los contemplados en la Norma 3.1-IC; pero se ha considerado que su trazado ha de ser consistente, es decir, que su geometría se adapte al territorio atravesado, reúna condiciones de continuidad y homogeneidad suficientes y se diseñe para que así sea percibido por sus usuarios.

En el Estudio Informativo se incluyen diagramas de curvaturas y anchos, comparativos entre la carretera actual y la solución propuesta (figuras 14 y 15).

Para disminuir los efectos negativos consecuencia de dichas inadecuaciones de la carretera, en el Proyecto de Construcción se deberán definir de modo cuidadoso las medidas correctoras más convenientes para su ejecución en obra, de acuerdo con las Recomendaciones dadas a tal efecto en el propio Estudio.

## 7. Soluciones constructivas

### Muros y voladizos

Como ya se ha comentado, a lo largo de buena parte del tramo las paredes rocosas verticales de gran altura junto al borde interior de la carretera suponen un serio impedimento ante una posible ampliación (figura 16), por lo que en el Estudio Informativo se han previsto soluciones de ensanche hacia la margen del río Deva en gran parte del tramo, bien mediante muros de relleno, bien voladizos. De hecho, la actual plataforma discurre a media ladera, contando con mediante más de 4 600 metros lineales de muro vertical de relleno al borde de la plataforma, y unos 500 metros de muro en desmante.

Con los fuertes condicionantes existentes, y con objeto de preservar los valores ambientales produciendo mínimas afecciones, de reducir el movimiento de tierras y de conseguir una solución integrada paisajísticamente, se entiende que para el ensanche de la plataforma el Estudio Informativo haya previsto como soluciones básicas la construcción de nuevos muros (tanto de relleno como de desmante), la prolongación de los



existentes, y los voladizos en la margen del río Deva.

Si bien la definición en detalle de los muros y voladizos corresponderá a estudios posteriores con mayor alcance, en el Estudio Informativo se incluyen las previsiones y mediciones estimadas para cada uno de los elementos.

Así, se considera que serán necesarios del orden de 6 300 metros de **muros de relleno** de hormigón con revestimiento de mampostería careada, con alturas variables entre los 1,5 y los 4,5 metros. Se prevén asimismo unos 1 300 metros de muro de mampostería, para los casos en que la altura máxima no supere los 1,5 metros (*figura 17*).

En el caso de los nuevos **muros de desmonte** se ha estimado una longitud necesaria de unos 250 metros, para disminuir la superficie de ocupación y aminorar las afecciones a la vegetación en los desmontes. La altura media de estos muros variará entre los 3 y 4 metros. Se han evitado desmontes de altura mayor de 4 metros, para evitar impactos visuales inaceptables.

Los **tramos con voladizo** se disponen cuando no es posible la ampliación hacia la ladera, y, además, donde la proximidad del cauce o la altura sobre el terreno hacen inconveniente la ejecución de muros verticales de gran altura, por la dificultad constructiva y por el impacto ambiental que causaría esa solución.

La previsión de tramos en voladizo es de casi 4 000 metros de longitud, lo que supone el 20% de la longitud total entre Castro – Cillorigo y Panes. La anchura máxima de estos vuelos se prevé en torno a 2,5 metros, si bien las anchuras más frecuentes se sitúan entre 0,5 y 1,5 metros.

Se estima que en algo más de 3 km (15% del tramo, aproximadamente) no resulta necesaria la implantación de muros ni voladizos.

## Puentes sobre el río Deva

La carretera cruza en cuatro ocasiones el cauce del río Deva mediante obras de fábrica de sillería de un vano, con bóve-

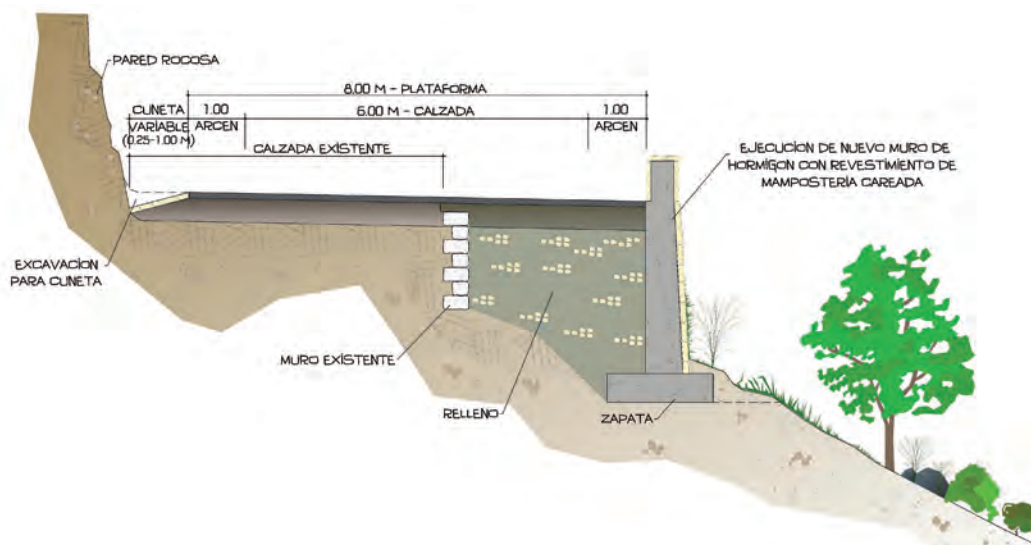


Figura 17. Croquis de la solución básica para la ampliación mediante muros



Figura 18. Los vehículos han de invadir el carril contrario para poder completar la maniobra de paso en los puentes



Figura 19. Puente sobre el río Deva junto a la intersección de acceso a Lebeña (p.k. 156,2)

das rebajadas o de medio punto situadas perpendicularmente al cauce, construidas entre 1861 y 1868 (*figura 19*). Tanto la anchura practicable de estas estructuras –de 5 a 5,5 metros– como los reducidos parámetros geométricos en los accesos, hacen

imposible el cruce de vehículos, ocasionando situaciones de riesgo, especialmente en el caso de cruce de vehículos pesados, ya que deben invadir el carril contrario para conseguir radio de giro en las maniobras de entrada y salida de los puentes (*figura 18*).





Figura 20. Pantallas dinámicas de tipo galería ancladas a la pared rocosa, a la altura del p.k. 161,2

Esto repercute en frecuentes situaciones en que son obligadas las maniobras de retroceso de algunos vehículos.

El nuevo trazado previsto en el Estudio Informativo amplía los radios mínimos, pasando de 15 a 35 metros en los accesos a los puentes, amén de dotar a estas curvas de los sobreanchos necesarios, y a la vez modifica el eje actual –ortogonal al cauce–, introduciendo uno nuevo girado unos 13°. Como consecuencia se requiere una adecuación de la plataforma en estas estructuras, ampliándola hasta 8 metros. Se han analizado varias soluciones para la adecuación de las estructuras existentes, si bien será objeto del Proyecto de Construcción la definición y ajuste de la tipología final, así como del proceso constructivo que permita el mantenimiento de los accesos.

## Tratamiento de taludes y protección contra desprendimientos

En el Estudio Informativo se han previsto medidas de estabilización de los taludes en algunos tramos del recorrido, aplicando soluciones basadas en la colocación de

bulones y malla, cuya densidad dependerá de la situación y grado de meteorización de la roca en cada punto.

De acuerdo con la Orden de Estudio, en lo relativo a la mejora de la protección de la carretera frente al desprendimiento de rocas mediante la ejecución de pantallas dinámicas, cabe señalar que se ha realizado un completo inventario de zonas con riesgo de desprendimientos sobre la carretera N-621. Con objeto de disminuir el impacto visual de estos dispositivos, en el Estudio Informativo se ha previsto la plantación de vegetación en la base de las mismas para su

enmascaramiento e integración paisajística (figura 20).

## Drenaje transversal y longitudinal

De igual forma, la Orden de Estudio establecía la necesidad de estudiar la mejora del drenaje transversal y longitudinal, compatibilizándolo con la nueva sección tipo.

En consecuencia, se ha realizado un inventario de campo del drenaje de la plataforma actual, y en el Estudio Informativo se ha incluido una propuesta para la mejora del mismo, posponiéndose su diseño definitivo y detalles para estudios posteriores de mayor alcance. En su mayoría, las obras de drenaje actuales identificadas son tubos, algunos marcos, y cuatro tajeas en arroyos importantes: Naveda, Corvera, Urdón y Rumenes.

No se pretende con el acondicionamiento de la carretera la revisión completa del drenaje para adecuarlo a la normativa vigente (Instrucción 5.2 – IC), ya que esto supondría, en general, el emplazamiento de nuevos tubos de hormigón de considerables dimensiones y de cunetas de anchura superior a un metro.

Los criterios para el prediseño de la mejora del drenaje existente en la carretera han sido:

- De acuerdo con la normativa, el caudal de cálculo de todas las obras de drenaje transversal se obtendrá para el periodo de retorno de 100 años.
- Para mejorar la permeabilidad transversal, y por motivos ambientales y paisajísticos, se ha preferido aumentar el número de obras, triplicando el existente en la actualidad, pero con un diámetro ajustado a los caudales reales de cálculo que, por lo general, serán de dimensiones mayores al de las existentes, aunque inferiores a los mínimos de la Instrucción.
- Se propone la integración paisajista de todos los elementos del drenaje (cunetas, aletas de obras, etc.) nuevos y existentes mediante la selección de los materiales y cuidadosa implantación en el entorno.
- Se dispondrá de una nueva cuneta a lo largo del arcén más próximo al monte en toda la longitud del tramo (figura 21).
- Se realizará en el Proyecto de Construcción un dimensionamiento y diseño detallado de cada obra de drenaje, atendiendo tanto a criterios hidráulicos como ambientales.
- Las dimensiones mínimas de los pasos de fauna serán las de un marco de 1 x 0,75 m ó de un tubo de Ø1 m.

Los tres últimos criterios han sido avalados por la DIA y recogidos en la misma.

Cabe señalar que casi la totalidad del tramo carece hoy de cunetas para drenaje longitudinal, pese a que el bombeo de la plataforma conduce el agua hacia las márgenes, en donde se acumula sin posibilidad de ser reconducida hacia la obra de fábrica más próxima. Dado que en ocasiones la pared rocosa se encuentra adosada a la carretera, el agua de escorrentía cae directamente sobre la calzada, encharcándola e incluso inundándola transitoriamente tras un fuerte aguacero.

Tras el análisis del drenaje existente en la actualidad, las mejoras propuestas en el Estudio para que sean diseñadas en el Proyecto de Construcción consisten fundamentalmente en la disposición de una nueva cuneta junto a la ladera a lo largo de toda la longitud, frecuentes tubos pasantes



para complementar el drenaje longitudinal, revisión y acondicionamiento de algunas obras existentes, demolición y clausura de algunas obras de drenaje cuyo estado de conservación es deficiente, y la ejecución de más de 200 obras de nueva implantación. Con ello no sólo se conseguirá mejorar notablemente el drenaje de las aguas, sino también la permeabilidad de los pequeños anfibios.

## Otras actuaciones

*Acondicionamiento de la travesía de La Hermida:* Siguiendo las prescripciones de la Orden de Estudio, se ha previsto la construcción de aceras en ambas márgenes de la travesía urbana de La Hermida (figura 22). De esta forma se prevé incrementar de forma notable la seguridad vial, se ordena el tránsito de peatones, y se favorece la posibilidad de disfrutar de un paseo desde el Balneario próximo.

*Zonas de estacionamiento y descanso:* en el Estudio Informativo se proponen nueve zonas para miradores – aparcamientos a lo largo del tramo, justificándose su emplazamiento en la necesidad de ordenar la afluencia turística y de pescadores, y aprovechando estos espacios para facilitar información del entorno, teniendo la posibilidad –actualmente escasa– de disfrutar de los escenarios naturales del entorno atravesado.

*Reposición de servicios afectados:* se han identificado los principales servicios e instalaciones existentes que podrían verse afectados por la actuación propuesta en el Estudio Informativo, previendo su reposición. Asimismo, se ha previsto la eliminación de elementos próximos a la carretera (postes telefónicos y eléctricos, tuberías adosadas en los pretilos de los muros, canalizaciones diversas, etc.), con objeto de lograr la “naturalización” de dichos elementos, y, en general, una mayor armonía del conjunto desfiladero – carretera.

## 8. Conclusión

El estudio que se presenta parte de la obtención de un gran conocimiento del medio atravesado y de las demandas de servicio de la zona, y ha buscado una integración de todos los objetivos planteados, sin otorgar mayor relevancia de la que le

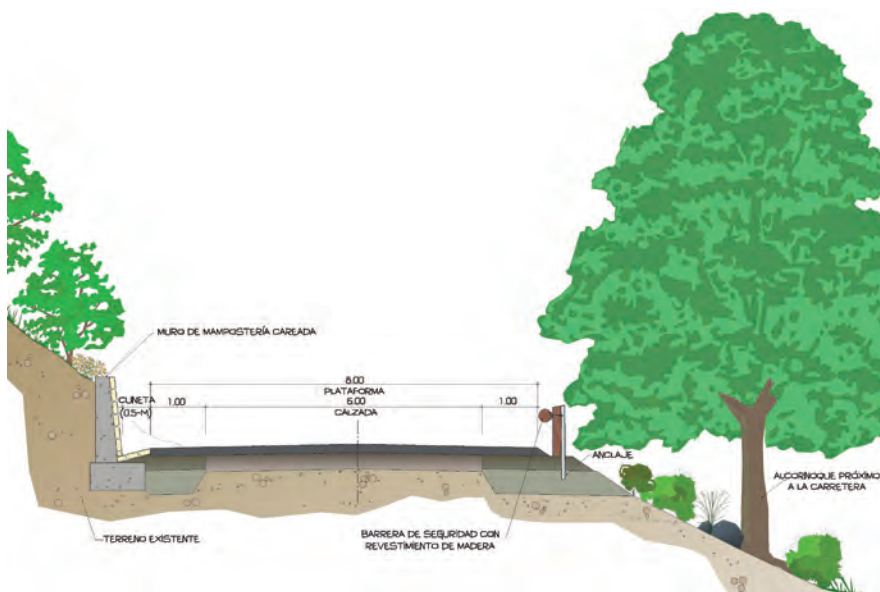


Figura 21. Solución tipo para la implantación de cuneta



Figura 22. Travesía urbana de La Hermida en la actualidad

corresponde realmente en este caso a la consecución de un trazado con parámetros amplios, que hubiera repercutido en impactos y costes inadmisibles. Se garantizan las condiciones de accesibilidad general sin por ello alterar el medio natural. En el Estudio, realizado por un experto equipo multidisciplinar, se ha incorporado la variable ambiental como elemento básico del diseño, orientado con claridad a la obtención de soluciones integradoras y respetuosas. Se ha tratado de conseguir antes la implantación de una plataforma adecuada que un trazado geométrico ambicioso. Todo ello ha sido reconocido por la Declaración de Impacto Ambiental, así como por diversas organizaciones ecologistas de la zona que han feli-

citado públicamente a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento por la especial sensibilidad manifestada.

El presupuesto de ejecución material estimado para las obras es de 39,8 M€ (1,99 M€/km), lo que es incluso inferior a los parámetros básicos que establece la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, 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 Ministerio de Fomento”. Asimismo, el estudio realizado es acorde en espíritu y en la letra a lo prescrito por el Artículo 5 de la citada Orden Ministerial de diciembre último, relativo a Estudios Informativos de Carreteras. ❖