



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Carrasco Martínez, Manuel

Tutor/a: López Maldonado, Griselda

Cotutor/a: Llopis Castelló, David

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

TRABAJO FINAL DE GRADO

Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia.

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA Y ANEJOS

Memoria

Anejo Nº1 Localización y antecedentes

Anejo Nº2 Situación actual

Anejo Nº3 Geología y geotecnia

Anejo Nº4 Climatología, hidrología y drenaje

Anejo Nº5 Estudio del tráfico

Anejo Nº6 Planeamiento Urbanístico

Anejo Nº7 Firmes

Anejo Nº8 Diseño Geométrico

Anejo Nº9 Consistencia y seguridad vial

Anejo Nº10 Valoración económica

Anejo Nº11 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

DOCUMENTO Nº2 PLANOS



DOCUMENTO N°1 MEMORIA

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5	8.3 ACCIDENTES ESTIMADOS EN LOS PRÓXIMOS 10 AÑOS.....	18
2. LOCALIZACIÓN.....	5	9. FIRMES	18
3. ANTECEDENTES.....	5	9.1 CATEGORÍAS DE TRÁFICO	18
4. SITUACIÓN ACTUAL	6	9.2 EXPLANADAS	18
5. ZONA DE ESTUDIO.....	7	9.3 FIRMES	18
5.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	7	9.3.1 Capa subbase.....	19
5.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	7	9.3.2 Mezcla bituminosa	19
5.2.1 Geología.....	7	9.3.2.1 Capa de rodadura.....	19
5.2.2 Geotecnia.....	8	9.3.2.2 Capa base e intermedia.....	19
5.3 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE	9	9.4 ARCENES.....	19
5.3.1 Precipitaciones y climatología	9	10. VALORACIÓN ECONÓMICA	20
5.3.2 Riesgo de inundación.....	9	10.1 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRAMO 1	20
5.3.3 Drenaje transversal	10	10.2 VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRAMO 2.....	20
5.3.4 Drenaje longitudinal.....	10	10.3 VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL	20
5.4 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO.....	11	11. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	20
6. ESTUDIO DEL TRÁFICO	12	12. CONCLUSIONES.....	20
6.1 INTENSIDAD MEDIA DIARIA (IMD).....	12		
6.2 NIVEL DE SERVICIO	12		
7. DISEÑO GEOMÉTRICO.....	13		
7.1 TRAMO 1.....	13		
7.1.1 Carril bici	13		
7.1.1.1 Puntos singulares del carril bici.....	13		
7.1.2 Sección transversal del tramo 1	14		
7.2 TRAMO 2.....	14		
7.2.1 Mejoras en el trazado	14		
7.2.2 Visibilidad.....	15		
7.2.3 Sección transversal.....	16		
7.3 BOMBEO Y PERALTE	16		
7.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS	17		
7.5 ACCESOS.....	17		
8. CONSISTENCIA	17		
8.1 CONSISTENCIA LOCAL.....	17		
8.2 CONSISTENCIA GLOBAL.....	18		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tramo 1 objeto del estudio y propiedad del Ayuntamiento de Lorca. Fuente: Elaboración propia con IDERM	5
Figura 2. Tramo final objeto del estudio. Fuente: Elaboración propia con IDERM	6
Figura 3. Intersecciones en el tramo 1 (a) y en el tramo 2 (b). Fuente: Elaboración propia con IDERM	6
Figura 4. Ortofoto y cartografía MDT. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D.....	7
Figura 5. Mapa geológico de España Hoja N°975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME.....	8
Figura 6. Mapa geológico de España Hoja N°975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME.....	8
Figura 7. Talud vertical sin patologías. Fuente: Elaboración propia	9
Figura 8. Zona de inundaciones en el tramo 1 (a) y en el tramo 2(b). Fuente: CHS.....	10
Figura 9. Drenaje actual del tramo 1. Fuente: Elaboración propia.....	10
Figura 10. Bordillo rigola. Fuente: Construmática.....	10
Figura 11. Sección tipo de la cuneta. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 12. Clasificación del suelo tramo 1. Fuente: Elaboración propia con IDERM.....	11
Figura 13. Clasificación del suelo tramo 2. Fuente: Elaboración propia con IDERM.....	11
Figura 14. Niveles de servicio en carreteras convencionales. Fuente: Material docente de la asignatura Caminos y aeropuertos	12
Figura 15. Ejemplos de ciclistas sobre la calzada (a) en sentido decreciente y (b) sentido creciente. Fuente: Elaboración propia.....	13
Figura 16. Ejemplos de ciclistas sobre la acera en (a) sentido creciente y (b) sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia.....	13
Figura 17. Punto 1 coincidente con la glorieta situada en el PK 0+100. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D	14
Figura 18. Punto 2 coincidente con la intersección situada en el PK 1+150. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D	14
Figura 19. Sección tipo 1. Fuente: Elaboración propia	14
Figura 20. Sección tipo 2. Fuente: Elaboración propia	14
Figura 21. Sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia	16
Figura 22. Sección transversal sobre el puente. Fuente: Elaboración propia	16
Figura 23. Categorías de tráfico pesado T3 y T4. Fuente: Norma 6.1-IC	18
Figura 24. Sección transversal del firme del tramo1. Fuente: Elaboración propia	19
Figura 25. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de gravas, arenas y arcillas). Fuente: Elaboración propia.....	19

Figura 26. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de roca). Fuente: Elaboración propia 19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad Media Diaria de ambos tramos. Fuente: Elaboración propia.....	12
Tabla 2. Nivel de servicio para el año actual y el año de puesta en servicio. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 3. Elementos y dimensiones de la sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia	16
Tabla 4. Elementos de la sección transversal y sus inclinaciones. Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 5. Consistencia local sentido creciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 6. Consistencia local sentido decreciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 7. Valoración económica estimada del tramo 1. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 8. Valoración económica estimada del tramo 2. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 9. Valoración económica estimada total. Fuente: Elaboración propia	20

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitación media anual últimos 10 años. Fuente: Elaboración propia a partir de AEMet.	9
Gráfico 2. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia	15
Gráfico 3. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia	15
.....	15
Gráfico 4. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia	15
Gráfico 5. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia	16
.....	16

1. Introducción

El presente documento corresponde al Trabajo Final de Grado del alumno Manuel Carrasco Martínez para la obtención del título del Grado en Ingeniería Civil de la Universitat Politècnica de València. El objeto de dicha memoria es el estudio de la carretera RM-621 para su acondicionamiento y mejora de la seguridad en los tramos comprendidos entre el P.K 0+000 hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el P.K 12+800, en la provincia de Murcia.

Tras el análisis de dichos tramos, así como de sus lugares de emplazamiento, se proyecta una solución buscando así la mejora del cumplimiento de la actual normativa Norma 3.1-I.C de la Instrucción de Carreteras y seguridad vial. Para el diseño de dicha solución se ha empleado la herramienta informática Autodesk Civil 3D.

Cabe destacar que, debido a las limitaciones en este TFG, no se tendrán en cuenta estudios de seguridad y salud o estudios de impacto ambiental, quedando estos aspectos fuera del alcance de dicho trabajo.

2. Localización

La RM-621 pertenece a la comunidad autónoma de la Región de Murcia y está situada en el suroeste de la Provincia, concretamente en la comarca del Valle del Guadalentín conectando Lorca y la pedanía de Purias.

En el “ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES” se explica con mayor detalle la localización de esta carretera.

3. Antecedentes.

La carretera RM-621 tiene una longitud total de 12,8 km y se divide, principalmente, en 2 tramos. El primero de ellos, con una longitud de 2,2 km, se encuentra entre la intersección con la Ronda Sur de Lorca (PK 0+000) hasta la intersección con la carretera RM-D12 (PK 2+200), cuya titularidad corresponde al Ayuntamiento de Lorca. El segundo, con una longitud de 10,6 km, se localiza entre la intersección con la carretera RM-D12 (PK 2+200) hasta el enlace con la carretera RM-11 (PK 12+800), cuya titularidad corresponde a la Consejería de Fomento e Infraestructuras.

Tras los terremotos de 2011, la RM-621 se vio afectada presentando múltiples desperfectos debidos al movimiento de las capas granulares que formaban la explanada y las capas de subbases de la carretera apareciendo fisuras y roturas del firme y de los márgenes de la carretera. Por ello, la Consejería de Fomento e Infraestructuras decidió llevar a cabo, en el año 2012, la redacción de un proyecto de reparación, reposición de firme, ordenación y acondicionamiento de acceso de la carretera RM-621 desde la intersección con la carretera RM-D12 en el PK 0+000 hasta el PK 2+900 y desde el PK 4+600 hasta el PK 8+700. Dichas obras comenzaron en el año 2014 y se concluyeron en febrero de 2015.

Sin embargo, tanto el primer tramo, perteneciente al Ayuntamiento de Lorca (Figura 1), como el tramo final desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800 (Figura 2) no han sido sometidos a ningún tratamiento de mejora. Es por ello por lo que el objeto de dicho estudio sea el acondicionamiento de dichos tramos.



Figura 1. Tramo 1 objeto del estudio y propiedad del Ayuntamiento de Lorca. Fuente: Elaboración propia con IDERM



Figura 2. Tramo final objeto del estudio. Fuente: Elaboración propia con IDERM

4. Situación actual

Ambos tramos de estudio de la carretera RM-621 cuentan con varias intersecciones y accesos a caminos a lo largo de sus trazados. En el tramo 1 cabe destacar la glorieta situada en el PK 0+000 que conecta la RM-621 con la Avenida Alcalde José Antonio Gallego López, Alameda de Cervantes, Ronda Sur y Camino Quijero (Figura 3a, [1]), la glorieta situada en el PK 0+100 que da acceso al colegio Valle del Guadalentín (Figura 3a, [2]), la intersección en X situada en el PK 1+150 la cual conecta la RM-621 con la RM-D10 y con el Camino Casa del Médico (Figura 3a, [3]) y la intersección con forma ovalada que conecta la RM-621 con la RM-D12 y con Vereda de los Seguras además de dar acceso a las parcelas contiguas en el PK 2+200 (Figura 3a, [4]). Por otro lado, el tramo 2 cuenta con una mini glorieta situada en el inicio de este que conecta la RM-621 con el Camino Casa de la Cantera y Camino de la Torre (Figura 3a, [5]) y con una glorieta en el PK final para el enlace con la carretera RM-11 (Figura 3a, [6]). Además de las intersecciones mencionadas, el tramo 2 cuenta con un puente en el PK 11+800 para salvar el cauce de la rambla de Purias (Figura 3a, [7]).

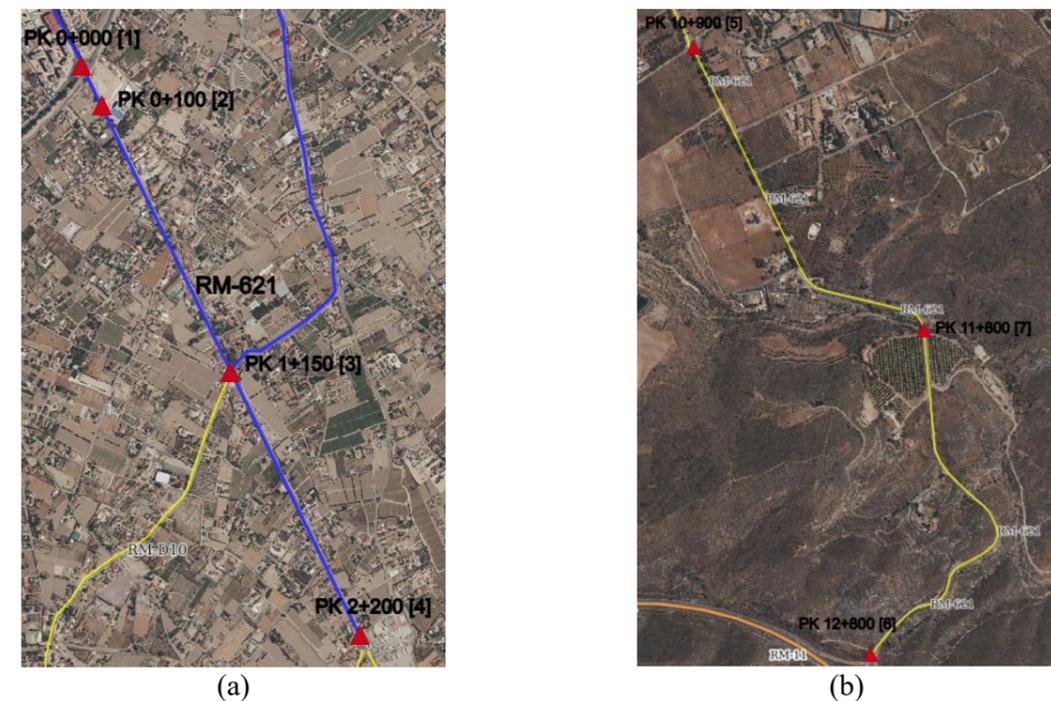


Figura 3. Intersecciones en el tramo 1 (a) y en el tramo 2 (b). Fuente: Elaboración propia con IDERM

En cuanto al firme, ambos tramos presentan un firme en mal estado. A este respecto, se identifican numerosos daños a lo largo de todo el trazado, tales como fisuras, hundimientos, piel de cocodrilo, pérdida de la capa de rodadura, etc.

En lo referente a la geometría de ambos tramos, el primer tramo consta de una alineación totalmente recta con aceras y viviendas privadas en ambos márgenes y con un alzado adecuado según la Norma 3.1-I.C de la Instrucción de Carreteras. Por otro lado, el segundo tramo cuenta con unas características

En el “ANEJO N°1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES” se desarrolla con mayor profundidad este apartado.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

geométricas tanto en planta como en alzado las cuales indican que el cumplimiento de la normativa por parte del tramo actual es nulo.

Finalmente, en cuanto a la seguridad del trazado del tramo 2, tras llevarse a cabo un análisis de la consistencia, definida como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera, resulta ser calificada como pobre en ambos sentidos, tanto a nivel local (Criterio II de Lamm et al. (1988)) como a nivel global (modelo de Camacho-Torregrosa (2015) y modelo de Llopis-Castelló (2018)). Por tanto, se puede afirmar que es un tramo con una peligrosidad elevada.

Toda la información resumida en este punto puede observarse con mayor detalle en el “ANEJO N°2 SITUACIÓN ACTUAL”.

5. Zona de estudio

5.1 Cartografía y topografía

Tanto para el estudio de la situación actual como para el diseño de la propuesta de mejora se ha descargado, del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), la información relevante del terreno sobre el que se sitúan los tramos de estudio. En el portal web de esta entidad es posible descargar ortofotos y nubes de puntos de alta precisión y acordes a la realidad, proporcionadas por el Centro Nacional de Información Geográfica.

Concretamente se han empleado dos archivos, los cuales han sido introducidos en el software informático Autodesk Civil 3D para crear la superficie del terreno con la cual se llevará a cabo el análisis y diseño de la nueva propuesta (Figura 4).

En primer lugar, el correspondiente al mapa de la zona, mediante ortofoto, para hacer una representación precisa del trazado actual. Y, en segundo lugar, la nube de puntos del Modelo Digital del Terreno (MDT) con un paso de malla de 1 m para lograr la mayor precisión posible.

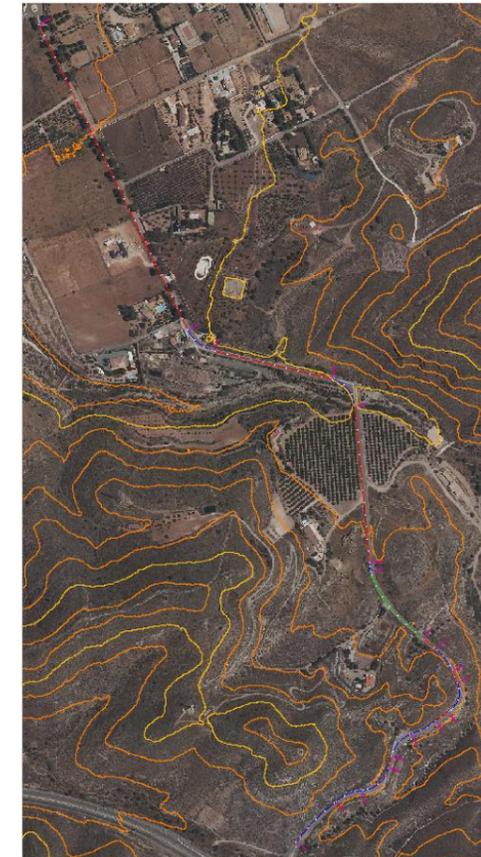


Figura 4. Ortofoto y cartografía MDT. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D

5.2 Geología y geotecnia

5.2.1 Geología

Para conocer las características del terreno de las zonas de estudio se ha recurrido a los datos procedentes del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

A partir de dicha información, se ha obtenido que en el tramo 1 existe un solo afloramiento geológico el cual se trata de un terreno proveniente del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Holoceno y cuyos materiales que lo componen se tratan de gravas, arenas y arcillas (3ª fase deposicional de abanicos aluviales) (Figura 5). Mientras que en el tramo 2 existen hasta cuatro afloramientos distintos (Figura 6).

En primer lugar, desde el inicio del tramo hasta el PK 0+700, el terreno del primer afloramiento geológico proviene del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Pleistoceno Medio y los

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

materiales que lo componen son gravas, arenas y arcillas débilmente cementados (2ª fase deposicional de abanicos aluviales – episodio de *backfilling*).

En segundo lugar, desde el PK 0+700 hasta el PK 0+850, el terreno del segundo afloramiento geológico proviene del complejo nevado-filábride, unidad de calar alto, de la era geológica del Triásico y está compuesto por mármoles.

En tercer lugar, desde el PK 0+850 hasta el PK 0+900 se encuentra un afloramiento geológico proviene del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Holoceno Actual-Histórico y los materiales que lo componen son gravas, arenas y bloques (fondos de rambla) ya que justo coincide con el cauce de la rambla de Purias, salvado por la ODT existente.

En cuarto lugar, desde el PK 0+900 hasta el PK 1+120, aparece de nuevo el afloramiento geológico compuesto por mármoles.

En quinto lugar, desde el PK 1+120 hasta el PK 1+350, se dispone del afloramiento geológico proviene también del complejo nevado-filábride, unidad de calar alto, concretamente de la era geológica del Paleozoico cuyos materiales que lo componen son esquistos y metapsamnitas, esquistos claros de grano fino con cloritoide y cuarcitas.

Y, por último, desde el PK 1+350 hasta el final del tramo, aparece de nuevo el afloramiento geológico compuesto por mármoles.

Esta información se amplía en el “ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA”.

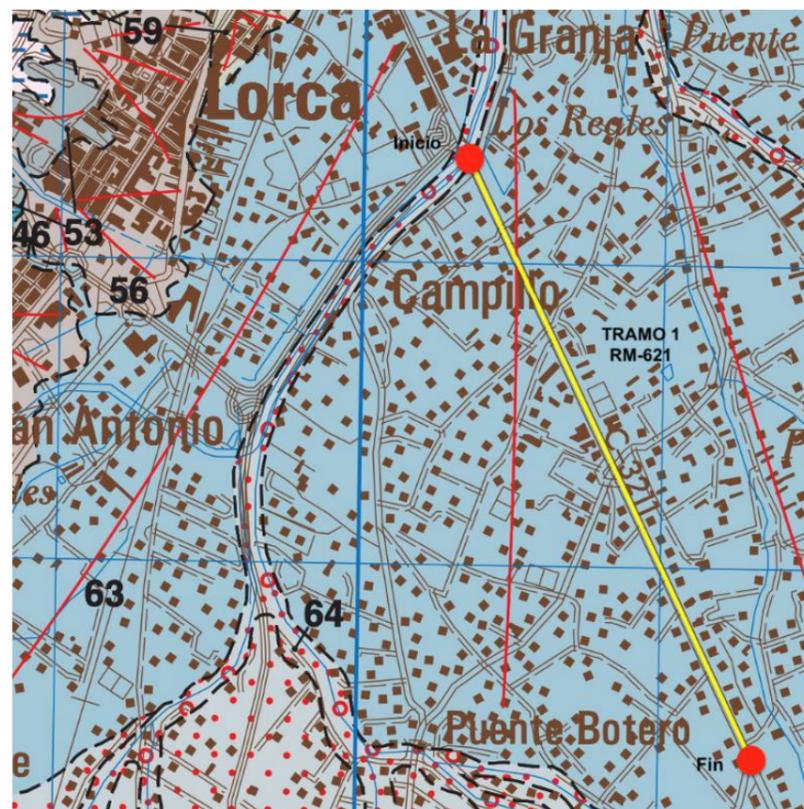


Figura 5. Mapa geológico de España Hoja N°975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME

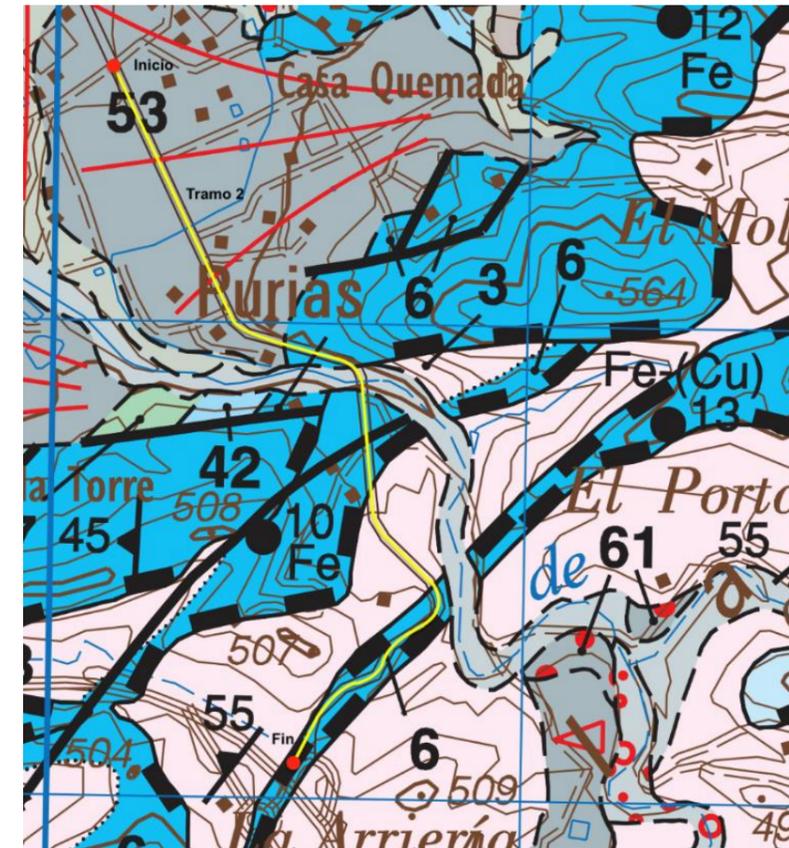


Figura 6. Mapa geológico de España Hoja N°975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME

5.2.2 Geotecnia

En cuanto a la geotecnia de las zonas de estudio, para el tramo 1, se ha tomado como referencia el estudio geotécnico de un proyecto cercano a la zona cuyos materiales son similares. En cambio, para el tramo 2, se ha realizado una visita de campo para identificar los materiales indicados en el apartado 5.2.1 Geología, así como para identificar las inclinaciones de los taludes existentes, ya que no se ha logrado obtener un estudio geotécnico que presente los materiales de la traza o similares.

Debido al tráfico de la carretera no se proponen obras de gran envergadura con cimentaciones o excavaciones profundas, la información obtenida ha servido para poder caracterizar el terreno y poder así dimensionar el firme e identificar las pendientes de los taludes que admite el terreno de la zona de estudio.

A partir de la información obtenida, el suelo del tramo 1 es clasificado, según el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3), como **tolerable**. En cuanto al suelo del tramo 2, el subtramo compuesto por gravas, arenas y arcillas es clasificado, al igual que en el tramo 1, como **tolerable** y los subtramos compuestos por esquistos y mármoles son clasificados como **roca**.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

Tras la visita de campo, se puede afirmar que en la actualidad el tramo 2 cuenta con taludes verticales con alturas máximas de 5 metros, sin presencia de ninguna patología salvo el rechineo del material superior lo que indica la buena calidad del macizo rocoso. Por tanto, los taludes de diseño tendrán la misma pendiente que los ya existentes ya que se demuestra que los materiales han logrado permanecer en condiciones óptimas.



Figura 7. Talud vertical sin patologías. Fuente: Elaboración propia

Esta información se puede ver con mayor detalle en el “ANEJO N°3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA”.

5.3 Climatología, Hidrología y drenaje

5.3.1 Precipitaciones y climatología

Para la obtención de las precipitaciones y la caracterización del clima de la zona se ha utilizado la información procedente del portal web AEMet (Agencia Estatal de Meteorología)

Respecto a las precipitaciones, se han obtenido datos históricos de la precipitación media anual para el periodo de 1981-2010. Tras analizar dichos datos, la zona donde está situada la carretera RM-621 presenta valores de precipitaciones entre 200 y 400 mm al año por lo que podría caracterizarse como una zona con clima árido.

Por otro lado, también se ha obtenido la precipitación máxima diaria media para el mismo periodo, obteniendo valores entre 40 y 50 mm.

Dado que la fecha más reciente de los datos históricos obtenidos se remonta al año 2010, se ha recurrido a completar la información con los resúmenes climatológicos mensuales de la Región de Murcia, también procedentes de la web de AEMet. A partir de dicha información se ha elaborado el Gráfico 1 donde se puede observar que en los últimos 10 años las precipitaciones se han mantenido entre los mismos valores que en el periodo de 1981-2010, salvo en los años 2014 y 2017 que fueron menores disminuyendo hasta los 190 y 180 mm, respectivamente, y en el año 2022 que incrementaron hasta los 430 mm.

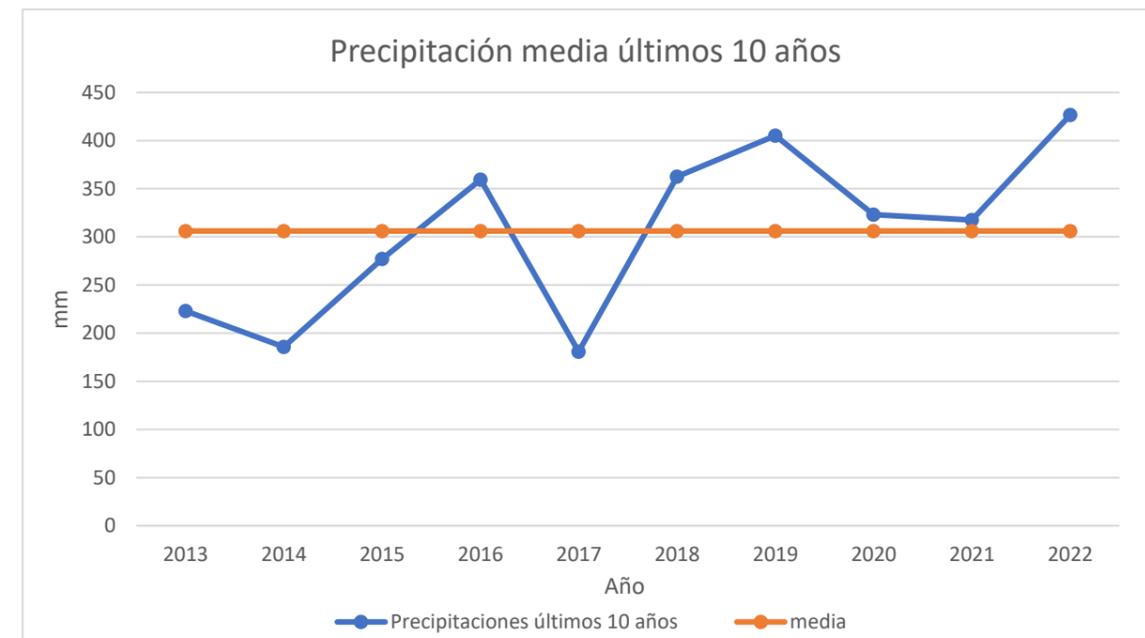


Gráfico 1. Precipitación media anual últimos 10 años. Fuente: Elaboración propia a partir de AEMet

5.3.2 Riesgo de inundación

Para el estudio de las zonas inundables se ha recurrido a los datos de las Áreas De Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS). La zona de estudio se corresponde con el ARPSI N°10 (ES070_ARPSI_0010) Cuenca: Guadalentín.

El primer tramo se ve afectado por la zona de inundaciones en casi la totalidad de su trazado. En cambio, el segundo tramo solo se ve afectado por la rambla de Purias (Figura 8).

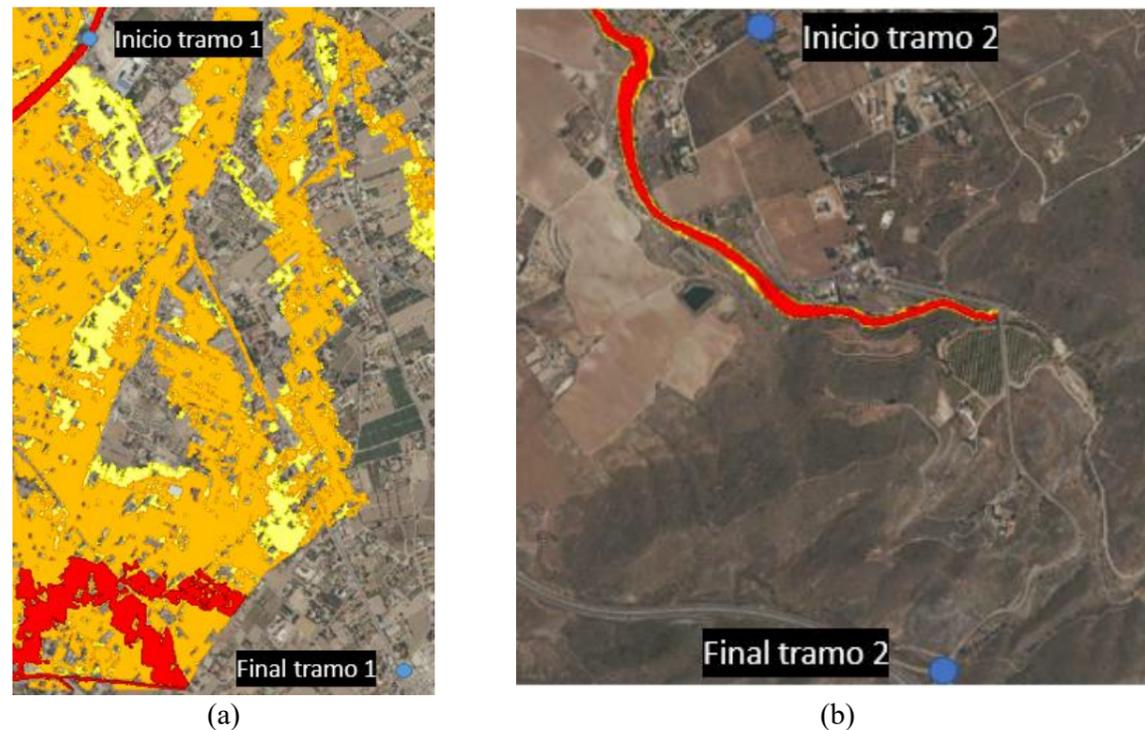


Figura 8. Zona de inundaciones en el tramo 1 (a) y en el tramo 2(b). Fuente: CHS

5.3.3 Drenaje transversal

En cuanto al tramo 1, este carece de obras de drenaje transversal, ya que se trata de un tramo urbano en el cual el agua de la calzada es conducida mediante el bombeo de la propia carretera hacia los márgenes de esta, donde se sitúan imbornales cada 40 metros aproximadamente conectados al colector de pluviales existente.

El tramo 2 cuenta con 3 obras de drenaje transversal a lo largo de su trazado. En primer lugar, un puente situado en el PK 0+880 para salvar el cauce de la rambla de Purias. En segundo lugar, una ODT compuesta por un marco de hormigón e el PK 1+150. Y, por último, otra ODT en el PK 1+540.

Debido al buen funcionamiento de estas y a que el nuevo trazado del tramo 2 no necesita la modificación de su lugar de emplazamiento, estas ODT no serán modificadas manteniéndose tal y como se encuentran en la actualidad.

5.3.4 Drenaje longitudinal

Como se menciona en el apartado 5.3.3 Drenaje transversal, el sistema de drenaje del tramo 1 consiste en la evacuación del agua de la calzada a través del propio bombeo de la carretera hasta los imbornales

situadas cada 40 metros (Figura 9). Este permanecerá tal y como está en la actualidad. Aunque se mejorará con la implantación de bordillos rigolas (Figura 10) que conducirán el agua procedente del bombeo de la calzada hasta dichos sumideros que canalizarán las aguas hasta el colector de pluviales existente.



Figura 9. Drenaje actual del tramo 1. Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Bordillo rigola. Fuente: Construmática

Por otro lado, el tramo 2, carece de obras de drenaje longitudinal, por lo que tras realizar un estudio hidrológico del lugar donde se sitúa dicho tramo, se proyectan cunetas de hormigón de sección triangular de altura 15 centímetros y ángulo de 60° en el vértice (Figura 11).

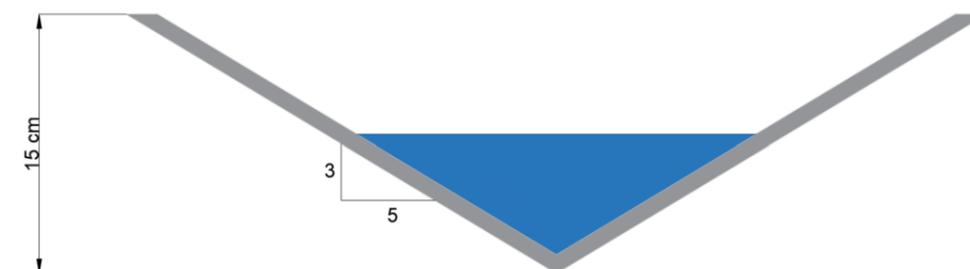


Figura 11. Sección tipo de la cuneta. Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

Toda la información referente a climatología, hidrología y drenaje se indica con mayor detalle en el “ANEJO N°4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE”.

5.4 Planeamiento urbanístico

Las actuaciones para llevar a cabo el acondicionamiento de ambos tramos de estudio vendrán limitadas por la clasificación del suelo y su uso. Para obtener dicha información se ha consultado el visor cartográfico de la Región de Murcia (IDERM).

El suelo del primer tramo desde el P.K 0+000 hasta el P.K 1+640 es clasificado como “suelo urbano” con uso de comunicaciones mientras que desde el P.K 1+640 hasta el final es clasificado como “suelo urbanizable sin sectorizar especial” con uso agrícola (ver Figura 12 y Figura 13).

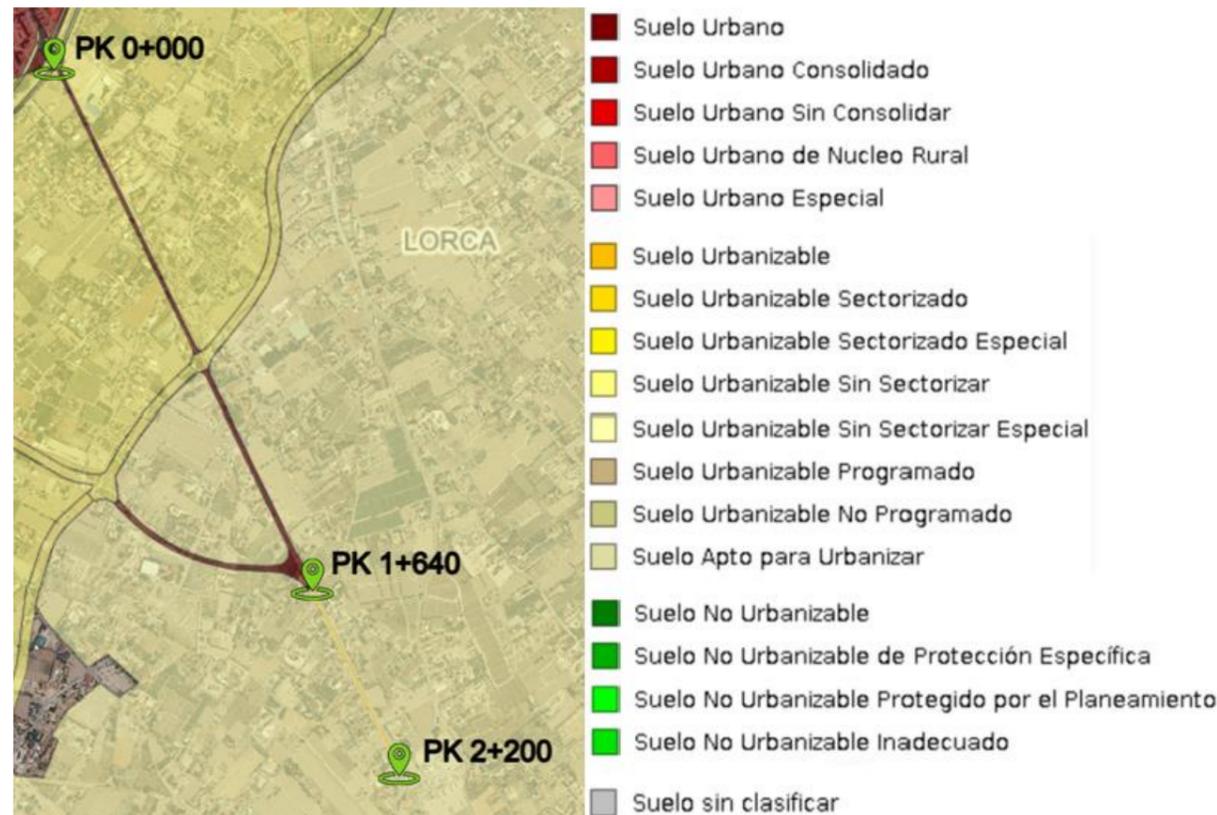


Figura 12. Clasificación del suelo tramo 1. Fuente: Elaboración propia con IDERM

Por otro lado, el suelo del segundo tramo desde el P.K 0+000 hasta el P.K 0+760 es clasificado como “suelo urbanizable sin sectorizar especial” y desde el PK 0+760 hasta el final como “suelo urbanizable sin sectorizar”. Sin embargo, se tendrá en cuenta la zona clasificada como “suelo no urbanizable protegido” contigua a la segunda curva del trazado para provocar las menores afecciones posibles a dicha zona.

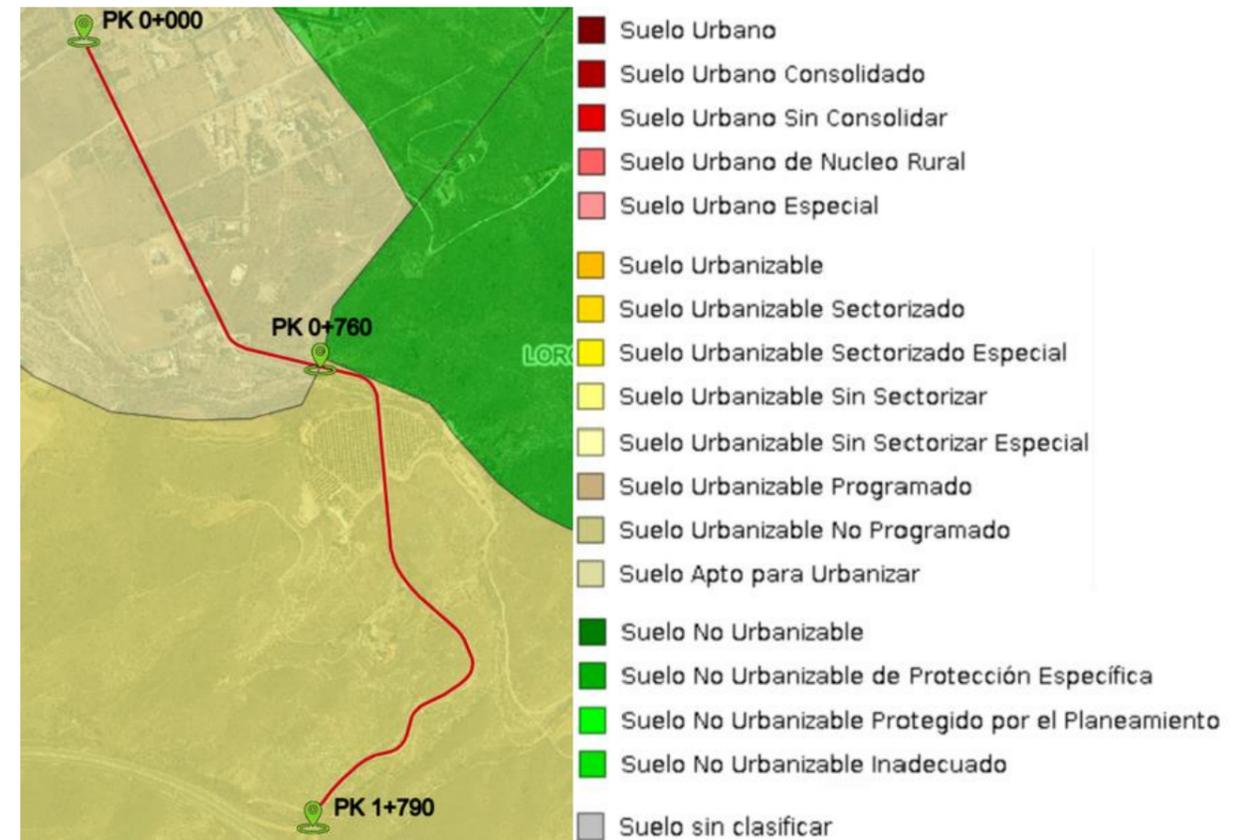


Figura 13. Clasificación del suelo tramo 2. Fuente: Elaboración propia con IDERM

Además de la información obtenida a partir del visor IDERM, se ha recurrido al Plan General Municipal de Ordenación de Lorca publicado en el portal web municipal de Urbanismo y medio ambiente de Lorca para clasificar y zonificar, con más detalle, el suelo en el que se llevará a cabo la actuación.

En cuanto a espacios protegidos, no se localiza ninguna zona protegida en las inmediaciones del primer tramo. Sin embargo, en el segundo existe una zona de protección arqueológica. Esta se trata de la fuente de Purias. Este espacio protegido será considerado en la propuesta que se llevará a cabo en el trazado de la carretera, para provocar en él las mínimas afecciones.

Tras haber analizado la información proporcionada por el visor cartográfico IDERM y el Plan General de Ordenación Urbanística de Lorca, no existen impedimentos para llevar a cabo el acondicionamiento de la carretera RM-621. Sin embargo, se deberá tener en cuenta la zona clasificada como suelo no urbanizable de protección ambiental situada en el margen izquierdo de la segunda curva en planta del tramo 2 en sentido creciente además del espacio de protección arqueológica. En el caso de que sea necesario intervenir en dichas zonas debido a las modificaciones del trazado se deberá justificar las afecciones adecuadamente, en donde se exponga que dichas afecciones tendrán lugar debido a un servicio público de bien general.

Esta información puede ampliarse en el “ANEJO N°6 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO”.

6. Estudio del tráfico

6.1 Intensidad Media Diaria (IMD)

Para la obtención de los datos correspondientes al tráfico de los tramos de estudio, se ha consultado el portal de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, concretamente el Plan de Aforos del año 2021.

Para la realización de estos aforos, se hizo uso de la estación N.º 420 y la N.º 422. La primera de ellas se trata de una estación de control secundaria la cual afora durante 1 día laborable en meses alternos y la segunda es una estación de cobertura que afora durante 1 o 2 días laborables al año.

El primer tramo cuenta con una IMD para el año 2021 de 3.166 veh/día, con un porcentaje de vehículos pesados del 8,8 %. En cambio, el segundo tramo presenta para el año 2021 una IMD bastante más baja con 428 veh/día y un porcentaje de vehículos pesados del 3,74 %.

Para la obtención de la IMD del año actual, así como la del año de puesta en servicio y la del año horizonte, se han tomado los incrementos del tráfico publicados en el BOE con la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, en donde se ha aprobado la instrucción sobre las medidas para mejorar la eficiencia en cuanto a la ejecución de las obras públicas en infraestructuras tanto ferroviarias como de carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento.

Debido a que nos encontramos en un año situado en el periodo 2017 en adelante, el incremento anual acumulativo será del 1,44 %.

En la Tabla 1 se muestran las IMDs para el año actual, el año de puesta en servicio y el año horizonte de cada uno de los tramos.

	IMD					
	AÑO ACTUAL (2023)		AÑO DE PUESTA EN SERVICIO (2026)		AÑO HORIZONTE (2046)	
	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 1	TRAMO 2
IMD (VEH/DÍA)	3.259	441	3.402	461	4.527	613
% PESADOS	8,8%	3,74%	8,8%	3,74%	8,8%	3,74%
IMD _p (VEH/DÍA)	287	17	299	18	398	23

Tabla 1. Intensidad Media Diaria de ambos tramos. Fuente: Elaboración propia

6.2 Nivel de servicio

El nivel de servicio de una carretera es una medida cualitativa que representa las condiciones de operación de un flujo de tráfico y su percepción por los conductores. Para la estimación de dicho

parámetro se ha hecho uso del Highway Capacity Manual (HCM 7th Edition) conocido con su nombre en español como el Manual de Capacidad de Carreteras de Estados Unidos.

En la Figura 14, pueden distinguirse los 6 niveles de servicio existentes para carreteras convencionales.

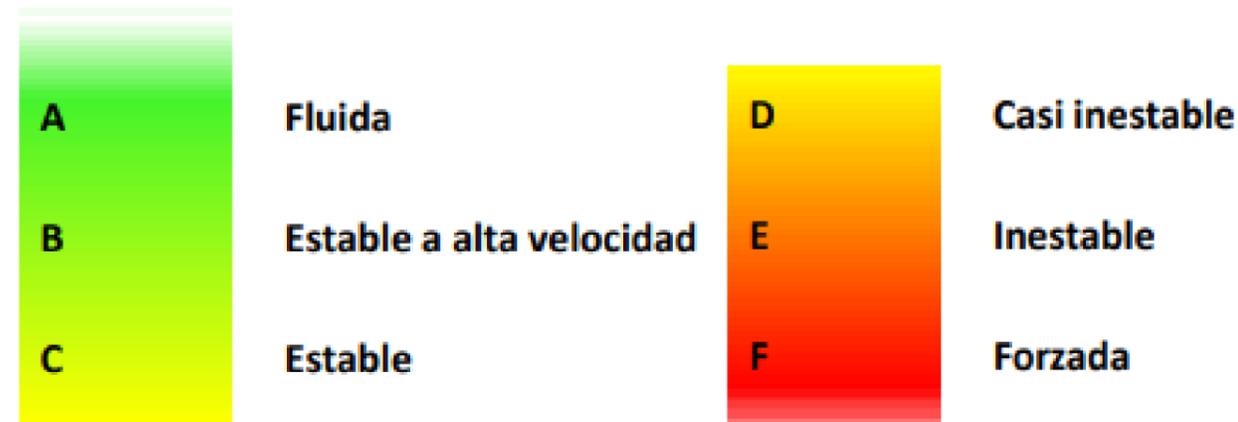


Figura 14. Niveles de servicio en carreteras convencionales. Fuente: Material docente de la asignatura Caminos y aeropuertos

A continuación, en la Tabla 2 se muestran los resultados del nivel de servicio obtenidos para el año actual (2023) y el año horizonte (2046).

AÑO	TRAMO	SENTIDO	NIVEL DE SERVICIO
AÑO ACTUAL (2023)	TRAMO 1	CRECIENTE	A
		DECRECIENTE	A
	TRAMO 2	CRECIENTE	A
		DECRECIENTE	A
AÑO HORIZONTE (2046)	TRAMO 1	CRECIENTE	A
		DECRECIENTE	C
	TRAMO 2	CRECIENTE	A
		DECRECIENTE	A

Tabla 2. Nivel de servicio para el año actual y el año de puesta en servicio. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que el nivel de servicio para ambos tramos será fluido salvo en el tramo 1 para el año horizonte que será estable debido al gran incremento de la intensidad de tráfico que se estima para este tramo en ese año.

Esta información, incluidos todos los cálculos para estimar los niveles de servicio, se muestra detalladamente en el “ANEJO N°5 ESTUDIO DE TRÁFICO”.

7. Diseño geométrico

7.1 Tramo 1

En cuanto al tramo 1, este no ha sufrido ninguna modificación con respecto a su trazado ya que cumple con la normativa actual. Si bien, se han realizado modificaciones en su sección transversal incluyendo la construcción de un carril bici y la rehabilitación del firme.

7.1.1 Carril bici

Con la construcción del carril bici se pretende mejorar la seguridad vial y la convivencia entre ciclistas, peatones y usuarios con vehículos a motor en este tramo, ya que actualmente los ciclistas utilizan la calzada o incluso la propia acera para circular por este tramo (ver Figura 15 y Figura 16).



Figura 15. Ejemplos de ciclistas sobre la calzada (a) en sentido decreciente y (b) sentido creciente. Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Ejemplos de ciclistas sobre la acera en (a) sentido creciente y (b) sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que además de la mejora de la seguridad vial de los usuarios, la construcción de este carril bici supone la interconexión de cuatro carriles bici que actualmente finalizan en diferentes accesos de este tramo.

La propuesta de carril bici consiste en una vía ciclista bidireccional contigua al trazado de la carretera RM-621 con una sección transversal de 2 metros de ancho. Desde el PK 0+000 hasta la intersección situada en el PK 1+150, el carril bici se sitúa en la margen derecha de la carretera y desde el PK 1+150 hasta el final del tramo (PK 2+200), en la margen izquierda, contiguo a la calzada y separado de esta por separadores de caucho.

Entre el carril bici y el límite con las propiedades privadas, así como en la margen contraria de la carretera se construirán y/o remplazarán las aceras para la circulación de peatones. Además, en los diferentes accesos a caminos, veredas y propiedades privadas se colocarán pasos de peatones y líneas discontinuas en los márgenes del carril bici para el acceso de los vehículos.

7.1.1.1 Puntos singulares del carril bici

- Punto 1: Glorieta situada en el PK 0+100 (Figura 17).

En la presente intersección, el margen derecho entre el límite de la calzada y el límite con las propiedades privadas se reduce hasta los 2 metros, por lo que dicha sección será exclusivamente para el paso de ciclistas obligando a los peatones a cruzar a la acera contraria previamente a la intersección para posteriormente volver al margen derecho o continuar por el izquierdo según su ruta.



Figura 17. Punto 1 coincidente con la glorieta situada en el PK 0+100. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D

- Punto 2: Intersección en el PK 1+150 (Figura 18).

Previamente a dicha intersección, el carril bici cruzará desde la margen derecha a la margen izquierda contiguo al paso de peatones existente para su posible enlace con el carril bici del camino Casa del médico o para continuar por el margen izquierdo y conectar con el carril bici existente en el PK 2+200.



Figura 18. Punto 2 coincidente con la intersección situada en el PK 1+150. Fuente: Elaboración propia con Civil 3D

7.1.2 Sección transversal del tramo 1

Este tramo además de la construcción del carril bici ha sufrido modificaciones en lo que respecta a la sección transversal de la calzada. Pasará de una sección con dos carriles de 3,5 metros de ancho cada uno y sin arcenes, a otra con dos carriles de 3 metros de ancho cada uno y con arcenes de 0,5 metros de ancho cada uno.

A continuación, en la Figura 19 y Figura 20, se pueden observar el resultado de las dos secciones tipo con las que contará dicho tramo.

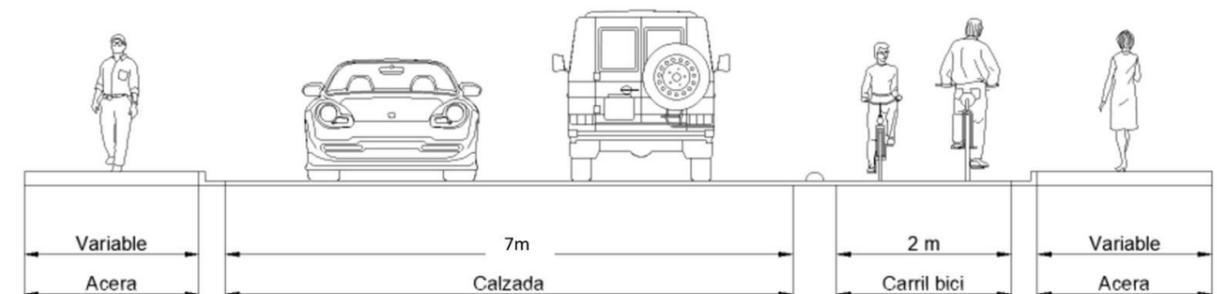


Figura 19. Sección tipo 1. Fuente: Elaboración propia

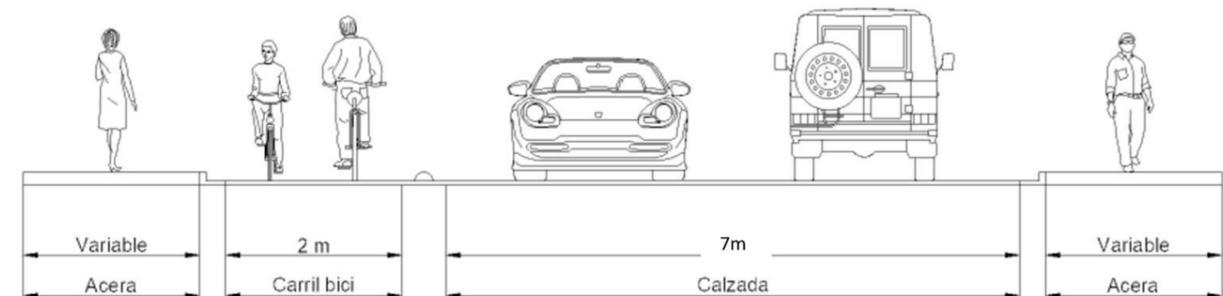


Figura 20. Sección tipo 2. Fuente: Elaboración propia

7.2 Tramo 2

7.2.1 Mejoras en el trazado

En el tramo 2 se han llevado a cabo una serie de mejoras con el fin de mejorar la seguridad vial y el cumplimiento de la Norma 3.1-IC ya que actualmente es nulo.

Se ha modificado el 57%, en longitud, del tramo, ajustándolo siempre de forma que se minimicen al máximo los movimientos de tierras, los costes y el impacto ambiental.

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

Las principales acciones que se han llevado a cabo consisten en la incorporación de clotoides de entrada y salida a todas las curvas ya que actualmente carecen de ellas, así como el incremento del radio en algunas de ellas.

A pesar de modificar más de la mitad del trazado, aún siguen existiendo zonas en las cuales ha resultado imposible conseguir el cumplimiento de la normativa actual ya que debido a la dificultad que presenta el terreno donde se sitúan las obras, serían necesarias grandes modificaciones que incrementarían enormemente los costes y quedaría fuera de lo que es un acondicionamiento. Sin embargo, se ha mejorado significativamente el cumplimiento de la Norma 3.1-I.C de la Instrucción de carreteras.

7.2.2 Visibilidad

La Norma 3.1-IC establece que se debe cumplir una visibilidad superior a la distancia de parada, es decir la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse ante un obstáculo inesperado en su trayectoria.

Además, dicha normativa indica que se debe utilizar la velocidad de proyecto (40 km/h). Sin embargo, para estar del lado de la seguridad ya que se prevé que los vehículos circulen a una velocidad mayor, se incrementa en 20 km/h (60 km/h).

Como se puede observar en el Gráfico 2 y Gráfico 3, a pesar de las modificaciones, aún siguen existiendo zonas en las que la visibilidad es insuficiente para la velocidad de 60 km/h.

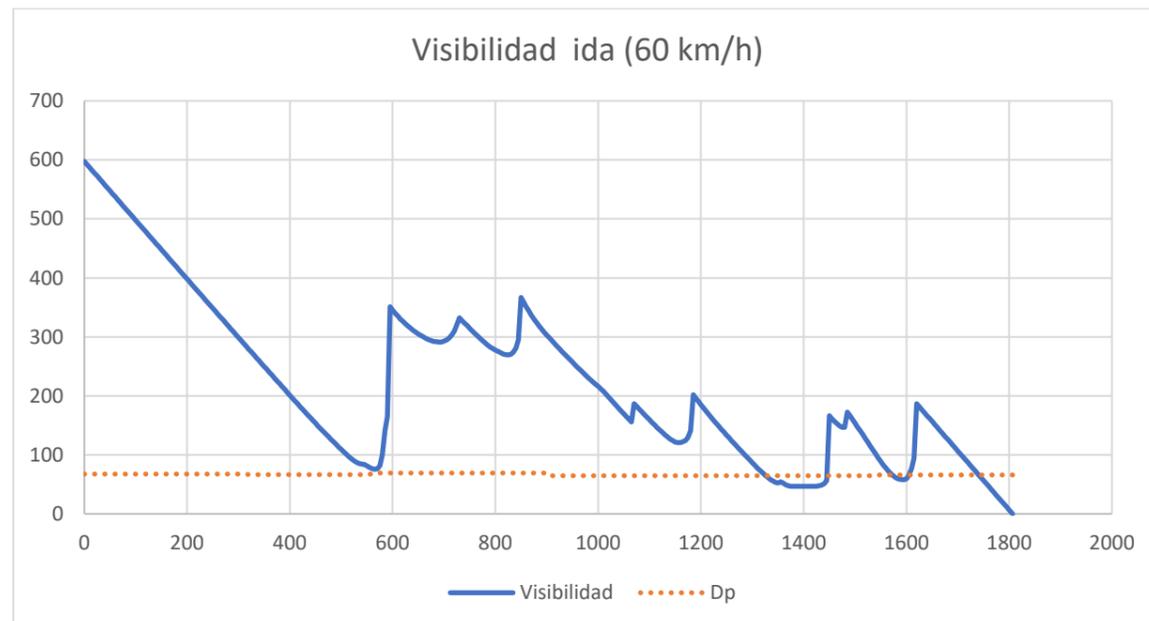


Gráfico 2. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia

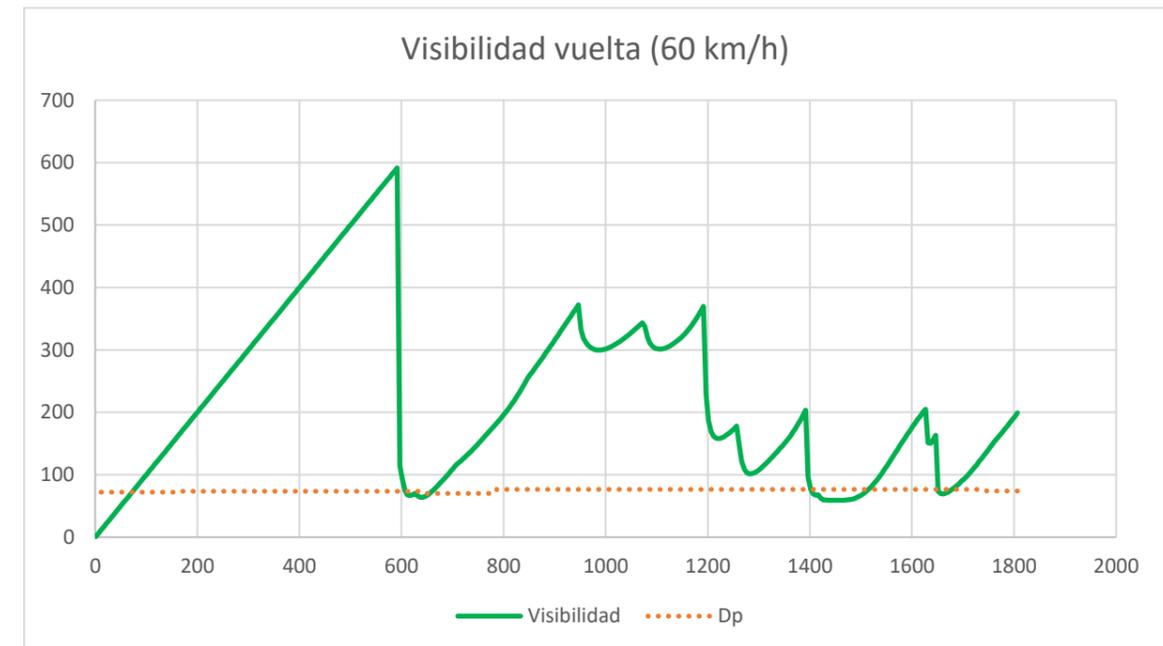


Gráfico 3. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, como sí cumple en la totalidad del tramo para la velocidad de proyecto (ver Gráfico 4 y Gráfico 5), se dará como válida esta solución colocando, como medida adicional, señales de tráfico que adviertan de la insuficiente visibilidad que existe en estas zonas para además provocar los menores movimientos de tierras y por consiguiente el menor impacto ambiental posible.

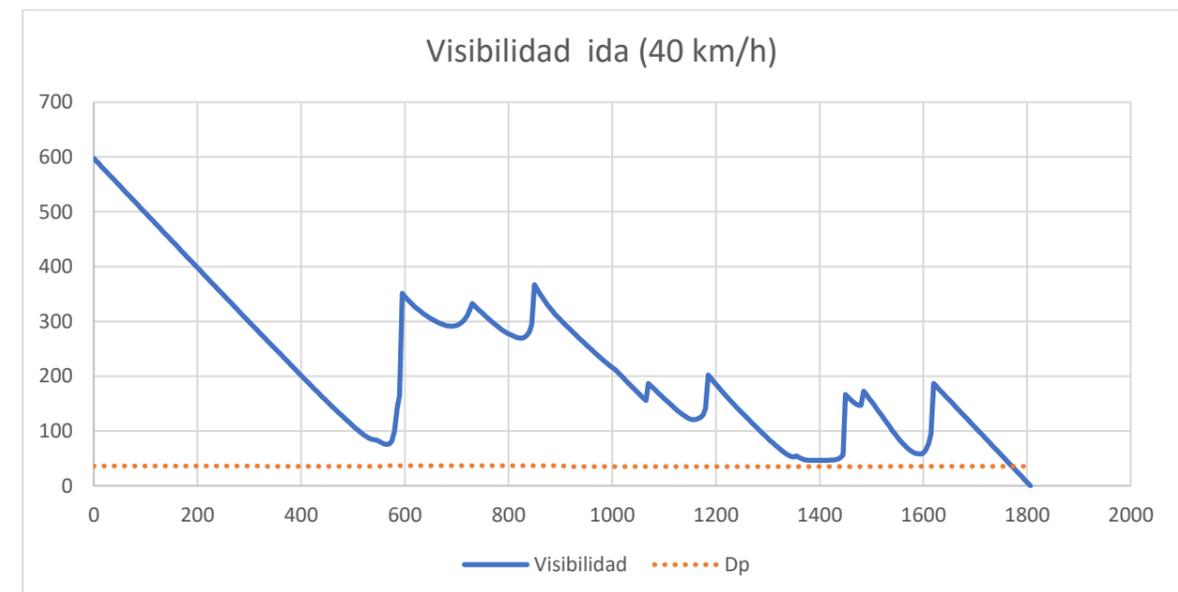


Gráfico 4. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

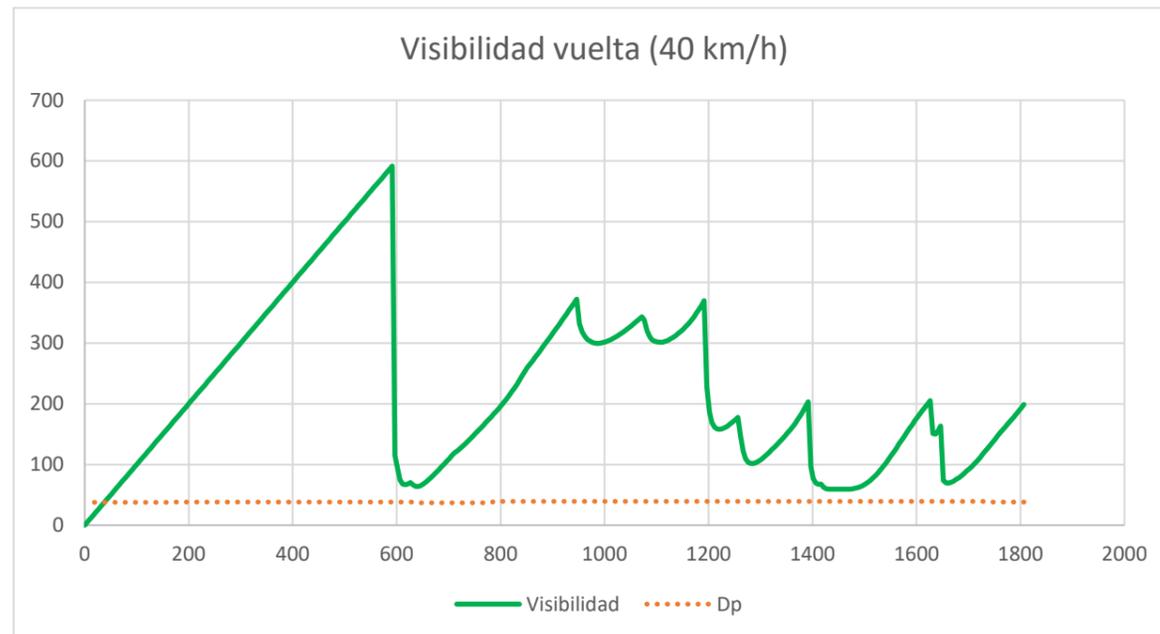


Gráfico 5. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Sección transversal

Al igual que para el tramo 1, se ha decidido diseñar una sección transversal con carriles de 3 metros, arcenes de 0.5 metros y bermas de 0.25 metros debido al poco espacio y libertad de diseño en algunas zonas. Además, en los tramos en los que se deban realizar desmontes, se construirán bermas revestidas de hormigón de 1 metro de ancho en la base de estos para recoger el posible rechineo del material de la parte superior del talud, así como, para dar mayor visibilidad a los usuarios de la carretera.

Por otro lado, en el tramo correspondiente a la obra de paso situada sobre la rambla de Purias, la sección transversal solamente contará con carriles y arcenes con las mismas dimensiones indicadas anteriormente.

En la Tabla 3, se resume esta información.

Elemento	Dimensiones (m)
Carril	3
Arcén	0,5
Berma	0,25
Berma de seguridad en base de desmonte	1

Tabla 3. Elementos y dimensiones de la sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 y Figura 22, se muestran gráficamente estos elementos.

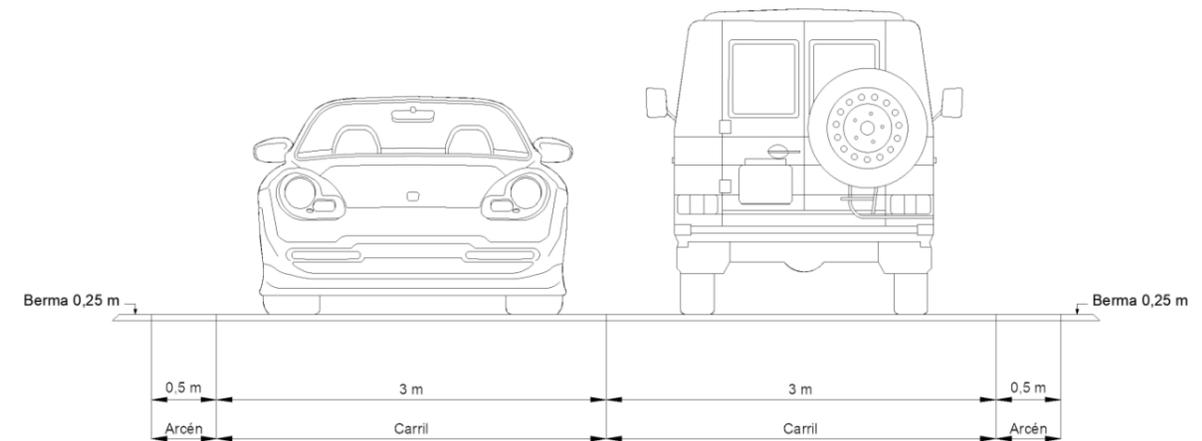


Figura 21. Sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

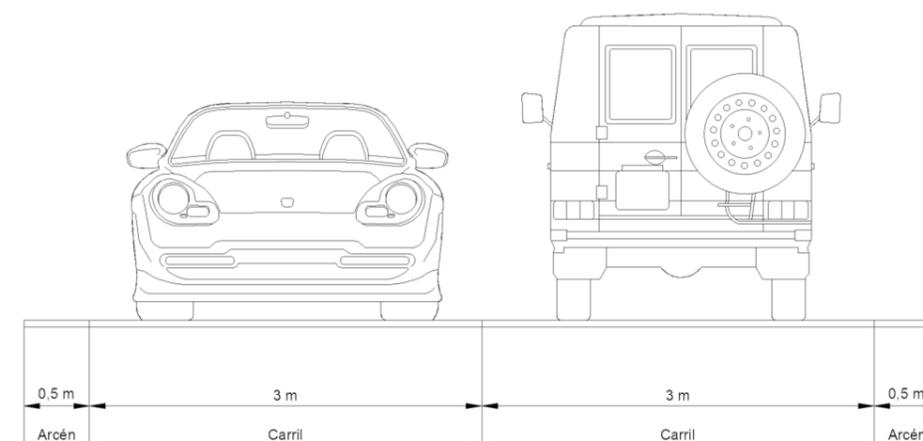


Figura 22. Sección transversal sobre el puente. Fuente: Elaboración propia

7.3 Bombeo y peralte

Para ambos tramos, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal del dos por ciento (2%) hacia cada lado a partir del eje de la calzada. Y, en el caso del tramo 2, las bermas se dispondrán con una inclinación transversal del cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma.

De acuerdo con la tabla 4.5 de la Norma 3.1-IC, para carreteras convencionales C-40 con curvas de radio menor o igual que 350 metros, se dispondrá un peralte del siete por ciento (7%).

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la clotoide y la transición del peralte se desarrollará a lo largo de la clotoide.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

A continuación, en la Tabla 4, se muestran los diferentes elementos de la calzada con sus respectivas inclinaciones.

Elemento	Inclinación
Bombeo carril	-2%
Peralte carril	±7%
Peralte berma	-4%

Tabla 4. Elementos de la sección transversal y sus inclinaciones. Fuente: Elaboración propia

7.4 Movimiento de tierras

En el tramo 1, no se llevarán a cabo movimientos de tierras, salvo la retirada de los escombros procedentes de la demolición del firme y las aceras existentes, ya que se respetará el trazado en planta y alzado actual por cumplir con la normativa vigente.

En el tramo 2, los movimientos de tierra que se llevarán a cabo serán de un total de 13.055,13 m³ repartidos en 12.049,62 m³ de desmonte y 1.005,51 m³ de pedraplén. De esta manera, 1.005,51 m³ del material procedente de los desmontes se empleará en la formación de los pedraplenes y el sobrante de 11.044,11 m³ será transportado a vertedero.

7.5 Accesos

En cuanto a los accesos de ambos tramos no se verán afectados ya que ambos comienzan y finalizan en los mismos puntos. Sin embargo, algunos accesos a viviendas privadas, sobre todo en el tramo 2, deberán adecuarse y señalizarse correctamente al nuevo trazado, lo cual queda fuera del alcance de este estudio.

Toda la información sobre el diseño geométrico de ambos tramos se amplía en el “ANEJO N°8 DISEÑO GEOMÉTRICO”.

8. Consistencia

La consistencia de una carretera se define como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera. El propósito de la consistencia es garantizar que sus usuarios no se vean sorprendidos durante el transcurso de la carretera, es decir, se procura que los conductores se encuentren con lo que ellos esperan, según sus expectativas, a lo largo de la carretera.

Al igual que para la situación actual, la consistencia se ha analizado tanto a nivel global, el cual evalúa la consistencia de un tramo completo a través de diferentes variables obtenidas del perfil de velocidades, como a nivel local, el cual analiza cada elemento aislado a partir de la deceleración entre elementos sucesivos, únicamente en el tramo 2.

8.1 Consistencia local

Para el análisis de la consistencia local se ha hecho uso del criterio propuesto por la normativa española, el cual se corresponde con el criterio II de Lamm et al. (1988).

En la Tabla 5 y Tabla 6 se pueden observar los resultados obtenidos de consistencia local para ambos sentidos de circulación.

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
553	592	74.78	61.37	13.41	Aceptable
765	829	82.2	61.37	20.82	Pobre
1131	1182	82.45	70.43	12.03	Aceptable
1304	1380	85.43	61.37	24.06	Pobre
1496	1501	61.37	59.68	1.69	Buena
1537	1542	59.68	57.78	1.9	Buena
1623	1628	59.68	57.78	1.9	Buena
1719	1724	59.68	57.78	1.9	Buena
1764	1807	69.63	40	29.63	Pobre

Tabla 5. Consistencia local sentido creciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
1769	1726	74.25	57.78	16.47	Aceptable
1648	1643	59.68	57.78	1.9	Buena
1552	1547	59.68	57.78	1.9	Buena
1255	1205	82.15	70.43	11.72	Aceptable
944	867	85.74	61.37	24.36	Pobre
672	607	82.2	61.37	20.82	Pobre
70	0	82.54	40	42.54	Pobre

Tabla 6. Consistencia local sentido decreciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia

En el sentido creciente cabe destacar que ha resultado imposible eliminar las zonas con consistencia pobre, aunque se han reducido los decrementos de velocidad en algunos puntos del trazado. Para subsanar estas deficiencias en el tramo, se deberían llevar a cabo grandes modificaciones en el trazado que supondrían un enorme incremento del coste de las obras y un gran impacto ambiental en la zona. No obstante, se han modificado estas zonas haciendo cumplir lo establecido en la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras y se ha mejorado la consistencia en otras zonas pasando de aceptable a buena.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

En el sentido decreciente, tampoco ha sido posible la eliminación de las zonas con consistencia pobre, aunque, al igual que para el sentido creciente se han reducido los decrementos de velocidad en algunos puntos del trazado. Y al igual que en el sentido opuesto, se deberían llevar a cabo grandes modificaciones en el tramo, lo cual quedaría fuera de un acondicionamiento y supondría un gran incremento de los costes y del impacto ambiental.

8.2 Consistencia global

Para el análisis de la consistencia a nivel global, según el modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015) y el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018), se ha dividido el tramo en dos subtramos según su comportamiento geométrico en planta. El primero desde el PK 0+000 hasta el PK 1+339 y el segundo desde el PK 1+339 hasta el PK 1+807.

Cabe destacar la mejora de la consistencia de ambos subtramos con respecto a la situación actual. En el primer subtramo, se ha logrado una mejora de 0,39 km/h, y en el segundo se ha logrado una mejora de 1,65 km/h.

8.3 Accidentes estimados en los próximos 10 años

Además de la consistencia global, los modelos de Camacho-Torregrosa et al. (2015) y de Llopis-Castelló et al. (2018) permiten estimar los posibles accidentes que se podrían dar en este tramo en los próximos 10 años.

A partir de la IMD del tramo, de las longitudes de los subtramos y de sus valores de consistencia, se han estimado un total de entre 0,3 y 0,9 accidentes con víctimas en los próximos 10 años, teniendo en cuenta ambos modelos.

Toda la información relevante a la consistencia y seguridad vial del tramo 2 se amplía en el “ANEJO N°9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL”.

9. Firmes

Las secciones de firme proyectadas para cada tramo han sido diseñadas según la Norma 6.1-I.C Secciones de firmes, de la instrucción de carreteras (2003), a partir de la información obtenida en el “ANEJO N°3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA” y en el “ANEJO N°5 ESTUDIO DE TRÁFICO”.

9.1 Categorías de tráfico

La categoría del tráfico depende de la IMDp (vehículos pesados/día) del carril de proyecto, que será aquel con mayor demanda para el año de puesta en servicio.

Debido a que no se dispone de información sobre el reparto de vehículos pesados por carril, se supondrá que incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados que circulan por la calzada, de acuerdo con el apartado 4 de la Norma 6.1-IC Secciones de Firmes.

Por tanto, el carril más cargado del tramo 1 contará con 150 veh pesados/día y el del tramo 2 con 9 veh pesados/día, según los datos indicados, para el año de puesta en servicio, en el apartado 6 Estudio de tráfico.

Con estos valores, la categoría de tráfico pesado del tramo 1 es T31 y la del tramo 2 es T42 (ver Figura 23).

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Figura 23. Categorías de tráfico pesado T3 y T4. Fuente: Norma 6.1-IC

9.2 Explanadas

Debido a la baja demanda de vehículos de ambos tramos, para el tramo 1 y el subtramo de arenas, gravas y arcillas del tramo 2 se optará por la explanada de menor capacidad de soporte, es decir, la explanada E1. Por otro lado, en el subtramo de roca del tramo 2, se optará por la única opción que ofrece la norma, la cual consiste en uniformizar la superficie a base de hormigón en masa (HM-20) para conseguir una explanada E3.

Por tanto, para una explanada E1 y suelos tolerables, la norma indica 3 posibles explanadas distintas, entre las cuales, tras un análisis económico, se opta por la opción compuesta por 45 centímetros de suelo seleccionado para el tramo 1 y los 700 metros iniciales del tramo 2.

9.3 Firmes

Una vez conocidos los tipos de explanadas a ejecutar y sus materiales, se han estudiado los posibles tipos de firmes que ofrece la Norma 6.1-IC con el objetivo de elegir el más adecuado para este caso.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

9.3.1 Capa subbase

Para ambos tramos, tras un análisis económico de las diferentes opciones que ofrece la normativa, se opta por una subbase compuesta por zahorra artificial procedente de préstamo, con espesores de 40 centímetros para el tramo 1, 35 centímetros para los 700 metros iniciales del tramo 2 y 20 centímetros para el resto del tramo 2.

9.3.2 Mezcla bituminosa

La mezcla bituminosa está compuesta por tres capas distintas: la base, la intermedia y la capa de rodadura. Las dos primeras actúan como apoyo para la capa de rodadura, la cual recibe directamente las cargas de los neumáticos de los vehículos

9.3.2.1 Capa de rodadura

Debido a que la zona en la que se emplazan las obras corresponde a una zona poco lluviosa, se opta por una mezcla **AC16 surf D** con un espesor de 5 centímetros para todos los tramos, con un **betún asfáltico 50/70** como ligante hidrocarbonado.

9.3.2.2 Capa base e intermedia

Se utilizará en el tramo 1, para la capa base, una mezcla **AC32 base G** con un espesor de 9 cm, y para la capa intermedia, una mezcla **AC22 bin S** con un espesor de 6 cm, con el mismo ligante que para la capa de rodadura, es decir, **betún asfáltico 50/70**.

Por otro lado, el tramo 2, carecerá de estas capas ya que debido a la baja categoría de tráfico que posee, solo contará con 5 cm de mezcla bituminosa correspondientes a la capa de rodadura.

9.4 Arcenes

El arcén del tramo 1 constará de una capa de mezcla bituminosa del mismo tipo y espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada. Debajo de esta capa se dispondrá zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

Por otro lado, el arcén del tramo 2 contará con un pavimento constituido por un riego de gravilla y el resto del arcén estará constituido por zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

A continuación, en la Figura 24, la Figura 25 y la Figura 26 se muestran gráficamente los resultados de las secciones de firme de ambos tramos.

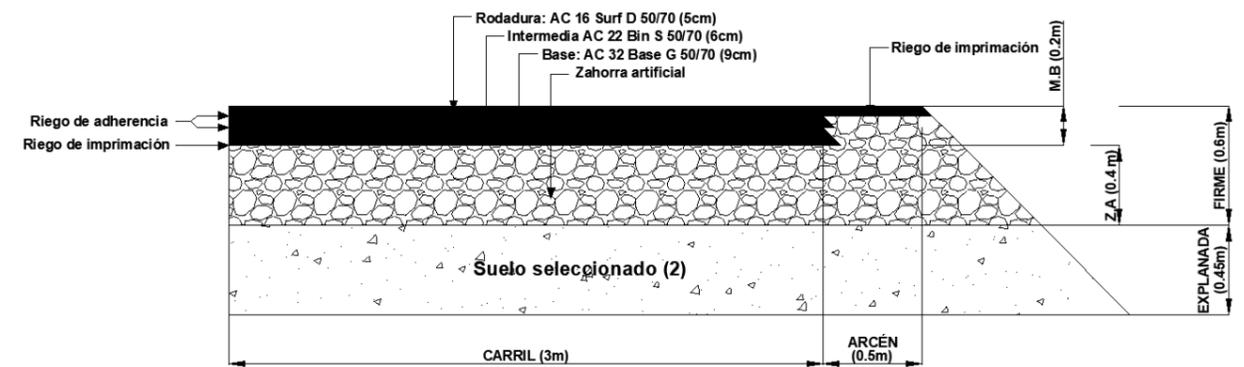


Figura 24. Sección transversal del firme del tramo 1. Fuente: Elaboración propia

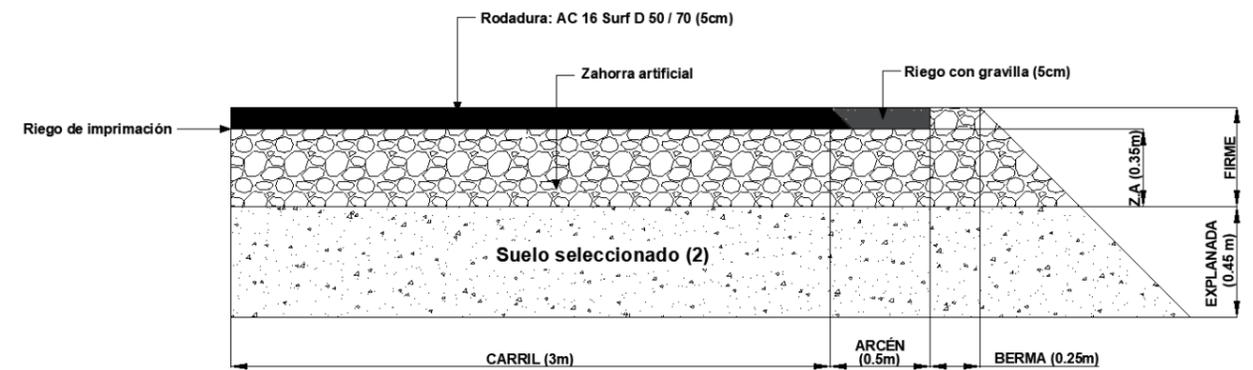


Figura 25. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de gravas, arenas y arcillas). Fuente: Elaboración propia

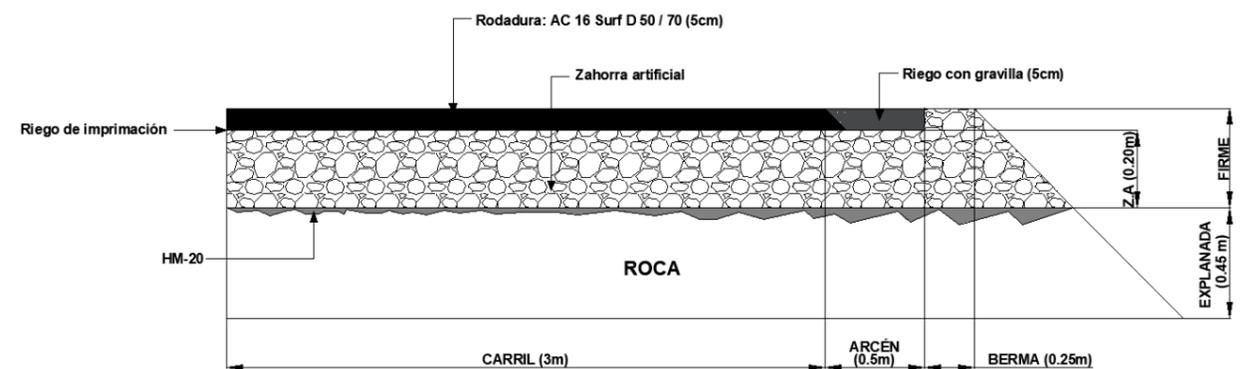


Figura 26. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de roca). Fuente: Elaboración propia

Esta información puede ampliarse en el “ANEJO N°7 FIRMES”.

10. Valoración económica

A partir de la Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras de 2022 se ha realizado en primer lugar una estimación del coste de cada tramo por separado. Y finalmente, una valoración económica del coste total de las obras.

Cabe destacar que el presupuesto de ejecución material (PEM) se ha obtenido como resultado de la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Ascende a **un millón cuatrocientos noventa y tres mil trescientos dieciséis euros con ochenta y un céntimos**. Se incluyen en él las partidas correspondientes a Seguridad y Salud, Control de Calidad y Gestión de Residuos, cuyos importes se han calculado considerando unos porcentajes aproximados, sobre el PEM, de valor 2,50% para Seguridad y Salud, 1,00% para el Control de Calidad y 1,00% para Gestión de Residuos. El presupuesto de ejecución por contrata asciende a **dos millones ciento cincuenta mil doscientos veintiséis euros con ochenta y ocho céntimos**, IVA incluido.

10.1 Valoración económica del tramo 1

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	1.023.856,12 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	133.101,30 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	61.431,37 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	255.861,65 €
PRESUPUESTO TRAMO 1	TOTAL	1.474.250,44 €

Tabla 7. Valoración económica estimada del tramo 1. Fuente: Elaboración propia

10.2 Valoración económica del tramo 2

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	469.460,69 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	61.029,89 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	28.167,64 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	117.318,23 €
PRESUPUESTO TRAMO 2	TOTAL	675.976,45 €

Tabla 8. Valoración económica estimada del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

10.3 Valoración económica total

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	1.493.316,81 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	194.131,19 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	89.599,01 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	373.179,87€
PRESUPUESTO TOTAL	TOTAL	2.150.226,88€

Tabla 9. Valoración económica estimada total. Fuente: Elaboración propia

Esta información puede ampliarse en el “**ANEJO N°10 VALORACIÓN ECONÓMICA**”.

11. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Este estudio esta relacionado, principalmente con los siguientes tres objetivos de desarrollo sostenible:

- **ODS 3: Salud y bienestar:**

Con la mejora de su consistencia, el cumplimiento de la normativa en casi la totalidad de su diseño, la mejora del firme y la construcción del carril bici, se lograrán condiciones más seguras para los usuarios y por tanto se estará cumpliendo con dicho objetivo.

- **ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras**

Este estudio, que implica mejoras en el trazado del tramo 2 así como la rehabilitación del firme en ambos tramos y la construcción del carril bici en el tramo 1, se relaciona con este ODS ya que busca asegurar la comodidad de los usuarios y proporcionar una infraestructura de mayor calidad y durabilidad.

- **ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.**

Al igual que se menciona en los objetivos anteriores, el acondicionamiento de los tramos englobados en este estudio tiene como objetivo mejorar la seguridad de los usuarios, hacerla más asequible y brindarles una mayor comodidad.

Esta información puede ampliarse en el “**ANEJO N°11 ODS**”.

12. Conclusiones

El presente estudio ha tenido como objetivo la mejora del cumplimiento de la Norma 3.1-I.C, así como la mejora de la seguridad vial de los tramos de estudio de la carretera RM-621.

DOCUMENTO N°1 MEMORIA

Por un lado, en el tramo 1 se ha logrado mejorar la seguridad vial mediante la rehabilitación del firme y la construcción del carril bici. Este último permitirá la circulación de ciclista sin la necesidad de transcurrir por la calzada o por la acera, como lo hacen actualmente, evitando posibles accidentes con los peatones.

Por otro lado, en el tramo 2 se ha logrado diseñar un trazado que mejora significativamente el cumplimiento de la normativa actual. Además, cabe destacar que a pesar de la dificultad que presenta la zona con edificaciones, zonas protegidas, el cauce de una rambla y un terreno bastante abrupto se ha logrado una leve mejora de la consistencia y seguridad vial con cifras de accidentes casi nulas en los próximos 10 años.

Por último, las actuaciones llevadas a cabo en este estudio presentan cierta relación con tres de los diecisiete ODS, lo cual supondrá un mayor beneficio para la sociedad y el medio ambiente.

Firma del autor:

Manuel Carrasco Martínez



ANEJO N°1

LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. LOCALIZACIÓN.....	4
3. ANTECEDENTES.....	4

ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

1. Introducción

En el presente anejo se pretende definir la localización del tramo de carretera de estudio, perteneciente a la carretera RM-621. Dicha carretera conecta el casco urbano de la ciudad de Lorca (Murcia) con algunas de sus pedanías más pobladas entre las que destaca Purias. Además, en su tramo final, permite la conexión de dicha pedanía con la carretera RM-11 la cuál conecta el municipio de Lorca y el municipio de Águilas con un flujo de vehículos diario bastante significativo.

2. Localización

La RM-621 pertenece a la comunidad autónoma de la Región de Murcia y está situada en el suroeste de la Provincia (Figura 1), concretamente en la comarca del Valle del Guadalentín conectando Lorca y la pedanía de Purias (Figura 2).

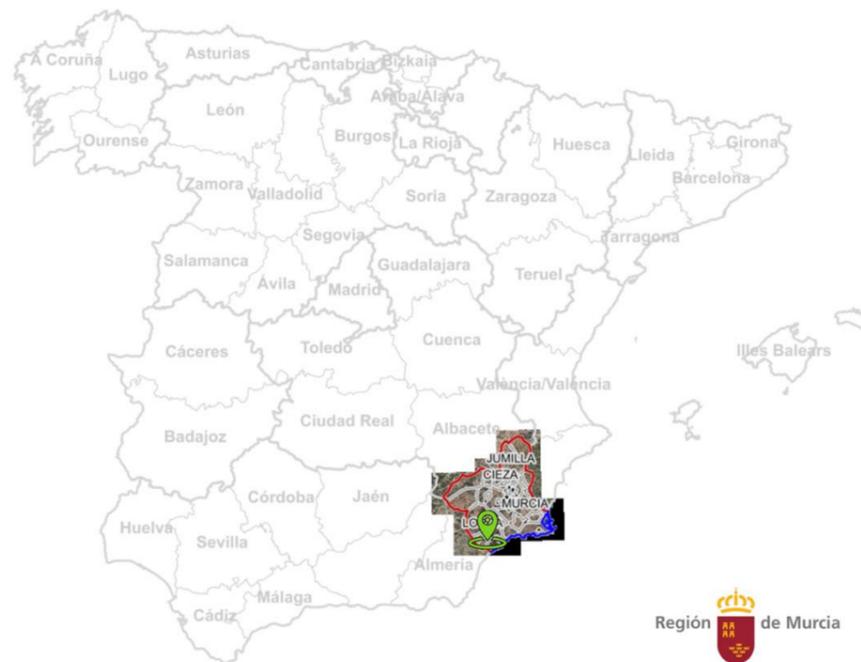


Figura 1 Localización en el país y en la comunidad autónoma. Fuente: Elaboración propia con visor IDERM

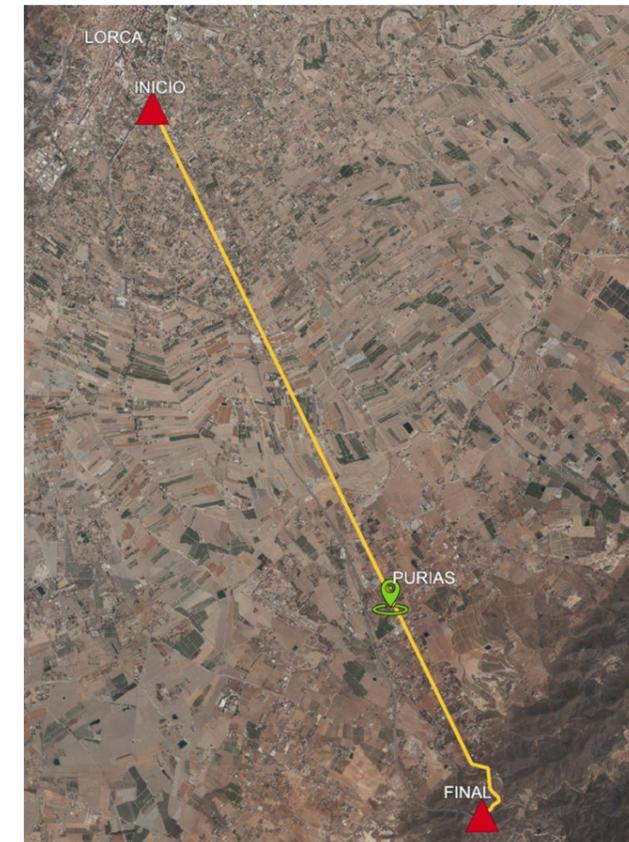


Figura 2 Localización en el municipio de Lorca. Fuente: Elaboración propia con visor IDERM

3. Antecedentes.

La carretera RM-621 tiene una longitud total de 12,8 km y se divide, principalmente, en 2 tramos. El primero de ellos, con una longitud de 2,2 km, se encuentra entre la intersección con la Ronda Sur de Lorca (PK 0+000) hasta la intersección con la carretera RM-D12 (PK 2+200), cuya titularidad corresponde al Ayuntamiento de Lorca (Figura 3). El segundo, con una longitud de 10,6 km, se localiza entre la intersección con la carretera RM-D12 (PK 2+200) hasta el enlace con la carretera RM-11 (PK 12+800), cuya titularidad corresponde a la Consejería de Fomento e Infraestructuras (Figura 4).

En el año 2007, la que por aquel entonces sería la Consejería de Obras públicas, Vivienda y Transportes transfirió el primer tramo, que discurre en ámbito urbano, al Ayuntamiento de Lorca. Posteriormente, tras los terremotos de 2011, la RM-621 se vio afectada presentando múltiples desperfectos debidos al movimiento de las capas granulares que formaban la explanada y las capas subbases de la carretera apareciendo fisuras y roturas del firme y de los márgenes de la carretera. Por ello, la Consejería de Fomento e Infraestructuras decidió llevar a cabo, en el año 2012, la redacción de un proyecto de reparación, reposición de firme, ordenación y acondicionamiento de acceso de la carretera RM-621

ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

desde la intersección con la carretera RM-D12 en el PK 0+000 hasta el PK 2+900 y desde el PK 4+600 hasta el PK 8+700. Dichas obras comenzaron en el año 2014 y se concluyeron en febrero de 2015.

Sin embargo, tanto el primer tramo perteneciente al Ayuntamiento de Lorca (Figura 3) como el tramo final desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800 (Figura 5) no han sido sometidos a ningún tratamiento de mejora de la carretera.

Además de lo anteriormente mencionado, las características geométricas de la carretera, con ese trazado rectilíneo en casi la totalidad del tramo que incita a desarrollar elevadas velocidades –incluso por encima de la velocidad límite de la vía–, junto a la alta intensidad de tráfico hace que el tramo sea considerado de alto riesgo en términos de siniestralidad.

De ahí que el principal objetivo del presente estudio sea establecer una solución de acondicionamiento del trazado geométrico de dichos tramos con el fin de mejorar la seguridad vial.

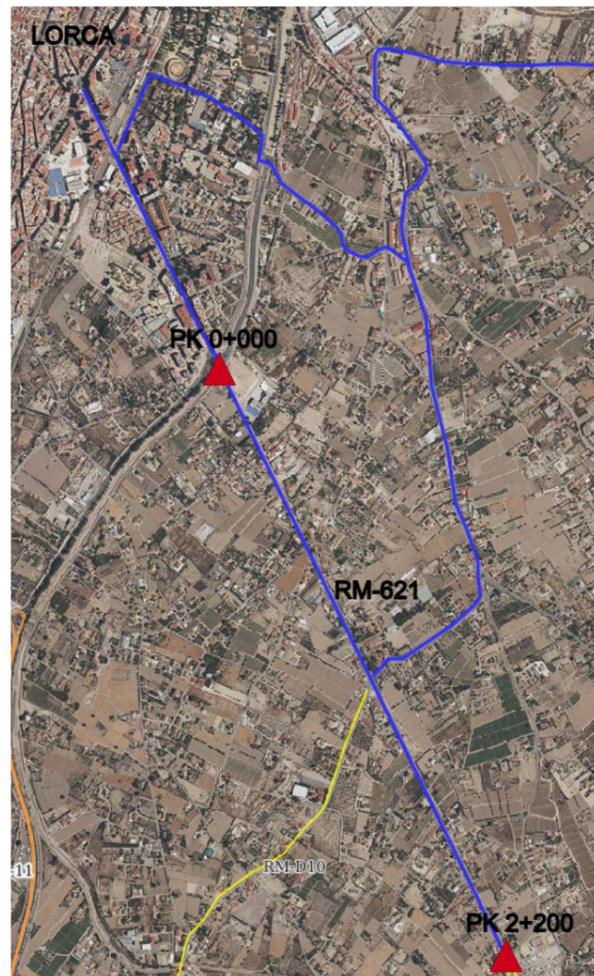


Figura 3. Tramo 1 objeto del estudio y propiedad del Ayuntamiento de Lorca. Fuente: Elaboración propia con IDERM

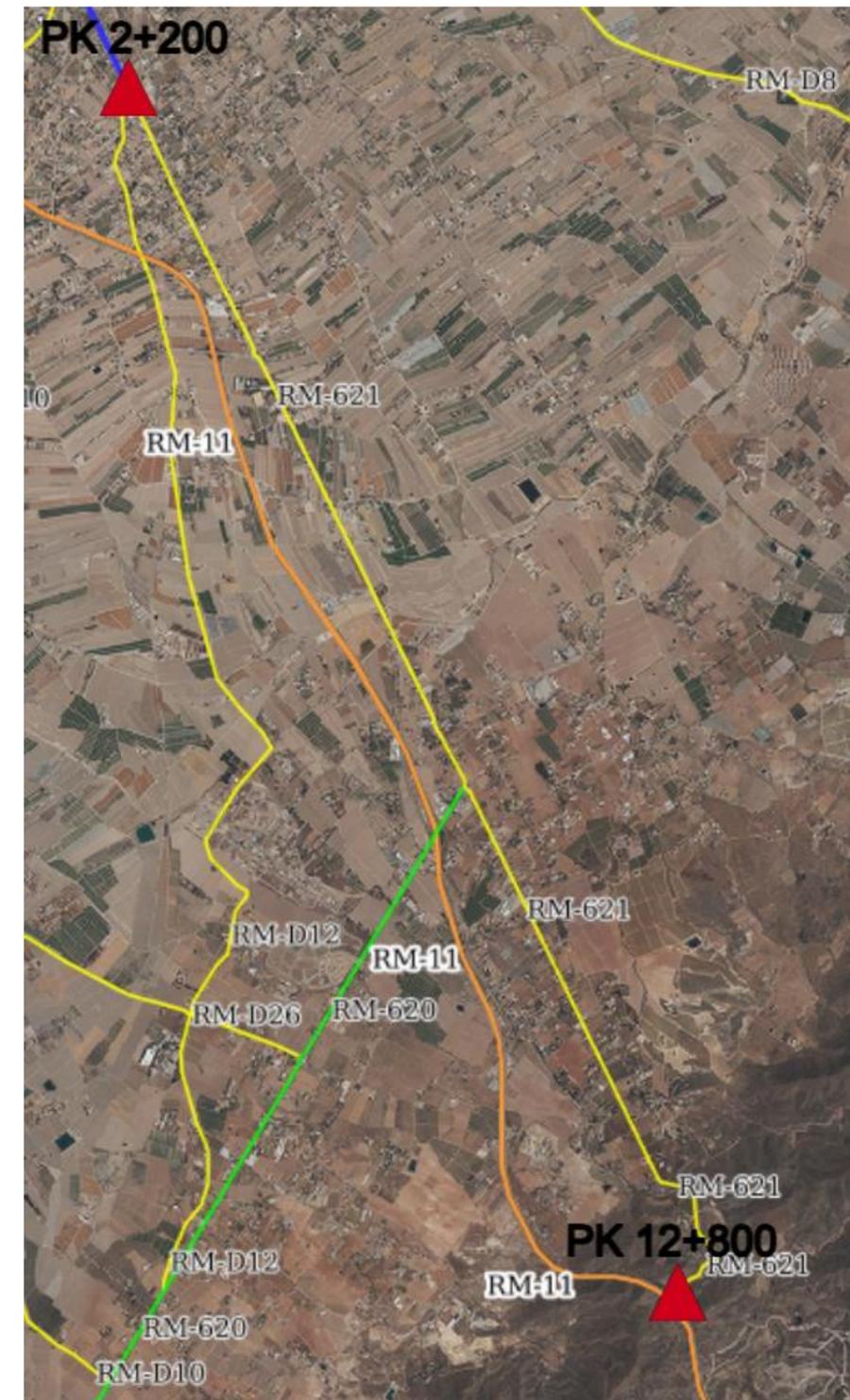


Figura 4. Tramo propiedad de la Consejería de Fomento e Infraestructuras. Fuente: Elaboración propia con IDERM

ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES



Figura 5. Tramo final objeto del estudio. Fuente: Elaboración propia con IDERM



ANEJO N°2

SITUACIÓN ACTUAL

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ESTRUCTURA VIARIA	4
3.	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	8
3.1	TRAZADO DEL TRAMO 1	8
3.2	TRAZADO EN PLANTA (TRAMO 2).....	8
3.3	TRAZADO EN ALZADO (TRAMO 2).....	9
3.4	VISIBILIDAD	9
4.	CONSISTENCIA	10
5.	CONCLUSIONES.....	11

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

1. Introducción

En el presente anejo se pretende definir la situación actual de la carretera RM-621, concretamente la de los tramos objeto de este estudio (el tramo 1, desde el PK 0+000 hasta el PK 2+200, y el tramo 2 desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800). Para ello, se realizará un estudio del trazado actual, así como un inventario de los accesos e intersecciones presentes en ambos tramos. Además, se analizará el estado del firme. Y, por último, se comprobará el cumplimiento de la normativa vigente en el tramo final del PK 10+900 hasta el PK 12+800.

2. Estructura viaria

El primer tramo de estudio cuenta con varias intersecciones. La primera intersección se encuentra en el PK 0+000, se trata de una glorieta que conecta la RM-621 con Avenida alcalde José Antonio Gallego López, Alameda de Cervantes, Ronda Sur y Camino Quijero (Figura 1).



Figura 1. Glorieta PK 0+000 tramo 1. Fuente: Elaboración propia con IDERM

Continuando el trazado, se localiza otra glorieta (a unos 100 metros) para materializar la conexión con la calle que da acceso al colegio Valle del Guadalentín (Figura 2).

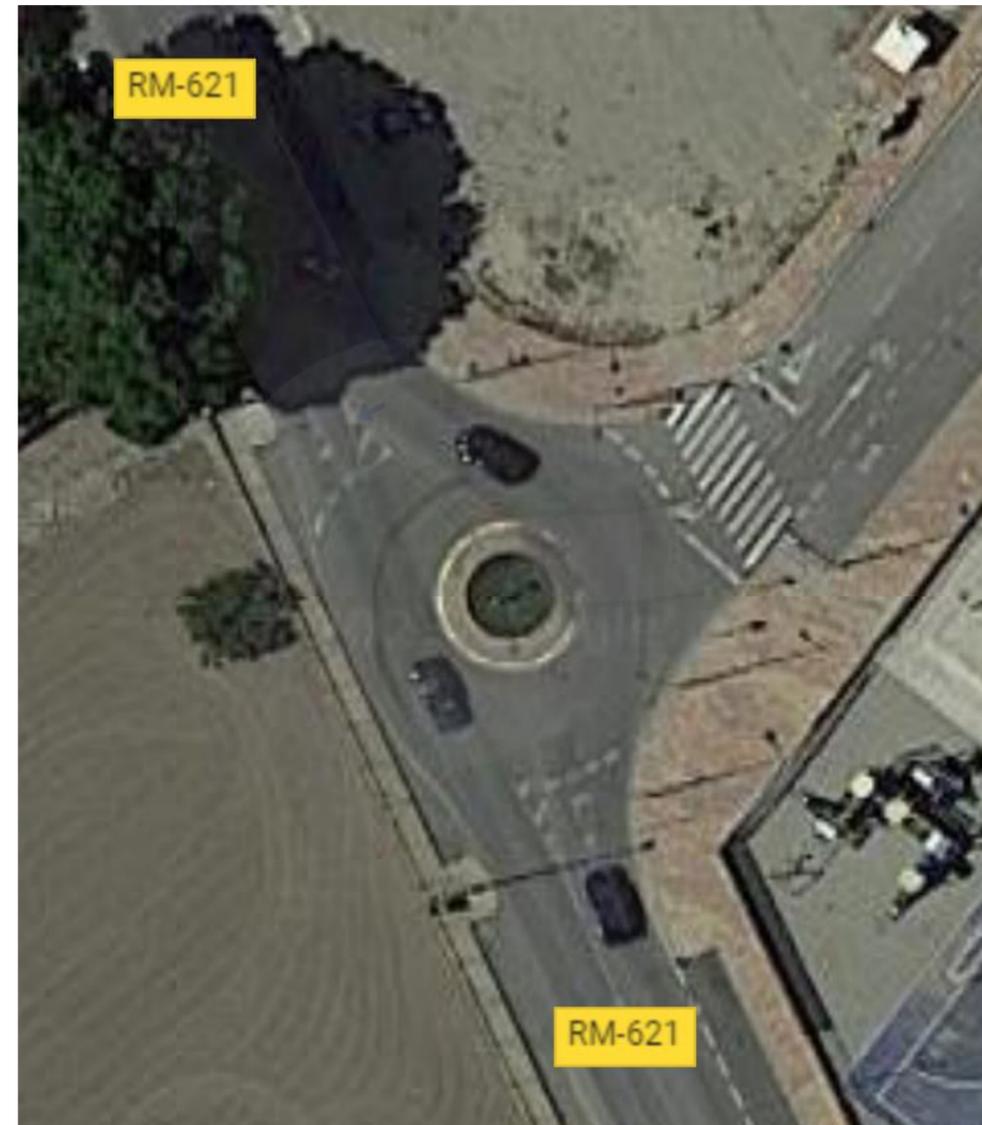


Figura 2 Glorieta acceso colegio Valle del Guadalentín. Fuente: Google maps

Seguidamente en el PK 1+150, se ubica una intersección en X la cual conecta la RM-621 con la RM-D10 y con el Camino Casa del Médico (Figura 3).

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL



Figura 3 Intersección en X PK 1+150. Fuente: Elaboración propia con IDERM

Finalmente, en el PK final del primer tramo se encuentra una intersección con forma ovalada que conecta la RM-621 con la RM-D12 y con Vereda de los Seguras además de dar acceso a las parcelas contiguas (Figura 4).



Figura 4 Intersección PK 2+200. Fuente: Elaboración propia con IDERM

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

En cuanto al segundo tramo de estudio, este cuenta con dos intersecciones, una mini glorieta en su PK inicial que conecta la RM-621 con el Camino Casa de la Cantera y Camino de la Torre (Figura 5), y una glorieta en su PK final para el enlace con la carretera RM-11 (Figura 6).

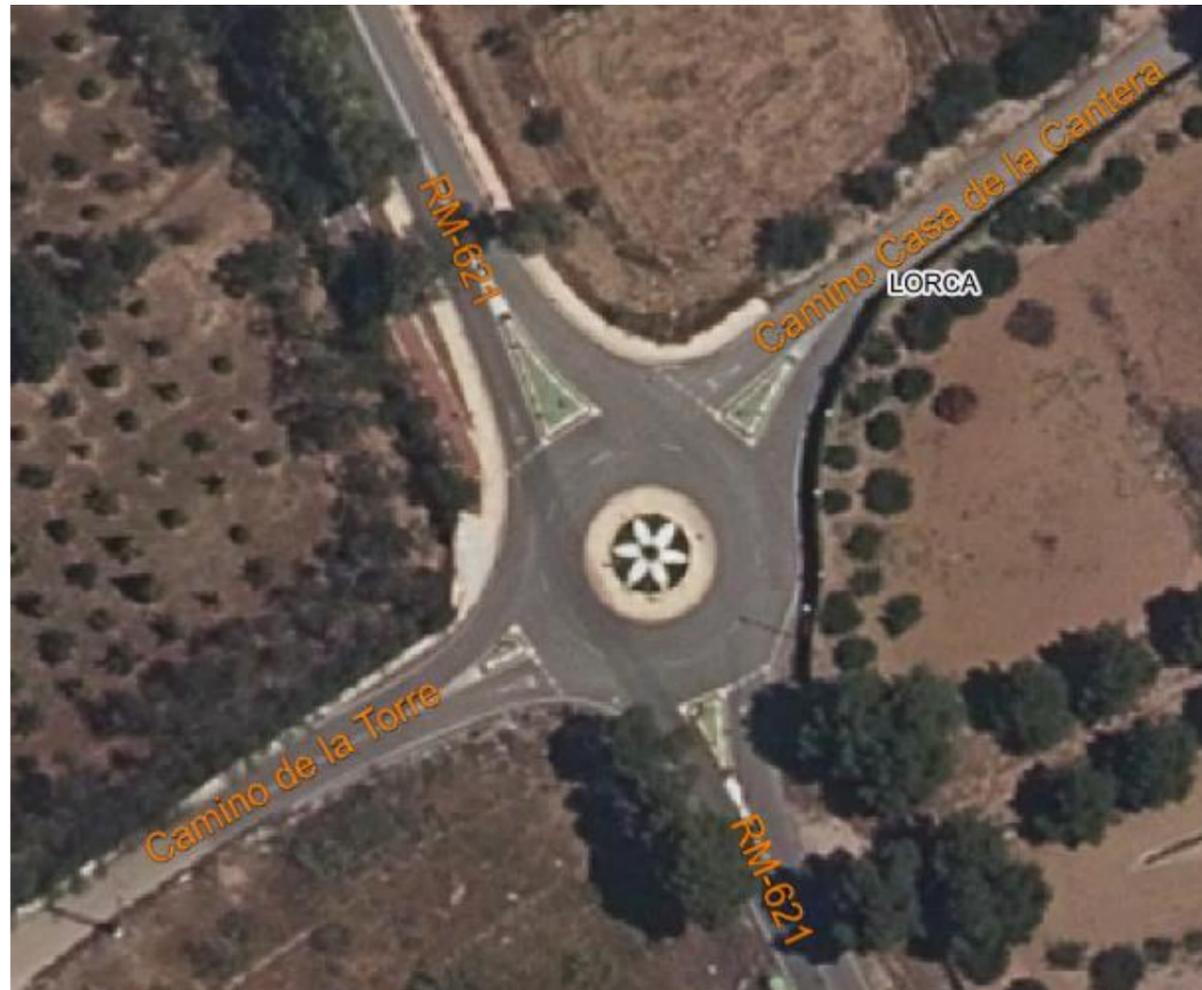


Figura 5 Glorieta PK inicial tramo 2. Fuente: Elaboración propia con IDERM

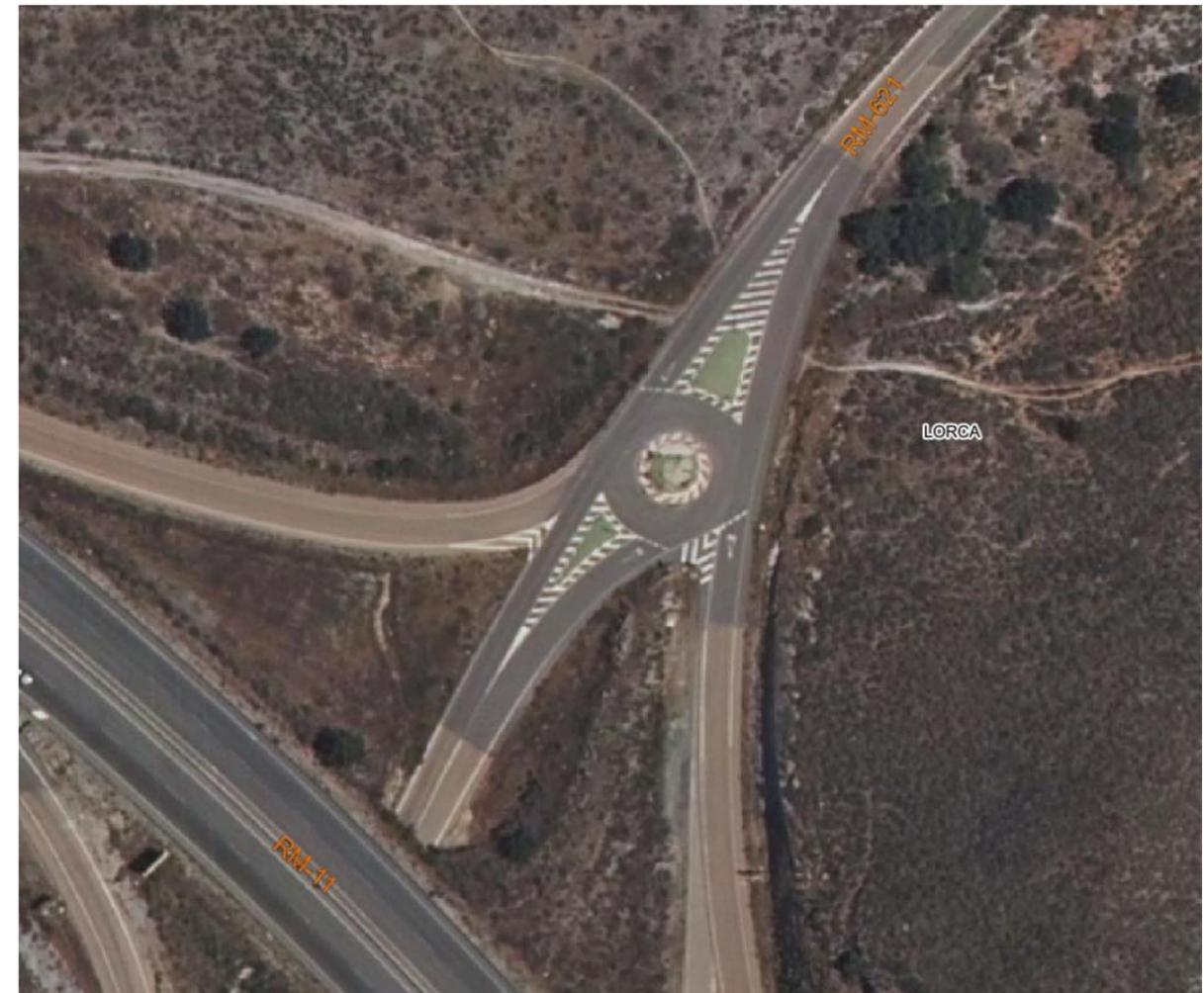


Figura 6 Enlace con la carretera RM-11. Fuente: Elaboración propia con IDERM

Además de lo mencionado anteriormente, ambos tramos cuentan con múltiples accesos a caminos y veredas que dan acceso a viviendas particulares y edificaciones industriales.

En el segundo tramo (PK 11+800) se localiza un puente que funciona como obra de drenaje transversal para salvar el cauce de la rambla de Purias (Figura 7).

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL



Figura 7. ODT PK 11+800: (a) vista en planta y (b) vista desde carretera. Fuente: Elaboración propia

Respecto a la señalización y a los dispositivos de contención de vehículos de este tramo, cabe destacar la obsolescencia de los mismos y su mal estado (Figura 8 y Figura 9).

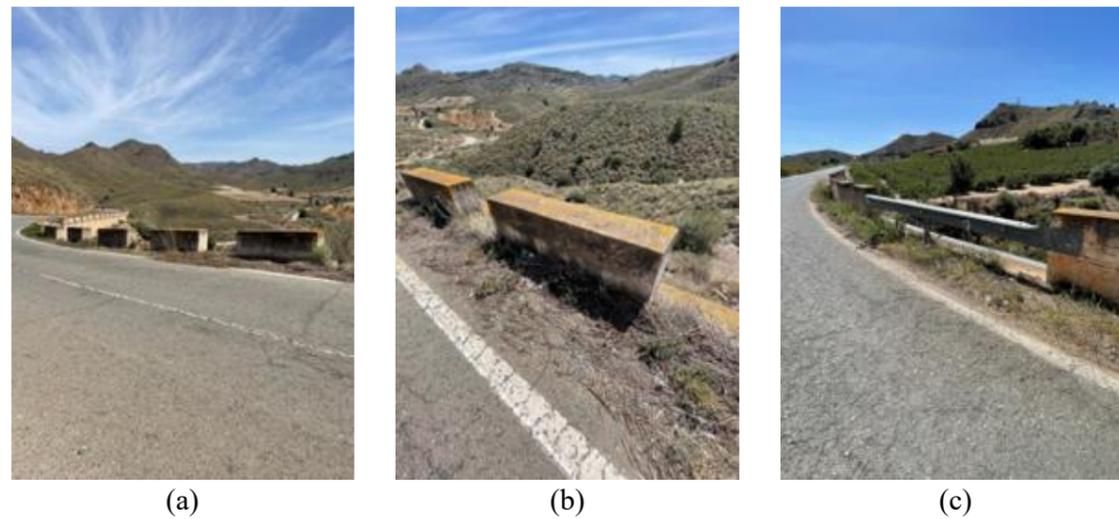


Figura 8. Elementos de contención de vehículos actuales (a) vista general, (b) vista específica de un bloque de hormigón y (c) unión entre bloques mediante barreras metálicas sin protección para motoristas. Fuente: Elaboración propia

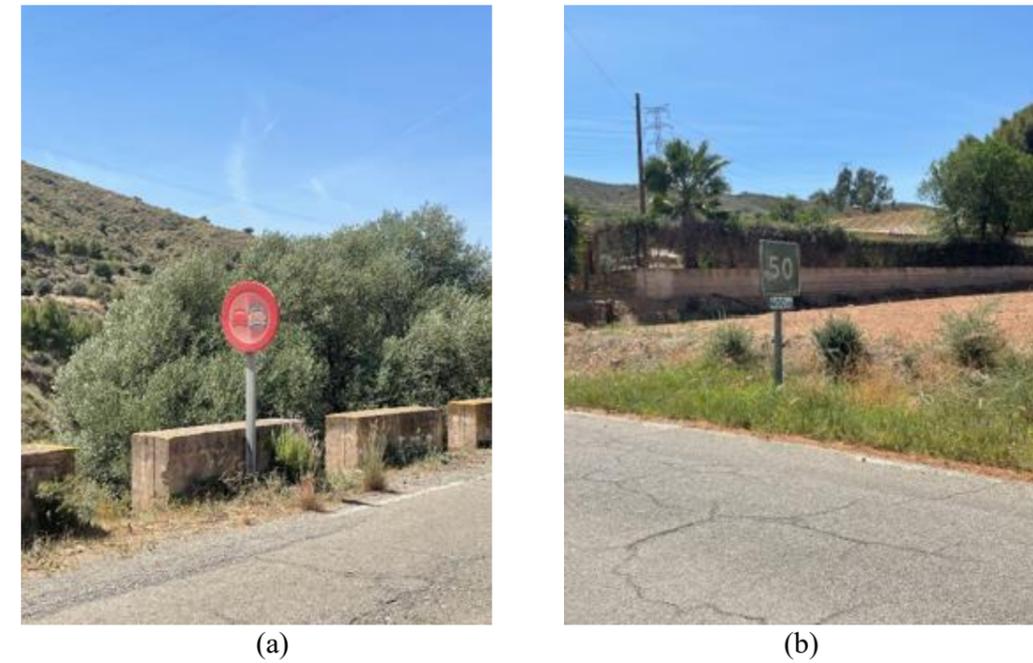


Figura 9. Señales de tráfico (a) prohibido adelantar y (b) velocidad recomendada en mal estado. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al estado del firme, ambos tramos cuentan con un firme en mal estado. Presenta numerosos daños a lo largo de todo el trazado, tales como fisuras, hundimientos, piel de cocodrilo, pérdida de la capa de rodadura, etc. (Ver Figura 10 y Figura 11). Asimismo, puede observarse el mal estado de conservación de la marca vial, en la mayor parte del tramo 2 se encuentran borrosas tanto la marca vial de separación de carriles como las marcas viales de borde.

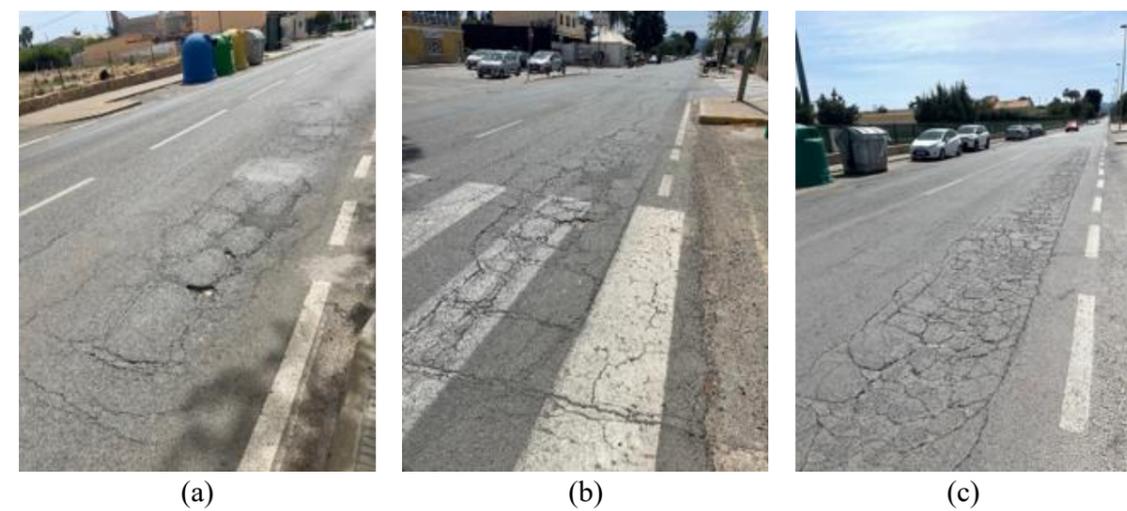


Figura 10. Daños en el firme (a) pérdida de la capa de rodadura, (b) Fisuras sobre paso de peatones y sus inmediaciones y (c) piel de cocodrilo junto a pérdida de la capa de rodadura. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

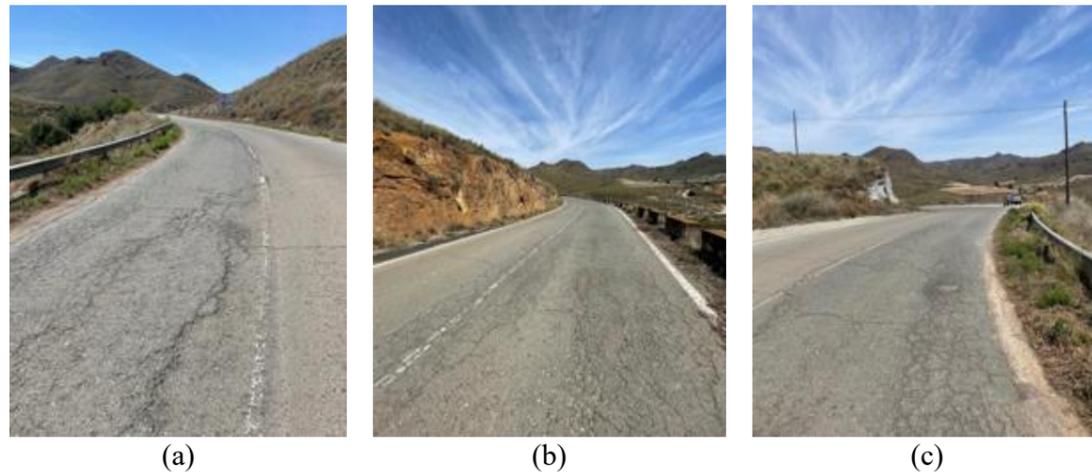


Figura 11. Daños en el firme del tramo 2 (a) fisuras en el carril izquierdo, (b) piel de cocodrilo y (c) pérdida de la de rodadura. Fuente: Elaboración propia

3. Diseño geométrico

Este apartado tiene como objetivo el estudio y comprobación del cumplimiento de la normativa vigente correspondiente a la Norma 3.1-IC de la Instrucción de Carreteras. Para dicho estudio se utilizará el software informático Civil 3D para el trazado geométrico y para el análisis y la interpretación de los resultados se utilizará, posteriormente, el software Microsoft Excel.

3.1 Trazado del Tramo 1

El primer tramo consta de una alineación totalmente recta de 2,2 kilómetros de longitud perteneciente a un tramo urbano con aceras y viviendas privadas en ambos márgenes. Además, cuenta con un alzado adecuado según la Norma 3.1-I.C de la Instrucción de carreteras.

3.2 Trazado en planta (Tramo 2)

El segundo tramo de estudio consta de un trazado sinuoso. Atendiendo a sus características se estima tratarse de una carretera C-40 cuya velocidad de proyecto es 40 km/h.

El trazado en planta del segundo tramo presenta una geometría bastante peculiar. Ninguna de las curvas está diseñada como indica la normativa actual en donde se exige que cada curva debe estar constituida por clotoide-círculo-clotoide, ya que estas están compuestas únicamente por círculos o círculo y una sola clotoide.

Respecto a las curvas, también se ha podido comprobar que la mayoría de ellas no cumplía con el criterio correspondiente a la coordinación de radios consecutivos ya que se encuentran fuera del rango

establecido en la normativa y además la curva cuyo radio es de 40 metros, no cumple con el criterio de radio mínimo para una carretera C-40, que corresponde con un radio de 50 metros.

En referencia a las rectas, algunas de ellas no cumplen con el criterio de longitud mínima entre curvas que establece la normativa.

Por tanto, se puede afirmar que el cumplimiento de la norma vigente por parte del tramo actual es nulo, según lo indicado anteriormente.

En la Tabla 1 se muestra el estado de alineaciones correspondiente al tramo actual junto con el análisis y comprobación de la Norma 3.1-IC.

Tipo	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	A (m)	Comprobación de normativa				
						A	L	Rmín	R consecutivos	CL-CIR-CL
Recta	0+000.00	0+560.53	560.533				CUMPLE			
Curva Circular	0+560.53	0+618.07	57.533	-65				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Recta	0+618.07	0+817.12	199.059				CUMPLE			
Curva Circular	0+817.12	0+879.46	62.336	50				CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Recta	0+879.46	1+138.85	259.392				CUMPLE			
Curva Circular	1+138.85	1+153.86	15.005	-110				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	1+153.86	1+295.90	142.045		125	NO CUMPLE				
Recta	1+295.90	1+326.69	30.787				NO CUMPLE			
Curva Circular	1+326.69	1+369.09	42.395	90				CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Recta	1+369.09	1+390.25	21.170				NO CUMPLE			
Curva Circular	1+390.25	1+444.53	54.271	40				NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Recta	1+444.53	1+471.12	26.592				NO CUMPLE			
Curva Circular	1+471.12	1+514.62	43.500	157				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Curva Circular	1+514.62	1+568.20	53.581	-55				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Recta	1+568.20	1+588.32	20.119				NO CUMPLE			
Curva Circular	1+588.32	1+647.79	59.472	50				CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Curva Circular	1+647.79	1+696.22	48.428	-90				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Curva Circular	1+696.22	1+790.34	94.125	-357				CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Tabla 1. Estado de alineaciones y comprobación normativa carretera actual. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

3.3 Trazado en alzado (Tramo 2)

Respecto al trazado en alzado de la carretera actual, prácticamente la totalidad de la carretera cumple la normativa; a excepción del segundo acuerdo vertical y una de las rasantes. En cuanto al parámetro del acuerdo vertical, este no cumple el criterio de estética ya que su longitud es inferior a la velocidad de proyecto. Respecto a la rasante mencionada, esta no cumple con la pendiente mínima establecida por la norma (>0,5%) ni tampoco con la excepcional (0,2%) contando con una pendiente de 0,06%.

En la Tabla 2 se muestra el estado de rasantes correspondiente a la carretera actual junto con el análisis y comprobación de la Norma 3.1-IC.

Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Pendiente	Kv	Comprobación de la normativa		
						Estética	Kv	Pendiente
Rasante	0+000.00	0+178.12	178.119	2,52%				CUMPLE
Acuerdo vertical	0+178.12	0+310.12	132.000		10000	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+310.12	0+560.04	249.923	3,84%				CUMPLE
Acuerdo vertical	0+560.04	0+594.08	34.041		900	NO CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+594.08	0+694.15	100.071	0,06%				NO CUMPLE
Acuerdo vertical	0+694.15	0+948.83	254.675		3885	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+948.83	1+103.04	154.209	6,61%				CUMPLE
Acuerdo vertical	1+103.04	1+297.81	194.769		27000	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	1+297.81	1+618.78	320.975	5,89%				CUMPLE
Acuerdo vertical	1+618.78	1+662.49	43.708		2900	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	1+662.49	1+790.34	127.852	4,38%				CUMPLE

Tabla 2. Estados de rasantes y comprobación normativa carretera actual. Fuente: Elaboración propia

3.4 Visibilidad

Se ha llevado a cabo un análisis de visibilidad de la carretera actual a través de Civil 3D y posteriormente, se han elaborado los perfiles de visibilidades de ida y vuelta en Excel (Ver Gráfico 1 y Gráfico 2). Como se puede apreciar en ambos gráficos, existen puntos en los que la distancia de parada es superior a la visibilidad por lo que será necesaria alguna actuación para solucionar dicho problema.

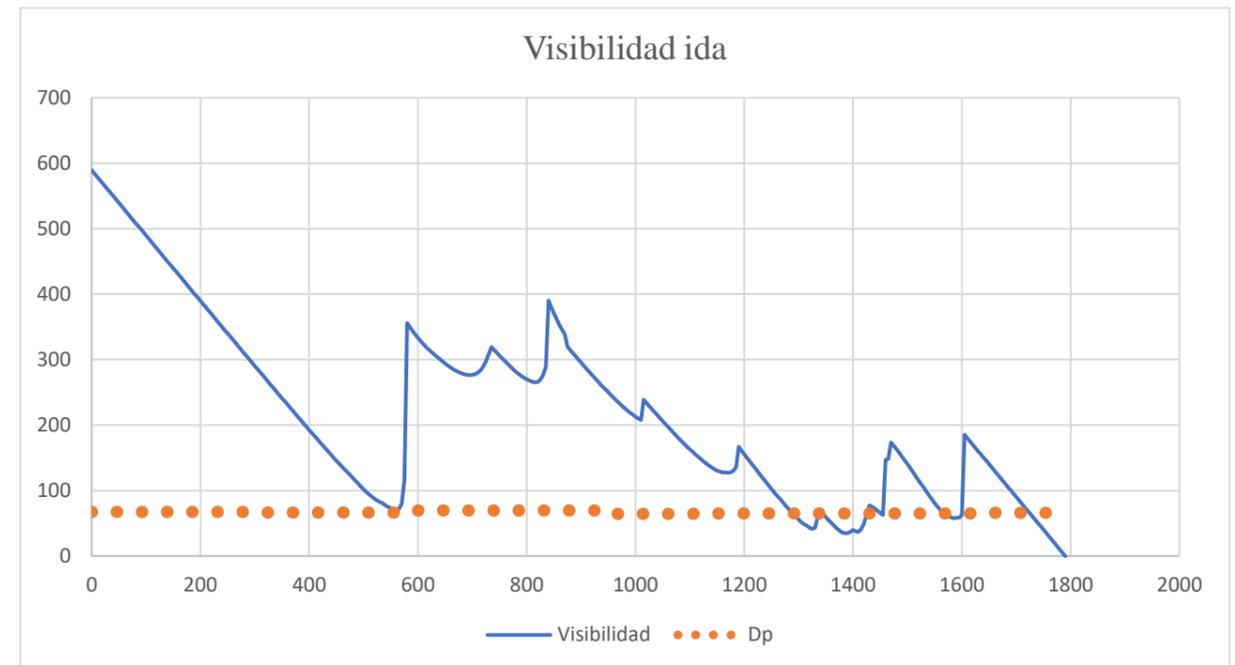


Gráfico 1. Perfil de visibilidades sentido creciente de PKs. Fuente: Elaboración propia.

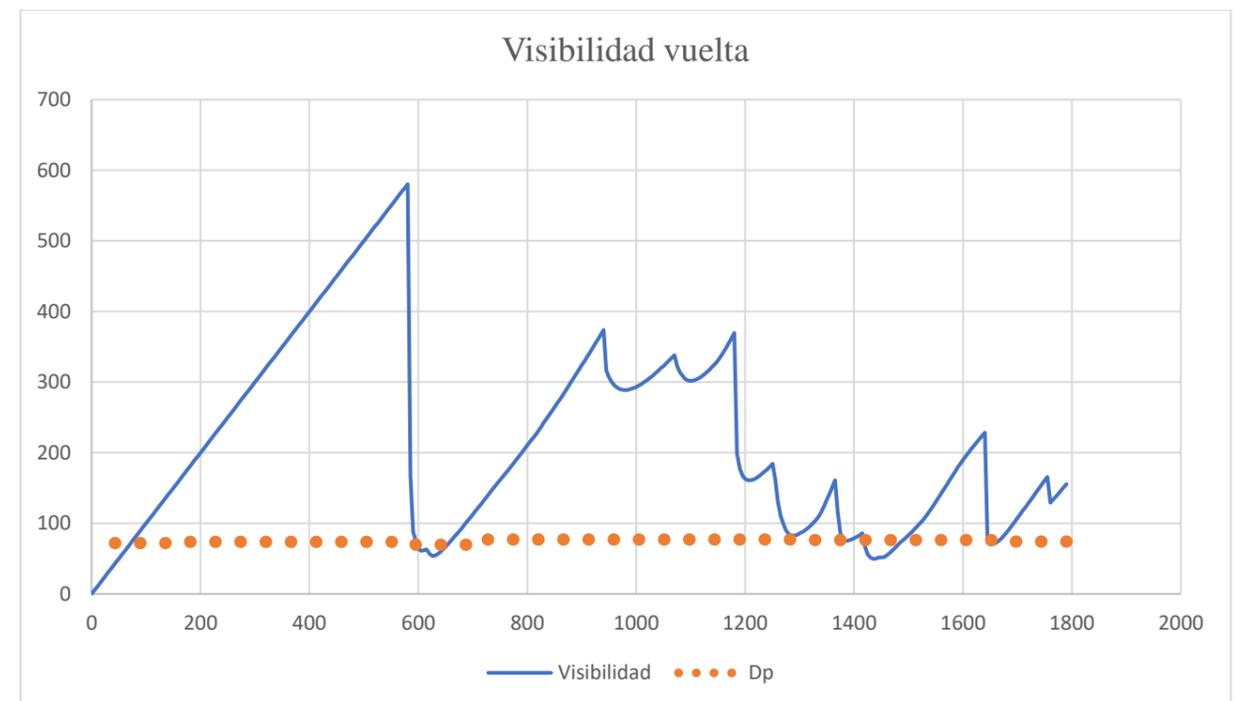


Gráfico 2. Perfil de visibilidades sentido decreciente de PKs. Fuente: Elaboración propia.

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

A continuación, se muestran ejemplos de algunos de los puntos en los que la visibilidad es insuficiente (Ver Figura 12 y Figura 13)



Figura 12. Curvas con visibilidad reducida en sentido creciente de PKs (a) PK 1+620 Y (b) PK 1+420. Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Curvas con visibilidad reducida en sentido decreciente de PKs (a) PK 1+620 y (b) PK 1+420. Fuente: Elaboración propia

4. Consistencia

El concepto de consistencia de una carretera se define como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera. El propósito de la consistencia es garantizar que sus usuarios no se vean sorprendidos durante el transcurso de la carretera, es decir, se procura que los conductores se encuentren con lo que ellos se esperan, según sus expectativas, a lo largo de la carretera. Para el cálculo de la consistencia de la carretera se han tenido en cuenta tres modelos distintos.

Por un lado, para la consistencia global se han utilizado el modelo de Camacho-Torregrosa (2015) y el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018).

Según el modelo de Camacho-Torregrosa (2015), la consistencia global se define como la relación entre la velocidad de operación media y la tasa de deceleración media de los conductores a lo largo de un tramo de carretera.

Según el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018), la consistencia global corresponde a la diferencia entre el perfil de velocidad de operación inercial, que representa las expectativas de los conductores, y la diferencia del perfil de velocidad de operación, que representa el comportamiento de la carretera.

Por otro lado, para la consistencia local se ha utilizado el criterio II de Lamm et al. (1988) que se define como la diferencia de las velocidades de operación entre elementos consecutivos.

Todos los modelos clasifican la consistencia en buena, aceptable y pobre, no obstante, el umbral de cada clasificación es diferente según el modelo.

En la consistencia global según el modelo de Camacho-Torregrosa (2015) son los mostrados en la Figura 14.

Buena	Aceptable	Pobre
$C \geq 3,25 \text{ s}^{1/3}$	$2,55 \text{ s}^{1/3} \leq C < 3,25 \text{ s}^{1/3}$	$C < 2,55 \text{ s}^{1/3}$

Figura 14. Umbrales de consistencia global modelo Camacho-Torregrosa (2015)

En la consistencia global según el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018) son los mostrados en la Figura 15.

Buena	Aceptable	Pobre
$C \leq 2,75 \text{ km/h}$	$2,75 \text{ km/h} < C \leq 4,5 \text{ km/h}$	$C > 4,5 \text{ km/h}$

Figura 15. Umbrales de consistencia global modelo Llopis-Castelló et al. (2018)

En la consistencia local según el criterio II de Lamm (1988) son los mostrados en la Figura 16.

Buena	Aceptable	Pobre
$V_{85 \text{ i+1}} - V_{85 \text{ i}} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85 \text{ i+1}} - V_{85 \text{ i}} \leq 20 \text{ km/h}$	$V_{85 \text{ i+1}} - V_{85 \text{ i}} > 20 \text{ km/h}$

Figura 16. Umbrales de consistencia local criterio II de Lamm et al. (1988)

Posterior al análisis realizado utilizando el software REVEL proporcionado por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC-UPV) se ha obtenido la consistencia global.

Para ambos métodos se ha dividido el tramo de estudio en dos subtramos según su comportamiento geométrico en planta. El primero desde el PK 0+000 hasta el PK 1+139 y el segundo desde el PK 1+139 hasta el PK 1+790.

En primer lugar, según el modelo Camacho-Torregrosa (2015) la consistencia del tramo es pobre con valores de $2,21 \text{ s}^{1/3}$ para el primer tramo y $2,13 \text{ s}^{1/3}$ para el segundo. En segundo lugar, según el modelo Llopis-Castelló et al. (2018) la consistencia del tramo también es pobre con valores de $6,44 \text{ km/h}$ para el primer tramo y $4,59 \text{ km/h}$ para el segundo.

ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL

Además, mediante el uso del software mencionado se ha calculado la consistencia local según el criterio II de Lamm et al. (1988) para ambos sentidos, clasificada como aceptable en la mayor parte del tramo, aunque con dos puntos en los que resulta ser pobre (uno en cada sentido de circulación). En el sentido creciente está situado entre el PK 0+748 y el PK 0+817 coincidiendo con la entrada a la curva previa al puente. En cambio, en el sentido decreciente el punto con consistencia pobre está situado entre el PK 0+960 y el PK 0+878 coincidiendo con la entrada a la curva del puente.

A continuación, en la Tabla 3 y la Tabla 4 se muestran los resultados del modelo local.

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
524	561	74.82	62.89	11.93	Aceptable
748	817	82.83	57.78	25.05	Pobre
1097	1139	81.2	71.96	9.24	Buena
1257	1327	85.89	68.68	17.21	Aceptable
1357	1390	68.68	53.11	15.57	Aceptable
1487	1515	70.17	59.68	10.49	Aceptable
1577	1588	62.49	57.78	4.72	Buena
1735	1790	76.03	40	36.03	Pobre

Tabla 3. Consistencia local sentido creciente modelo Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
1747	1695	81.73	68.68	13.05	Aceptable
1674	1647	68.68	57.78	10.9	Aceptable
1574	1567	62.41	59.68	2.72	Buena
1480	1444	69.64	53.11	16.53	Aceptable
1213	1154	84.7	71.96	12.74	Aceptable
960	878	86.35	57.78	28.57	Pobre
676	617	80.98	62.89	18.09	Aceptable
70	0	83.12	40	43.12	Pobre

Tabla 4. Consistencia local sentido decreciente modelo Lamm et al. (1988)

5. Conclusiones

Con todo lo expuesto en este anejo, se pretende proyectar una propuesta que abarque la mejora de ambos tramos.

En el tramo 1, se llevará a cabo la rehabilitación del firme, la modificación de la sección transversal de la calzada y la construcción de un carril bici para el tráfico de ciclistas que transcurren hoy en día por la calzada y las aceras de este tramo.

En el tramo 2, cuya geometría no cumple la norma 3.1-IC y cuya consistencia se califica como pobre, se llevará a cabo un acondicionamiento de este para intentar cumplir en la medida de lo posible con la normativa vigente y mejorar la consistencia de este tramo, intentando minimizar el coste e impacto ambiental de las obras.

ANEJO N°3

GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ANÁLISIS GEOLÓGICO DEL TRAZADO ACTUAL	4
3.	ANÁLISIS GEOTÉCNICO	5
3.1	SITUACIÓN PREVIA	5
3.2	ENSAYOS REALIZADOS	5
3.3	DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO.....	6
3.4	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	7
3.5	CARACTERIZACIÓN Y ESTABILIDAD DE LOS TALUDES	7
4.	CONCLUSIONES.....	9

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

1. Introducción

El objeto de este anejo es el análisis geológico y geotécnico del terreno del lugar de emplazamiento de las obras de acondicionamiento de la carretera RM-621, desde el PK 0+000 hasta el PK 2+200 y desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800, para la obtención del tipo de suelo sobre el que apoyará el firme y los parámetros geotécnicos que definirán la estabilidad de taludes y la capacidad portante del terreno.

2. Análisis geológico del trazado actual

Para la obtención de información geológica de la zona de estudio se ha consultado la página web del IGME, concretamente la hoja Nº975 Puerto Lumbreras, del Mapa geológico de España E=1/50.000.

En el tramo 1 (ver descripción de tramos en el “Anejo Nº1 Localización y antecedentes”) solo existe un afloramiento geológico (63), el cual se trata de un terreno proveniente del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Holoceno. En cuanto a los materiales que componen el afloramiento geológico (63), se tratan de gravas, arenas y arcillas (3ª fase deposicional de abanicos aluviales) según la leyenda del mapa geológico de España (ver Figura 1 y Figura 2).

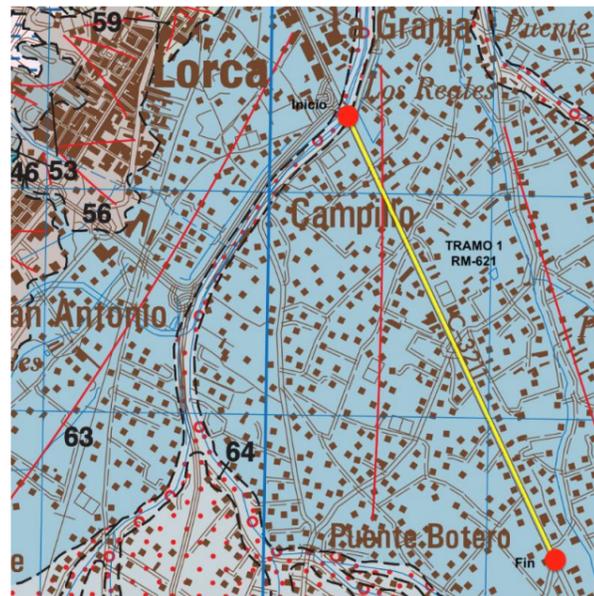


Figura 1. Mapa geológico de España Hoja Nº975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME

LEYENDA

CUATERNARIO	Actual - Histórico	67	68	69	70	66	69 Limos, arenas y gravas dispersas (depósitos de desbordamiento)
		63	64	65	62	68 Gravas, arenas y bloques (fondos de rambla)	
	HOLOCENO	59	60	61	58	67 Arenas y limos con gravas dispersas (abanicos aluviales y bajadas activas)	
		56	55	57	52	66 Limos y arcillas con cristales y efluorescencias de yeso (playa-lakes)	
	PLEISTOCENO	SUPERIOR	53	54	51	61, 65 y 70 Gravas y arenas sueltas con niveles de arcillas (terrazas fluviales de rambla)	
			50	51	52	60 y 64 Arenas y limos con cantos y bloques dispersos (canales de desbordamiento y fondos de valle colgados)	
	MEDIO	56	59	63	58 y 62 Limos, arcillas con cantos y bloques (coluviones)		
		55	56	63	56, 59 y 63 Gravas, arenas y arcillas (3ª fase deposicional de abanicos aluviales)		
	INFERIOR	49	48	47	55 Arenas y limos pardos con niveles de gravas (glacis)		
		48	47	46	54 y 57 Bloques y megabloques fuertemente empastados en arcillas (depósitos de deslizamiento)		
PLIOCENO	SUPERIOR	53	52	51	53 Gravas, arenas y arcillas débilmente cementados (2ª fase deposicional de abanicos aluviales - episodio de backfilling)		
		52	51	50	52 Cantos, bloques y arcillas fuertemente cementados (coluviones de Tebar)		
INFERIOR	51	50	49	51 Arcillas arenosas con cantos y bloques dispersos meteorizados (glacis de cobertera - manto de meteorización)			
	50	49	48	50 Conglomerados y arenas cementados con desarrollo de calcretas masivas (1ª fase deposicional de abanicos aluviales)			
NEÓGENO	MIOCENO	TORTONIENSE	SUP.	46	45	44	49 Conglomerados y brechas con bloques de procedencia bética (conglomerados de rambla)
				43	42	41	48 Conglomerados con fragmentos de fauna
	INF.	39	38	37	47 Margas y margas arenosas micáceas, grisáceas y versicolores		
		36	35	34	46 Conglomerados poligénicos amarillentos y areniscas		
	SERRAVALLIENSE	45	44	43	45 Calciruditas y calcarenitas		
		44	43	42	44 Conglomerados poligénicos violáceos		
	LANGHIENSE	43	42	41	43 Riodacitas		
		42	41	40	42 Margas limosas amarillentas con intercalaciones de areniscas		
	41	40	39	41 Calciruditas			
	40	39	38	40 Conglomerados poligénicos marinos			
39	38	37	39 Margas limosas amarillentas				

Figura 2. Leyenda Mapa geológico de España. Fuente: IGME

En el segundo de los tramos de estudio existen hasta cuatro tipos de afloramientos geológicos, definidos a continuación. En primer lugar, desde el inicio del tramo hasta el PK 0+700, el terreno del primer afloramiento geológico (53) proviene del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Pleistoceno Medio y los materiales que lo componen son gravas, arenas y arcillas débilmente cementados (2ª fase deposicional de abanicos aluviales – episodio de backfilling).

En segundo lugar, desde el PK 0+700 hasta el PK 0+850, el terreno del segundo afloramiento geológico (6) proviene del complejo nevado-filábride, unidad de calar alto, de la era geológica del Triásico y está compuesto por mármoles.

En tercer lugar, desde el PK 0+850 hasta el PK 0+900 se encuentra un afloramiento geológico (68) proviene del Cuaternario, concretamente de la era geológica del Holoceno Actual-Histórico y los

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

materiales que lo componen son gravas, arenas y bloques (fondos de rambla) ya que justo coincide con el cauce de la rambla de Purias, salvado por la ODT existente.

En cuarto lugar, desde el PK 0+900 hasta el PK 1+120, aparece de nuevo el afloramiento geológico (6) descrito anteriormente.

En quinto lugar, desde el PK 1+120 hasta el PK 1+350, se dispone del afloramiento geológico (3) proviene también del complejo nevado-filábride, unidad de calar alto, concretamente de la era geológica del Paleozoico cuyos materiales que lo componen son esquistos y metapsamnitas, esquistos claros de grano fino con cloritoide y cuarcitas.

Y, por último, desde el PK 1+350 hasta el final del tramo, aparece de nuevo el afloramiento geológico (6).

Toda esta información puede observarse en la Figura 3 y la Figura 4.

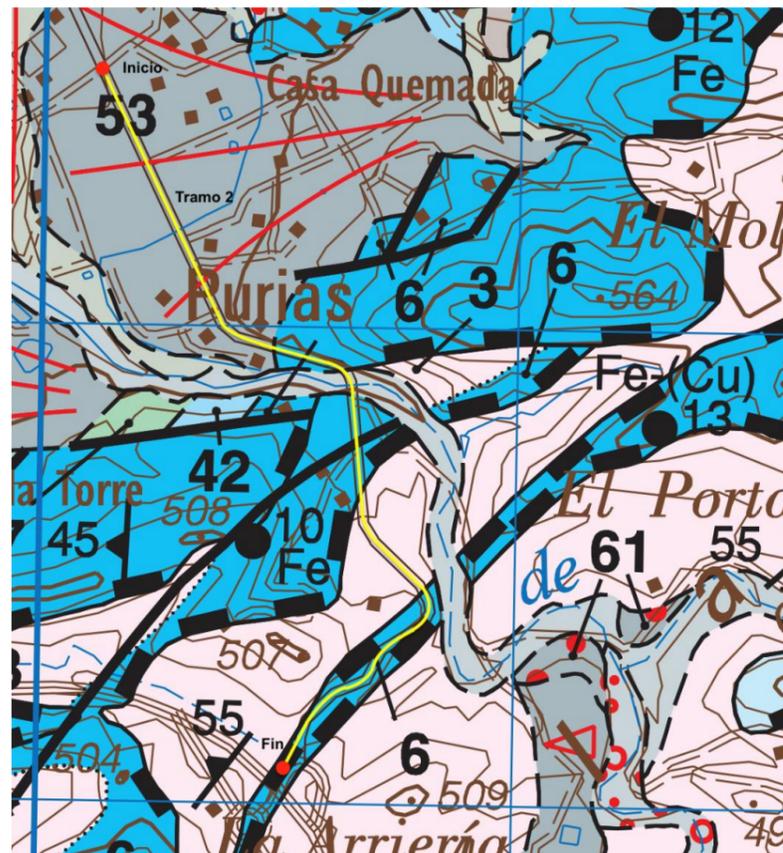


Figura 3. Mapa geológico de España Hoja 975 Puerto Lumbreras. E=1/50.000. Fuente: IGME

COMPLEJO NEVADO-FILÁBRIDE

UNIDAD DE CALAR ALTO

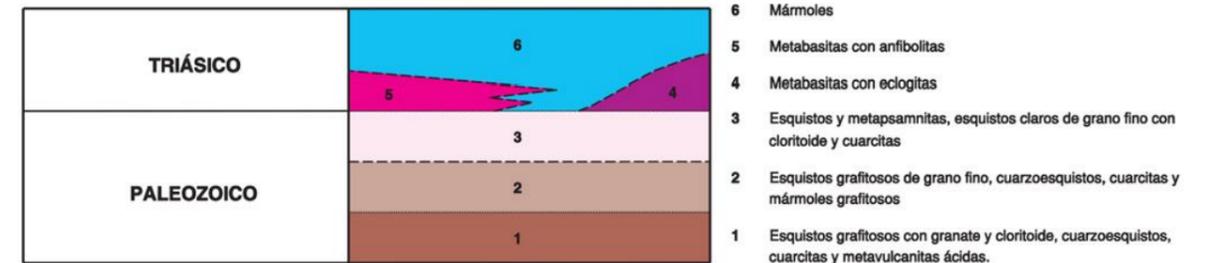


Figura 4. Leyenda Mapa geológico de España. Fuente: IGME

3. Análisis geotécnico

3.1 Situación previa

Para el análisis geotécnico de los materiales existentes en el tramo 1, se ha tenido en cuenta el estudio geotécnico del proyecto “REPARACIÓN, REPOSICIÓN DE FIRME, ORDENACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE ACCESOS DE LA CARRETERA RM-621. TRAMO LORCA-PURIAS” ya que los mapas geológicos y geotécnicos del IGME atribuyen las mismas condiciones para este tramo de estudio y para la zona del proyecto tomado como referencia.

Por otro lado, para el tramo 2 se ha llevado a cabo una visita de campo para identificar las inclinaciones de los taludes existentes en el trazado actual ya que no se ha logrado obtener un estudio geotécnico que presente los materiales de la traza o similares.

3.2 Ensayos realizados

Los ensayos realizados en el proyecto de referencia han sido dos calicatas mecánicas mediante retroexcavadora mixta, a fin de conocer las características y naturaleza del terreno a escasa profundidad (2 m), posible presencia de nivel freático, excavabilidad del subsuelo a la profundidad investigada y otros datos de interés.

Además, se han realizado diferentes visitas de campo para poder asemejar las características de los materiales presentes en el tramo 2 a otros materiales puesto que no ha sido posible conseguir ningún estudio geotécnico sobre los mismos.

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

3.3 Descripción y caracterización del terreno

Para el terreno del tramo 1, a partir de las columnas litológicas de las catas, se confirma la existencia de varios niveles claramente diferenciados.

- **Terreno vegetal:**

Se han detectado espesores de escasa importancia, tratándose de limos marrones con restos de materia orgánica.

Aparecen en la calicata nº1 hasta 1,20 metros mezclados con restos antrópicos removilizados y acopiados debido a las labores de limpieza de las cunetas, y hasta 0,20 metros en la calicata nº2.

Son materiales de gran heterogeneidad, generalmente, con muy escasa capacidad portante, por lo que son del todo inadecuados para su utilización en la explanación o terraplén, debiendo proceder a su completa retirada antes de extender ningún material de aportación.

Dado que se trata de materiales poco competentes, su excavación puede realizarse sin problemas mediante métodos convencionales.

- **Limos arcillosos:**

Consiste en un material de granulometría fina y baja plasticidad, que aparecen en la calicata nº1 bajo el nivel definido anteriormente y hasta una profundidad de 2,50 m.

A partir del resultado del ensayo Próctor puede decirse que se trata de materiales que alcanzan densidades máximas de 1,84 g/cm³, con un índice C.B.R de 6,8.

En lo referente a los ensayos químicos realizados presenta un valor de contenido en sales solubles de 0,07%, un contenido de materia orgánica de 0,74% y en yesos de 0,23%.

En cuanto a los ensayos de cambio de volumen presentan cierto hinchamiento, aunque inferior al 1%.

Su excavación puede realizarse sin problemas mediante métodos convencionales.

- **Arcillas limosas:**

Se trata de materiales con un porcentaje elevado de finos y una alta plasticidad, se detecta en la calicata nº2 bajo el nivel de tierra vegetal hasta una profundidad de 1,80 m.

Del ensayo Próctor puede decirse que alcanzan densidades máximas de 1,75 g/cm³, con un índice C.B.R. de 4,1.

Los ensayos químicos realizados, ofrecen valores en cuanto al contenido en sales solubles de 0,12%, materia orgánica de 0,62% y yesos de 0,22%.

En cuanto a los ensayos de cambio de volumen, presentan cierto grado de expansividad (HL=1,45%) debido a que se trata de un material con un porcentaje elevado de finos y una alta plasticidad.

Su excavación puede realizarse sin problemas mediante métodos convencionales.

A continuación, se muestra una tabla con los valores obtenidos para cada uno de estos parámetros y para cada calicata (ver Tabla 1).

Ensayo/Calicata		C-1 (1,20-2,50)	C-2 (0,20-1,80)
Granulometría	%<2 mm	98	100
	%<0.4 mm	90	99
	%<0.08 mm	81	94
Límites de Atterberg	LL (%)	32,0	42,8
	LP (%)	17,9	24,3
	IP (%)	14,1	18,5
Próctor modificado	D. Máx. (t/m ³)	1,84	1,75
	H. Óptima (%)	15,3	16,1
CBR	índice	6,8	4,1
	Hinchamiento	1,5	3,2
Ensayos químicos	MO (%)	0,74	0,62
	SS (%)	0,07	0,12
	Yesos (%)	0,23	0,22
Cambio de volumen	Colapso	0,0	0,0
	Hinchamiento libre	0,3	1,45

Tabla 1. Resultados de ensayos realizados. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, para el terreno del tramo 2, se ha llevado a cabo una visita a obra en la cual se han identificado claramente los materiales descritos en el apartado “1. Análisis geológico del trazado actual”.

- **Gravas, arenas y arcillas:**

Este material reúne condiciones similares a las del primer tramo, luego se tomarán como parámetros de referencia los del tramo 1.

- **Mármoles y esquistos:**

Debido a la imposibilidad de conseguir un estudio geotécnico sobre estos materiales, se ha asemejado su comportamiento al de la caliza marmórea. Se trata de un mármol masivo que no presenta fracturas ni ningún tipo de patologías, salvo el rechineo del material superior. Se considera un macizo rocoso de buena calidad con valores de RQD y SMR altos, así como una resistencia a compresión simple elevada.

A partir de la información proporcionada por la profesora María Elvira Garrido De La Torre, se le han asignado los siguientes parámetros para la caracterización del terreno.

Resistencia a compresión simple: 178 MPa.

Densidad aparente: 2.662 kg/m³.

Módulo de deformación: 66,8 GPa.

Coefficiente de Poisson: 0,31.

La alta competencia de este material supondrá la excavación de este mediante voladura.

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

3.4 Clasificación de los suelos

A partir de los parámetros obtenidos en el anterior apartado se ha llevado a cabo la clasificación de los suelos según el Artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3).

El suelo del tramo 1 se clasifica como **tolerable**, ya que no cumple como suelo adecuado debido al contenido en Sales Solubles, según el NLT 114, así como el alto contenido en finos que posee y el límite líquido el cuál es superior a 40 según la calicata nº2.

En cuanto al suelo del tramo 2, el subtramo compuesto por gravas, arenas y arcillas es clasificado al igual que en el tramo 1 como **tolerable**, por las mismas razones mencionadas anteriormente. Y, los subtramos compuestos por esquistos y mármoles son clasificados como **roca**.

3.5 Caracterización y estabilidad de los taludes

El presente apartado tiene como objetivo la descripción de los taludes actuales del tramo 2 ya que el tramo 1 carece de ellos.

Tras la visita de campo, se puede afirmar que en la actualidad el tramo 2 cuenta con taludes verticales con alturas máximas de 5 metros, sin presencia de ninguna patología salvo el rechineo del material superior lo que indica la buena calidad del macizo rocoso (ver Figura 5, Figura 6 y Figura 7).

A raíz de los datos geotécnicos de este estudio, los taludes de diseño tendrán la misma pendiente que los ya existentes ya que se demuestra que los materiales han logrado permanecer en condiciones óptimas. Si bien, tanto en la base del talud como en el caso de alcanzar grandes alturas, serán dotados de bermas de 1 metro de anchura por cada 5 metros de altura para la recogida del rechineo del material superior y las operaciones de mantenimiento.

Además, según el Artículo 331 del PG3, son rocas adecuadas para pedraplenes ya que se tratan de rocas metamórficas resistentes, sin alteración apreciable, compactas y estables frente a la acción de los agentes externos como se ha podido comprobar durante la visita de campo.



Figura 5. Taludes verticales en la margen izquierda. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº3 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA



Figura 6. Talud vertical en la margen derecha. Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Talud subvertical en la margen derecha. Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Así, con todo lo visto en este anejo, se pueden determinar las características del suelo de las zonas de estudio, pudiendo realizarse un adecuado dimensionamiento del firme y de los taludes de los desmontes y terraplenes necesarios. Así mismo, se concluye que tanto en el tramo 1 como en los primeros 700 metros del tramo 2 se dispone de suelos tolerables y en el resto del tramo 2 el suelo está compuesto por roca.

ANEJO N°4

CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO N°4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PRECIPITACIONES Y CLIMATOLOGÍA	4
3. RIESGO DE INUNDACIÓN	5
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO	7
4.1 DEFINICIÓN DE CUENCAS.....	8
4.2 DEFINICIÓN DEL PERIODO DE RETORNO	8
4.3 MÉTODO DE CÁLCULO DEL CAUDAL DE PROYECTO.....	9
4.4 INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	9
4.4.1 <i>Intensidad media diaria de precipitación corregida</i>	9
4.4.2 <i>Tiempo de concentración</i>	10
4.4.3 <i>Factor de intensidad F_{int}</i>	11
4.5 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	12
4.5.1 <i>Umbral de escorrentía</i>	12
4.6 COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.....	14
4.7 CAUDALES	15
5. DRENAJES DEL TRAMO 2	15
5.1 DRENAJE TRANSVERSAL.....	15
5.2 DRENAJE LONGITUDINAL	15
6. BIBLIOGRAFÍA	15

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

1. Introducción

En el presente anejo se realizará un análisis de las precipitaciones y climatología de la zona de estudio, las zonas inundables y el drenaje de la carretera actual para la posible implantación de nuevas obras o la modificación de las existentes.

2. Precipitaciones y climatología

Para la obtención de las precipitaciones y la caracterización del clima de la zona se ha utilizado la información procedente del portal web AEMet (Agencia Estatal de Meteorología)

Respecto a las precipitaciones, se han obtenido datos históricos de la precipitación media anual para el periodo de 1981-2010. En la Figura 1 se puede observar que la zona donde está situada la carretera RM-621 presenta valores entre 200 y 400 mm al año por lo que podría caracterizarse como una zona con clima árido.

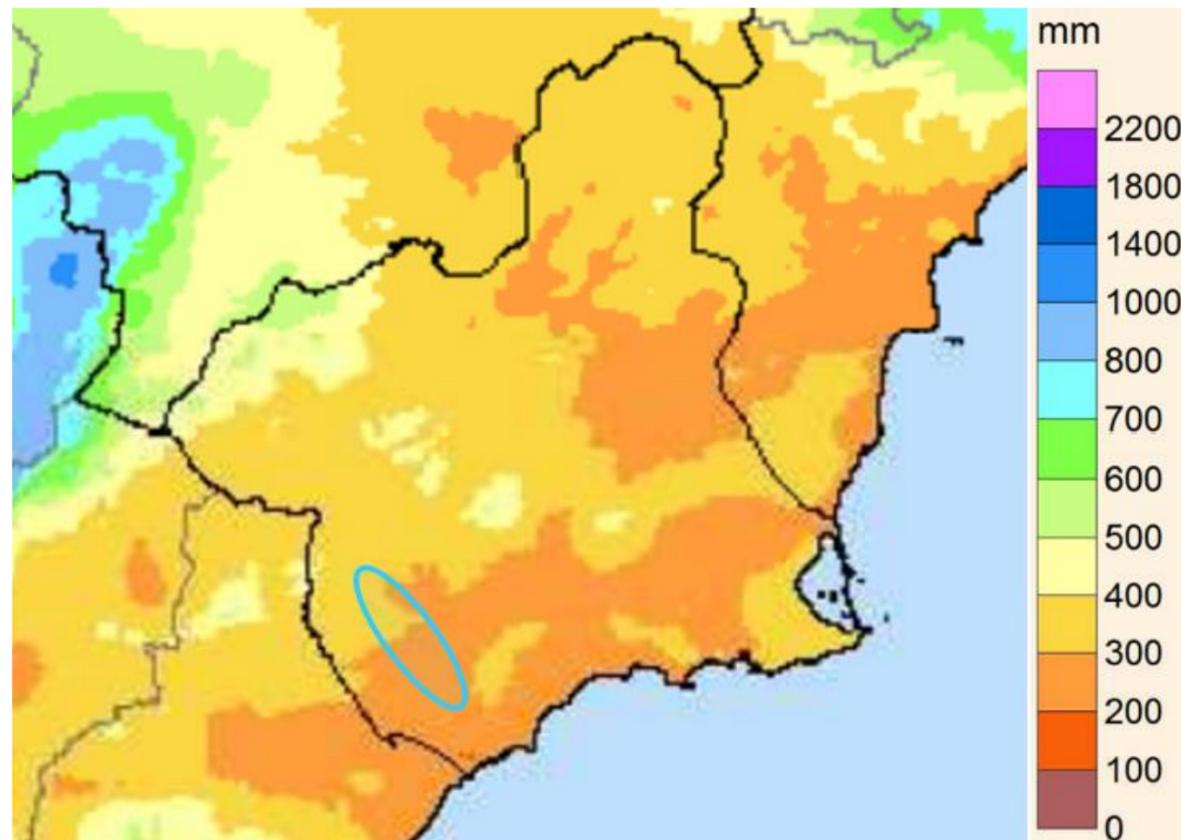


Figura 1. Precipitación media anual 1981-2010. Fuente: AEMet

Por otro lado, también se ha obtenido la precipitación máxima diaria media para el mismo periodo, obteniendo valores entre 40 y 50 mm (Figura 2).

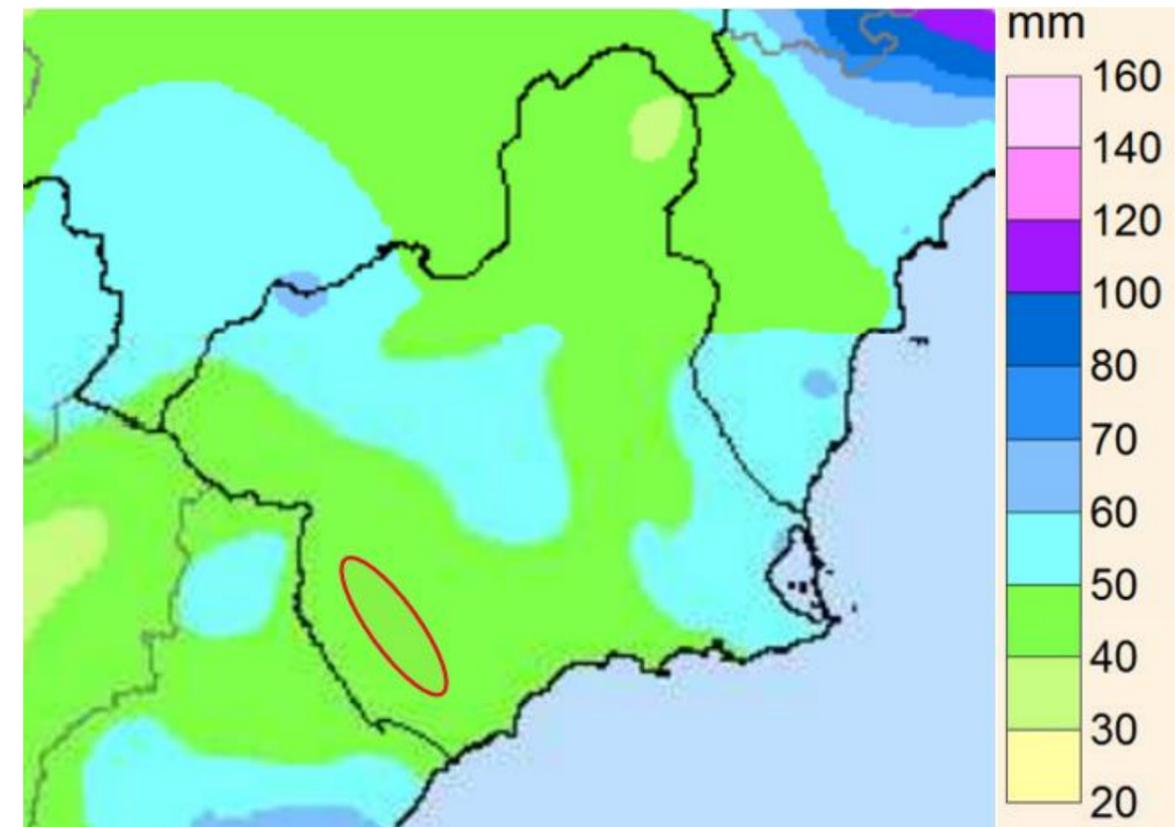


Figura 2 Precipitación máxima diaria anual media 1981-2010. Fuente: AEMet

Dado que la fecha más reciente de los datos históricos obtenidos se remonta al año 2010, se ha recurrido a completar la información con los resúmenes climatológicos mensuales de la Región de Murcia, también procedentes de la web de AEMet. A partir de dicha información se ha elaborado el Gráfico 1 donde se indican las precipitaciones medias anuales de los últimos 10 años.

Observando dicho gráfico, se puede comprobar que las precipitaciones en los últimos 10 años se han seguido manteniendo entre los mismos valores que en el periodo de 1981-2010, salvo en los años 2014 y 2017 que fueron menores disminuyendo hasta los 190 y 180 mm, respectivamente, y en el año 2022 que incrementaron hasta los 430 mm.

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

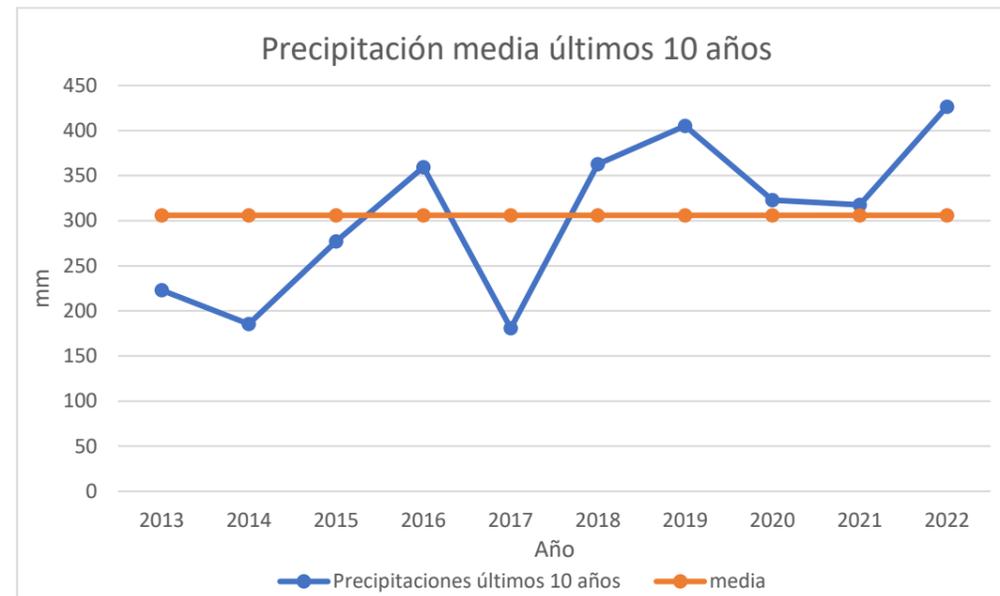


Gráfico 1. Precipitación media anual últimos 10 años. Fuente: Elaboración propia a partir de AEMet

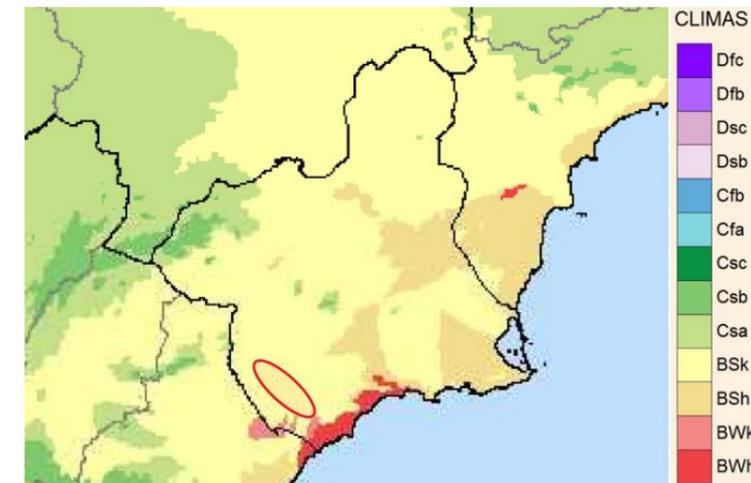


Figura 3 Clasificación climática de Köppen 1981-2010. Fuente: AEMet

Finalmente, también se ha obtenido la clasificación climática de Köppen para el periodo mencionado anteriormente. Köppen propone una clasificación climática en la que se tienen en cuenta tanto las variaciones de temperatura y humedad como la media de los meses más cálidos o fríos. Abarca los 5 tipos fundamentales que se muestran en la Tabla 1.

Tipo	Tipo	Paisaje
A	Lluvioso-tropical	Tropical (selva / sabana)
B	Seco	Semiárido (estepa) / árido (desértico)
C	Lluvioso-templado	Subtropical
D	Frío	Húmedo / seco
E	Polar	(Tundra / polar)

Tabla 1. Régimen pluviométrico de Köppen. Fuente: AEMet

En la zona de estudio, observando la Figura 3, el clima de la zona es de tipo Bsk, correspondiente a un clima seco en el que los veranos son templados o cálidos, pero los inviernos pueden llegar a ser especialmente fríos y las precipitaciones muy escasas.

3. Riesgo de inundación

Para el estudio de las zonas inundables se ha recurrido a los datos de las Áreas De Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI) de la Confederación Hidrográfica del Segura (CHS). La zona de estudio se corresponde con el ARPSI Nº10 (ES070_ARPSI_0010) Cuenca: Guadalentín.

A continuación, en la Figura 4 y Figura 5, se muestran mapas de las zonas inundables de origen fluvial, correspondientes a cada tramo, para los periodos de retorno: T=10 (color rojo), T=100 (color naranja) y T=500 (color amarillo).

ANEJO N°4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

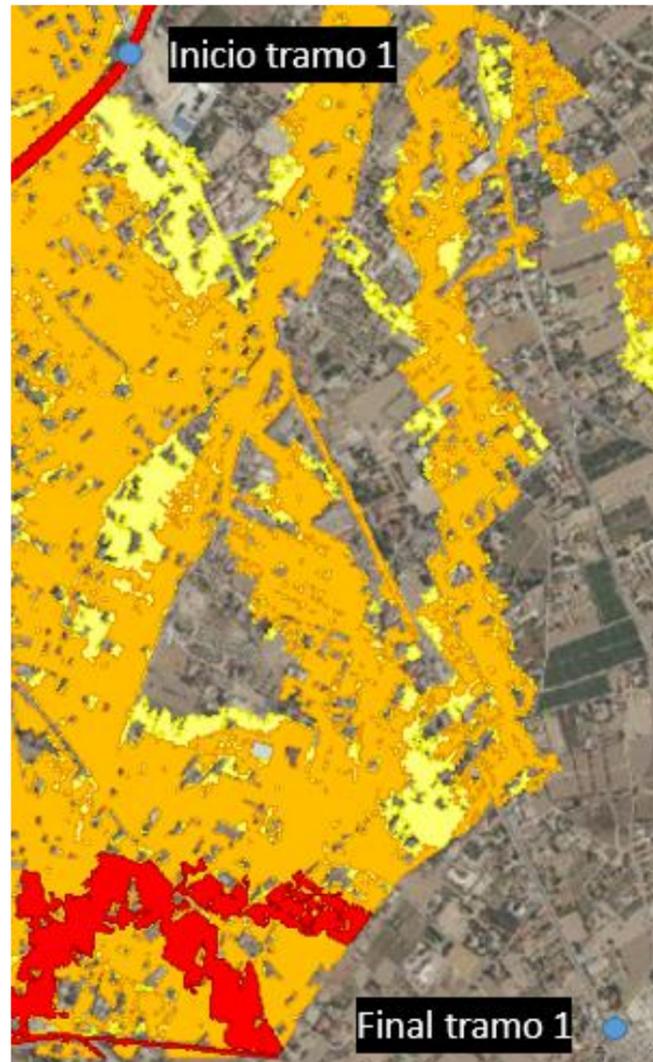


Figura 4. Zonas inundables tramo 1. Fuente: CHS



Figura 5. Zonas inundables tramo 2. Fuente: CHS

Como se puede apreciar en la Figura 4 y Figura 5, el primer tramo se ve afectado por la zona de inundaciones en casi la totalidad de su trazado. En cambio, el segundo tramo solo se ve afectado por la rambla de Purias. Para atravesar la RM-621, dicha rambla transcurre a través de un puente- ODT, como se mostró en el Anejo N°2 Situación actual.

A continuación, en la Figura 6, se muestran los calados en el tramo 1 para los periodos de retorno T=10, T=100 Y T=500. En este tramo se alcanzan calados inferiores a los 0,2 metros en casi la totalidad del trazado, según la Figura 7. En cuanto al tramo 2, al no ser una zona inundable, no se alcanzan calados de interés.

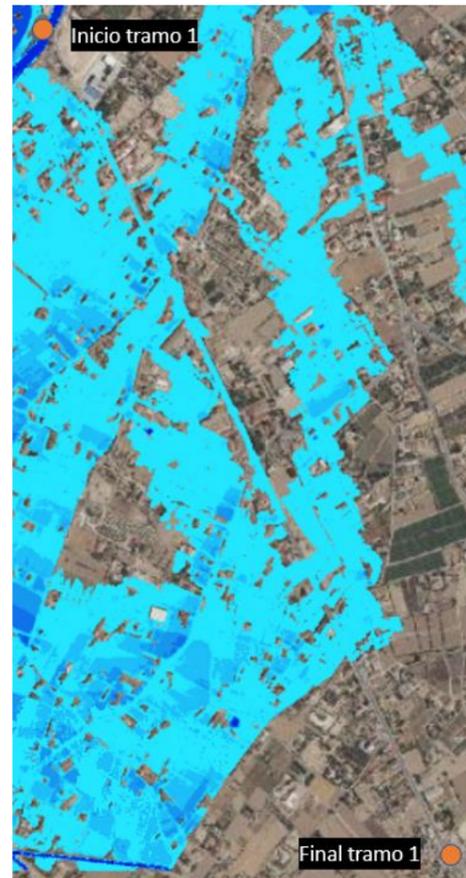


Figura 6. Calados del tramo 1 para los periodos de retorno $T=10$, $T=100$ Y $T=500$. Fuente: CHS

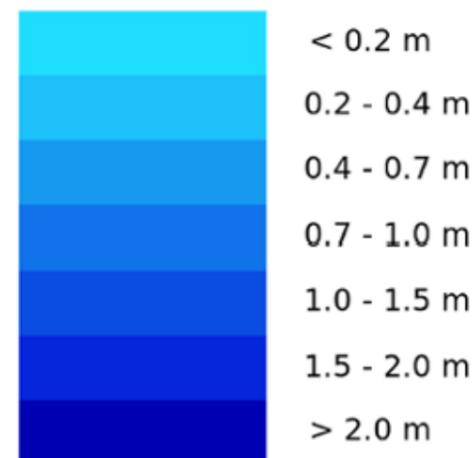


Figura 7. Leyenda calados. Fuente: CHS

4. Estudio hidrológico

En este apartado se analizan las cuencas vertientes del tramo de estudio y se realiza el cálculo y dimensionamiento de la red de drenaje superficial, todo ello, en base a la Norma 5.2 I.C. Drenaje superficial (Ministerio de Fomento, 2016) de la Instrucción de Carreteras.

Estudio en el tramo 1.

Cabe destacar que debido al buen funcionamiento del drenaje del tramo 1 el cual consiste en una serie de imbornales colocados, cada 40 metros aproximadamente, en las márgenes de la calzada, junto al borde de la acera (Figura 8). Este permanecerá tal y como está en la actualidad. Aunque se mejorará con la implantación de bordillos rigolas (Figura 9) que conducirán el agua procedente del bombeo de la calzada hasta dichos sumideros que canalizarán las aguas hasta el colector de pluviales existente.



Figura 8. Drenaje actual del tramo 1. Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Bordillo rigola. Fuente: Construmática

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Estudio en el tramo 2

Por otro lado, el tramo 2 no cuenta con obras de drenaje longitudinal ya que es el propio bombeo de la carretera el que funciona como sistema de drenaje directamente sobre el terreno existente. En cambio, si cuenta con obras de drenaje transversal.

Por tanto, se proyectarán, en el tramo 2, obras de drenaje longitudinal que sean capaces de conducir los caudales resultantes de este estudio hasta las obras de drenaje transversal existentes. Puesto que en el nuevo trazado no será necesaria la modificación de estas.

4.1 Definición de cuencas

Para la obtención de las cuencas que afectan al nuevo trazado, se ha utilizado el software informático de Autodesk Civil 3D.

A partir de las curvas de nivel de la cartografía del terreno y la herramienta de análisis gota de agua de este software, se han identificado las distintas cuencas delimitadas por la divisoria de aguas.

Tras este análisis, se han identificado un total de tres cuencas que afectan al nuevo diseño. Una de ellas situada en la margen izquierda en el sentido creciente de PKs y las dos restantes en la margen derecha.

Dichas cuencas y sus características se muestran en la Tabla 2 y gráficamente en la Figura 10.

Cuenca	Área (km ²)	Long máx. (km)	Pendiente
C-1	0.0004	0.13626	0.506
C-2	0.0004	0.05035	0.251
C-3	0.0006	0.11495	0.415

Tabla 2. Cuencas y características. Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Cuencas vertientes en el tramo 2. Fuente: Elaboración propia

4.2 Definición del periodo de retorno

El periodo de retorno para el cálculo de las obras de drenaje viene definido por la Norma 5.2-IC de la siguiente manera:

- Para las obras de drenaje longitudinal será de veinticinco años (T=25 años), salvo en casos excepcionales.
- Para las obras de drenaje transversal será superior o igual a cien años (T≥100 años).

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

4.3 Método de cálculo del caudal de proyecto

Para el cálculo del caudal de proyecto y la capacidad de desagüe se seguirá lo establecido en la Norma 5.2-IC. Esta norma define el caudal de proyecto como aquel que se debe tener en cuenta para dimensionar las obras, elementos o sistemas de drenaje superficial de una carretera, en función de los periodos de retorno que establece la propia norma.

En el caso en el que el periodo de retorno es $T \leq 25$ años, la norma establece que se debe seguir el método racional como método de cálculo.

Siguiendo este método, el caudal máximo anual (Q_T) para un periodo de retorno T , se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

- Q_T (m^3/s): caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía.
- A (km^2): Área de la cuenca o superficie considerada.
- K_t (Adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

En el caso en el que el periodo de retorno es $T > 25$ años y no se haya realizado un estudio específico en el que se tenga en cuenta la información de avenidas históricas o grandes precipitaciones, el caudal máximo se calculará con la siguiente fórmula:

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^\lambda$$

Siendo:

- Q_T (m^3/s): caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca.
- Q_{10} (m^3/s): caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno de diez años en el punto de desagüe de la cuenca, calculado mediante el método racional.
- φ (adimensional): coeficiente propio de la región y del periodo de retorno considerado.
- λ (adimensional): exponente propio de la región y del periodo de retorno considerado.

4.4 Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación $I(T, t_c)$ Para un periodo de retorno T , y una duración de aguacero t , se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Siendo:

- $I(T, t_c)$ (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo t .
- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .
- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.

4.4.1 Intensidad media diaria de precipitación corregida

Este parámetro se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_a}{24}$$

Siendo:

- I_d (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T .
- P_d (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T .
- K_A (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

4.4.1.1 Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca

Este factor tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie de la cuenca. En este caso, al ser todas las cuencas menores a $1 km^2$, K_A es igual a 1.

4.4.1.2 Precipitación diaria

Para la obtención de este parámetro se hará uso de la Hoja 4-5 de las “máximas lluvias diarias en la España peninsular” de donde se obtendrán el coeficiente de variación (C_v) y el valor de precipitación diaria par esta zona de estudio (P_m).

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

La Figura 11 muestra las isóneas del coeficiente Cv en color rojo y las del Pm en morado. Para la zona de estudio se obtiene un coeficiente Cv = 0.5 y Pm = 50.

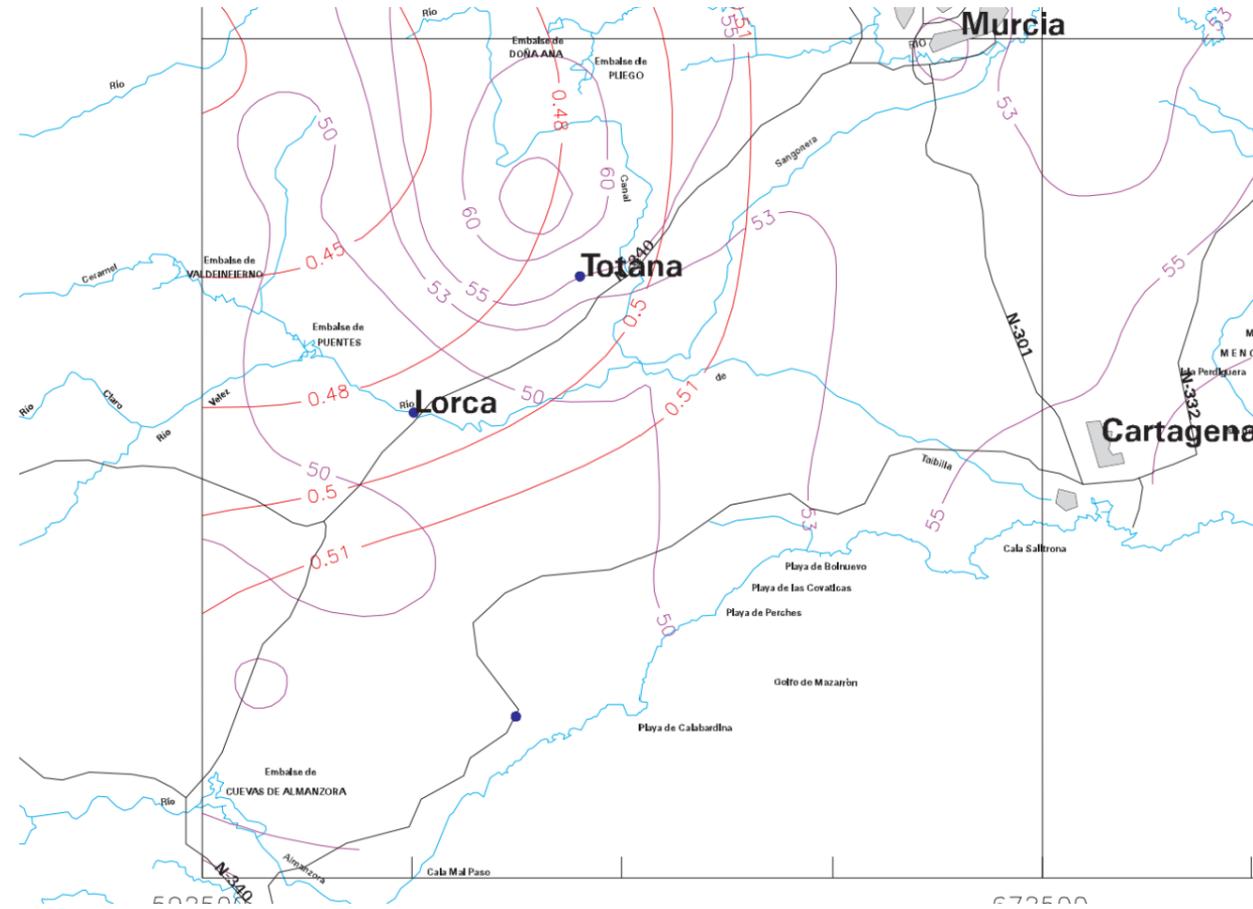


Figura 11. Mapa de lluvias de España para obtención de Cv y Pm. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular

- Para T=10: $I_{d10} = \frac{80,5 \cdot 1}{24} = 3,35 \text{ mm/h}$
- Para T=25: $I_{d25} = \frac{102,6 \cdot 1}{24} = 4,28 \text{ mm/h}$

Cv	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Figura 12. Tabla para la obtención de Kt. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular

Para la obtención de Pd, se multiplica el valor de Pm por el amplificador Kt que se obtiene a partir de Cv y T en la tabla que aparece en la Figura 12.

Para un periodo de retorno de 10 y 25 años el valor de Kt es de 1,610 y 2,052, respectivamente.

Finalmente, se obtiene el valor de Pd mediante la siguiente fórmula:

$$P_d = P_m \cdot K_t$$

- Para T=10: $P_{d10} = 50 \cdot 1,610 = 80,5 \text{ mm}$
- Para T=25: $P_{d25} = 50 \cdot 2,052 = 102,6 \text{ mm}$

Obtenidos todos los parámetros necesarios se calcula la intensidad de precipitación corregida para cada periodo de retorno considerado.

4.4.2 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Es obtenido calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, mediante la siguiente fórmula:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Siendo:

- Tc (horas): tiempo de concentración.
- Lc (km): Longitud del cauce.

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

- J_c (adimensional): Pendiente media del cauce.

En la Tabla 3, se muestran los tiempos de concentración de cada cuenca.

Cuenca	Long máx (km)	Pendiente (en tanto por 1)	t_c (h)
C-1	0.11495	0.415	0.07
C-2	0.05035	0.251	0.04
C-3	0.13626	0.506	0.08

Tabla 3. Tiempo de concentración de cada cuenca. Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Factor de intensidad F_{int}

Este factor introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de la duración del aguacero y de las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF).

Este factor se obtiene según la siguiente expresión:

$$F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$$

Siendo:

- F_{int} (adimensional): Factor de intensidad.
- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_l/I_d).
- F_b (adimensional): Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

4.4.3.1 Cálculo F_a

Para el cálculo de este factor se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_a = \left(\frac{I_l}{I_d}\right)^{3,5287-2,5287 \cdot t^{0,1}}$$

Siendo:

- F_a (adimensional): Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_l/I_d).
- (I_l/I_d) (adimensional): índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se estima en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la Figura 13.
- t (horas): duración del aguacero (igual al tiempo de concentración t_c).

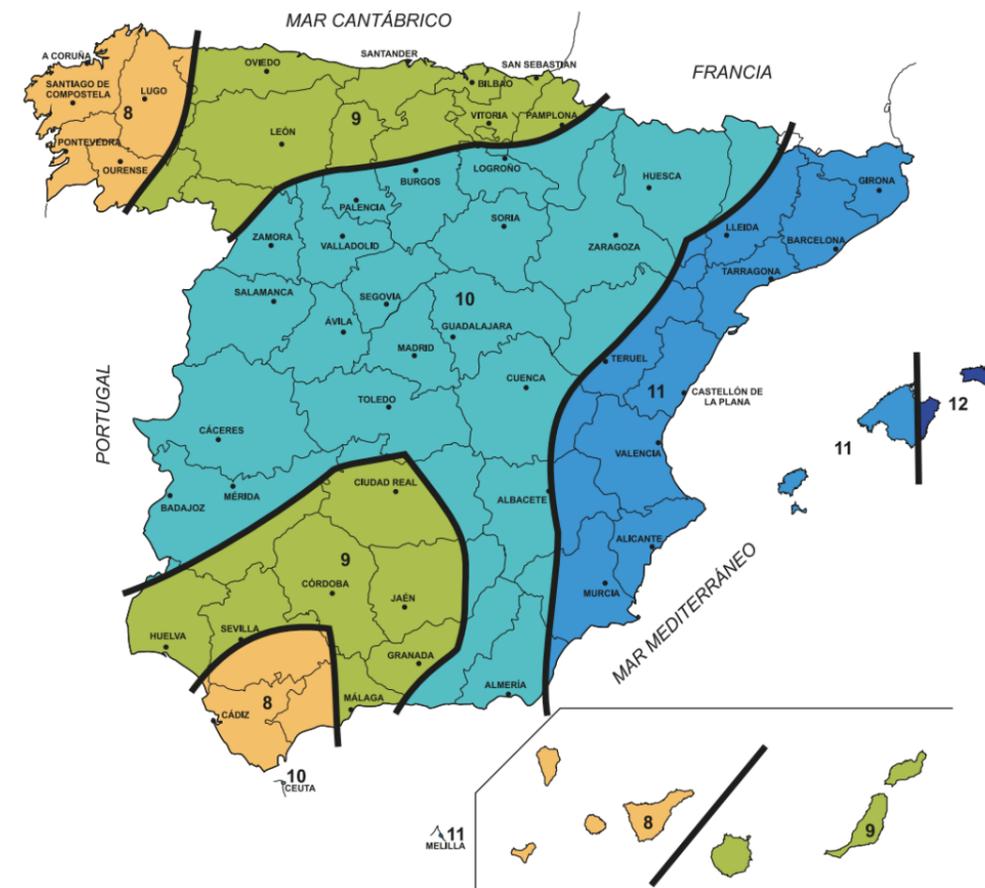


Figura 13. Mapa del índice de torrencialidad. Fuente: Norma 5.2-IC

Observando la Figura 13, la carretera RM-621 se encuentra en el suroeste de la Región de Murcia, luego el índice de torrencialidad será igual a 11.

Tras obtener el índice de torrencialidad se procede al cálculo del factor F_a con el apoyo del gráfico de la Figura 14.

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

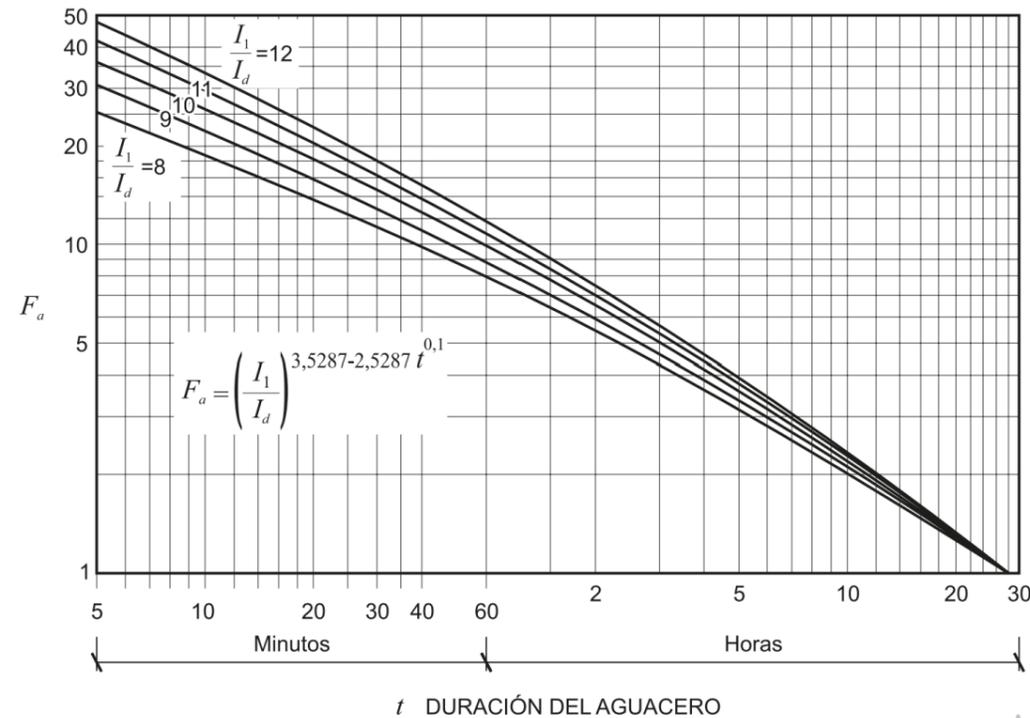


Figura 14. Gráfico para el cálculo de Fa. Fuente: Norma 5.2-IC

En la Tabla 4 se muestran los valores de Fa para cada cuenca.

Cuenca	tc (h)	I1/Ia	Fa
C-1	0.07	11	45.78
C-2	0.04	11	58.21
C-3	0.08	11	43.87

Tabla 4. Cálculo de Fa para cada cuenca. Fuente: Elaboración propia

4.4.3.2 Cálculo Fb

Debido a la falta de datos sobre las curvas IDF a partir de pluviógrafos, este valor no será considerado para la obtención del valor de Fint. Por tanto, se estima que el valor de Fint será igual a Fa, obtenido anteriormente.

Finalmente, se realiza el cálculo de la intensidad de precipitación, en función del periodo de retorno y el tiempo de aguacero (ver Tabla 5).

Cuenca	T (años)	Id (mm/h)	Fint	I(T,t) (mm/h)
C-1	10	3.35	45.8	153.363
	25	4.28		195.9384
C-2	10	3.35	58.2	195.0035
	25	4.28		249.1388
C-3	10	3.35	43.9	146.9645
	25	4.28		187.7636

Tabla 5. Cálculo de la intensidad de precipitación de cada cuenca I(T, t). Fuente: Elaboración propia

4.5 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, define la parte de la precipitación de intensidad I (T,tc) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

Si $P_d \cdot K_A > P_0$

$$C = 0$$

Si $P_d \cdot K_A \leq P_0$

Siendo:

- C (adimensional): Coeficiente de escorrentía.
- Pd (mm): Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno t.
- KA (adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- P0 (mm): Umbral de escorrentía.

4.5.1 Umbral de escorrentía

El umbral de escorrentía P0, representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determina según la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Siendo:

- P0 (mm): Umbral de escorrentía.
- P0ⁱ (mm): Valor inicial del umbral de escorrentía.

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

- B (adimensional): Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

4.5.1.1 Valor inicial del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía se obtiene a partir de los datos de usos del suelo y la pendiente natural del terreno, usando las tablas 2.3 de la Norma 5.2-IC.

En primer lugar, se debe identificar el grupo hidrológico del suelo, observando la Figura 15, el grupo hidrológico al que pertenece el suelo de la zona de estudio es B. Este grupo presenta un drenaje bueno a moderado.

Una vez conocidos el grupo hidrológico del suelo y su uso a partir del visor cartográfico IDERM, se usa la tabla 2.3 de la Norma 5.2-IC. Obteniendo así un valor de 24 al existir un uso del suelo con matorrales subarbusivos o arbustivos muy poco densos.

$$P_0^i = 24 \text{ mm}$$

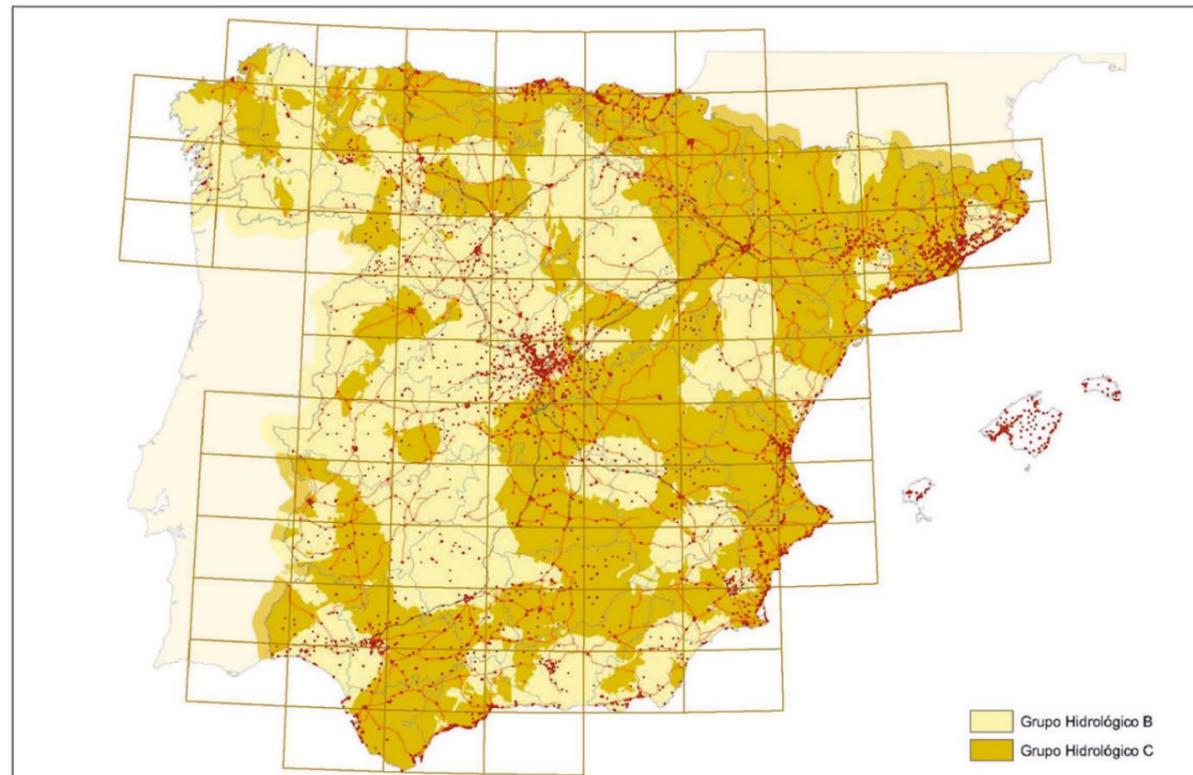


Figura 15. Mapa de grupos hidrológicos de suelo. Fuente: Norma 5.2-IC

4.5.1.2 Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Este coeficiente para drenaje transversal de vías de servicio, ramales, caminos, accesos a instalaciones y edificaciones auxiliares de la carretera y otros elementos anejos y drenaje de la plataforma y márgenes se calcula según la siguiente expresión:

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Siendo:

- β_m : Valor medio en la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.
- F_T : Factor función del periodo de retorno T.

Para su estimación se utiliza el mapa de la Figura 16. Como se puede observar en dicho mapa, la carretera se ubica en la zona 72. Con ese valor, se obtienen los parámetros β_m y F_T de la tabla de la Figura 17.

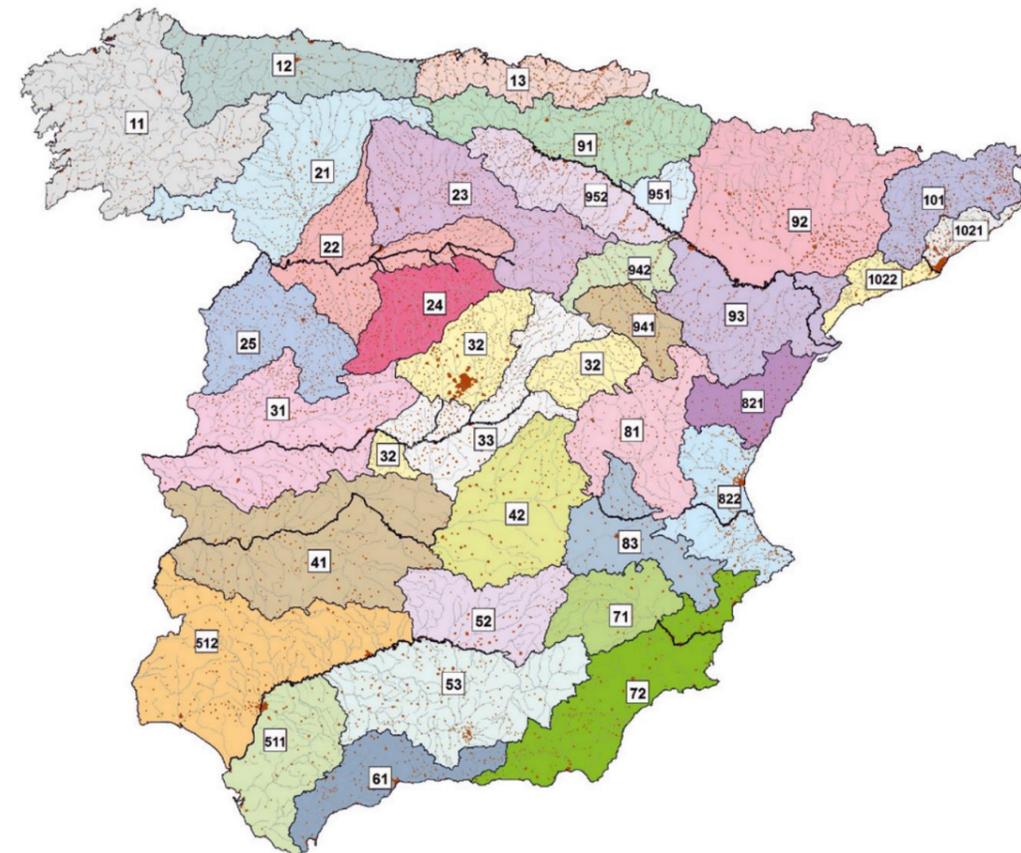


Figura 16. Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía. Fuente: Norma 5.2-IC

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50%	67%	90%	2	5	25	100	500
		Δ_{50}	Δ_{67}	Δ_{90}					
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48
31	0,90	0,20	0,30	0,50	0,87	0,93	1,10	1,26	1,45
32	1,00	0,20	0,30	0,50	0,82	0,91	1,12	1,31	1,54
33	2,15	0,25	0,40	0,65	0,70	0,88	1,15	1,38	1,62
41	1,20	0,20	0,25	0,45	0,91	0,96	1,00	1,00	1,00
42	2,25	0,20	0,35	0,55	0,67	0,86	1,18	1,46	1,78
511	2,15	0,10	0,15	0,20	0,81	0,91	1,12	1,30	1,50
512	0,70	0,20	0,30	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
52	0,95	0,20	0,25	0,45	0,89	0,94	1,09	1,22	1,36
53	2,10	0,25	0,35	0,60	0,68	0,87	1,16	1,38	1,56
61	2,00	0,25	0,35	0,60	0,77	0,91	1,10	1,18	1,17
71	1,20	0,15	0,20	0,35	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
72	2,10	0,30	0,45	0,70	0,67	0,86	1,00	-	-
81	1,30	0,25	0,35	0,60	0,76	0,90	1,14	1,34	1,58
821	1,30	0,35	0,50	0,85	0,82	0,91	1,07	-	-
822	2,40	0,25	0,35	0,60	0,70	0,86	1,16	-	-
83	2,30	0,15	0,25	0,40	0,63	0,85	1,21	1,51	1,85
91	0,85	0,15	0,25	0,40	0,72	0,88	1,19	1,52	1,95
92	1,45	0,30	0,40	0,70	0,82	0,94	1,00	1,00	1,00
93	1,70	0,20	0,25	0,45	0,77	0,92	1,00	1,00	1,00

Figura 17. Tabla 2.5 de la Norma 5.2-IC para el cálculo de B_m y F_T . Fuente: Norma 5.2-IC

Por tanto, se obtiene que:

- $B_m = 2,1$
- $F_{10}=1$
- $F_{25}=1$

Y el coeficiente corrector del umbral de escorrentía para los periodos de retorno de 10 y 25 años es:

$$\beta^{PM} = 2,1 \cdot 1 = 2,1$$

Con este coeficiente, se procede al cálculo del umbral de escorrentía para ambos periodos de retorno:

$$P_0 = 24 \cdot 2,1 = 50,4 \text{ mm}$$

Con estos datos, se calcula la escorrentía (ver Tabla 6).

T (años)	Pd (mm)	Ka	P0 (mm)	C
10	80.5	1	50.4	0.09257046
25	102.6		50.4	0.15259148

Tabla 6. Cálculo de escorrentía. Fuente: Elaboración propia

4.6 Coeficiente de uniformidad

El coeficiente K_t , tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Siendo:

- K_t (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
- T_c (horas): Tiempo de concentración de la cuenca.

En la Tabla 7Tabla 7, se resumen los cálculos de K_t para cada cuenca.

Cuenca	t_c (h)	K_t
C-1	0.06849817	1.00249681
C-2	0.04024416	1.00128585
C-3	0.07506762	1.00279879

Tabla 7. Cálculo de K_t para cada cuenca. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº4 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

4.7 Caudales

Tras obtener todos los datos de los que depende la fórmula del caudal del método racional, se procede al cálculo de los caudales de cada cuenca (ver Tabla 8).

Cuenca	T (años)	I(T,t) (mm/h)	C	Área (km²)	K _t	Q _T (m³/s)
C-1	10	153.363	0.09257046	0.0006	1.00249681	0.00237206
	25	195.9384	0.15259148			0.00499553
C-2	10	195.0035	0.09257046	0.0004	1.00128585	0.00200831
	25	249.1388	0.15259148			0.00422948
C-3	10	146.9645	0.09257046	0.0004	1.00279879	0.00151585
	25	187.7636	0.15259148			0.00319237

Tabla 8. Cálculo de caudales para T≤25 según el método racional. Fuente: Elaboración propia

Por último, como se mencionó anteriormente, para el drenaje transversal se debe calcular los caudales para el periodo de retorno de 100 años con la siguiente expresión:

$$Q_T = \varphi \cdot Q_{10}^\lambda$$

Para la obtención de los valores de φ y λ se consulta la tabla 2.6 de la Norma 5.2-IC, obteniéndose valores de 4 y 1,18, respectivamente, para la región 72 y el periodo de retorno de 100 años.

A continuación, se muestran los cálculos del caudal para periodo de retorno 100 años (ver Tabla 9).

Cuenca	Q _{T10} (m³/s)	Q _{T100} (m³/s)
C-1	0.00237206	0.00319674
C-2	0.00200831	0.00262664
C-3	0.00151585	0.00188467

Tabla 9. Cálculo del caudal para T=100 años para cada cuenca. Fuente: Elaboración propia

5. Drenajes del tramo 2

Aunque el lugar donde se sitúa la carretera RM-621 es una zona que presenta un clima árido con pocas precipitaciones, es necesario dotar a la carretera de sistemas de drenaje adecuados para asegurar la comodidad, confort y seguridad de los usuarios.

5.1 Drenaje transversal

El tramo 2 cuenta con 3 obras de drenaje transversal a lo largo de su trazado. En primer lugar, un puente situado en el PK 0+880 para salvar el cauce de la rambla de Purias. En segundo lugar, una ODT compuesta por un marco de hormigón e el PK 1+150. Y, por último, otra ODT en el PK 1+540.

Debido al buen funcionamiento de estas y a que el nuevo trazado del tramo 2 no necesita la modificación de su lugar de emplazamiento, estas ODT no serán modificadas manteniéndose tal y como se encuentran en la actualidad.

5.2 Drenaje longitudinal

En cuanto al drenaje longitudinal, el tramo 2, no cuenta con ningún sistema de drenaje longitudinal salvo el propio bombeo de la carretera. Por ello, según la Norma 5.2-IC se debe dotar al tramo de un sistema de drenaje longitudinal que recoja la escorrentía superficial procedente tanto de la calzada como de las márgenes que viertan sobre ella, conduciéndola hasta los puntos de desagüe existentes.

Por tanto, debido a que los caudales de diseño para las obras de drenaje longitudinal son tan pequeños, se dispondrán cunetas de hormigón de sección triangular de altura 15 centímetros y ángulo de 60° en el vértice (ver Figura 18).

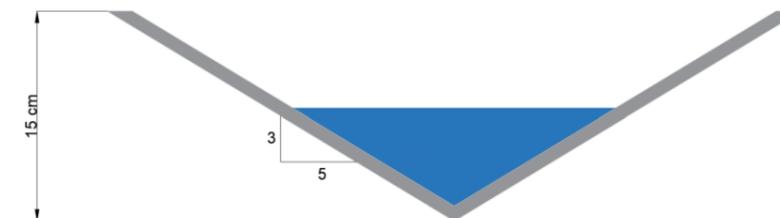


Figura 18. Sección tipo de la cuneta. Fuente: Elaboración propia

6. Bibliografía

MAPAS CLIMÁTICOS DE ESPAÑA (1981-2010, AEmet, consultados en mayo de 2023 de: [Mapas climáticos de España \(1981-2010\) y ETo \(1996-2016\) - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España](#)

Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación, consultados en mayo de 2023 de: [Áreas con riesgo potencial significativo de inundación \(ARPSI\) \(miteco.gob.es\)](#)

Norma 5.2-IC de instrucción de carreteras “Drenaje superficial” (Ministerio de Fomento, 2016): [Norma 5.2-IC de la Instrucción de Carreteras. Drenaje superficial \(mitma.gob.es\)](#)

ANEJO N°5

ESTUDIO DE TRÁFICO

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. INTENSIDAD MEDIA DIARIA (IMD).....	4
2.1 ESTIMACIÓN IMD Y PESADOS PARA EL AÑO ACTUAL.....	4
2.2 ESTIMACIÓN IMD Y PESADOS PARA EL AÑO DE PUESTA EN SERVICIO.....	4
2.3 ESTIMACIÓN DE IMD Y PESADOS PARA EL AÑO HORIZONTE	5
3. INTENSIDAD DE HORA PUNTA (IHP)	5
4. NIVEL DE SERVICIO.....	5
4.1 METODOLOGÍA PARA ESTIMAR EL NIVEL DE SERVICIO	5
4.2 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO 1 ACTUAL.....	6
4.2.1 <i>Tramificación de la sección de carretera</i>	6
4.2.2 <i>Demanda de tráfico</i>	6
4.2.3 <i>Determinación de la clase vertical</i>	7
4.2.4 <i>Determinación de la velocidad en flujo libre (FFS)</i>	7
4.2.5 <i>Determinación de la velocidad media de recorrido (S)</i>	8
4.2.6 <i>Determinación del porcentaje de vehículos en seguimiento (PF)</i>	10
4.2.7 <i>Determinación de la densidad de vehículos en seguimiento (FD)</i>	11
4.2.8 <i>Estimación del nivel de servicio de cada tramo</i>	11
4.2.9 <i>Estimación del nivel de servicio de la sección de carretera</i>	12
4.3 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO 2 ACTUAL.....	12
4.3.1 <i>Tramificación de la sección de carretera</i>	12
4.3.2 <i>Demanda de tráfico</i>	13
4.3.3 <i>Determinación de la clase vertical</i>	13
4.3.4 <i>Determinación de la velocidad en flujo libre (FFS)</i>	13
4.3.5 <i>Determinación de la velocidad media de recorrido (S)</i>	13
4.3.6 <i>Determinación del porcentaje de vehículos en seguimiento (PF)</i>	14
4.3.7 <i>Determinación de la densidad de vehículos en seguimiento (FD)</i>	14
4.3.8 <i>Estimación del nivel de servicio de cada tramo</i>	15
4.3.9 <i>Estimación del nivel de servicio de la sección de carretera</i>	15
4.4 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO 1 PARA EL AÑO HORIZONTE.....	15
4.5 ESTIMACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO 2 PARA EL AÑO HORIZONTE.....	15
5. CONCLUSIÓN.....	16
6. BIBLIOGRAFÍA.....	16

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

1. Introducción

El objetivo de este anejo es el estudio del tráfico de la RM-621 desde el PK 0+000 hasta el PK 2+200 (tramo 1) y desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800 (tramo 2) para conocer la Intensidad Media Diaria (IMD) en el año de puesta en servicio y en el año horizonte, así como su nivel de servicio, pudiendo así realizar un acondicionamiento adecuado a las condiciones del tráfico.

2. Intensidad media diaria (IMD)

Para la obtención de los datos correspondientes al tráfico de los tramos de estudio, se ha consultado el portal de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, concretamente el Plan de Aforos del 2021.

El primer tramo cuenta con una IMD para el año 2021 de 3166 veh/día, con un porcentaje de vehículos pesados del 8,8 %. En cambio, el segundo tramo presenta para el año 2021 una IMD bastante más baja con 428 veh/día y un porcentaje de vehículos pesados del 3,74 %.

Para la realización de estos aforos, se hizo uso de la estación N.º 420 y la N.º 422. La primera de ellas se trata de una estación de control secundaria la cual afora durante 1 día laborable en meses alternos y la segunda es una estación de cobertura que afora durante 1 o 2 días laborables al año.

2.1 Estimación IMD y pesados para el año actual

En primer lugar, se procede al cálculo de la IMD correspondiente al año de la redacción de este estudio (2023). Para ello se tomarán los incrementos del tráfico publicados en el BOE con la Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre, en donde se ha aprobado la instrucción sobre las medidas para mejorar la eficiencia en cuanto a la ejecución de las obras públicas en infraestructuras tanto ferroviarias como de carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento (Ver Figura 1).

Incrementos de tráfico a utilizar en estudios

Periodo	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08 %
2013 – 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

Figura 1. Incrementos de tráfico a utilizar en estudios. Fuente: Ministerio de Fomento.

Debido a que nos encontramos en un año situado en el periodo 2017 en adelante, el incremento anual acumulativo será del 1,44 %.

A continuación, se muestran los cálculos realizados para ambos tramos:

$$IMD_{2023} = IMD_{2021} * \left(1 + \frac{I, \text{anual}}{100}\right)^{(2023-2021)}$$

- Tramo 1:

$$IMD_{2023} = 3166 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(2)} = 3259 \frac{vh}{día}$$

$$IMD_{p2023} = 3259 * 8,8\% = 287$$

- Tramo 2:

$$IMD_{2023} = 428 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(2)} = 441 \frac{vh}{día}$$

$$IMD_{p2023} = 441 * 3,74\% = 17 \frac{vh}{día}$$

2.2 Estimación IMD y pesados para el año de puesta en servicio

Se entiende como año de puesta en servicio la fecha en la que se comenzará a utilizar la carretera tras las obras. Para este acondicionamiento se estima que la puesta en servicio de la carretera será 3 años después a la redacción del presente estudio, es decir, en 2026.

A continuación, se muestran los cálculos realizados para ambos tramos:

$$IMD_{2026} = IMD_{2021} * \left(1 + \frac{I, \text{anual}}{100}\right)^{(2026-2021)}$$

- Tramo 1:

$$IMD_{2026} = 3166 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(5)} = 3402 \frac{vh}{día}$$

$$IMD_{p2026} = 3402 * 8,8\% = 299 \frac{vh}{día}$$

- Tramo 2:

$$IMD_{2026} = 428 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(5)} = 461 \frac{vh}{día}$$

$$IMD_{p2026} = 461 * 3,74\% = 18 \frac{vh}{día}$$

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

2.3 Estimación de IMD y pesados para el año horizonte

Se entiende por año horizonte, el año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera y se obtiene como la suma del año de puesta en servicio más 20 años. En este caso 2046 (2026+20).

A continuación, se muestran los cálculos realizados para ambos tramos:

$$IMD_{2046} = IMD_{2021} * \left(1 + \frac{I, \text{anual}}{100}\right)^{(2046-2021)}$$

- Tramo 1:

$$IMD_{2046} = 3166 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(25)} = 4527 \frac{vh}{\text{día}}$$

$$IMD_{p2046} = 4527 * 8,8\% = 398 \frac{vh}{\text{día}}$$

- Tramo 2:

$$IMD_{2046} = 428 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{(25)} = 613 \frac{vh}{\text{día}}$$

$$IMD_{p2046} = 613 * 3,74\% = 23 \frac{vh}{\text{día}}$$

3. Intensidad de Hora Punta (IHP)

Respecto a la Intensidad de Hora Punta (IHP), es un parámetro que permite conocer aproximadamente el número de vehículos por hora que circulan por una sección de vía en la hora representativa de las condiciones de mayor circulación.

Como no se conoce la distribución del tráfico a lo largo del día y tampoco por sentido de circulación se asume que la IHP es igual al 10% de la IMD.

De esta manera, para el año actual, el año de puesta en servicio y el año horizonte se tiene:

$$IHP = 0,1 * IMD$$

- Tramo 1:

$$IHP_{2023} = 0,1 * 3259 = 326 \frac{vh}{h}$$

$$IHP_{2026} = 0,1 * 3402 = 341 \frac{vh}{h}$$

$$IHP_{2046} = 0,1 * 4527 = 453 \frac{vh}{h}$$

- Tramo 2:

$$IHP_{2023} = 0,1 * 441 = 45 \frac{vh}{h}$$

$$IHP_{2026} = 0,1 * 461 = 47 \frac{vh}{h}$$

$$IHP_{2046} = 0,1 * 613 = 61 \frac{vh}{h}$$

4. Nivel de servicio

El nivel de servicio de una carretera es una medida cualitativa que representa las condiciones de operación de un flujo de tráfico y su percepción por los conductores. Para la estimación de dicho parámetro se hará uso del Highway Capacity Manual (HCM 7th Edition) conocido con su nombre en español como el Manual de Capacidad de Carreteras de Estados Unidos.

Al tratarse de un manual estadounidense, las unidades utilizadas serán anglosajonas, es decir, millas y pies.

4.1 Metodología para estimar el nivel de servicio

El método establecido por la séptima edición del HCM consta de nueve pasos, descritos a continuación.

En primer lugar, se debe tramificar la sección de carretera de estudio en función de la tipología de tramos, así como en función de la presencia de intersecciones importantes. En segundo lugar, se debe determinar la demanda de tráfico y la capacidad de la vía. En tercer lugar, se determina la clase de trazado en alzado que podría dar lugar a la subdivisión de los tramos del paso 1. En cuarto lugar, se obtiene la velocidad en flujo libre (FFS). En quinto lugar, se estima la velocidad media de recorrido (S) de cada tramo. En sexto lugar, se determina el porcentaje de vehículos en seguimiento (PF). En séptimo lugar, se debe estimar la densidad de vehículos en seguimiento (FD). En octavo lugar, se determina el nivel de servicio de cada tramo. Y, en último lugar, se determina el nivel de servicio de la sección de carretera.

Además, el HCM establece las siguientes condiciones base para carreteras convencionales:

- Ancho de carril igual o mayor que 12 ft (3,658m)
- Arcén pavimentado con ancho igual o mayor de 6 ft (1,829 m)
- Tráfico compuesto exclusivamente por vehículos ligeros
- Terreno llano y trazado rectilíneo
- Sin impedimento al tráfico

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

- Buenas condiciones medioambientales

En el caso de que estas condiciones no se cumplan, la carretera verá mermada su funcionalidad. Aunque no hay que confundir estas condiciones con las habituales o por defecto. En este sentido, las condiciones base se acercan a lo que se pueden considerar como condiciones ideales.

4.2 Estimación del nivel de servicio del tramo 1 actual

Previo al comienzo de los cálculos, se ha dividido el tramo 1 en dos subtramos. El primero, desde la intersección en el PK 0+100 hasta la intersección en el PK 1+150 y el segundo, desde la intersección en el PK 1+150 hasta el PK final, quedando fuera del alcance de este estudio la determinación del nivel de servicio de ambas intersecciones.

4.2.1 Tramificación de la sección de carretera

El HCM 7th Edition distingue tres tipos de segmentos en los que se puede tramificar la sección de carretera: passing zone (zona de adelantamiento), passing constrained (zona donde está prohibido el adelantamiento) y passing lane (carril de adelantamiento).

Para la estimación de los distintos tipos de segmentos que hay en la carretera actual se ha utilizado Google Earth quedando los subtramos del tramo 1 tramificados según se muestra en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150 Sentido creciente

Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	0+100	0+179	0,05	Passing constrained
2	0+179	1+035	0,53	passing zone
3	1+035	1+115	0,05	Passing constrained

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final Sentido creciente

Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	1+200	1+355	0,1	Passing constrained
2	1+355	2+063	0,44	passing zone
3	2+063	2+200	0,09	Passing constrained

Tabla 1. Tramificación tramo 1 sentido creciente. Fuente: Elaboración propia.

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150 Sentido decreciente

Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	2+200	1+355	0,53	passing zone
2	1+355	1+200	0,1	Passing constrained

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100 Sentido decreciente

Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	1+115	1+035	0,05	Passing constrained
2	1+035	0+179	0,53	passing zone
3	0+179	0+100	0,05	Passing constrained

Tabla 2. Tramificación tramo 1 sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Demanda de tráfico

En este paso se han utilizado los datos de tráfico para el año actual calculados en los apartados 2.1 y 3 del presente anejo. Además, al no tener datos de tráfico según el sentido de circulación se ha establecido un reparto del 60% para el sentido decreciente y del 40% para el sentido creciente y se ha aplicado un factor de hora punta (PHF) de 0,94, propuesto por el manual. De esta manera, a través de la siguiente ecuación se ha obtenido la intensidad horaria por carril de circulación de la carretera.

$$v_i = \frac{V_i}{PHF}$$

Siendo:

v_i : demanda en sentido “i”

V_i : volumen de demanda en sentido “i”

PHF: factor de hora punta

IMD 2023	3259	veh/día	Reparto:	40-60%	
IMDp 2023	287	veh/día	FHP	0.94	
% pesados	8.8	%	vd	139	veh/h/sentido creciente
IHP 2023	326	veh/h	v0	208	veh/h/sentido decreciente

Tabla 3. Demanda por sentidos de circulación del tramo 1. Fuente: Elaboración propia

El manual establece como capacidad teórica de este tipo de vías 1.700 veh/h/carril, luego de no superarse dicho valor en nuestro tramo de carretera (ver Tabla 3), continuamos con el siguiente paso.

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

4.2.3 Determinación de la clase vertical

Este paso consiste en la clasificación de cada tramo según su pendiente. Es importante destacar que en el caso de aparecer pendientes muy dispares que diesen lugar a distintas clases verticales en un mismo segmento, deberá subdividirse cada segmento en tantos tramos como clases verticales diferentes existan.

Tras comprobarse las diferentes inclinaciones que se dan en cada segmento se procede a la clasificación de cada uno según la tabla 15-11 del manual HCM (Ver Tabla 4) resultando ser todos los segmentos clase 1 (Ver Tabla 5 y Tabla 6).

Exhibit 15-11: Classifications for Vertical Alignment (Downgrades in Parentheses)

Segment Length (mi)	Segment Percent Grade (%)										
	≤1	>1 ≤2	>2 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5 ≤6	>6 ≤7	>7 ≤8	>8 ≤9	>9	
≤0.1	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	
>0.1 ≤0.2	1 (1)	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	3 (3)	
>0.2 ≤0.3	1 (1)	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (3)	4 (4)	5 (5)	
>0.3 ≤0.4	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	
>0.4 ≤0.5	1 (1)	1 (1)	2 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (3)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>0.5 ≤0.6	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>0.6 ≤0.7	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (2)	4 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>0.7 ≤0.8	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>0.8 ≤0.9	1 (1)	1 (1)	2 (1)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>0.9 ≤1.0	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>1.0 ≤1.1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	3 (3)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	
>1.1	1 (1)	1 (1)	2 (2)	4 (4)	4 (4)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	5 (5)	

Tabla 4. Tabla 15-11 de clasificación vertical. Fuente: Manual HCM 7th Edition

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150					Sentido creciente	
Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase
1	Passing constrained	0+100	0+179	0,05	-2,84	1
2	passing zone	0+179	1+035	0,53	-1,41	1
3	Passing constrained	1+035	1+115	0,05	-0,68	1

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final					Sentido creciente	
Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase
1	Passing constrained	1+200	1+355	0,1	-0,68	1
2	passing zone	1+355	2+063	0,44	-0,68	1
3	Passing constrained	2+063	2+200	0,09	0,69	1

Tabla 5. Clases verticales segmentos sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150					Sentido decreciente	
Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase
1	passing zone	2+200	1+355	0,53	-0,69	1
2	Passing constrained	1+355	1+200	0,1	0,68	1

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100					Sentido decreciente	
Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase
1	Passing constrained	1+115	1+035	0,05	0,68	1
2	passing zone	1+035	0+179	0,53	1,46	1
3	Passing constrained	0+179	0+100	0,05	2,84	1

Tabla 6. Clases verticales segmentos sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Determinación de la velocidad en flujo libre (FFS)

En primer lugar, se debe estimar la velocidad en flujo libre base (BFFS) que depende del límite de velocidad (SpI). En este caso, el límite de velocidad es de 50 km/h lo que corresponde a 31,07 mi/h. Por tanto, a través de la siguiente ecuación se estima que la BFFS es igual a 35,42 mi/h.

$$BFFS = 1.14 \times S_{pl}$$

Además de este valor de BFFS, el cálculo de FFS depende también del porcentaje de pesados indicado en la Tabla 3 y el parámetro “a” calculado a continuación.

El parámetro “a” de cada segmento depende de la clase vertical del mismo. Por ello, a través de la tabla 15-12 del manual HCM (ver Tabla 7) y de la siguiente ecuación se obtiene el valor de dicho parámetro, el cual para clase vertical 1 es de 0,0333.

$$a = \max [0,0333; a_0 + a_1 \cdot BFFS + a_2 \cdot L + \max(0; a_3 + a_4 \cdot BFFS + a_5 \cdot L) \cdot \frac{v_0}{1000}]$$

Vertical Class	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅
1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	-0.45036	0.00814	0.01543	0.01358	0.00000	0.00000
3	-0.29591	0.00743	0.00000	0.01246	0.00000	0.00000
4	-0.40902	0.00975	0.00767	-0.18363	0.00423	0.00000
5	-0.38360	0.01074	0.01945	-0.69848	0.01069	0.12700

Tabla 7. Tabla 15-12 valores coeficiente a. Fuente: Manual HCM 7th Edition

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Después, a través de la siguiente ecuación se obtiene el valor de FFS igual a 35,1 mi/h para todos los tramos.

$$FFS = BFSS - a(HV\%)$$

Este valor es representativo para los casos en los que se cumplen las condiciones base. En el caso de estudio, se debe aplicar el factor corrector por los anchos de carril y arcén ya que la carretera cuenta con carriles de 3,5 metros (11,48 ft) y no tiene arcenes, además del factor corrector por la presencia de accesos.

Para ello se han utilizado las dos siguientes formulas correspondientes al factor corrector por accesos y al factor corrector por anchos de carril y arcén, respectivamente.

$$f_A = \min\left(\frac{APD}{4}, 10\right)$$

Siendo:

- APD: el número de accesos por milla (accesos/mi)

$$f_{LS} = 0.6 \times (12 - LW) + 0.7 \times (6 - SW)$$

Siendo:

- LW: el ancho del carril existente comprendido entre el valor mínimo de 9 ft y el valor máximo de 12 ft.
- SW: el ancho del arcén existente comprendido entre el valor mínimo de 0 ft y el máximo de 6 ft

Por último, se obtiene a través de la siguiente ecuación el valor de FFS corregido para cada segmento de la carretera.

$$FFS = BFSS - a(HV\%) - f_{LS} - f_A$$

A continuación, en la Tabla 8 y en la Tabla 9 se observan los resultados de FFS corregidos para cada segmento y sentido de circulación.

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150							Sentido creciente	
---	--	--	--	--	--	--	-------------------	--

Tramo	BFSS	a	FFS	f _{LS}	Accesos	APD (AP/mi)	f _A	FFS*(mi/h)
1	35.42	0.0333	35.13	4.51	1	20	5	25.61
2	35.42	0.0333	35.13	4.51	52	98	10	20.61
3	35.42	0.0333	35.13	4.51	2	40	10	20.61

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final							Sentido creciente	
--	--	--	--	--	--	--	-------------------	--

1	35.42	0.0333	35.13	4.51	5	50	10	20.61
2	35.42	0.0333	35.13	4.51	53	120	10	20.61
3	35.42	0.0333	35.13	4.51	7	78	10	20.61

Tabla 8. Cálculo FFS sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150							Sentido decreciente	
--	--	--	--	--	--	--	---------------------	--

Tramo	BFSS	a	FFS	f _{LS}	Accesos	APD (AP/mi)	f _A	FFS*(mi/h)
1	35.42	0.0333	35.13	4.51	60	113	10	20.61
2	35.42	0.0333	35.13	4.51	5	50	10	20.61

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100							Sentido decreciente	
---	--	--	--	--	--	--	---------------------	--

1	35.42	0.0333	35.13	4.51	2	40	10	20.61
2	35.42	0.0333	35.13	4.51	52	98	10	20.61
3	35.42	0.0333	35.13	4.51	1	20	5	25.61

Tabla 9. Cálculo FFS sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Determinación de la velocidad media de recorrido (S)

Una vez estimada la FFS, se procede al cálculo de la velocidad media de recorrido. Para ello se hace uso de la siguiente fórmula.

$$S = \begin{cases} FFS & v_d \leq 100 \\ FFS - m\left(\frac{v_d}{1,000} - 0.1\right)^p & v_d > 100 \end{cases}$$

Siendo:

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

m: coeficiente de pendiente

p: coeficiente de potencia

vd: intensidad de tráfico en el sentido de estudio

En este caso, al tener una intensidad de tráfico superior a los 100 veh/h se deberá utilizar la segunda parte de la fórmula, calculando previamente los parámetros “m” y “p”.

Estos parámetros dependen de la FFS, el porcentaje de pesados, la longitud de tramo y la intensidad de tráfico en el sentido opuesto.

Para el cálculo de dichos parámetros se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$m = \max [b_5; b_0 + b_1 \cdot FFS + b_2 \cdot \sqrt{\frac{v_0}{1000}} + \max(0; b_3) \cdot \sqrt{L} + \max(0; b_4) \cdot \sqrt{HV\%}]$$

Siendo:

- b₀-b₅ valores obtenidos según la tabla 15-13 del HCM (ver Tabla 10).

Exhibit 15-13: Coefficient Values for Equation 15-8 for Passing Constrained and Passing Zone Segments

Vertical Class	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅
1	0.0558	0.0542	0.3278	0.1029	0.0000	0.0000
2	5.7280	-0.0809	0.7404	Equation 15-9	Equation 15-10	3.1155
3	9.3079	-0.1706	1.1292	Equation 15-9	Equation 15-10	3.1155
4	9.0115	-0.1994	1.8252	Equation 15-9	Equation 15-10	3.2685
5	23.9144	-0.6925	1.9473	Equation 15-9	Equation 15-10	3.5115

Tabla 10. Tabla 15-13 de valores de los coeficientes b para zonas de adelantamiento y de prohibido el adelantamiento. Fuente: HCM 7th Edition

$$p = \max [f_8; f_0 + f_1 \cdot FFS + f_2 \cdot L + f_3 \cdot \frac{v_0}{1000} + f_4 \cdot \sqrt{\frac{v_0}{1000}} + f_5 \cdot HV\% + f_6 \cdot \sqrt{HV\%} + f_7 \cdot L \cdot HV\%]$$

Siendo:

- f₀-f₅ valores obtenidos según la tabla 15-19 del HCM (ver Tabla 11).

Exhibit 15-19: Coefficient Values for Equation 15-11 for Passing Constrained and Passing Zone Segments

Vertical Class	f ₀	f ₁	f ₂	f ₃	f ₄	f ₅	f ₆	f ₇
1	0.67576	0.00000	0.00000	0.12060	-0.35919	0.00000	0.00000	0.00000
2	0.34524	0.00591	0.02031	0.14911	-0.43784	-0.00296	0.02956	0.00000
3	0.17291	0.00917	0.05698	0.27734	-0.61893	-0.00918	0.09184	0.00000
4	0.67689	0.00534	-0.13037	0.25699	-0.68465	-0.00709	0.07087	0.00000
5	1.13262	0.00000	-0.26367	0.18811	-0.64304	-0.00867	0.08675	0.00000

Tabla 11. Tabla 15-19 de valores de los coeficientes f para zonas de adelantamiento y de prohibido el adelantamiento. Fuente: HCM 7th Edition

A continuación, se muestran los resultados de S para cada tramo y sentido de circulación. En este caso, al tratarse de un trazado totalmente rectilíneo no será necesario corregir dichos valores pues cumple las condiciones base (ver Tabla 12 y Tabla 13).

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150	Sentido creciente
---	-------------------

Tramo	m	p	S
1	1.6166251	0.5370231	25.33
2	1.3975283	0.5370231	20.37
3	1.3456251	0.5370231	20.38

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final	Sentido creciente
--	-------------------

Tramo	m	p	S
1	1.3551558	0.5370231	20.38
2	1.3908721	0.5370231	20.37
3	1.3534859	0.5370231	20.38

Tabla 12. Cálculo de S en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150			Sentido decreciente
--	--	--	---------------------

Tramo	m	p	S
1	1.3700931	0.558723	20.22
2	1.3277206	0.558723	20.23

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100			Sentido decreciente
---	--	--	---------------------

1	1.3181899	0.558723	20.23
2	1.3700931	0.558723	20.22
3	1.5891899	0.558723	25.16

Tabla 13. Cálculo de S en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.6 Determinación del porcentaje de vehículos en seguimiento (PF)

En primer lugar, se debe calcular el valor de este parámetro asociado a la capacidad y al 25% de la misma. Estos valores se determinan a partir de la FFS, la longitud, el porcentaje de pesados y el volumen de tráfico en sentido opuesto para cada tramo de análisis.

Para ello se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$PF_{cap} = b_0 + b_1 \cdot L + b_2 \cdot \sqrt{L} + b_3 \cdot FFS + b_4 \cdot \sqrt{FFS} + b_5 \cdot HV\% + b_6 \cdot FFS \cdot \frac{v_0}{1000} + b_7 \cdot \sqrt{\frac{v_0}{1000}}$$

Siendo:

- b₀-b₇ valores obtenidos según la tabla 15-24 del HCM (ver Tabla 14).

Exhibit 15-24: Coefficient Values for Equation 15-18

Vertical Class	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆
1	37.68080	3.05089	-7.90866	-0.94321	13.64266	0.00050	0.05500
2	58.21104	5.73387	-13.66293	-0.66126	9.08575	0.00950	0.03602
3	113.20439	10.01778	-18.90000	0.46542	-6.75338	0.03000	0.05800
4	58.29978	-0.53611	7.35076	-0.27046	4.49850	0.01100	0.02968
5	3.32968	-0.84377	7.08952	-1.32089	19.98477	0.01250	0.02960

Tabla 14. Tabla 15-24 de valores de b para el cálculo de PF_{cap} en zonas de adelantamiento y de prohibido el adelantamiento. Fuente: HCM 7th Edition

$$PF_{25cap} = c_0 + c_1 \cdot L + c_2 \cdot \sqrt{L} + c_3 \cdot FFS + c_4 \cdot \sqrt{FFS} + c_5 \cdot HV\% + c_6 \cdot FFS \cdot \frac{v_0}{1000} + c_7 \cdot \sqrt{\frac{v_0}{1000}}$$

Siendo:

- c₀-c₇ valores obtenidos según la tabla 15-26 del HCM (ver Tabla 15).

Exhibit 15-26: Coefficient Values for Equation 15-20

Vertical Class	c ₀	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆
1	18.01780	10.00000	21.60000	-0.97853	12.05214	0.00750	-0.06700
2	47.83887	12.80000	28.20000	-0.61758	5.80000	0.04550	-0.03344
3	125.40000	19.50000	34.90000	0.90672	-16.10000	0.11000	-0.06200
4	103.13534	14.68459	23.72704	0.66444	-11.95763	0.10000	0.00172
5	89.00000	19.02642	34.54240	0.29792	-6.62528	0.16000	0.00480

Tabla 15. Tabla 15-26 de valores de c para el cálculo de PF_{25cap} en zonas de adelantamiento y de prohibido el adelantamiento. Fuente: HCM 7th Edition

Una vez determinados los parámetros anteriores, determinamos los parámetros m y p de los cuales depende la fórmula del PF a través de las siguientes fórmulas.

$$m = -0,29764 \cdot C1 - 0,071917 \cdot C2$$

$$p = 0,81165 + 0,37920 \cdot C1 - 0,49524 \cdot C2 - 2,11289 \cdot \sqrt{C1} + 2,41146 \cdot \sqrt{C2}$$

Siendo:

$$C1 = \left(\frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{25cap}}{100} \right]}{0,25 \cdot \frac{cap}{1000}} \right)$$

$$C2 = \left(\frac{0 - \ln \left[1 - \frac{PF_{cap}}{100} \right]}{0,25 \cdot \frac{cap}{1000}} \right)$$

$$cap = 1700 \text{ veh/h/carril}$$

Y, por último, se calcula el PF a través de la siguiente fórmula.

$$PF = 100 \cdot \left[1 - e^{m \cdot \left(\frac{vd}{1000} \right)^p} \right]$$

A continuación, se muestran los valores de PF obtenidos para cada tramo y sentido (ver Tabla 16 y Tabla 17).

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150 Sentido creciente

Tramo	Pf _{cap}	PF _{25cap}	C1	C2	m	p	PF
1	83.91	54.49	1.852306	4.298696	-3.642813	1.509278	16.87
2	79.05	47.08	1.497413	3.678124	-3.090886	1.597199	12.34
3	81.58	53.18	1.785338	3.980334	-3.393925	1.505308	15.92

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final Sentido creciente

1	81.00	51.68	1.711115	3.907399	-3.319380	1.528309	14.96
2	79.29	47.58	1.519625	3.704898	-3.116753	1.590059	12.60
3	81.10	51.93	1.723344	3.919545	-3.331755	1.524475	15.12

Tabla 16. Cálculo de PF en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150 Sentido decreciente

Tramo	Pf _{cap}	PF _{25cap}	C1	C2	m	p	PF
1	78.53	46.21	1.458807	3.620561	-3.037998	1.608283	21.59
2	80.48	50.80	1.668872	3.844023	-3.261229	1.539191	25.24

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100 Sentido decreciente

1	81.06	52.30	1.741754	3.914990	-3.333959	1.516161	26.54
2	78.53	46.21	1.458807	3.620561	-3.037998	1.608283	21.59
3	83.41	53.64	1.808654	4.226736	-3.578070	1.520424	28.02

Tabla 17. Cálculo de PF en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.7 Determinación de la densidad de vehículos en seguimiento (FD)

Aplicando la siguiente ecuación que depende del porcentaje de vehículos en seguimiento (PF), de la intensidad de vehículos en el sentido de estudio (v_d) y de la velocidad media de recorrido (S), se obtiene la densidad de vehículos en seguimiento para cada tramo y sentido.

$$FD = \frac{PF}{100} \cdot \frac{v_d}{S}$$

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para esta medida de desempeño (ver Tabla 18 y Tabla 19).

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150 Sentido creciente

Tramo	FD
1	0.92
2	0.84
3	1.08

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final Sentido creciente

1	1.02
2	0.86
3	1.03

Tabla 18. Cálculo de FD en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150 Sentido decreciente

Tramo	FD
1	2.22
2	2.60

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100 Sentido decreciente

1	2.73
2	2.22
3	2.32

Tabla 19. Cálculo de FD en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.8 Estimación del nivel de servicio de cada tramo

Para estimar el nivel de servicio de cada tramo, se hace uso de la tabla 15-6 del HCM 7th Edition, la cual muestra diferentes niveles de servicio desde la letra A (mejor nivel de servicio) hasta la F (peor nivel de servicio) (ver Tabla 20).

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Exhibit 15-6: Motorized Vehicle LOS Criteria for Two-Lane Highways

LOS	Follower Density (followers/mi/ln)	
	Higher-Speed Highways Posted Speed Limit ≥ 50 mi/h	Lower-Speed Highways Posted Speed Limit < 50 mi/h
A	≤ 2.0	≤ 2.5
B	> 2.0 – 4.0	> 2.5 – 5.0
C	> 4.0 – 8.0	> 5.0 – 10.0
D	> 8.0 – 12.0	> 10.0 – 15.0
E	> 12.0	> 15.0
F	Demand exceeds capacity	

Tabla 20. Tabla 15-6 nivel de servicio para carreteras convencionales. Fuente: HCM 7th Edition

Observando los valores de FD de cada tramo y se obtienen los siguientes niveles de servicio para cada tramo (ver Tabla 21 y Tabla 22).

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150	Sentido creciente
---	-------------------

Tramo	NS de cada tramo
1	A
2	A
3	A

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final	Sentido creciente
--	-------------------

Tramo	NS de cada tramo
1	A
2	A
3	A

Tabla 21. Nivel de servicio de cada tramo en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150	Sentido decreciente
--	---------------------

Tramo	NS de cada tramo
1	A
2	B

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100	Sentido decreciente
---	---------------------

Tramo	NS de cada tramo
1	B
2	A
3	A

Tabla 22. Nivel de servicio de cada tramo en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.2.9 Estimación del nivel de servicio de la sección de carretera

Este cálculo carece de interés para el sentido creciente ya que todos los segmentos tienen el mismo nivel de servicio (A). No obstante, se realizará para el sentido decreciente ya que no todos los segmentos tienen el mismo nivel de servicio. Este cálculo se realiza a través de la media ponderada de la variable FD teniendo en cuenta la longitud de cada tramo.

$$FD = \frac{\sum_i(FD_i \cdot L_i)}{L}$$

Tras introducir los valores pertinentes en la anterior fórmula se obtiene un valor de FD igual a 2,27. Observando la Tabla 20, el nivel de servicio del tramo 1, en sentido decreciente, es también A.

Por tanto, el nivel de servicio del tramo 1 para el año actual, es A.

4.3 Estimación del nivel de servicio del tramo 2 actual

4.3.1 Tramificación de la sección de carretera

Ver Tabla 23 y Tabla 24.

Tramo 2		Sentido creciente		
Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	0+000	0+447	0,28	Passing zone
2	0+447	0+580	0,08	Passing constrained
3	0+580	1+066	0,3	Passing zone
4	1+066	1+790	0,45	Passing constrained

Tabla 23. Tramificación tramo 2 sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 2		Sentido decreciente		
Tramo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Tipo
1	1+790	1+225	0,35	Passing constrained
2	1+225	0+746	0,3	passing zone
3	0+746	0+580	0,1	Passing constrained
4	0+580	0+046	0,33	passing zone
5	0+046	0+000	0,03	Passing constrained

Tabla 24. Tramificación tramo 2 sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

4.3.2 Demanda de tráfico

Ver Tabla 25.

IMD 2023	441	veh/día	Reparto:	40-60%	
IMDp 2023	17	veh/día	FHP	0.94	
% pesados	3.74	%	vd	19	veh/h/sentido creciente
IHP 2023	44	veh/h	v0	28	veh/h/sentido decreciente

Tabla 25. Demanda por sentidos de circulación del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Determinación de la clase vertical

Ver Tabla 26 y Tabla 27.

Tramo 2 Sentido creciente

Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase vertical
1	Passing zone	0+000	0+447	0,28	3,84	2
2	Passing constrained	0+447	0+580	0,08	3,84	1
3	Passing zone	0+580	0+821	0,15	0,06	1
4	Passing zone	0+821	1+066	0,15	6,61	2
5	Passing constrained	1+066	1+200	0,08	6,61	1
6	Passing constrained	1+200	1+641	0,27	5,89	3
7	Passing constrained	1+641	1+790	0,10	4,38	1

Tabla 26. Clases verticales segmentos sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 2 Sentido decreciente

Tramo	Tipo	PK inicial	PK final	Longitud (mi)	Inclinación (%)	Clase
1	Passing constrained	1+790	1+641	0,09	-4,38	1
2	Passing constrained	1+641	1+225	0,26	-5,89	2
3	passing zone	1+225	0+821	0,25	-6,61	3
5	Passing zone	0+821	0+746	0,05	-0,06	1
6	Passing constrained	0+746	0+579	0,1	-0,06	1
7	passing zone	0+580	0+046	0,33	-3,84	2
8	Passing constrained	0+046	0+000	0,03	-2,52	1

Tabla 27. Clases verticales segmentos sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Determinación de la velocidad en flujo libre (FFS)

Teniendo en cuenta el límite de velocidad de este tramo (60 km/h) y el resto de los datos anteriormente indicados, se procede al cálculo de FFS. (ver Tabla 28 y Tabla 29).

Tramo	BFFS	a	FFS	fLS	Accesos	APD (AP/mi)	fA	FFS*(mi/h)
1	42.50	0.0333	42.37	4.51	7	25	6.25	31.61
2	42.50	0.0333	42.37	4.51	3	38	9.5	28.49
3	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86
4	42.50	0.0333	42.37	4.51	2	13	3.25	34.53
5	42.50	0.0333	42.37	4.51	1	13	3.25	34.74
6	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86
7	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86

Tabla 28. Cálculo FFS sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo	BFFS	a	FFS	fLS	Accesos	APD (AP/mi)	fA	FFS*(mi/h)
1	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86
2	42.50	0.0333	42.37	4.51	1	4	1	36.90
3	42.50	0.0333	42.37	4.51	2	8	2	35.86
5	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86
6	42.50	0.0333	42.37	4.51	1	10	2.5	35.36
7	42.50	0.0333	42.37	4.51	9	27	6.75	31.04
8	42.50	0.0333	42.37	4.51	0	0	0	37.86

Tabla 29. Cálculo FFS sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Determinación de la velocidad media de recorrido (S)

En este tramo, debido a que se tiene una intensidad de vehículos por carril inferior a 100, la velocidad media de recorrido (S) es igual a la velocidad en flujo libre (FFS*), calculada en el anterior paso.

Debido a que este tramo no cumple las condiciones base de trazado rectilíneo, se debe corregir el valor de S en función de cada curva. Para ello, se deben clasificar cada curva según la tabla 15-22 del HCM que depende del radio y peralte de cada una de ellas (ver Tabla 30).

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Exhibit 15-22: Horizontal Alignment Classifications

Radius (ft)	Superelevation (%)										
	<1	≥1 <2	≥2 <3	≥3 <4	≥4 <5	≥5 <6	≥6 <7	≥7 <8	≥8 <9	≥9 <10	≥10
<300	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
300-449	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
450-599	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
600-749	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2
750-899	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
900-1,049	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
1,050-1,199	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
1,200-1,349	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,350-1,499	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,500-1,649	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,650-1,799	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,800-1,949	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1,950-2,099	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,100-2,249	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,250-2,399	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2,400-2,549	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
≥2550	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Note: — means that the curve does not restrict speeds and can be treated as a tangent section.

Tabla 30. Tabla 15-22 de clase horizontal de curvas. Fuente: HCM 7th Edition

Tras clasificar cada una de las curvas, se debe calcular la velocidad media de recorrido en cada curva a través de la siguiente fórmula.

$$S_{Hci} = \min \left(S, FFS_{Hci} - m \cdot \sqrt{\frac{v_d}{1.000}} - 0,1 \right)$$

Sin embargo, debido a la baja demanda de tráfico que posee este tramo, S_{Hci} es igual a S puesto que la velocidad no se ve penalizada por la influencia del tráfico.

4.3.6 Determinación del porcentaje de vehículos en seguimiento (PF)

Ver Tabla 31 y Tabla 32.

Tramo 2		Sentido creciente					
Tramo	Pfcap	PF25cap	C1	C2	m	p	PF
1	83.90	51.29	1.692600	4.297110	-3.5941380	1.5753434	0.68
2	82.79	51.02	1.679641	4.139844	-3.4771797	1.5665306	0.68
3	84.45	50.11	1.636109	4.378613	-3.6359384	1.6070033	0.61
4	85.46	53.30	1.791427	4.537814	-3.7966602	1.5525986	0.79
5	84.47	51.60	1.707634	4.382555	-3.6600618	1.5760020	0.69
6	83.66	49.78	1.620813	4.263107	-3.5483175	1.6040688	0.60
7	84.86	51.14	1.685442	4.441398	-3.6957752	1.5902228	0.66

Tabla 31. Cálculo de PF en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 2		Sentido decreciente					
Tramo	Pfcap	PF25cap	C1	C2	m	p	PF
1	84.75	51.06	1.681451	4.425545	-3.6831859	1.590732	1.25
2	83.45	48.22	1.548741	4.232120	-3.5045812	1.634443	1.02
3	83.30	48.32	1.553010	4.211447	-3.490984	1.630547	1.03
5	85.24	52.31	1.742336	4.501155	-3.7556847	1.570364	1.37
6	84.20	50.77	1.667492	4.341267	-3.6184214	1.590037	1.23
7	81.82	47.21	1.502983	4.011459	-3.3322685	1.634447	0.97
8	85.57	53.20	1.786597	4.555583	-3.8080013	1.555829	1.46

Tabla 32. Cálculo de PF en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Determinación de la densidad de vehículos en seguimiento (FD)

Ver Tabla 33 y Tabla 34.

Tramo 2		Sentido creciente
Tramo	FD	
1	0.0041	
2	0.0045	
3	0.0030	
4	0.0043	
5	0.0037	
6	0.0030	
7	0.0033	

Tabla 33. Cálculo de FD en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 2		Sentido decreciente
Tramo	FD	
1	0.0093	
2	0.0078	
3	0.0081	
5	0.0102	
6	0.0098	
7	0.0088	
8	0.0109	

Tabla 34. Cálculo de FD en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

4.3.8 Estimación del nivel de servicio de cada tramo

Observando los valores de FD de cada tramo y comparándolos con los de la Tabla 20 se obtiene un nivel de servicio A para todos ellos.

4.3.9 Estimación del nivel de servicio de la sección de carretera

Este paso carece de interés ya que todos los segmentos tienen el mismo nivel de servicio y por tanto el nivel de servicio del tramo 2 para el año actual es A.

4.4 Estimación del nivel de servicio del tramo 1 para el año horizonte

De la misma manera que se ha procedido en el apartado 4.2, se ha estimado el nivel de servicio del tramo 1 para el año horizonte (2046).

Para dicha estimación se ha tenido en cuenta el incremento de la demanda del tráfico que sufrirá este tramo y el cambio de sección transversal que se llevará a cabo, ya que en la propuesta de mejora se considera una sección compuesta por carriles y arcenes de 3 y 0,5 metros, respectivamente.

A continuación, en la Tabla 35 y Tabla 36, se muestran los resultados de los principales parámetros del cálculo del nivel de servicio del tramo 1 para el año horizonte.

Tramo 1 desde la intersección en PK 0+100 hasta la intersección en PK 1+150	Sentido creciente
---	-------------------

Tramo	S	PF	FD	Nivel de servicio
1	25.30	26.99	2.06	A
2	20.36	20.62	1.95	A
3	20.38	25.55	2.42	A

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta el final	Sentido creciente
--	-------------------

1	20.37	24.26	2.29	A
2	20.36	20.99	1.99	A
3	20.37	24.47	2.31	A

Tabla 35. Nivel de servicio del tramo 1 para el año horizonte en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 1 desde el final hasta la intersección en PK 1+150	Sentido decreciente
--	---------------------

Tramo	S	PF	FD	Nivel de servicio
1	20.21	34.55	4.94	B
2	20.23	39.10	5.58	C

Tramo 1 desde la intersección en PK 1+150 hasta la intersección en PK 0+100	Sentido decreciente
---	---------------------

1	20.23	40.65	5.81	C
2	20.21	34.55	4.94	B
3	25.12	42.69	4.91	B

Tabla 36. Nivel de servicio del tramo 1 para el año horizonte en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

El nivel de servicio del tramo 1 seguirá siendo A para el sentido creciente en el año horizonte. Mientras que el nivel de servicio del tramo 1 en el sentido decreciente pasará a ser C con un valor de FD igual a 5,02 muy cercano con el límite de nivel de servicio B. Esto es debido al gran incremento del tráfico previsto para los próximos 23 años. No obstante, sigue siendo un nivel de servicio adecuado.

4.5 Estimación del nivel de servicio del tramo 2 para el año horizonte

Con la misma metodología que en el apartado 4.3, se ha procedido a la estimación del nivel de servicio del tramo 2 para el año horizonte.

En este caso, además del incremento de la demanda del tráfico y de la modificación de la sección transversal del tramo (carriles de 3 metros y arcenes de 0.5 metros), se ha tenido en cuenta las modificaciones llevadas a cabo en el trazado de la carretera. Sin embargo, al igual que para el año actual, la velocidad media de recorrido no se verá afectada por el trazado, debido a que la demanda de tráfico prevista para ese año sigue siendo muy baja.

A continuación, en la Tabla 37 y la Tabla 38, se muestran los resultados de los principales parámetros del cálculo del nivel de servicio del tramo 2 para el año horizonte.

ANEJO Nº5 ESTUDIO DE TRÁFICO

Tramo 2

Sentido creciente

Tramo	PK inicial	PK final	S	PF	FD	Nivel de servicio
1	0+000	0+447	31.78	1.17	0.0096	A
2	0+447	0+600	30.53	1.14	0.0097	A
3	0+600	0+847	38.03	1.06	0.0072	A
4	0+847	1+080	34.46	1.37	0.0104	A
5	1+080	1+638	37.31	0.96	0.0067	A
6	1+638	1+807	38.03	1.40	0.0096	A

Tabla 37. Nivel de servicio del tramo 2 para el año horizonte en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

Tramo 2

Sentido decreciente

Tramo	PK inicial	PK final	S	PF	FD	Nivel de servicio
1	1+807	1+638	38.03	2.07	0.0213	A
2	1+638	1+200	37.10	1.76	0.0185	A
3	1+200	0+847	35.75	1.83	0.0200	A
5	0+847	0+750	38.03	2.27	0.0234	A
6	0+750	0+590	35.53	2.11	0.0232	A
7	0+590	0+046	31.41	1.67	0.0209	A
8	0+046	0+000	38.03	2.47	0.0254	A

Tabla 38. Nivel de servicio del tramo 2 para el año horizonte en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en las tablas anteriores, el nivel de servicio continuará siendo A ya que la demanda de tráfico seguirá siendo bastante baja.

5. Conclusión

Tras la estimación de la demanda de tráfico para los años de interés y la estimación del nivel de servicio de ambos tramos. Se puede afirmar que ambos tramos de la carretera RM-621 cuentan con un adecuado nivel de servicio tanto para el año actual (tramo 1 y 2 con nivel de servicio A) como para el año horizonte (tramo 1 con nivel de servicio C, muy cercano a B, y tramo 2 con nivel de servicio A).

6. Bibliografía

Plan de Aforos 2021, Consejería de Fomento e Infraestructuras, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, recuperado en mayo de 2023, de: [CARM.es - Plan de aforos 2021](https://www.carm.es/plan-de-aforos-2021)

Orden FOM/3317/2010, de 17 de diciembre por la 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, BOE, recuperado en mayo de 2023, de: [Disposición 19708 del BOE núm. 311 de 2010](https://www.boe.es/boe/19708/19708-311-2010.html)

Manual de capacidad – Highway Capacity Manual (HCM) 7th Edition (HCM, 2022). Recuperado en mayo de 2023.



ANEJO N°6
PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO N°6 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	4
3.	ZONIFICACIÓN DEL SUELO	4
4.	ESPACIOS PROTEGIDOS	5
5.	TÉRMINO MUNICIPAL DE LORCA	6
6.	CONCLUSIONES.....	7
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	7

ANEJO Nº6 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

1. Introducción

El objetivo del presente anejo es el estudio del suelo en el que se pretende emplazar las obras para identificar las zonas en las que es posible llevar a cabo la actuación y en las que no, con el fin de llevar a cabo un correcto diseño de la propuesta de mejora.

2. Clasificación del suelo

Para poder clasificar el suelo de las zonas en las que se pretende llevar a cabo el acondicionamiento, se ha consultado el visor cartográfico de la Región de Murcia IDERM.

Por un lado, el primer tramo se clasifica desde el PK 0+000 hasta el PK 1+640 como “suelo urbano” y desde el PK 1+640 hasta el final como “suelo urbanizable sin sectorizar especial” (Ver Figura 1).

Por otro lado, el segundo tramo se clasifica desde el PK 0+000 hasta el PK 0+760 como “suelo urbanizable sin sectorizar especial” y desde el PK 0+760 hasta el final como “suelo urbanizable sin sectorizar”. Sin embargo, se tendrá en cuenta la zona clasificada como “suelo no urbanizable protegido” contigua a la segunda curva del trazado para provocar las menores afecciones posibles a dicha zona (Ver Figura 2).

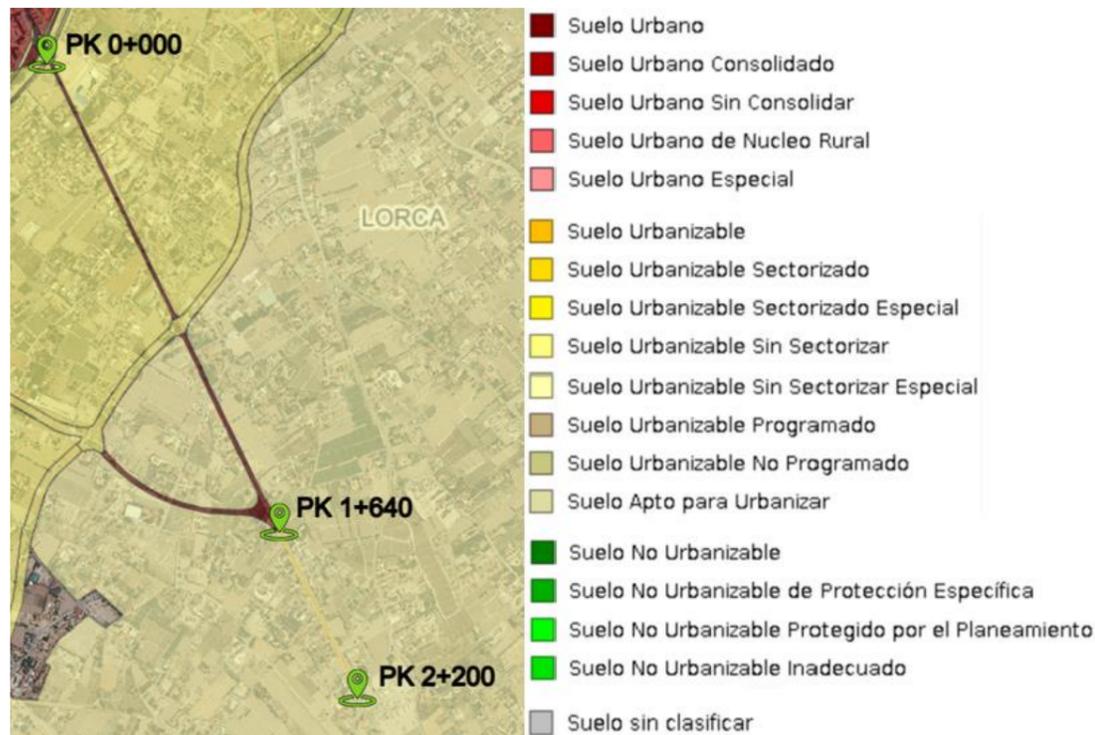


Figura 1. Clasificación del suelo tramo 1. Fuente: Elaboración propia con IDERM

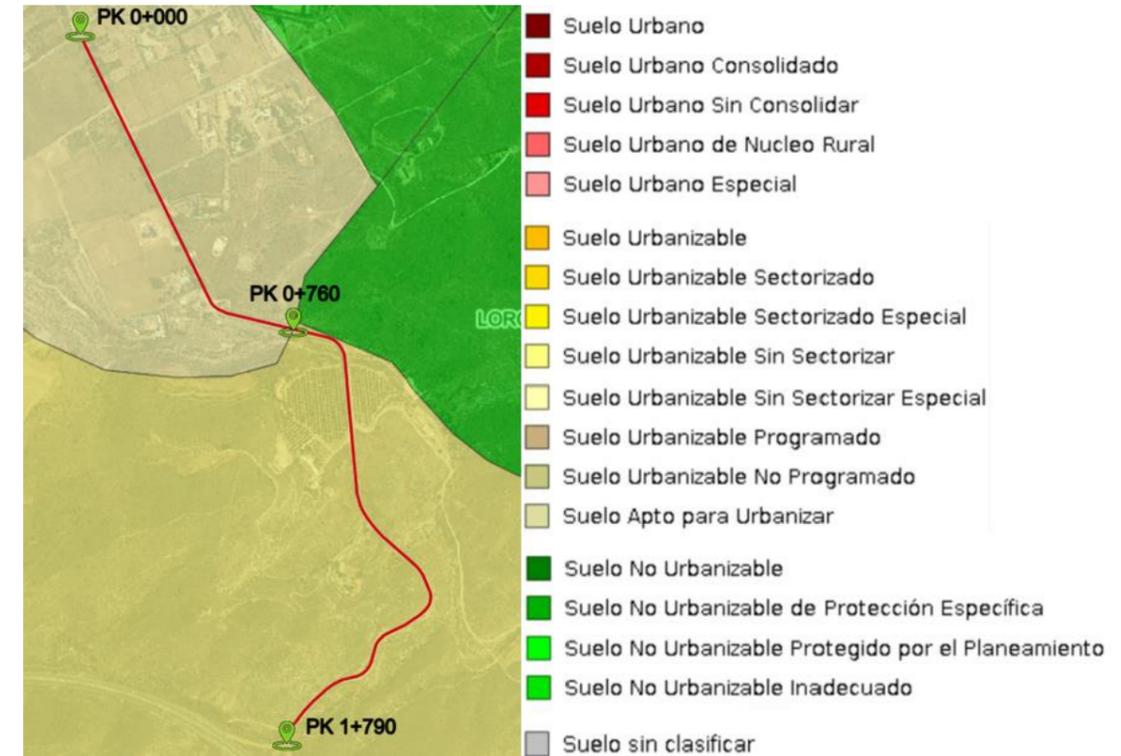


Figura 2. Clasificación del suelo tramo 2. Fuente: Elaboración propia con IDERM

3. Zonificación del suelo

A partir del visor IDERM, se ha obtenido también la zonificación del suelo, es decir, se ha identificado el uso que se le da a cada zona clasificada en el apartado anterior.

En el tramo 1, la zona clasificada como “suelo urbano” tiene un uso de “comunicaciones” y la zona de “suelo urbanizable sin sectorizar especial” tiene uso “agrícola” (Ver Figura 3).

En el tramo 2, la zona clasificada como “suelo urbanizable sin sectorizar especial” tiene uso “agrícola” y la zona clasificada como “suelo urbanizable sin sectorizar” tiene uso “residencial” (Ver Figura 4).

ANEJO N°6 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

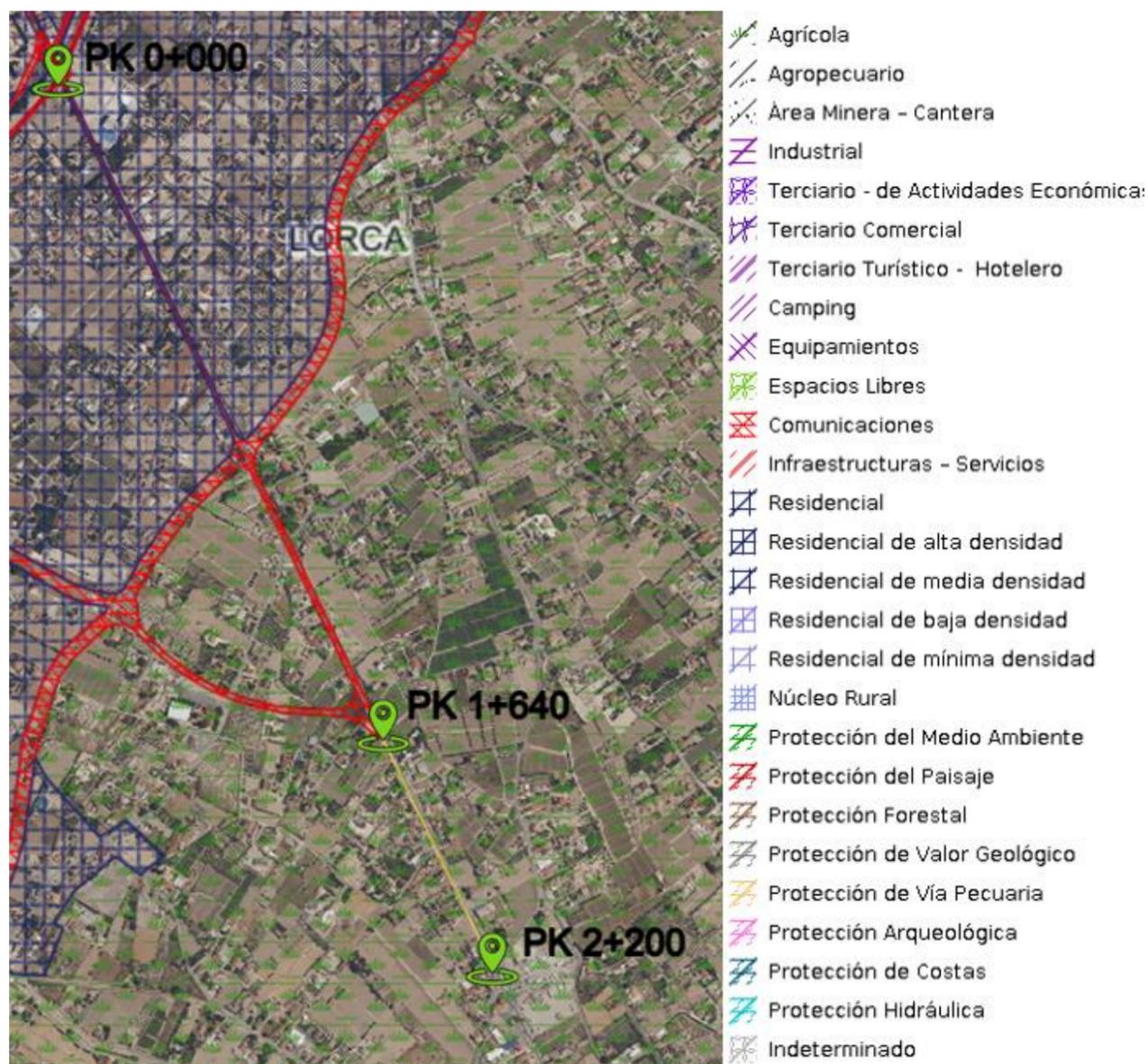


Figura 3. Zonificación del suelo tramo 1. Fuente: Elaboración propia con IDERM.

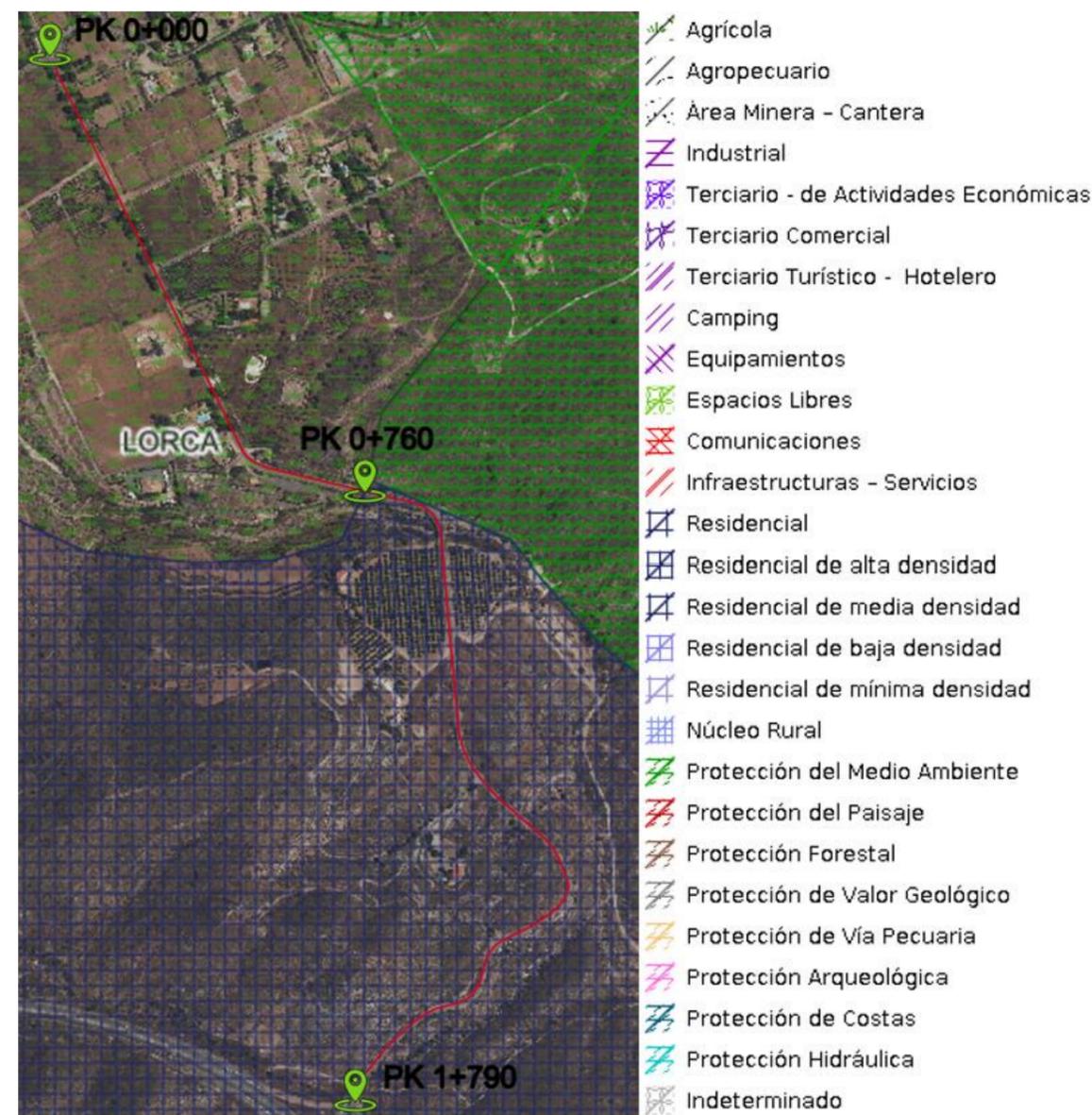


Figura 4. Zonificación del suelo tramo 2. Fuente: Elaboración propia con IDERM.

4. Espacios protegidos

En cuanto a espacios protegidos, no se localiza ninguna zona protegida en las inmediaciones del primer tramo. Sin embargo, en el segundo existe una zona de protección arqueológica. Esta se trata de la fuente de Purias (Ver Figura 5). Este espacio protegido será considerado en la propuesta que se llevará a cabo en el trazado de la carretera, para provocar en él las mínimas afecciones.

ANEJO N°6 PLANEAMIENTO URBANÍSTICO



Figura 5. Espacio protegido tramo 2. Fuente: IDERM

5. Término municipal de Lorca

Además de la información obtenida a partir del visor IDERM, se ha recurrido al Plan General Municipal de Ordenación de Lorca publicado en el portal web municipal de Urbanismo y medio ambiente de Lorca para clasificar y zonificar, con más detalle, el suelo en el que se llevará a cabo la actuación.

El Plan General Municipal de Ordenación se redacta con arreglo a las determinaciones establecidas en la Ley 1/2001 del Suelo de la Región de Murcia y en la Ley 2/2002 de 10 de mayo de modificación de la anterior.

Las determinaciones del Plan reguladas por la legislación de carácter básico de ámbito estatal se ajustan a lo establecido en la Ley 6/1998, de 13 de abril de Régimen del Suelo y Valoraciones, en el Real Decreto Ley 4/2000, de 23 de junio, de Medidas Urgentes de Liberalización en los aspectos que modifica la anterior y los artículos vigentes del Texto refundido de la Ley sobre Régimen del suelo y Ordenación Urbana aprobado por Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio, declarados vigentes en la Disposición Derogatoria Única de la Ley 6/1998.

La Ley del Suelo 1/2001 establece el Plan General Municipal de Ordenación como el instrumento de ordenación integral de ámbito municipal.

En lo que respecta a las zonas donde se emplazarán las obras, en el apartado 10 del Tomo I “Memoria de Ordenación” se definen las distintas tipologías de suelos en las que se clasifican los suelos afectados.

El suelo urbano está constituido, de acuerdo con lo establecido en los artículos 8 de la Ley 6/1998 sobre el régimen del suelo y valoraciones, de ámbito estatal, y 62 y 63 de la Ley 1/2001 del suelo de la Región de Murcia, de ámbito autonómico, por aquellos terrenos que el planeamiento así determine por disponer del grado de urbanización o de edificación mínimo requerido por la legislación vigente o aquellos que en ejecución del Plan General lleguen a alcanzar tal situación.

El suelo urbanizable sin sectorizar especial, de acuerdo con lo determinado en los artículos 10 de la Ley 6/1998, estatal, y 66 de la Ley 1/2001, autonómica, comprende aquellos terrenos que no tengan la condición de suelo urbano ni de suelo no urbanizable y que el Plan General declare adecuados para ser urbanizados. Se clasifican los terrenos de la huerta tradicional como suelo urbanizable especial, en atención a su especial entorno ambiental y las peculiares características de los asentamientos existentes.

El suelo urbanizable sin sectorizar está constituido por los terrenos considerados como suelo urbanizable que no se consideran idóneos para ser incorporados a la ciudad a corto o medio plazo ni tampoco son considerados como especiales.

El suelo no urbanizable protegido por su valor ambiental comprende aquellos terrenos que deban preservarse del proceso urbanizador por concurrir en ellos algunas de las circunstancias establecidas en los artículos 9 de la Ley 6/1998, estatal, y 65 de la Ley 1/2001, autonómica, y además por los que de acuerdo con sus valores ambientales, ecológicos y paisajísticos se ha considerado necesaria su preservación de los procesos urbanos, ya que su conservación y mantenimiento son incompatibles con su transformación urbanística. Cualquier actuación sobre este suelo necesita la tramitación de un Plan especial.

6. Conclusiones

Tras haber analizado la información proporcionada por el visor cartográfico IDERM y el Plan General de Ordenación Urbanística de Lorca, no existen impedimentos para llevar a cabo el acondicionamiento de la carretera RM-621. Sin embargo, se deberá tener en cuenta la zona clasificada como suelo no urbanizable de protección ambiental situada en el margen izquierdo de la segunda curva en planta del tramo 2 en sentido creciente además del espacio de protección arqueológica mencionado en el apartado 4. En el caso de que sea necesario intervenir en dichas zonas debido a las modificaciones del trazado se deberá justificar las afecciones adecuadamente, en donde se exponga que dichas afecciones tendrán lugar debido a un servicio público de bien general.

7. Bibliografía

Visor cartográfico de la Región de Murcia. Recuperado el 22 de mayo de 2023, de: [IDERM - Infraestructura de Datos Espaciales de la Región de Murcia \(carm.es\)](https://www.iderm.carm.es/)

Plan General Municipal de Ordenación de Lorca. Recuperado el 22 de mayo de 2023, de: [NDICE \(lorca.es\)](https://www.lorca.es/)

ANEJO N°7

FIRMES

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO N°7 FIRMES



INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	CATEGORÍAS DEL TRÁFICO	4
3.	EXPLANADAS	4
4.	FIRMES	5
4.1	CAPA SUBBASE	6
4.2	MEZCLA BITUMINOSA.....	6
4.2.1	Capa de rodadura	8
4.2.2	Capa base e intermedia.....	8
5.	ARCÉN.....	9
6.	RIEGOS	9
7.	CONCLUSIÓN	10
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	10



ANEJO Nº7 FIRMES

1. Introducción

En este anejo se define el paquete de firme con el que contará cada tramo de estudio según la Norma 6.1-IC Secciones de Firmes, de la Instrucción de Carreteras (2003).

La estructura del firme deberá adecuarse a las acciones del tráfico, especialmente del pesado, durante la vida útil del firme. Para el diseño del firme se tomarán como fuentes de información iniciales los datos provenientes del anejo “Estudio de tráfico” y del anejo “Geología y geotecnia”.

2. Categorías del tráfico

La categoría del tráfico depende de la IMDp (vehículos pesados/día) del carril de proyecto, que será aquel con mayor demanda para el año de puesta en servicio.

Debido a que no se dispone de información sobre el reparto de vehículos pesados por carril, se supondrá que incide sobre cada carril la mitad de los vehículos pesados que circulan por la calzada, de acuerdo con el apartado 4 de la Norma 6.1-IC Secciones de Firmes.

En el anejo nº5 “Estudio de tráfico” se ha obtenido que, para el año de puesta en servicio, la IMDp en la totalidad de la calzada es 299 veh pesados/día en el tramo 1, y de 18 veh pesados/día en el tramo 2. Por tanto, para el carril más cargado será 150 veh pesados/día y 9 veh pesados/día, respectivamente.

Con estos valores, la categoría de tráfico pesado del tramo 1 es T31 y la del tramo 2 es T42 (ver Figura 1).

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp	< 200	< 100	< 50	< 25
(vehículos pesados/día)	≥ 100	≥ 50	≥ 25	

Figura 1. Categorías de tráfico pesado T3 y T4. Fuente: Norma 6.1-IC

3. Explanadas

La explanada es el elemento sobre el cual se apoya el firme. Para su dimensionamiento se debe tener en cuenta el terreno de la zona y de los posibles terrenos de préstamo que se pueden adquirir.

De acuerdo con el anejo nº3 “Geología y geotecnia”, el suelo sobre el cual discurre el tramo 1 se clasifica como tolerable y el suelo del tramo 2 se clasifica como tolerable (tramo de gravas, arenas y arcillas) y roca (tramo de esquistos y mármoles).

A partir de la clasificación de suelos, los tipos de explanadas posibles según la Norma 6.1, para cada tramo, son los que se indican en la Figura 2.

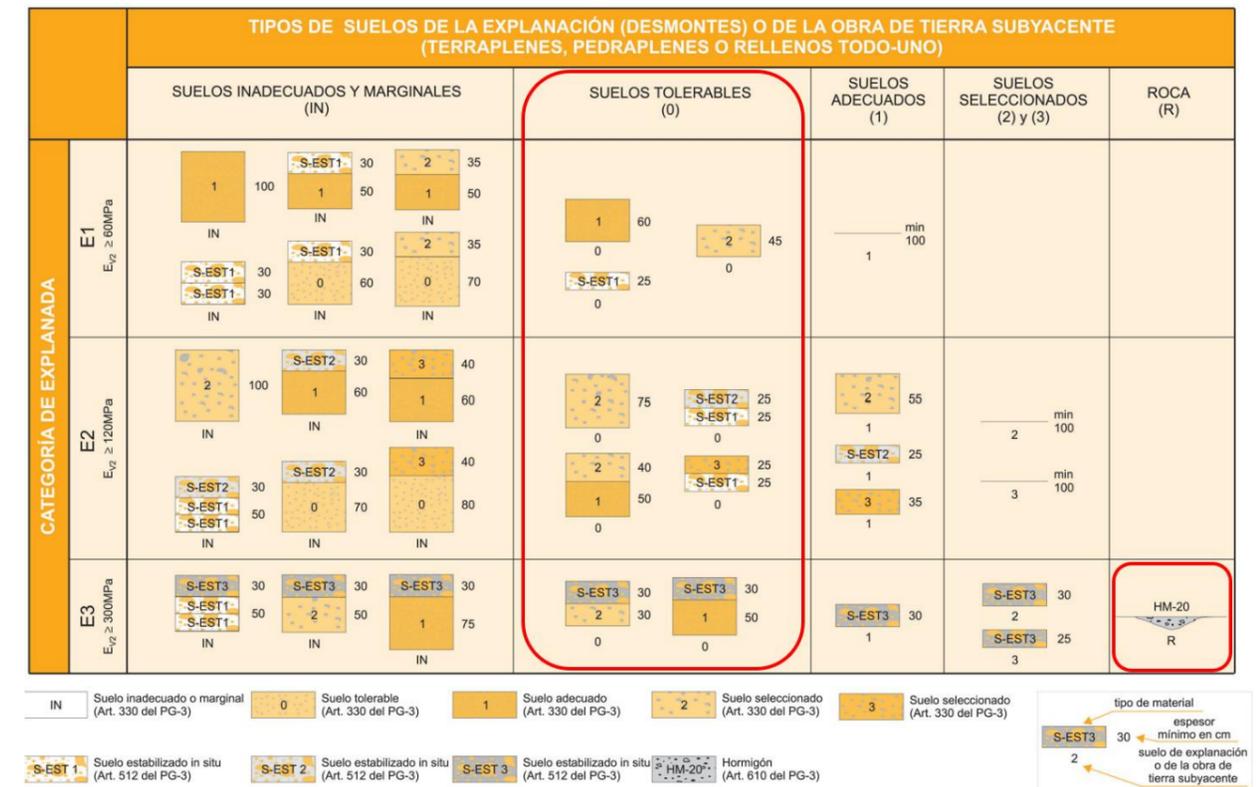


Figura 2. Formación de la explanada. Fuente: Norma 6.1-IC

Debido a la baja demanda de vehículos de ambos tramos, para el tramo 1 y el subtramo de arenas, gravas y arcillas del tramo 2 se optará por la explanada de menor capacidad de soporte, es decir, la explanada E1. Por otro lado, en el subtramo de roca del tramo 2, se optará por la única opción que ofrece la norma, la cual consiste en uniformizar la superficie a base de hormigón en masa (HM-20) para conseguir una explanada E3 (ver Figura 4).

Como se puede observar en la Figura 2, la explanada E1 se puede conseguir de tres maneras distintas dependiendo del tipo de suelo que se utilice y el tratamiento o no de este. Se pueden utilizar suelos adecuados, seleccionados y estabilizado del tipo 1 (S-EST1).

Debido a que las modificaciones de la rasante actual del tramo serán mínimas, el suelo existente no será utilizado para la construcción de la explanada por lo que la opción de suelo estabilizado in situ queda descartada.

Al seguir existiendo dos opciones posibles distintas para la ejecución de la explanada, se realizará una valoración económica en función de los precios establecidos en la Base de Precios de la Dirección General de Carreteras (2022) (ver Tabla 1).

ANEJO Nº7 FIRMES

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)
m ³	Suelo adecuado procedente de préstamo para formación de explanada en coronación de terraplén y en fondo de desmonte i/canon de préstamo, excavación del material, carga y transporte al lugar de empleo hasta una distancia de 5 km, extendido, humectación, compactación, terminación y refino de la superficie de la coronación y refino de taludes.	6,55
m ³	Suelo seleccionado procedente de préstamo para formación de explanada en coronación de terraplén y en fondo de desmonte i/canon de préstamo, excavación del material, carga y transporte al lugar de empleo hasta una distancia de 5 km, extendido, humectación, compactación, terminación y refino de la superficie de la coronación y refino de taludes.	6,74

Tabla 1. Precio por m³ de suelo de préstamo. Fuente: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras 2022

Como se puede observar en la tabla anterior, el suelo adecuado es más económico que el seleccionado. No obstante, se realizará una estimación del precio de una explanada de un metro cuadrado con los espesores indicados en la Figura 2, para así identificar la opción más económica (ver Tabla 2).

Suelo	Explanada (espesor en cm)	
	1 60	2 45
Suelo adecuado (1)	60	-
Suelo seleccionado (2)	-	45
Total (€)	3,93	3,03

Tabla 2. Precio de explanada por m². Fuente: Elaboración propia

Tras el análisis económico de las dos posibles opciones, se opta por la opción compuesta por 45 centímetros de suelo seleccionado (2) al tratarse de la más económica (ver Figura 3).

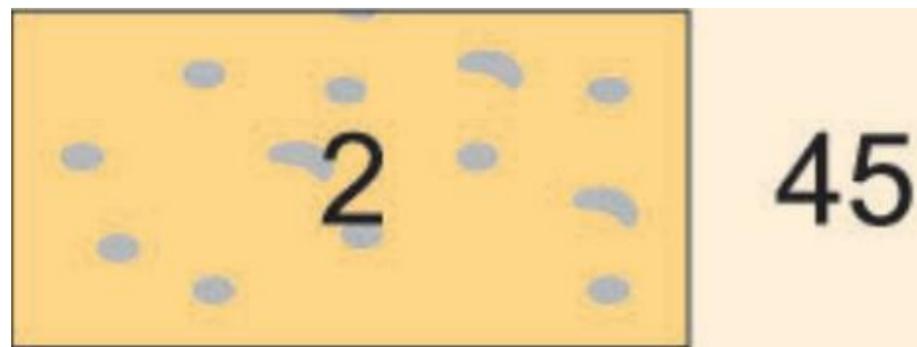


Figura 3. Explanada a utilizar para el tramo 1 y los 700 primeros metros del tramo 2. Fuente: Norma 6.1-IC

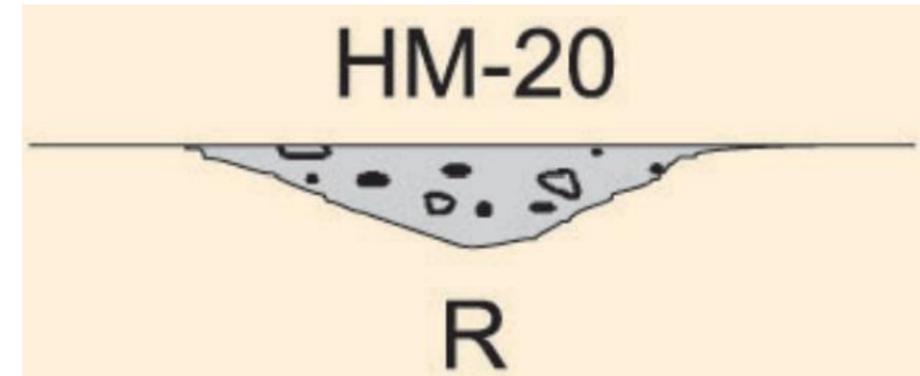


Figura 4. Explanada a utilizar para el subtramo de roca del tramo 2. Fuente: Norma 6.1-IC

4. Firmes

Una vez conocidos los tipos de explanadas a ejecutar y sus materiales, se estudiarán los posibles tipos de firmes que ofrece la Norma 6.1-IC con el objetivo de elegir el más adecuado para este caso.

Teniendo en cuenta los tipos de explanada y la clasificación del tipo de tráfico pesado para cada tramo, la Norma 6.1-IC ofrece los paquetes de firme que se recogen en la Figura 5.

ANEJO Nº7 FIRMES

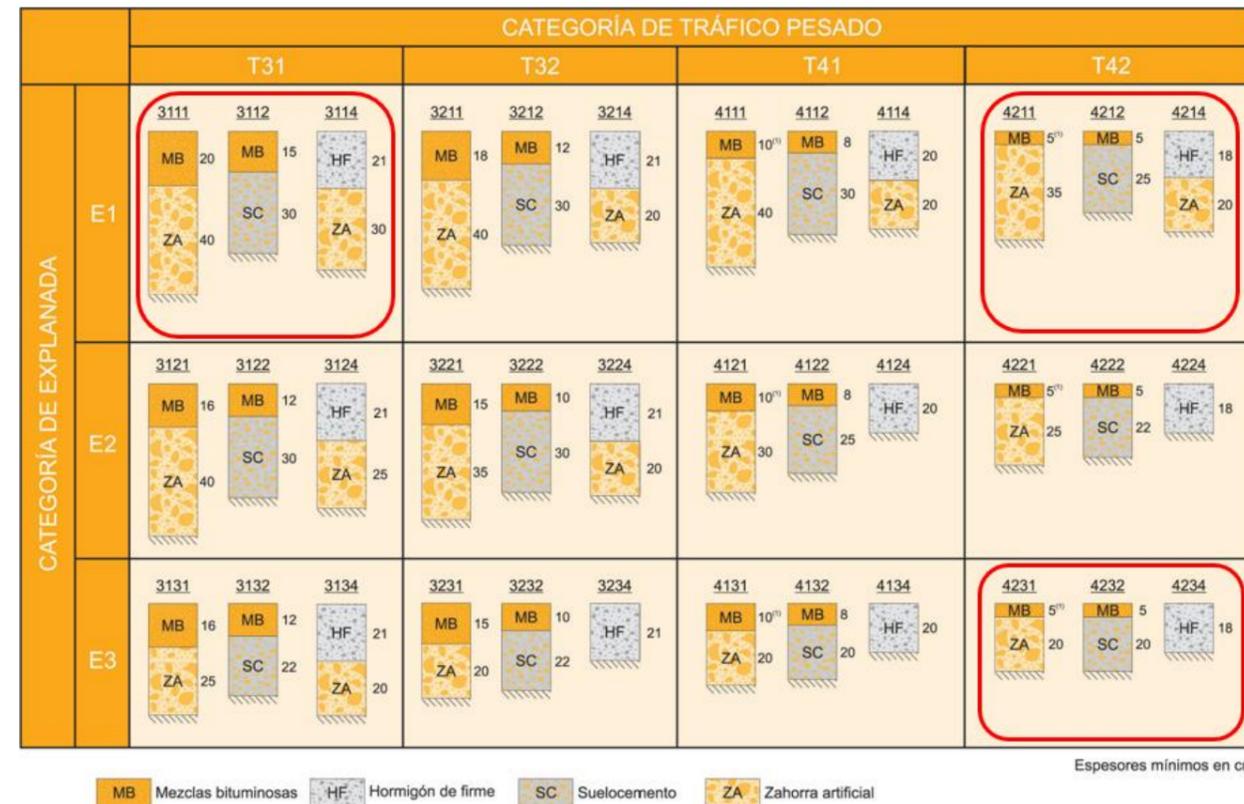


Figura 5. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico T3 (T31 y T32) y T4 (T41 y T42), en función de la categoría de explanada. Fuente: Norma 6.1-IC

En primer lugar, se descartan las opciones compuestas por firme de hormigón ya que, si bien el precio del hormigón es más económico que el de las mezclas bituminosas, este material es más rígido y frágil y supondrá la necesidad de llevar a cabo operaciones de mantenimiento con mayor frecuencia. Además, a pesar de tener mayor durabilidad, los firmes de hormigón son más incómodos para los usuarios y generan un mayor desgaste de los neumáticos.

Por tanto, para el tramo 1, existen dos opciones distintas, una sección semiflexible compuesta por zahorra artificial y mezcla bituminosa y una sección semirrígida compuesta por suelo-cemento y mezcla bituminosa. Para el tramo 2, existen dos opciones con los mismos materiales que en el tramo 1, tanto para la explanada E1 como para la E3.

4.1 Capa subbase

Para elegir la opción más adecuada se someterán a un estudio económico al igual que con las explanadas (ver Tabla 3 y Tabla 4).

UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO (€)
m ³	Zahorra i/transporte, extensión y compactación, medida sobre perfil teórico.	26,78
m ³	Suelo-cemento fabricado en central i/transporte, extendido, compactación, prefisuración y preparación de la superficie de asiento, sin incluir cemento ni riego de curado. Empleando material granular procedente de préstamo.	22,25
t	Cemento para estabilización de suelos y fabricación de suelo-cemento o grava-cemento	106,00

Tabla 3. Precio por m³ de zahorra y suelo-cemento. Fuente: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras 2022

Suponiendo que el contenido en cemento es de un 3% en masa respecto del total del material granular en seco, se procede al cálculo del coste de 1 m² de firme con su espesor correspondiente, sin tener en cuenta la mezcla bituminosa de ambas opciones (Tabla 4).

Material	Firme (Espesor en cm)	
	MB 20 / ZA 40	MB 15 / SC 30
Zahorra artificial	40	-
Suelo-cemento	-	30
Coste del firme sin MB (€)	7,42	8,58

Tabla 4. Precio de firme sin MB por m². Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido observar en la Tabla 4, la opción de suelo cemento es más costosa que la opción compuesta por zahorra. Por dicha razón, se optará, en los dos tramos, por una capa de **zahorra artificial** proveniente de préstamo con los espesores indicados según el tipo de explanada y categoría de tráfico.

4.2 Mezcla bituminosa

La mezcla bituminosa está compuesta por tres capas distintas: la base, la intermedia y la capa de rodadura. Las dos primeras actúan como apoyo para la capa de rodadura, la cual recibe directamente las cargas de los neumáticos de los vehículos. La Figura 6 presenta los tipos de mezclas bituminosas y espesores de estas para las distintas categorías de tráfico.

ANEJO N°7 FIRMES

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA ¹	TIPO SEGÚN TASA DE ASFALTO RECUPERADO ⁴	TAMAÑO NOMINAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
				T1 y superior	T2 y T31	T32 e inferior
Rodadura	AC tipos D y S	0 y 1	16		4-5	
			22		5-6	
	BBTM ² tipos A y B	0	8	2		
			11	3		
	PA ²	0	11	4		
	SMA	0	8	2-3		
11			3-5			
AUTL ²	Ninguno	5	1-1,5			
		8	1,5-2			
		11		2		
Intermedia	AC tipos D y S	Todos	22	5-10 ³		
	MAM	0 y 1	22	6-10		
	SMA	0	16	5-9		
Base	AC, tipo S	Todos	22	7-10		
			32	10-13		
	MAM	0 y 1	22	7-13	7-13	

Figura 6. Espesores de capa de mezclas bituminosas en caliente o semicaliente. Fuente: Norma 6.1-IC

Además de los espesores de cada capa, se deberán tener en cuenta tanto la zona térmica estival como la zona pluviométrica donde se localizan las obras para la elección del ligante bituminoso, así como su dosificación en masa y la del polvo mineral, y la elección del tipo de rodadura (drenante o no) (Ver Figura 7 y Figura 8)

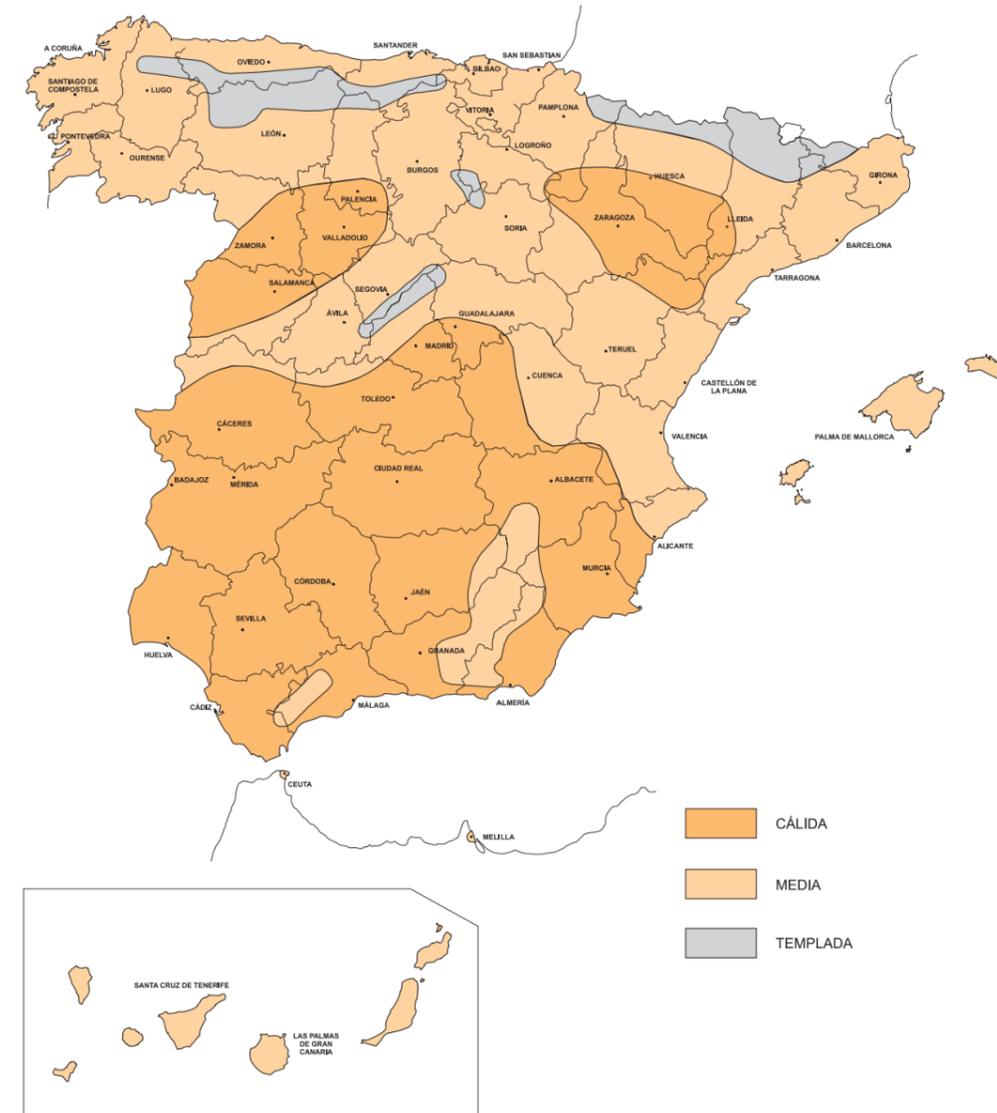


Figura 7. Zonas térmicas estivales. Fuente: Norma 6.1-IC

ANEJO Nº7 FIRMES

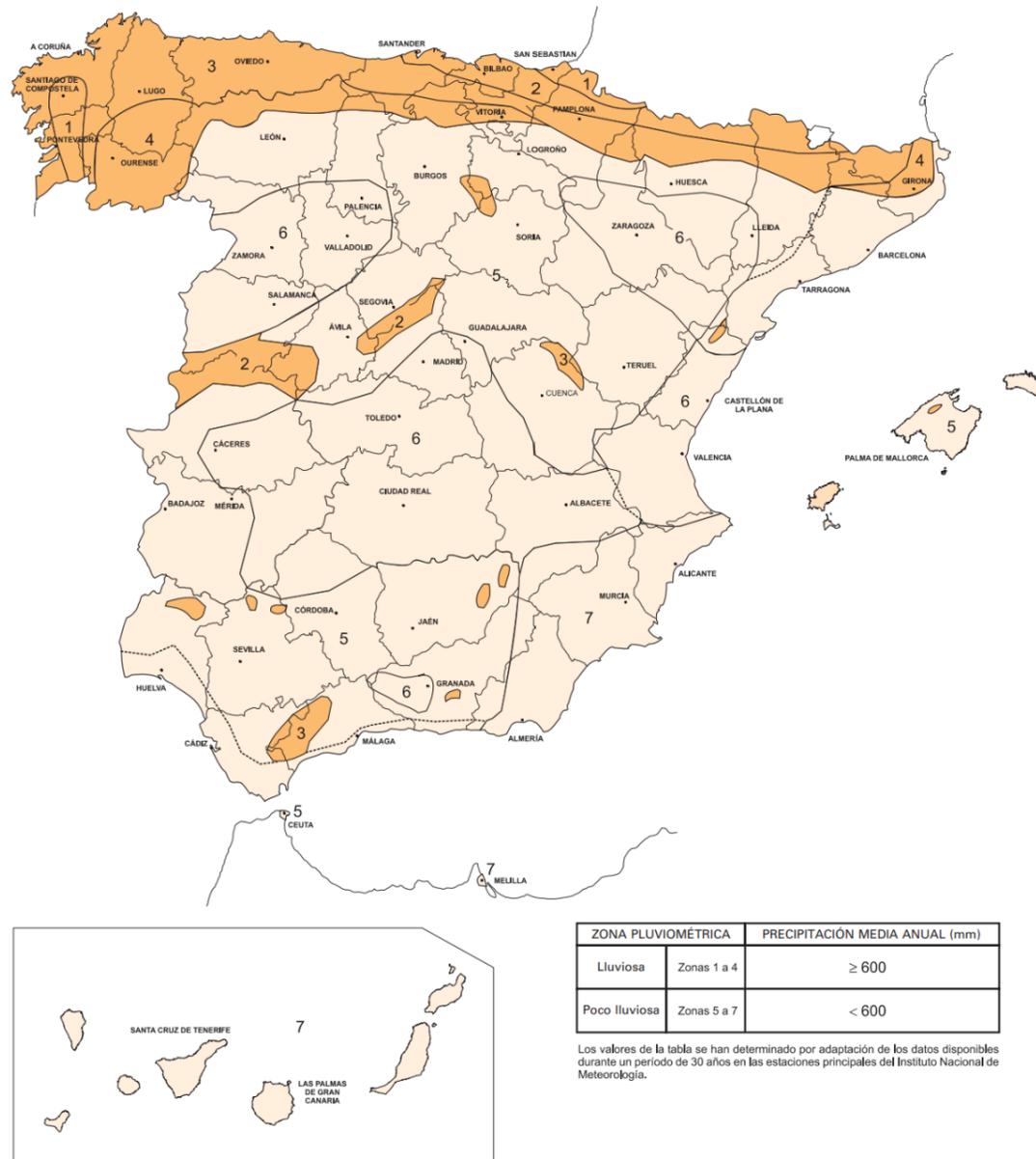


Figura 8. Zonas pluviométricas. Fuente: Norma 6.1-IC

4.2.1 Capa de rodadura

Para el dimensionamiento de esta capa, existen diferentes tipos de mezclas bituminosas. Concretamente las mezclas de hormigón bituminoso (AC), las mezclas drenantes (PA), las mezclas discontinuas (BBTM), las mezclas tipo SMA y las mezclas tipo AUTL.

Debido a que la zona en la que se emplazan las obras corresponde a una zona poco lluviosa, según la Figura 8, se opta por una mezcla de tipo AC. Concretamente una **AC16 surf D** con un espesor de 5 centímetros para todos los tramos, según la tabla 542.9 del artículo 542 del PG-3, indicada en la Figura 9.

Además, según la tabla 542.1.a del artículo 542 del PG-3 (ver Figura 10), se empleará un **betún asfáltico 50/70** como ligante hidrocarbonado.

4.2.2 Capa base e intermedia

Para la elección de la mezcla que compone estas capas se hace uso de la tabla 542.9 del artículo 542 del PG-3. Estas capas se componen de una mezcla de hormigón bituminoso (AC) la cual presenta varias opciones en función del tamaño de árido y del tipo de capa. A continuación, en la Figura 9, se muestran los diferentes tipos de mezclas AC posibles junto con sus espesores.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*)	
RODADURA	AC 16 surf D	4 - 5
	AC 16 surf S	
	AC 22 surf D AC 22 surf S	> 5
INTERMEDIA	AC 22 bin D AC 22 bin S AC 32 bin S AC 22 bin S MAM (**)	5-10
BASE	AC 32 base S AC 22 base G AC 32 base G AC 22 base S MAM (***)	7-15
ARCENES(****)	AC 16 surf D	4-6

Figura 9. Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de la capa. Fuente: Artículo 542 del PG-3

Para entender la nomenclatura utilizada en la figura anterior, se define cada término a continuación.

AC – D – Surf/Bin/Base – Ligante – Granulometría

- AC: Asphalt concrete (hormigón bituminoso).
- D: Tamaño máximo de árido.
- Surf/Bin/Base: Abreviatura relativa a la capa de empleo.
- Ligante: Tipo de ligante hidrocarbonado utilizado.
- Granulometría: mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G). En el caso de mezclas de alto módulo se añadirán además las letras MAM.



ANEJO N°7 FIRMES

Por tanto, se utilizará en el tramo 1, para la capa base, una mezcla **AC32 base G** con un espesor de 9 cm, y para la capa intermedia, una mezcla **AC22 bin S** con un espesor de 6 cm. Con esta elección se consigue una capa inferior con mayor espesor y granulometría sobre la que apoya la capa intermedia con un menor espesor y granulometría.

Una vez elegida la mezcla bituminosa, al igual que para la capa de rodadura, se define el tipo de ligante hidrocarbonado a emplear. Para ello, se hace uso de las tablas 542.1.a y 542.1.b del artículo 542 del PG-3 (ver Figura 10 y Figura 11).

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2 y T31	T32 y ARCENES	T4
CÁLIDA	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65	35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70		
MEDIA	35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60	50/70 70/100 BC50/70		50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA	50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65	50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60				

Figura 10. Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en capa de rodadura y siguiente. Fuente: Artículo 542 del PG-3

ZONA TÉRMICA ESTIVAL	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO			
	T00	T0	T1	T2 y T3
CÁLIDA		35/50 BC35/50 PMB 25/55-65	35/50 50/70 BC35/50 BC50/70	50/70 BC50/70
MEDIA				50/70 70/100 BC50/70
TEMPLADA		50/70 70/100 BC50/70		70/100

Figura 11. Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en capa de base, bajo otras dos. Fuente: Artículo 542 del PG-3

Según la Figura 10 y la Figura 11, las cuales dependen de la zona térmica estival y de la categoría de tráfico, se dispondrá de un **betún asfáltico 50/70** ya que es posible utilizarlo tanto para la capa base como para la capa intermedia logrando una homogeneidad en la totalidad de la mezcla bituminosa del firme.

5. Arcén

Para el tramo 1 cuyo tráfico es T31 y calzada con pavimento de mezcla bituminosa en caliente, el pavimento del arcén constará de una capa de mezcla bituminosa del mismo tipo y espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada. Debajo de esta capa se dispondrá zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

Para el tramo 2 cuyo tráfico es T42, el arcén constará con un pavimento constituido por un riego de gravilla. El resto del arcén estará constituido por zahorra artificial hasta alcanzar la explanada.

6. Riegos

Entre las diferentes capas que componen el firme, se dispondrán diferentes riegos, definidos a continuación.

ANEJO N°7 FIRMES

- Riego de adherencia: Se trata de la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre esta de una capa bituminosa. Según el artículo 214 del PG-3 se pueden utilizar emulsiones bituminosas “C60B3 ADH” y “C60B3 TER”.
- Riego de imprimación: Se trata de la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa granular, previa a la colocación sobre esta de una capa bituminosa. Según el artículo 214 del PG-3 se pueden utilizar emulsiones bituminosas “C60BF4 IMP” y “C50BF4 IMP”.

Por tanto, para este caso se empleará riego de imprimación C60BF4 IMP entre zahorra artificial y mezcla bituminosa, y riego de adherencia C60B3 ADH entre capa base, intermedia y de rodadura.

7. Conclusión

Tras proyectar la explanada y el firme de ambos tramos para la propuesta de mejora, la Figura 12, la Figura 13 y la Figura 14 muestran las diferentes soluciones que se llevarán a cabo.

Como se observa en la Figura 12, el tramo 1 no cuenta con bermas ya que se trata de un tramo urbano, en cuyos márgenes se construirán aceras y un carril bici.

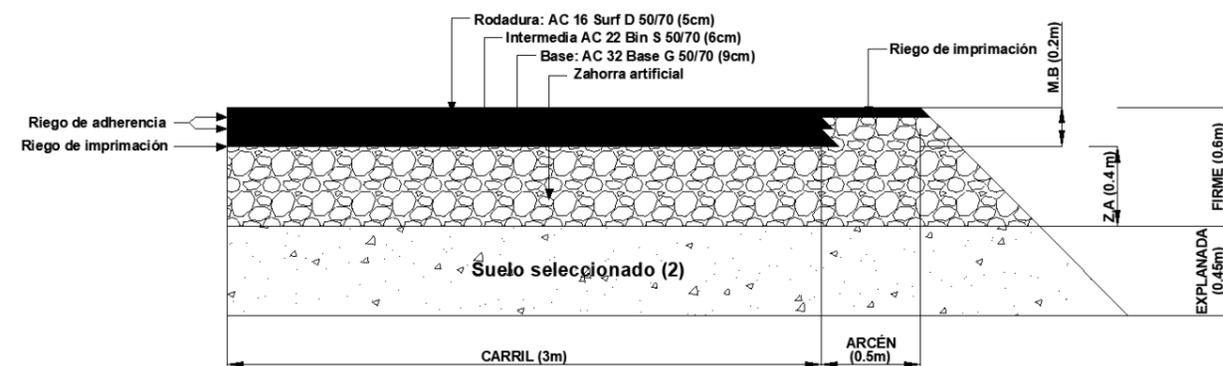


Figura 12. Sección transversal del firme del tramo 1. Fuente: Elaboración propia

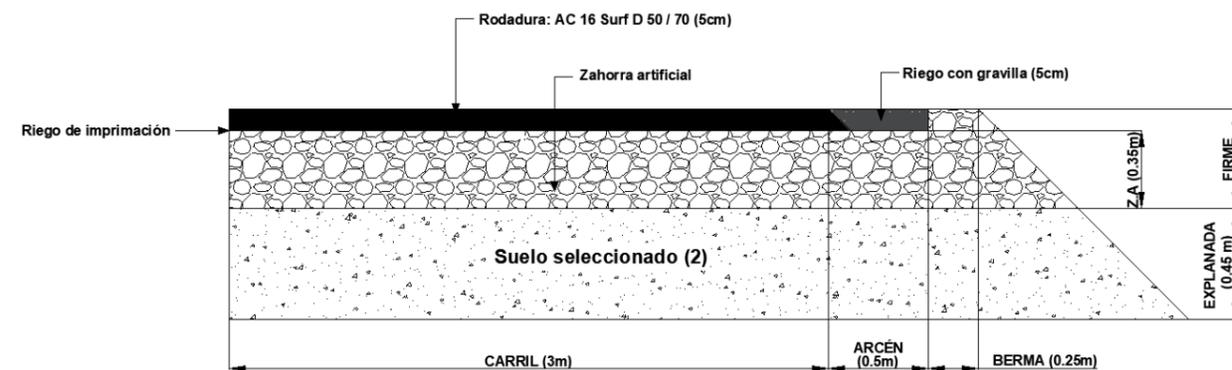


Figura 13. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de gravas, arenas y arcillas). Fuente: Elaboración propia

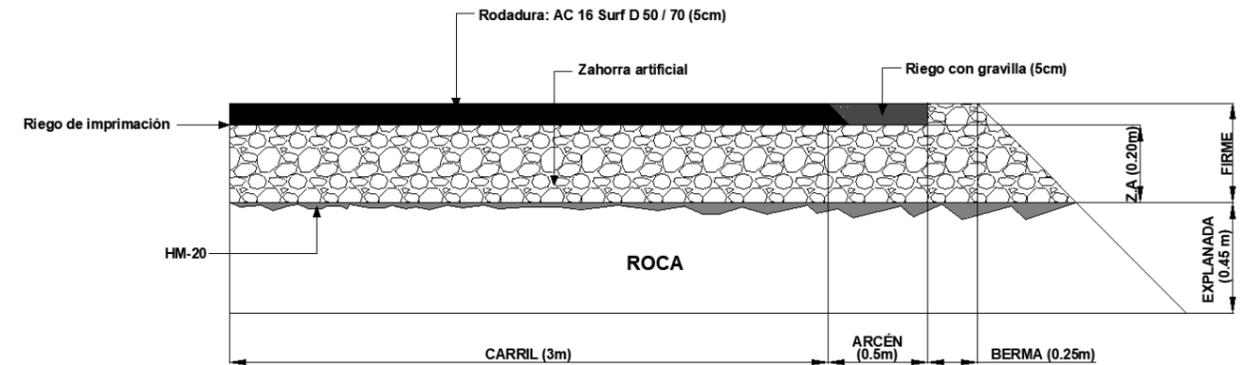


Figura 14. Sección transversal del firme del tramo 2 (subtramo de roca). Fuente: Elaboración propia

8. Bibliografía

ORDEN FOM/3460/2003, DE 28 DE NOVIEMBRE, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 6.1-IC SECCIONES DE FIRME, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (BOE DE 12 DE DICIEMBRE DE 2003). Consultado en junio de 2023.

ORDEN FOM/2523/2014, DE 12 DE DICIEMBRE, POR LA QUE SE ACTUALIZAN DETERMINADOS ARTÍCULOS DEL PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES PARA OBRAS DE CARRETERAS Y PUENTES, RELATIVOS A MATERIALES BÁSICOS, A FIRMES Y PAVIMENTOS, Y A SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS. Consultado en junio de 2023.

Base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras de 2022. Consultado en junio de 2023.

ANEJO N°8

DISEÑO GEOMÉTRICO

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. TRAMO 1.....	4
2.1 CARRIL BICI.....	4
2.1.1 <i>Diseño geométrico del carril bici</i>	7
2.2 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CALZADA DEL TRAMO 1	7
2.3 SECCIÓN TRANSVERSAL COMPLETA DEL TRAMO 1	8
3. TRAMO 2.....	8
3.1 MEJORAS EN EL TRAZADO	8
3.2 ESTADO DE ALINEACIONES	12
3.3 ESTADO DE RASANTES	13
3.4 COORDINACIÓN PLANTA-ALZADO.	13
3.5 VISIBILIDAD	14
3.6 SECCIÓN TRANSVERSAL DEL TRAMO 2.....	15
4. BOMBEO Y PERALTE	16
5. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	16
6. MOVIMIENTO DE ACCESOS.....	16
7. BIBLIOGRAFÍA.....	17

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

1. Introducción

En el presente anejo se definirá la geometría de la nueva propuesta de mejora, mostrándose en detalle las principales modificaciones y mejoras con respecto a la situación actual de ambos tramos (ver Anejo Nº2 Situación actual).

2. Tramo 1

En cuanto al tramo 1 (ver descripción del tramo en el Anejo Nº1 Localización y antecedentes), este no ha sufrido ninguna modificación con respecto a su trazado ya que cumple con la normativa actual. Si bien, ha sufrido modificaciones en su sección transversal, la construcción del carril bici y la rehabilitación del firme (ver Anejo Nº7 Firmes).

2.1 Carril bici

Con la construcción del carril bici se pretende mejorar la seguridad vial y la convivencia entre ciclistas, peatones y usuarios con vehículos a motor en este tramo, ya que actualmente los ciclistas utilizan la calzada o incluso la propia acera para circular por este tramo (ver Figura 1 y Figura 2).



Figura 1. Ejemplos de ciclistas sobre la calzada (a) en sentido decreciente y (b) sentido creciente. Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Ejemplos de ciclistas sobre la acera en (a) sentido creciente y (b) sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que además de la mejora de la seguridad vial de los usuarios vulnerables, este carril bici supondrá la interconexión de cuatro carriles bici que actualmente finalizan en diferentes accesos de este tramo.

En primer lugar, el carril bici que transcurre por Avenida alcalde José Antonio Gallego López, Ronda Sur y Alameda de Cervantes coincidente con el acceso a la carretera RM-621 en el PK 0+000 (ver Figura 3).

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO



Figura 3. Carril bici en el acceso del PK 0+000. Fuente: Elaboración propia con IDERM

En segundo lugar, el carril bici recientemente construido en el camino Parador de los Seguras coincidente con el acceso a la carretera RM-621 en el PK 0+640 (ver Figura 4).



Figura 4. Carril bici en el acceso del PK 0+640. Fuente: Elaboración propia con IDERM

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

En tercer lugar, el carril bici que transcurre por el camino Casa del médico coincidente con el acceso a la carretera RM-621 en el PK 1+150 (ver Figura 5).



Figura 5. Carril bici en el acceso del PK 1+150. Fuente: Elaboración propia con IDERM

En cuarto lugar, el carril bici que transcurre desde el PK 2+200 hasta el PK 10+900 de la carretera RM-621 (Figura 6).

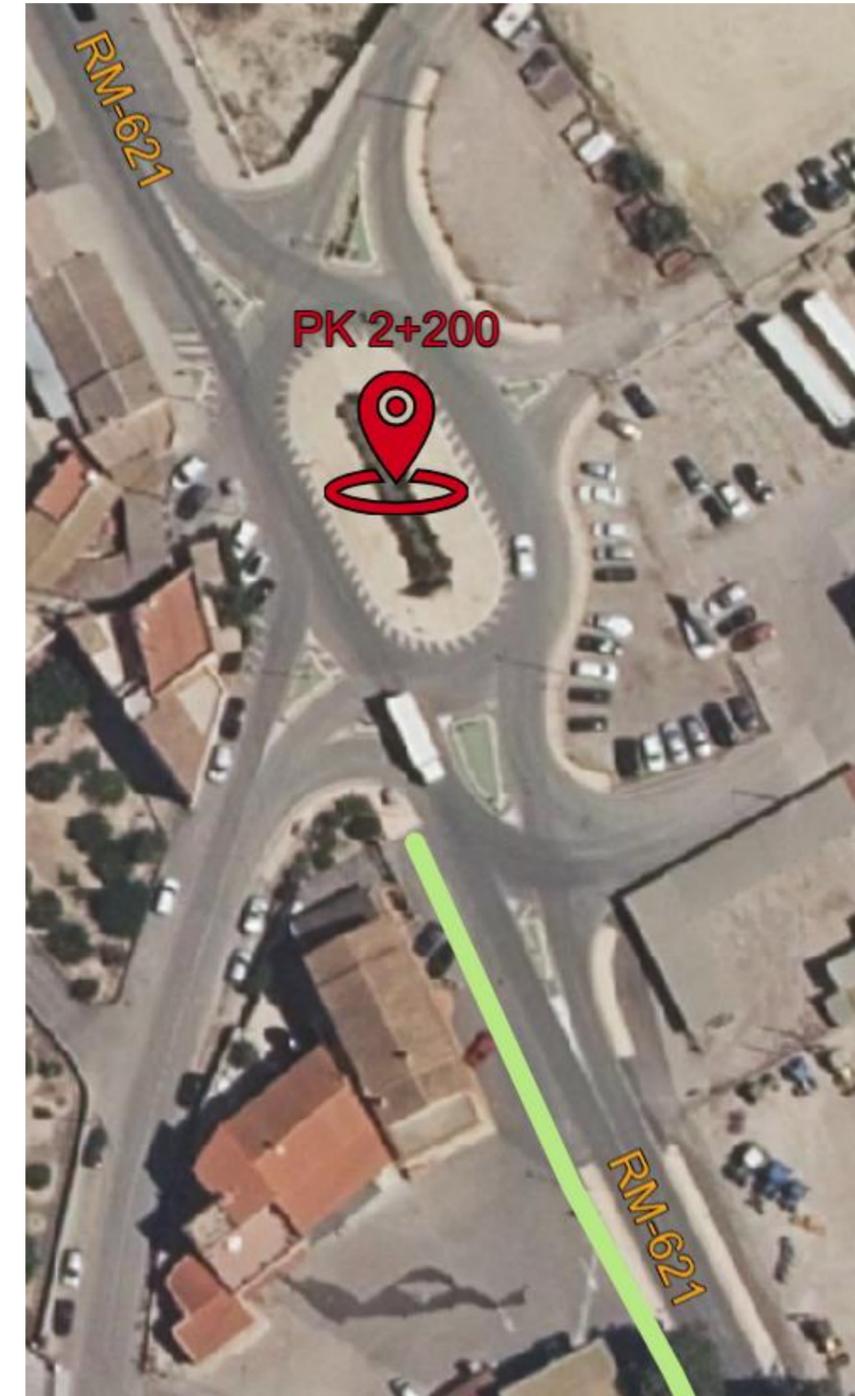


Figura 6. Carril bici en tramo desde el PK 2+200 hasta el PK 10+900. Fuente: Elaboración propia con IDERM

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1.1 Diseño geométrico del carril bici

La propuesta de carril bici consiste en una vía ciclista bidireccional contigua al trazado de la carretera RM-621 con una sección transversal de 2 metros de ancho. Desde el PK 0+000 hasta la intersección situada en el PK 1+150, el carril bici se sitúa en la margen derecha de la carretera y desde el PK 1+150 hasta el final del tramo (PK 2+200), en la margen izquierda, contiguo a la calzada y separado de esta por separadores de caucho modelo tigre (Figura 7).



Figura 7. Separador modelo tigre. Fuente: Separadorcarrilbici.com

Entre el carril bici y el límite con las propiedades privadas, así como en la margen contraria de la carretera se construirán y/o remplazarán las aceras para la circulación de peatones. Además, en los diferentes accesos a caminos, veredas y propiedades privadas se colocarán pasos de peatones y líneas discontinuas en los márgenes del carril bici para el acceso de los vehículos.

Como se menciona en el Anejo Nº4 Hidrología y Drenaje, se dispondrán bordillos rigolas en las aceras para la canalización del agua procedente del bombeo de la calzada hacia los sumideros actuales.

2.1.1.1 Puntos singulares del carril bici

- Punto 1: Glorieta situada en el PK 0+100.

En la presente intersección, el margen derecho entre el límite de la calzada y el límite con las propiedades privadas se reduce hasta los 2 metros, por lo que dicha sección será exclusivamente para el paso de ciclistas obligando a los peatones a cruzar a la acera contraria previamente a la intersección para posteriormente volver al margen derecho o continuar por el izquierdo según su ruta. (ver Figura 8).



Figura 8. Punto 1 coincidente con la glorieta situada en el PK 0+100. Fuente: Elaboración propia

- Punto 2: Intersección en el PK 1+150.

Previamente a dicha intersección, el carril bici cruzará desde la margen derecha a la margen izquierda contiguo al paso de peatones existente para su posible enlace con el carril bici del camino Casa del médico o para continuar por el margen izquierdo y conectar con el carril bici existente en el PK 2+200. (ver Figura 9).



Figura 9. Punto 2 coincidente con la intersección situada en el PK 1+150. Fuente: Elaboración propia

2.2 Sección transversal de la calzada del tramo 1

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

Para el diseño de la sección transversal de la calzada del tramo 1, se ha hecho uso de la tabla 7.1 “Dimensiones de la sección transversal” de la Norma 3.1-IC. Esta tabla establece que para carreteras convencionales C-50, la sección transversal debe estar compuesta por carriles de entre 3 y 3.5 metros, arcenes de entre 0.5 y 1 metro y bermas de como mínimo 0.5 metros. Al tratarse de un tramo urbano, este no contará con bermas.

A partir de esta información se ha proyectado una sección transversal con dos carriles de 3 metros de ancho y arcenes de 0,5 metros.

En la Tabla 1 , se resume esta información.

Elemento	Dimensiones (m)
Carril	3
Arcén	0,5

Tabla 1. Elementos y dimensiones de la calzada del tramo 1. Fuente: Elaboración propia

2.3 Sección transversal completa del tramo 1

Ver Figura 10 y Figura 11.

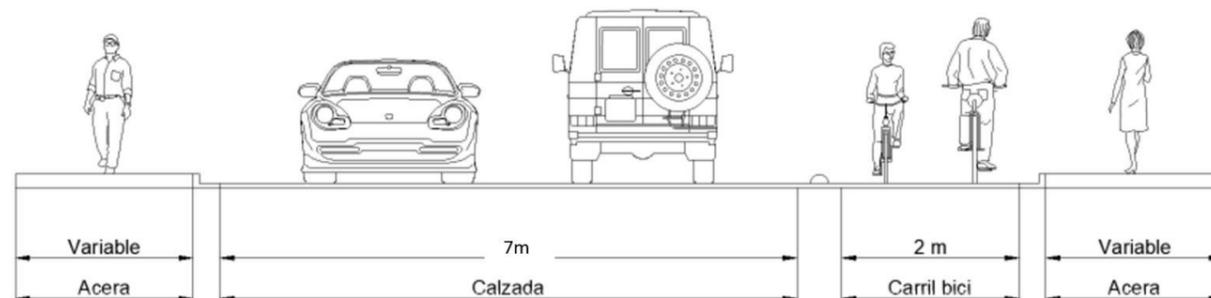


Figura 10. Sección tipo 1. Fuente: Elaboración propia

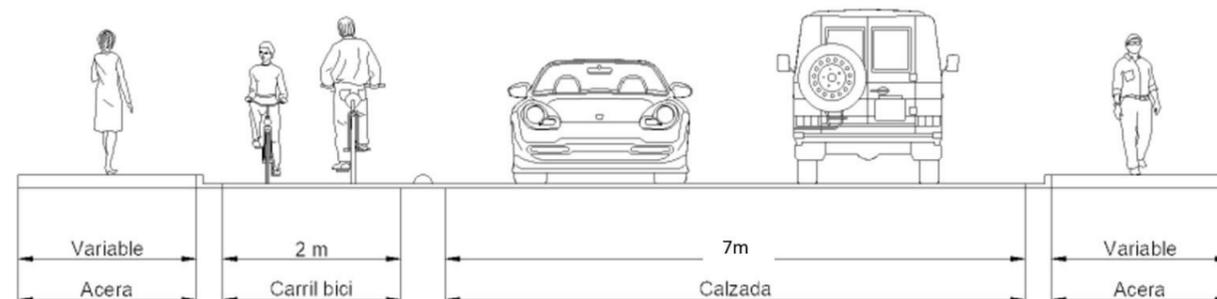


Figura 11. Sección tipo 2. Fuente: Elaboración propia

3. Tramo 2

En cuanto al tramo 2 (ver Anejo Nº1 Localización y antecedentes), este ha sufrido una serie de mejoras en su trazado con respecto a su situación actual, las cuales se indican a continuación.

3.1 Mejoras en el trazado

En el tramo 2 se han llevado a cabo una serie de mejoras con el fin de mejorar la seguridad vial y el cumplimiento de la Norma 3.1-IC ya que actualmente es nulo.

Se ha modificado el 57% del tramo, ajustándolo siempre de forma que se minimicen al máximo los movimientos de tierras, los costes y el impacto ambiental.

- Cambio 1 (PK 0+550 – PK 0+908):

El primer cambio supone la modificación de varios de sus elementos de trazado. En primer lugar, se modifica la curva 1, en donde actualmente existe una curva circular de radio 65 m. Esta ha sido modificada, reduciendo su radio a 60 metros y añadiéndole clotoides simétricas de entrada y salida cuyo parámetro es de 50 metros (Figura 12). En segundo lugar, debido a las modificaciones en la anterior curva y la curva 2, se reduce la longitud de la recta intermedia de 199 a 139 metros (Figura 13). En tercer lugar, se modifica la curva 2 aumentando su radio de los 50 metros actuales a 60 metros, además de dotarla de clotoides simétricas de entrada y salida cuyo parámetro es de 50 metros (Figura 14).

Con esta serie de modificaciones se mejora la seguridad de este subtramo y se cumple con la Norma 3.1-IC a excepción del radio de la curva 1 que debido a la longitud de la recta previa debería de ser de 300 metros. Sin embargo, debido a que el presente estudio se corresponde únicamente a un acondicionamiento no se puede mejorar esta curva para el cumplimiento de la normativa ya que supondría la modificación absoluta del trazado con un enorme incremento del coste. Por ello, se deben implementar otras medidas como la colocación de señales de tráfico o carteles de precaución.

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO



Figura 12. Acondicionamiento curva 1 entre PK 0+550 Y PK 0+649. Fuente: Elaboración propia

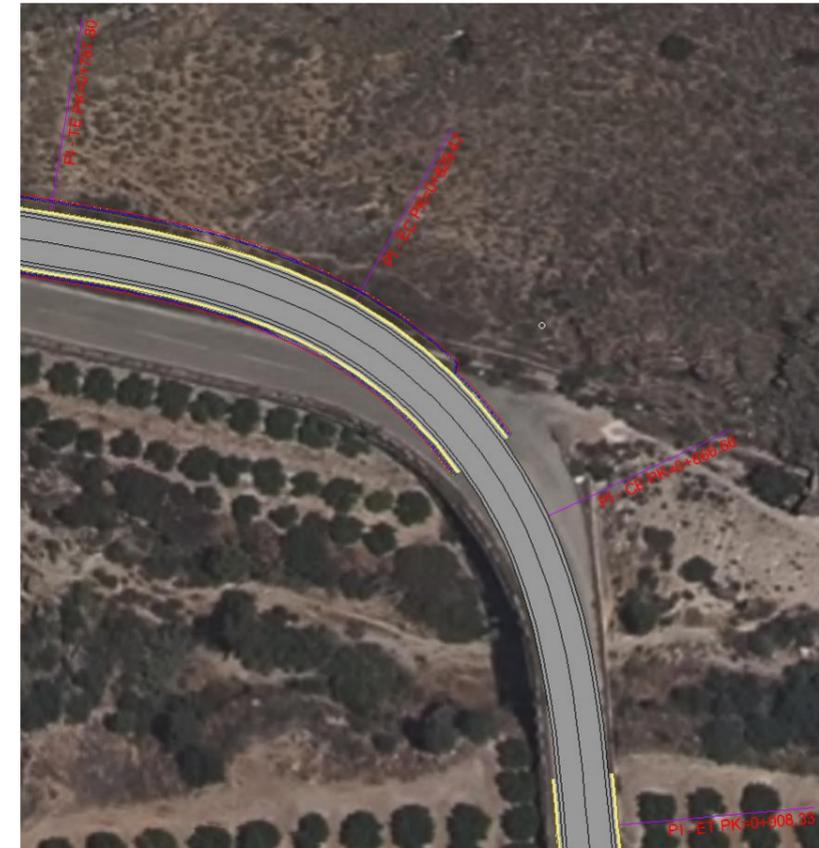


Figura 14. Acondicionamiento curva 2 entre PK 0+788 y PK 0+908. Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Acondicionamiento entre PK 0+649 y PK 0+788. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 2 (PK 1+132 – PK 1+807):

El segundo cambio, al igual que el primero, también supone la modificación de varios elementos del trazado. En primer lugar, se modifica la actual curva 3, constituida por una curva circular de radio 110 metros y una clotoide de salida de parámetro 125 metros, por otra alineación compuesta por una curva circular de radio 100 metros y clotoides simétricas de entrada y salida con parámetros de 70 metros (Figura 15). Esta modificación no supone un gran cambio en cuanto a trazado, pero si el cumplimiento del criterio que indica que las curvas deben de estar compuestas por clotoide-circulo-clotoide establecido en la Norma 3.1- IC. En segundo lugar, se dispone de una recta de 85 metros (Figura 16). Tras esta recta, se sustituyen 3 curvas circulares con rectas intermedias que no cumplían normativa, por una curva circular de radio 60 metros y clotoides de 50 metros de parámetro (Figura 17). Posterior a esta curva, se dispone una serie de tres curvas consecutivas de radio 50 y clotoides de parámetro 45 metros (Figura 18). Y, Finalmente, se establece una recta de 40 metros previa al enlace existente con la carretera RM-11(Figura 19).

Este segundo cambio, supone el cumplimiento de la Norma 3.1-IC en la totalidad de este subtramo excepto en la primera de las curvas que no cumple por coordinación de radios y en la recta final que no

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

cumple la longitud mínima. Sin embargo, se establece este diseño ya que también se pretende modificar los menos posible el trazado actual, minimizando costes e impacto ambiental.



Figura 15. Acondicionamiento curva 3 entre PK 1+132 y PK 1+254. Fuente: Elaboración propia



Figura 16. Acondicionamiento entre PK 1+254 y PK 1+339. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

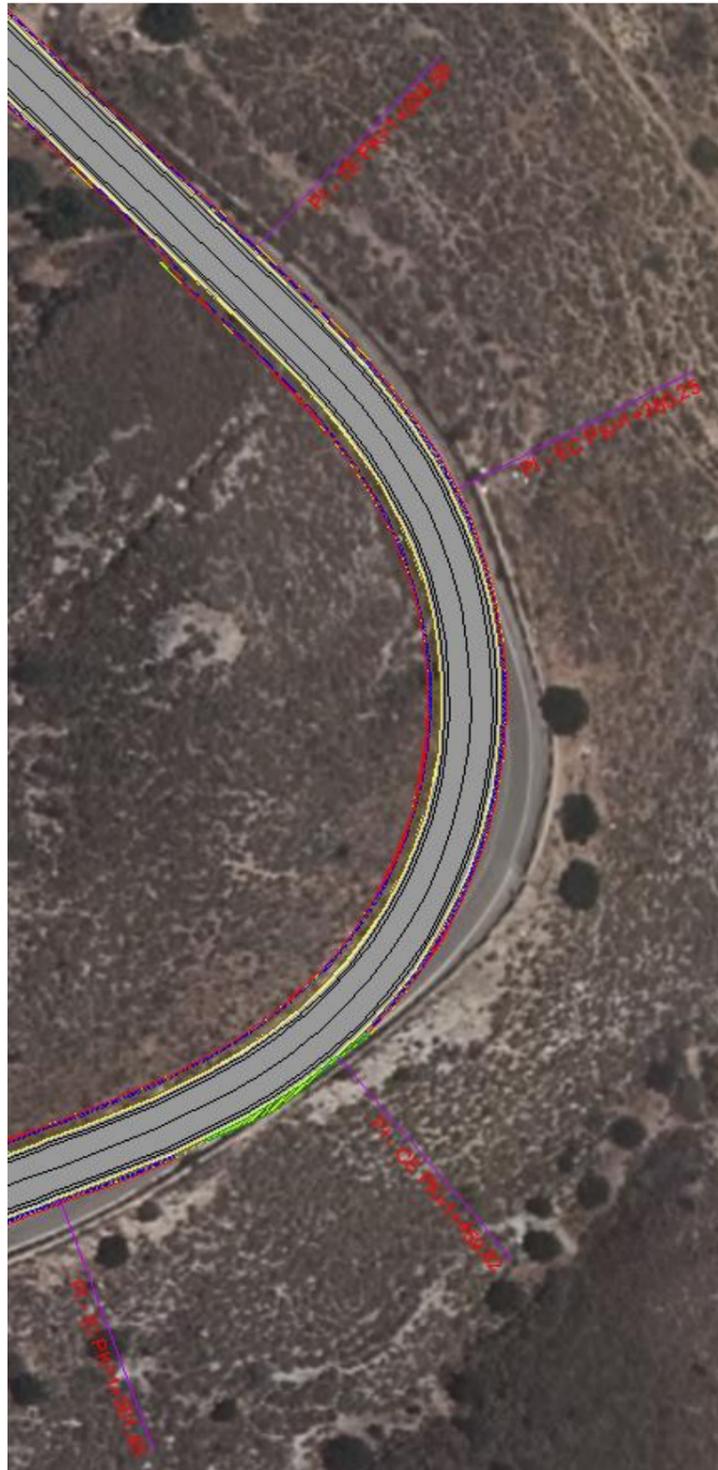


Figura 17. Acondicionamiento entre PK 1+1+339 y PK 1+501. Fuente: Elaboración propia



Figura 18. Acondicionamiento entre PK 1+501 y PK 1+767. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO



Figura 19. Acondicionamiento entre PK 1+767 Y PK 1+807. Fuente: Elaboración propia

3.2 Estado de alineaciones

Como se puede observar en el estado de alineaciones de la propuesta de mejora, se ha mejorado el cumplimiento de la normativa en casi la totalidad del trazado (ver Tabla 2).

En comparación con la carretera actual, esta propuesta dota a todas las curvas de clotoides, mejora sus radios y la coordinación entre ellos.

Tipo de elemento	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	A (m)	Comprobación de normativa				
						A	L	Rmín	R consecutivos	CL-CIR-CL
Recta	0+000.00	0+550.27	550.266				CUMPLE			
Clotoide	0+550.27	0+591.93	41.667		50	CUMPLE				
Curva circular	0+591.93	0+607.34	15.411	-60				CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	0+607.34	0+649.01	41.667		50	CUMPLE				
Recta	0+649.01	0+787.80	138.794				CUMPLE			
Clotoide	0+787.80	0+829.47	41.667		50	CUMPLE				
Curva circular	0+829.47	0+866.66	37.191	60				CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	0+866.66	0+908.33	41.667		50	CUMPLE				
Recta	0+908.33	1+132.94	224.609				CUMPLE			
Clotoide	1+132.94	1+181.94	49.000		70	CUMPLE				
Curva circular	1+181.94	1+204.73	22.787	-100				CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	1+204.73	1+253.73	49.000		70	CUMPLE				
Recta	1+253.73	1+338.58	84.857				CUMPLE			
Clotoide	1+338.58	1+380.25	41.667		50	CUMPLE				
Curva circular	1+380.25	1+459.82	79.575	60				CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	1+459.82	1+501.49	41.667		50	CUMPLE				
Clotoide	1+501.49	1+541.99	40.500		45	CUMPLE				
Curva circular	1+541.99	1+547.13	5.141	-50				CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	1+547.13	1+587.63	40.500		45	CUMPLE				
Clotoide	1+587.63	1+628.13	40.500		45	CUMPLE				
Curva circular	1+628.13	1+643.13	15.000	50				CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	1+643.13	1+683.63	40.500		45	CUMPLE				
Clotoide	1+683.63	1+724.13	40.500		45	CUMPLE				
Curva circular	1+724.13	1+726.13	2.000	-50				CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Clotoide	1+726.13	1+766.63	40.500		45	CUMPLE				
Recta	1+766.63	1+806.63	40.000				NO CUMPLE			

Tabla 2. Estado de alineaciones y análisis del cumplimiento de la normativa de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

Por otro lado, existen zonas en las que no ha sido posible cumplir la normativa, sin embargo, en la medida que las limitaciones físicas lo han permitido se han llevado a cabo una serie de mejoras:

- Zona 1 sin cumplimiento de normativa:

Esta zona se corresponde con la primera curva del trazado en sentido creciente. Al contar con una recta previa cuya longitud es superior a los 400 metros, según la normativa esta curva debería tener un radio de 300 metros. Sin embargo, debido a la existencia de viviendas en sus márgenes y al emplazamiento del terreno, supondría la modificación completa del trazado.

- Zona 2 sin cumplimiento de normativa:

Esta zona corresponde a la tercera curva del trazado en sentido creciente. Según la normativa, esta curva para cumplir la coordinación de radios debería tener un radio máximo de 81 metros. Sin embargo, debido a la existencia de la zona de protección arqueológica situada en su margen izquierda en sentido creciente de PKs y a la gran modificación que sufriría el trazado, se opta por una curva de radio 100 metros y clotoides simétricas de entrada y salida con parámetro 70.

- Zona 3 sin cumplimiento de normativa:

Esta zona corresponde con la recta final entre la última curva del trazado en sentido creciente y el enlace con la carretera RM-11. Esta recta no cumple la longitud mínima de rectas entre curvas. Para que pudiera cumplir deberían de realizarse grandes movimientos de tierras para cambiar el trazado de las curvas anteriores y modificar también el enlace con la carretera RM-11 lo cual queda fuera del alcance de este estudio.

3.3 Estado de rasantes

En cuanto al estado de rasantes (ver Tabla 3), a pesar de que la carretera actual cumple la normativa en casi la totalidad del trazado, se han modificado algunas zonas consiguiendo el total cumplimiento de la Norma 3.1-IC. Se han suavizado levemente las pendientes de todas las rasantes y se ha eliminado y añadido diferentes acuerdos. Cabe destacar dos de las modificaciones llevadas a cabo. Se ha modificado la rasante situada entre el PK 0+638 y el PK 0+788 la cual cuenta con una pendiente del 0,06% en la carretera actual y se ha aumentado al 0,5% (mínima exigida por la normativa) para garantizar el adecuado drenaje del agua que transcurra por la carretera en los días lluviosos. Por otro lado, en el segundo acuerdo, además de incrementar su Kv, se ha aumentado su longitud para cumplir con el criterio de estética que exige la normativa.

Tipo	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Kv	Comprobación de la normativa		
						Estética	Kv	Pendiente
Rasante	0+000.00	0+170.10	170.100	2.49				CUMPLE
Acuerdo vertical	0+170.10	0+312.43	142.328		11000	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+312.43	0+556.79	244.364	3.78				CUMPLE
Acuerdo vertical	0+556.79	0+641.80	85.010		2590	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+641.80	0+788.52	146.717	0.50				CUMPLE
Acuerdo vertical	0+788.52	0+905.07	116.555		2030	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	0+905.07	1+531.83	626.756	6.24				CUMPLE
Acuerdo vertical	1+531.83	1+744.12	212.291		10000	CUMPLE	CUMPLE	
Rasante	1+744.12	1+806.63	62.512	4.12				CUMPLE

Tabla 3. Estado de rasantes y análisis del cumplimiento de la normativa de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia

3.4 Coordinación planta-alzado.

El cumplimiento del diseño en planta y en alzado por separados no es suficiente para lograr un trazado satisfactorio si no que se debe encontrar un equilibrio y coordinación entre ambos para lograr un trazado seguro. En ese sentido, la Norma 3.1-IC establece que:

- En carreteras con velocidad de proyecto (Vp) menor o igual que sesenta kilómetros por hora (≤ 60 km/h) y en carreteras de características reducidas, se cumplirá cuando sea posible la condición $Kv=(100 \cdot R)/p$. Si no fuese así, el cociente Kv/R será mayor o igual que seis (≥ 6), siendo Kv el parámetro de la curva de acuerdo vertical (m), R el radio de la curva circular en planta en metros (m), y p el peralte correspondiente a la curva circular en tanto por ciento (%).

Como se puede observar en la Tabla 4, no se cumple el primer criterio distando bastante del Kv recomendado por la normativa. En cambio, el segundo criterio se cumple en todos los acuerdos verticales que coinciden con curvas en el trazado en planta, por lo que la coordinación entre planta y alzado se puede decir que es aceptable.

Estado de alineaciones			Estado de rasantes		Normativa		Cumplimiento	
PK Centro de curva	Radio	Peralte	PK Centro de acuerdo	Kv	$(100 \cdot R)/p=Kv$	$Kv/R \geq 6$	$(100 \cdot R)/p=Kv$	$Kv/R \geq 6$
599.636	60	7	599.296	2590	857.1428571	43.1667	NO CUMPLE	CUMPLE
848.066	60	7	846.796	2030	857.1428571	33.8333	NO CUMPLE	CUMPLE
1635.630	50	7	1637.975	10000	714.2857143	200	NO CUMPLE	CUMPLE

Tabla 4. Análisis coordinación planta-alzado. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

3.5 Visibilidad

A parte de las características geométricas del trazado, se debe analizar la visibilidad de la carretera ya que se trata de un factor de gran importancia en la seguridad y confort de los usuarios puesto que, a mayor visibilidad, el conductor contará con mayor tiempo para la realización de cualquier maniobra. Es por ello por lo que la Norma 3.1-IC establece que se debe cumplir una visibilidad superior a la distancia de parada, es decir la distancia total recorrida por un vehículo a detenerse tan rápidamente como sea posible.

La distancia de parada se obtiene con la siguiente expresión:

$$Dp = \frac{V \cdot tp}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f + i)}$$

Siendo:

V= Velocidad de proyecto más 20 km/h.

Tp= Tiempo de percepción y reacción (s)=2s.

f= Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento (0.39 para v=60 y 0.432 para v=40).

i= Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

Para el análisis de la visibilidad, la Norma 3.1-IC indica que se debe utilizar la velocidad de proyecto (40 km/h). Sin embargo, para estar del lado de la seguridad ya que se prevé que los vehículos circulen a una velocidad mayor, se incrementa en 20 km/h (60 km/h).

Como se puede observar en el Gráfico 1 y Gráfico 2, a pesar de las modificaciones, aún siguen existiendo zonas en las que la visibilidad es insuficiente para la velocidad de 60 km/h.

Sin embargo, como si cumple en la totalidad del tramo para la velocidad de proyecto (ver Gráfico 3 y Gráfico 4), se dará como válida esta solución colocando, como medida adicional, señales de tráfico que adviertan de la insuficiente visibilidad que existe en estas zonas para además provocar los menores movimientos de tierras y por consiguiente el menor impacto ambiental posible.

Este análisis se ha realizado mediante el software Autodesk Civil 3D. Esta herramienta informática analiza las visibilidades del trazado tomando como referencia puntos cada 5 metros. Adicionalmente, proporciona un informe del cual se ha obtenido la información para elaborar los gráficos mencionados.

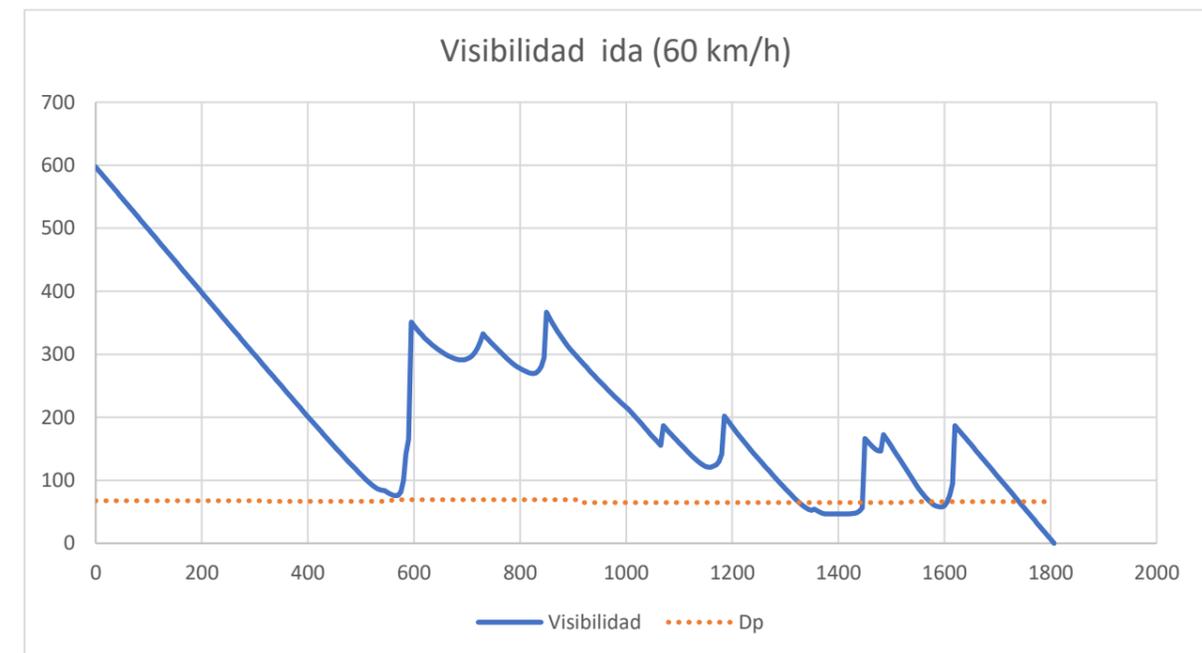


Gráfico 1. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia

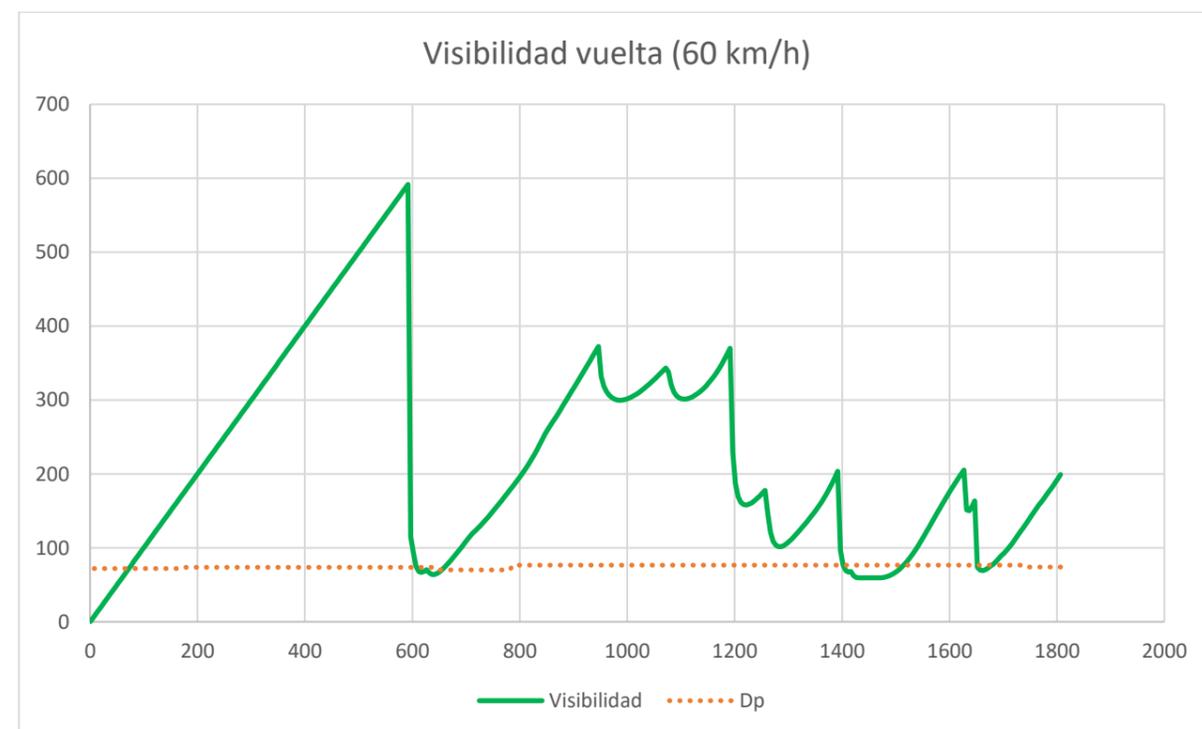


Gráfico 2. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (60 km/h). Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

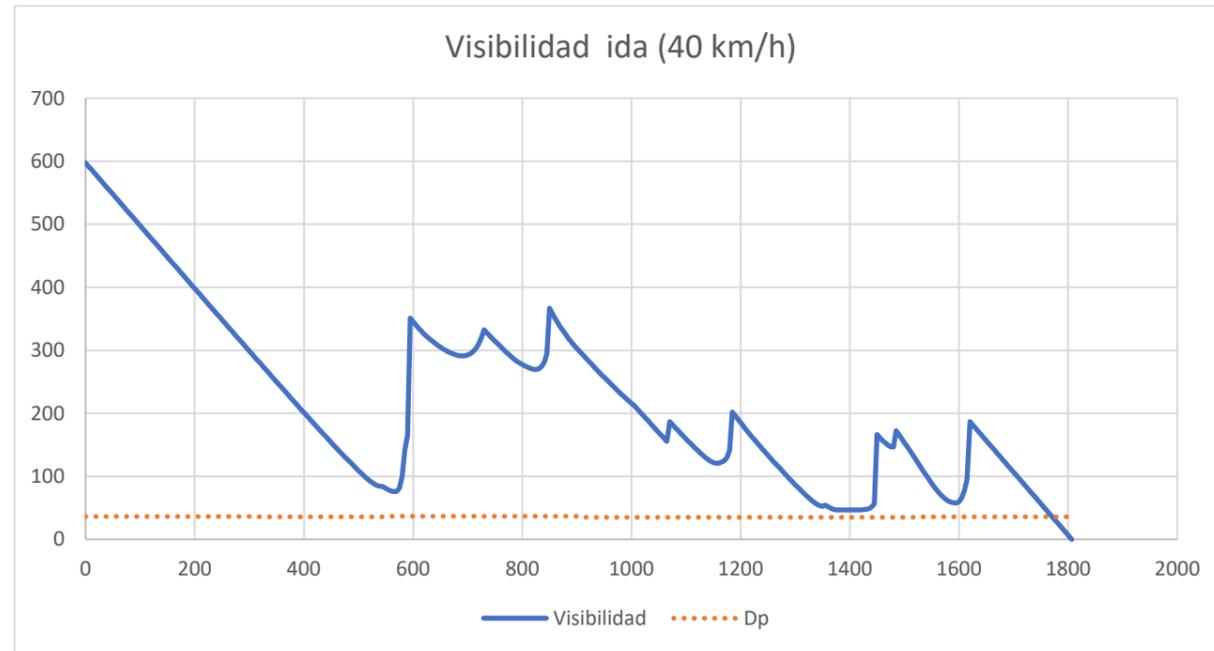


Gráfico 3. Perfil de visibilidades en sentido creciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia

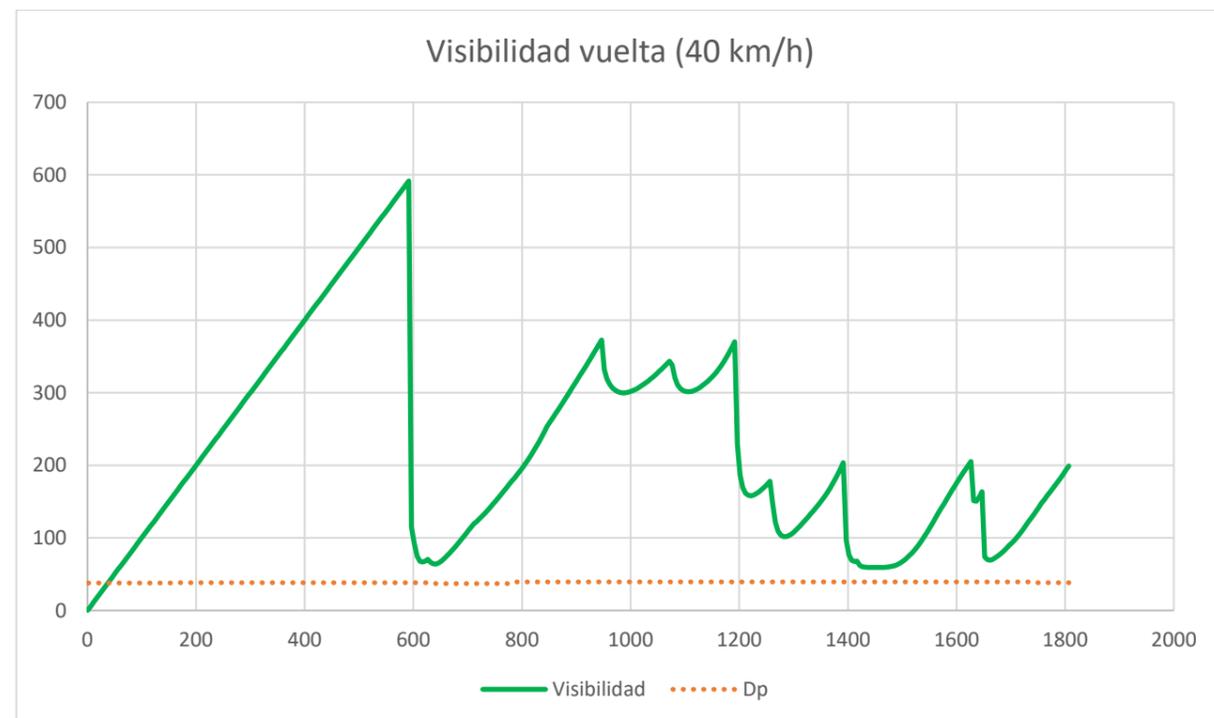


Gráfico 4. Perfil de visibilidades en sentido decreciente de PKs (40 km/h). Fuente: Elaboración propia

3.6 Sección transversal del tramo 2

Al igual que para el tramo 1, para el diseño de la sección transversal del tramo 2, se ha hecho uso de la tabla 7.1 “Dimensiones de la sección transversal” de la Norma 3.1-IC. Esta norma establece que para carreteras convencionales C-40 la sección transversal debe estar compuesta por carriles de entre 3 y 3.5 metros, arcenes de entre 0.5 y 1 metro y bermas de como mínimo 0.5 metros.

A partir de esta información, se decide diseñar una sección transversal con carriles de 3 metros, arcenes de 0.5 metros y bermas de 0.25 debido al poco espacio y libertad de diseño en algunas zonas. Además, en los tramos en los que se deban realizar desmontes, se construirán bermas revestidas de hormigón de 1 metro de ancho en la base de estos para recoger el posible rechineo del material de la parte superior del talud, así como, para dar mayor visibilidad a los usuarios de la carretera.

Por otro lado, en el tramo correspondiente a la obra de paso situada sobre la rambla de Purias, la sección transversal solamente contará con carriles y arcenes con las mismas dimensiones que en el resto del tramo.

En la Tabla 5, se resume esta información.

Elemento	Dimensiones (m)
Carril	3
Arcén	0,5
Berma	0,25
Berma de seguridad en base de desmonte	1

Tabla 5. Elementos y dimensiones de la sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 20 y la Figura 21 se muestran gráficamente estos elementos.

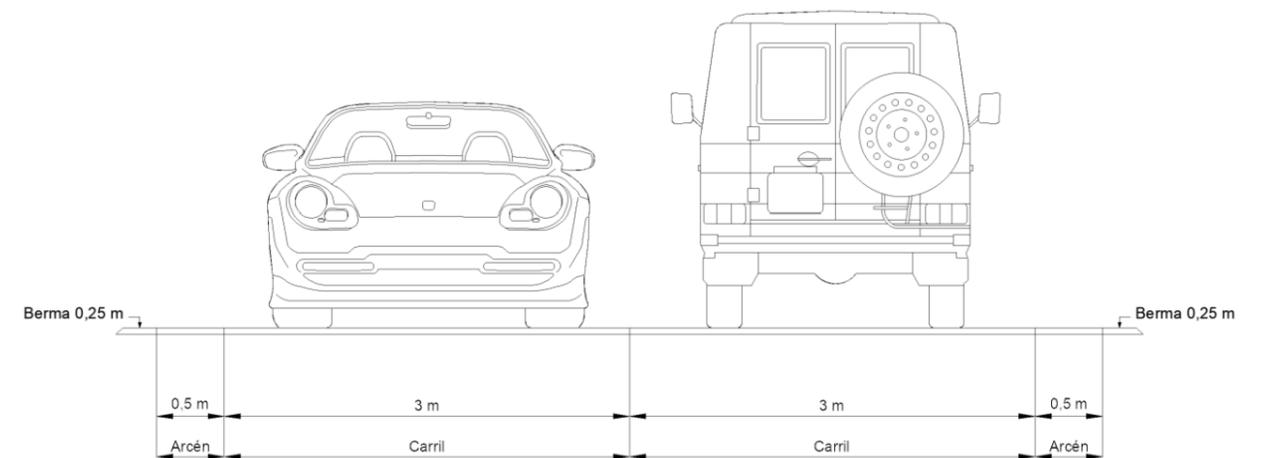


Figura 20. Sección transversal del tramo 2. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº8 DISEÑO GEOMÉTRICO

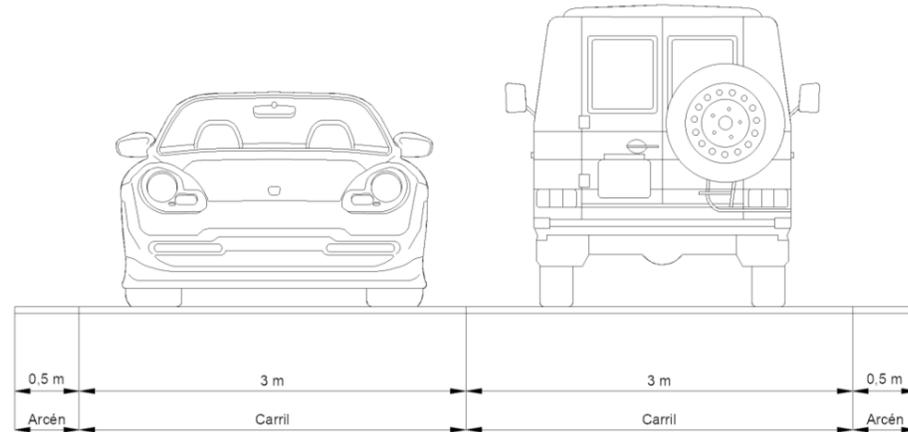


Figura 21. Sección transversal sobre el puente. Fuente: Elaboración propia

4. Bombeo y peralte

El bombeo corresponde a la inclinación transversal de la plataforma de una carretera en los tramos rectos para evacuar el agua hacia el exterior. Para ambos tramos, la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal del dos por ciento (2%) hacia cada lado a partir del eje de la calzada. Y, en el caso del tramo 2, las bermas se dispondrán con una inclinación transversal del cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma.

El peralte es la inclinación transversal de la plataforma de una carretera en los tramos en curva (curva circular con clotoides) dispuesto para contrarrestar la aceleración centrífuga no compensada por el rozamiento y evacuar el agua hacia el exterior de la calzada.

Según la tabla 4.5 de la Norma 3.1-IC, para carreteras convencionales C-40 con curvas de radio menor o igual que 350 metros, se dispondrá un peralte del siete por ciento (7%).

Para adaptar la inclinación transversal de la plataforma de los tramos rectos a los curvos es necesario efectuar primero un desvanecimiento del bombeo y después una transición del peralte.

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la clotoide y la transición del peralte se desarrollará a lo largo de la clotoide.

A continuación, en la Tabla 6, se muestran los diferentes elementos de la calzada con sus respectivas inclinaciones.

Elemento	Inclinación
Bombeo carril	-2%
Peralte carril	±7%
Peralte berma	-4%

Tabla 6. Elementos de la sección transversal y sus inclinaciones. Fuente: Elaboración propia

5. Movimiento de tierras

En el tramo 1, no se llevarán a cabo movimientos de tierras, salvo la retirada de los escombros procedentes de la demolición del firme y las aceras existentes, ya que se respetará el trazado en planta y alzado actual por cumplir con la normativa vigente.

En el tramo 2, los movimientos de tierra que se llevarán a cabo serán de un total de 13.055,13 metros cúbicos repartidos en 12.049,62 m³ de desmonte y 1.005,51 m³ de pedraplén. De esta manera, 1.005,51 m³ del material procedente de los desmontes se empleará en la formación de los pedraplenes y el sobrante de 11.044,11 m³ será transportado a vertedero.

6. Accesos

En cuanto a los accesos de ambos tramos no se verán afectados ya que ambos comienzan y finalizan en los mismos puntos. Sin embargo, algunos accesos a viviendas privadas, sobre todo en el tramo 2, deberán adecuarse y señalizarse correctamente al nuevo trazado, lo cual queda fuera del alcance de este estudio (Figura 22).

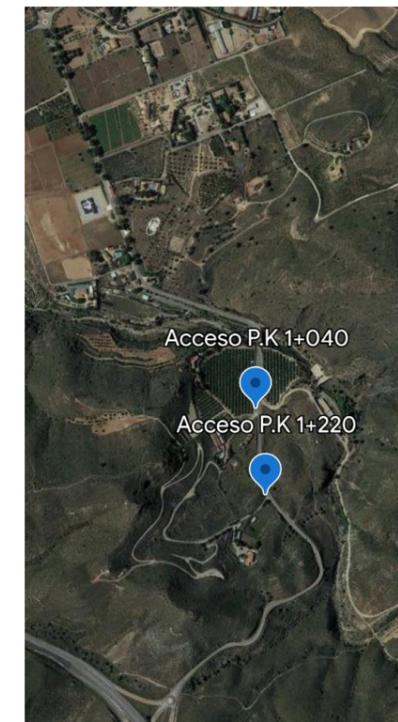


Figura 22. Accesos a viviendas privadas en el tramo 2. Fuente: Elaboración propia

7. Bibliografía

ORDEN FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.

ANEJO N°9

CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO N°9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. CONSISTENCIA	4
2.1 VELOCIDAD DE OPERACIÓN	4
2.2 CONSISTENCIA LOCAL	5
2.3 CONSISTENCIA GLOBAL.....	5
2.3.1 <i>Modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015)</i>	5
2.3.2 <i>Modelo de Llopis-Castelló et al. (2018)</i>	6
3. SEGURIDAD VIAL	7
3.1 ACCIDENTES SEGÚN CAMACHO-TORREGROSA ET AL. (2015).....	7
3.2 ACCIDENTES SEGÚN LLOPIS-CASTELLÓ ET AL. (2018)	7
4. CONCLUSIONES	7



ANEJO Nº9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

1. Introducción

En el presente anejo se valorará la consistencia y seguridad vial de la propuesta de mejora del tramo 2 (ver diseño de la nueva propuesta en el Anejo Nº8 Diseño geométrico), puesto que el tramo 1 no será modificado en cuanto a su trazado por cumplir con la normativa actual.

La consistencia es un factor muy importante que se debe tener en cuenta ya que una carretera que no cumpla en su totalidad con la normativa, como es el caso de este tramo, podría ser proyectada siempre y cuando cumpla con los criterios de consistencia.

2. Consistencia

La consistencia de una carretera se define como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera. El propósito de la consistencia es garantizar que sus usuarios no se vean sorprendidos durante el transcurso de la carretera, es decir, se procura que los conductores se encuentren con lo que ellos esperan, según sus expectativas, a lo largo de la carretera.

Para el presente análisis de la consistencia de la nueva propuesta de mejora se utilizará la velocidad de operación, es decir, la velocidad asociada al percentil 85 (V_{85}), la cual se define como la velocidad a la que operan los vehículos ligeros en condiciones de flujo libre y sin ningún tipo de restricción ambiental.

Al igual que para la situación actual, la consistencia se analizará tanto a nivel global, el cual evalúa la consistencia de un tramo completo a través de diferentes variables obtenidas del perfil de velocidades, como a nivel local, el cual analiza cada elemento aislado a partir de la deceleración entre elementos sucesivos.

2.1 Velocidad de operación

Para la obtención de la velocidad de operación (V_{85}) en cada sentido de circulación, se extrajo de Autodesk Civil 3D el estado de alineaciones del tramo para posteriormente introducirlo en el software REVEL proporcionado por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC-UPV), el cual muestra directamente los valores de dicha velocidad a lo largo del tramo, dando como resultado la Figura 1 y la Figura 2.

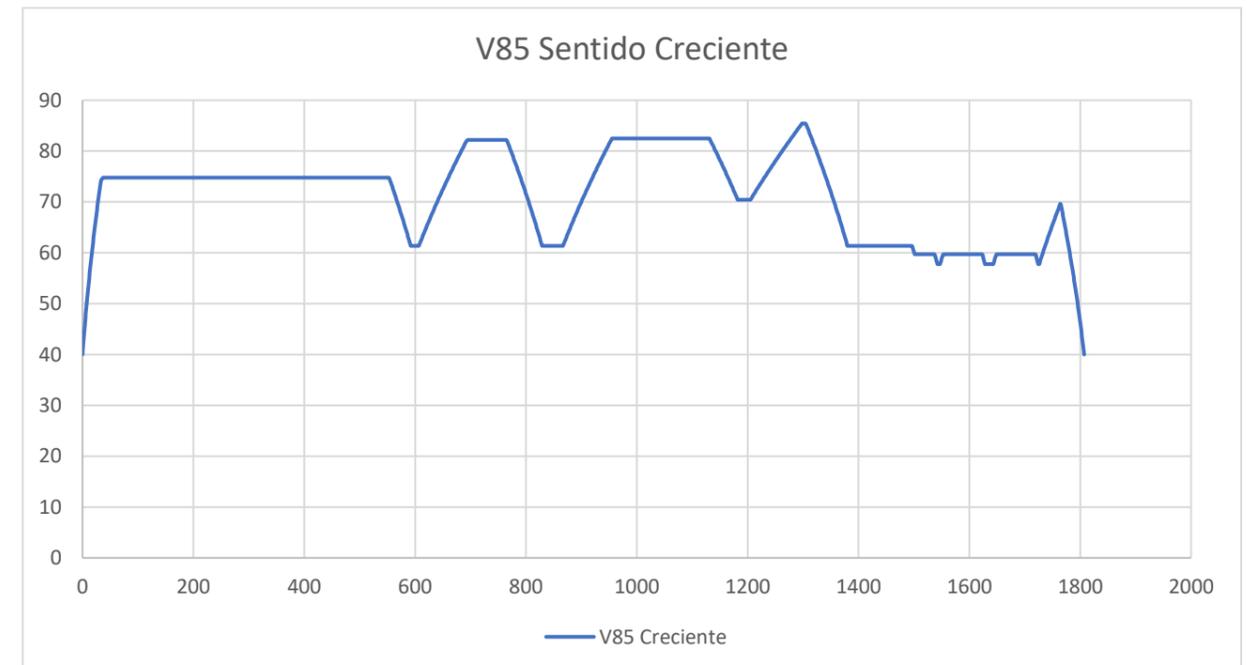


Figura 1. Perfil de velocidad de operación en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

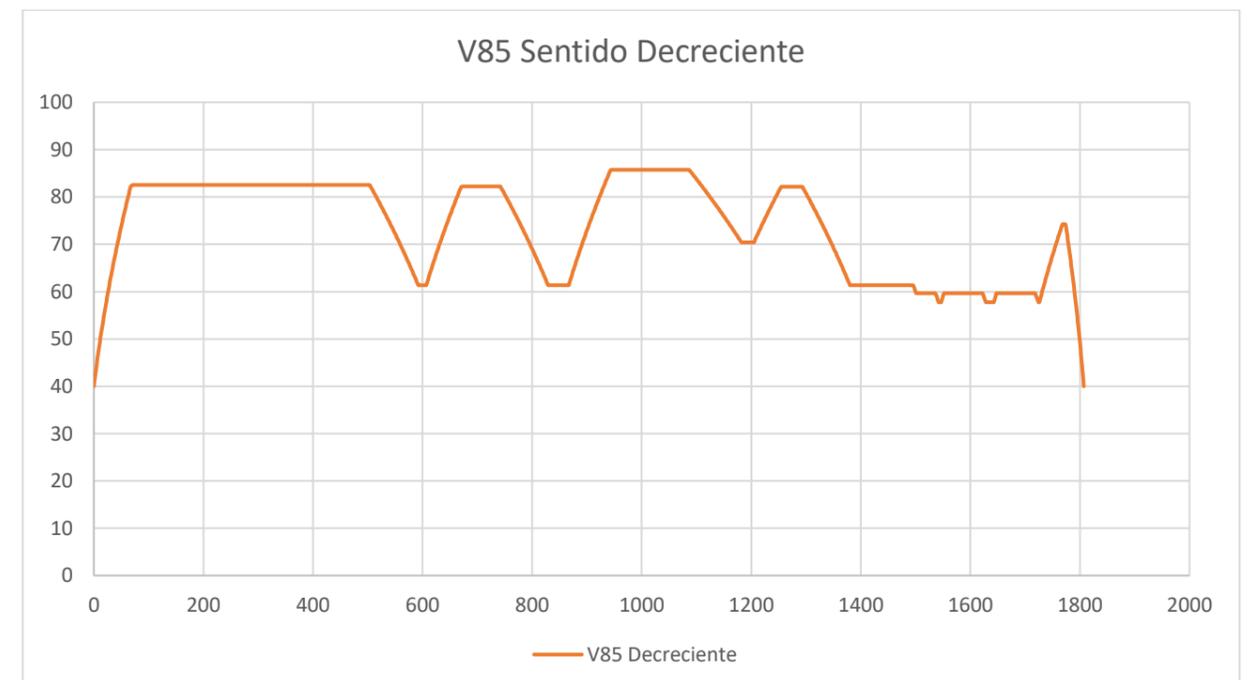


Figura 2. Perfil de velocidad de operación en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia



ANEJO N°9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

2.2 Consistencia local

Para el análisis de la consistencia local se hará uso del criterio propuesto por la normativa española, el cual se corresponde con el criterio II de Lamm et al. (1988). Este criterio se basa en la diferencia de las velocidades de operación entre elementos consecutivos.

Este criterio clasifica los tipos de consistencia en tres grupos (Tabla 1):

- Consistencia buena: El decremento de la velocidad de operación es menor a 10 km/h.
- Consistencia aceptable: El decremento de la velocidad de operación es mayor a 10 km/h y menor o igual que 20 km/h.
- Consistencia pobre: El decremento de la velocidad de operación es mayor a 20 km/h.

Buena	Aceptable	Pobre
$V_{85\ i+1} - V_{85\ i} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85\ i+1} - V_{85\ i} \leq 20 \text{ km/h}$	$V_{85\ i+1} - V_{85\ i} > 20 \text{ km/h}$

Tabla 1. Umbrales de consistencia local del criterio II de Lamm et al. (1988)

Este criterio debe analizarse en ambos sentidos de circulación ya que una zona problemática en un sentido no tiene por qué serlo en el sentido contrario.

En la Tabla 2 y Tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos de consistencia local para ambos sentidos de circulación.

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
553	592	74.78	61.37	13.41	Aceptable
765	829	82.2	61.37	20.82	Pobre
1131	1182	82.45	70.43	12.03	Aceptable
1304	1380	85.43	61.37	24.06	Pobre
1496	1501	61.37	59.68	1.69	Buena
1537	1542	59.68	57.78	1.9	Buena
1623	1628	59.68	57.78	1.9	Buena
1719	1724	59.68	57.78	1.9	Buena
1764	1807	69.63	40	29.63	Pobre

Tabla 2. Consistencia local sentido creciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia

PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
1769	1726	74.25	57.78	16.47	Aceptable
1648	1643	59.68	57.78	1.9	Buena
1552	1547	59.68	57.78	1.9	Buena
1255	1205	82.15	70.43	11.72	Aceptable
944	867	85.74	61.37	24.36	Pobre
672	607	82.2	61.37	20.82	Pobre
70	0	82.54	40	42.54	Pobre

Tabla 3. Consistencia local sentido decreciente criterio II de Lamm et al. (1988). Fuente: Elaboración propia

En el sentido creciente cabe destacar que ha resultado imposible eliminar las zonas con consistencia pobre, aunque se han reducido los decrementos de velocidad en algunos puntos del trazado. Para subsanar estas deficiencias en el tramo, se deberían llevar a cabo grandes modificaciones en el trazado que supondrían un enorme incremento del coste de las obras y un gran impacto ambiental en la zona. No obstante, se han modificado estas zonas haciendo cumplir lo establecido en la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras y se ha mejorado la consistencia en otras zonas pasando de aceptable a buena.

En el sentido decreciente, tampoco ha sido posible la eliminación de las zonas con consistencia pobre aunque, al igual que para el sentido creciente se han reducido los decrementos de velocidad en algunos puntos del trazado. Y al igual que en el sentido opuesto, se deberían llevar a cabo grandes modificaciones en el tramo, lo cual quedaría fuera de un acondicionamiento y supondría un gran incremento de los costes y del impacto ambiental.

2.3 Consistencia global

2.3.1 Modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015)

Según el modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015), la consistencia global se define como la relación entre la velocidad de operación media y la tasa de deceleración media de los conductores a lo largo de un tramo de carretera. El análisis de este modelo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$C = \sqrt[3]{\frac{V_{85}}{a_{85}}}$$

Siendo:

- C: Parámetro de consistencia
- V_{85} : Velocidad de operación media

ANEJO Nº9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

- d_{85} : Deceleración media

Los umbrales establecidos para este modelo son los siguientes (Tabla 4):

- Consistencia buena: El parámetro de consistencia es mayor a $3,25 s^{1/3}$
- Consistencia aceptable: El parámetro de consistencia es menor a $3,25 s^{1/3}$ pero mayor o igual a $2,55 s^{1/3}$
- Consistencia pobre: El parámetro de consistencia es menor a $2,55 s^{1/3}$

Buena	Aceptable	Pobre
$C \geq 3,25 s^{1/3}$	$2,55 s^{1/3} \leq C < 3,25 s^{1/3}$	$C < 2,55 s^{1/3}$

Tabla 4. Umbrales de consistencia global del modelo Camacho-Torregrosa et al. (2015)

Se ha dividido el tramo en dos subtramos según su comportamiento geométrico en planta. El primero desde el PK 0+000 hasta el PK 1+339 y el segundo desde el PK 1+339 hasta el PK 1+807.

Tras el análisis de la consistencia según este modelo, se han obtenido resultados de $2,27 s^{1/3}$ para el primer subtramo y de $2,08 s^{1/3}$ para el segundo subtramo, resultando ambos subtramos con consistencia global pobre por lo que se deberán de implantar otras medidas como la colocación de señales de tráfico que adviertan de los peligros del tramo.

Además, en comparación con la consistencia del tramo actual se experimenta una leve mejora en el primer subtramo cuya consistencia, actualmente, es igual a $2,21 s^{1/3}$ mientras que, en el segundo subtramo, cuya consistencia actual es de $2,13 s^{1/3}$, empeora levemente debido a una posible gran deceleración en el inicio de este tramo.

2.3.2 Modelo de Llopis-Castelló et al. (2018)

Según el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018), el análisis de la consistencia global del tramo se basa en la diferencia entre la velocidad de operación inercial, que representa las expectativas de los conductores, y la velocidad de operación, que representa el comportamiento de la carretera.

En la figura 3 y en la figura 4, se muestran los perfiles de velocidad de operación e inercial para cada sentido de circulación.

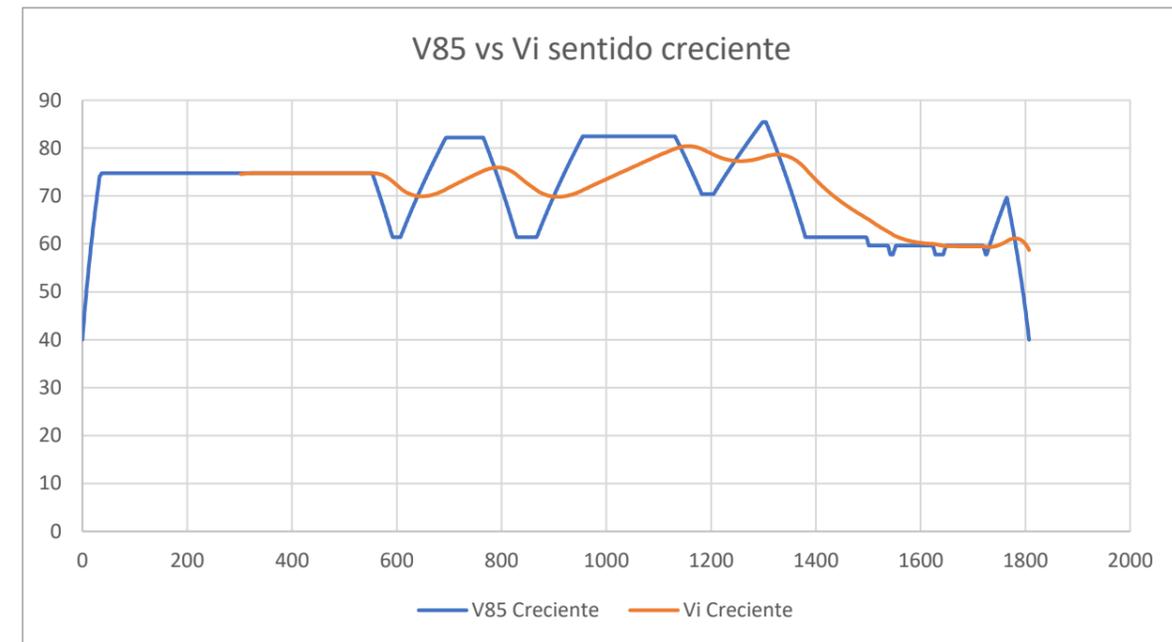


Figura 3. Diferencia entre la velocidad de operación (V85) y la velocidad de operación inercial (Vi) en sentido creciente. Fuente: Elaboración propia

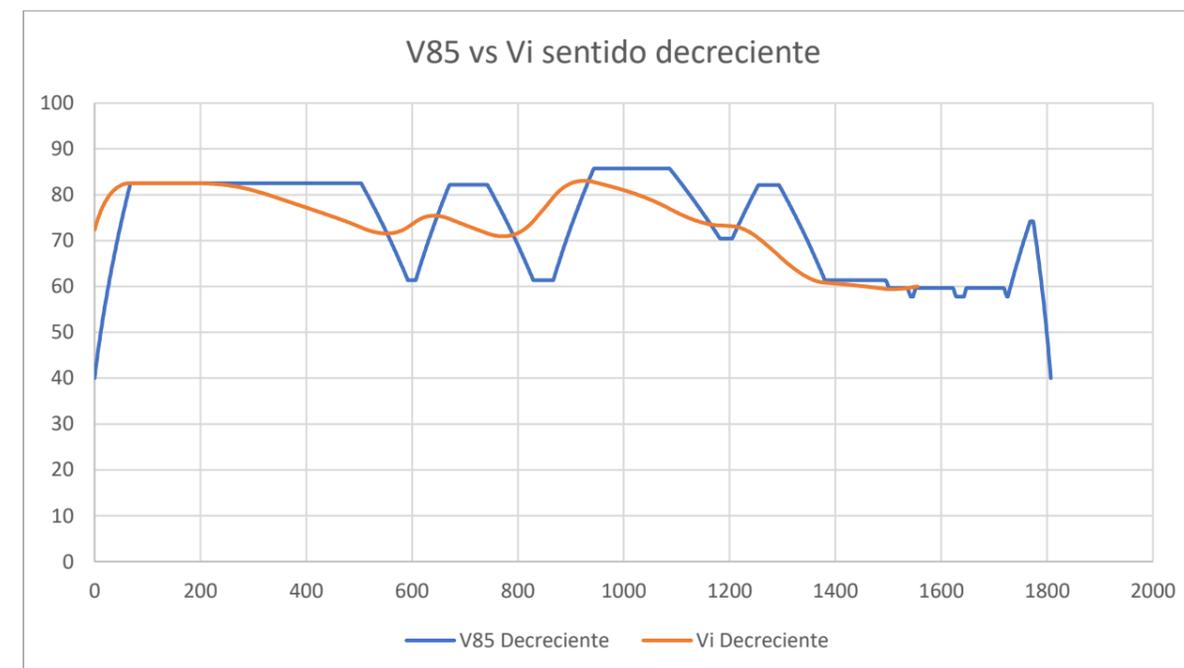


Figura 4. Diferencia entre la velocidad de operación (V85) y la velocidad de operación inercial (Vi) en sentido decreciente. Fuente: Elaboración propia

ANEJO Nº9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

La consistencia global del tramo, según este método, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = \sqrt{\frac{A(+) \cdot \sigma(+)}{L(+)}}$$

Siendo:

- C: Parámetro de consistencia
- A (+): Área encerrada por el diagrama diferencia entre V_i y V_{85}
- σ (+): Desviación estándar de la diferencia entre V_i y V_{85} considerando únicamente las diferencias positivas
- L (+): Longitud de tramo de carretera donde se produce las diferencias positivas entre V_i y V_{85}

Al igual que en los modelos anteriores, este también clasifica la consistencia en tres grupos (Tabla 5):

- Consistencia buena: El parámetro de consistencia es menor o igual a 2,75 km/h
- Consistencia aceptable: El parámetro de consistencia es mayor a 2,75 km/h, pero menor o igual a 4,5 km/h
- Consistencia pobre: El parámetro de consistencia es mayor a 4,5 km/h

Buena	Aceptable	Pobre
$C \leq 2,75 \text{ km/h}$	$2,75 \text{ km/h} < C \leq 4,5 \text{ km/h}$	$C > 4,5 \text{ km/h}$

Tabla 5. Umbrales de consistencia global del modelo de Llopis-Castelló et al. (2018)

Al igual que para el método anterior, se ha dividido el tramo en dos subtramos según su comportamiento geométrico en planta. El primero desde el PK 0+000 hasta el PK 1+339 y el segundo desde el PK 1+339 hasta el PK 1+807.

Tras el análisis de la consistencia global según este modelo, se han obtenido resultados de 6,05 km/h para el primer subtramo, y de 2,94 km/h para el segundo subtramo. Este modelo al igual que el anterior, clasifica el primer subtramo como pobre. Sin embargo, la consistencia del segundo subtramo es clasificada como aceptable muy cerca del límite de buena. Cabe destacar la mejora de la consistencia de ambos tramos con respecto a la actual con valores de 6,44 km/h para el primer subtramo y de 4,59 km/h para el segundo subtramo.

3. Seguridad vial

En cuanto al análisis de la seguridad vial del tramo 2, tanto el modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015) como el de Llopis-Castelló et al. (2018) permiten estimar el número esperado de accidentes con víctimas que sucederán en este tramo en los próximos 10 años.

3.1 Accidentes según Camacho-Torregrosa et al. (2015)

Mediante la siguiente expresión se consigue obtener la siniestralidad del tramo en los próximos 10 años.

$$Y_{i,10} = e^{-4,26225} \cdot L^{1,13196} \cdot IMD^{0,85298} \cdot e^{-0,6574 \cdot C}$$

Siendo:

- $Y_{i,10}$: Accidentes con víctimas estimados en 10 años
- IMD: Intensidad media diaria de tráfico (veh/día)
- L: Longitud del segmento de carretera homogéneo
- C: Parámetro de consistencia de Camacho-Torregrosa (2015)

Aplicando los datos de longitud de los subtramos previamente mencionados y sus respectivos parámetros de consistencia junto con la IMD estimada para el año de puesta en servicio (ver Anejo Nº5 Estudio de tráfico) se obtienen para el subtramo 1 y 2, un total de 0,82 y 0,28 accidentes con víctimas en los próximos 10 años, respectivamente.

3.2 Accidentes según Llopis-Castelló et al. (2018)

El cálculo de la siniestralidad del tramo en los próximos 10 años se obtiene, según este modelo, mediante la siguiente expresión.

$$Y_{i,10} = e^{-6,6479} \cdot L^{1,02645} \cdot IMD^{0,86684} \cdot e^{0,14774 \cdot C}$$

Cuya nomenclatura es igual a la del apartado anterior.

Aplicando los mismos datos mencionados en el apartado anterior, se obtienen para el subtramo 1 y 2, un total de 0,87 y 0,19 accidentes con víctimas en los próximos 10 años, respectivamente.

4. Conclusiones

Como se ha podido observar durante el análisis de la consistencia de la propuesta de mejora del tramo 2, no se ha sido posible la mejora de la consistencia local clasificada como pobre en algunos puntos del trazado ya que para ello se debe de llevar a cabo una gran modificación del trazado incrementado enormemente los costes y el impacto ambiental sobre la zona.

En cuanto a la consistencia global, según el modelo de Camacho-Torregrosa et al. (2015), se ha logrado una mínima mejora en el segundo subtramo y según el modelo de Llopis-Castelló et al. (2018) se ha



ANEJO Nº9 CONSISTENCIA Y SEGURIDAD VIAL

conseguido una leve mejora en el primer subtramo, aunque sigue clasificándose como pobre, y una mejora significativa en el segundo subtramo, pasando de pobre a aceptable muy cerca del límite de ser clasificada como buena.

Respecto a la accidentalidad de este tramo, cabe destacar que el número esperado de accidentes con víctimas en los próximos 10 años será de entre 0,3 y 0,9 teniendo en cuenta todos los subtramos y modelos utilizados para el análisis.

Para concluir, se debe destacar la dificultad que presenta la zona para lograr diseñar una carretera que mejore significativamente la consistencia que presenta el tramo actual. Es por ello, que debido a que el presente estudio consiste en un acondicionamiento, se calificará como adecuado el diseño de esta propuesta ya que apenas se esperan accidentes para los próximos 10 años. Si bien, se deberán aplicar otras medidas para mejorar la seguridad de los usuarios de la carretera como la colocación de señales que adviertan de los posibles peligros que puedan darse en este tramo.

ANEJO N°10

VALORACIÓN ECONÓMICA

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	UNIDADES DE OBRA DEL TRAMO 1 (PK 0+000 HASTA PK 2+200).....	4
3.	UNIDADES DE OBRA DEL TRAMO 2 (PK 10+900 HASTA PK 12+800)	5
4.	VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRAMO 1	6
5.	VALORACIÓN ECONÓMICA DEL TRAMO 2	7
6.	VALORACIÓN ECONÓMICA TOTAL	8
7.	FUENTES CONSULTADAS.....	8

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

1. Introducción

En este anejo se presenta una valoración económica aproximada del coste que supone el acondicionamiento de la carretera RM-621, desde el PK 0+000 hasta el PK 2+200 y desde el PK 10+900 hasta el PK 12+800.

En primer lugar, se realizará una estimación del coste de cada tramo por separado. Y finalmente, una valoración económica del coste total de las obras.

Los precios de las distintas unidades de obra que se muestran en este anejo han sido obtenidos a partir de la Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras de 2022.

2. Unidades de obra del tramo 1 (PK 0+000 hasta PK 2+200)

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS			
UO.1.01	m ²	DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DE CUALQUIER TIPO O ESPESOR i/ BAJAS POR RENDIMIENTO POR PASO DE VEHÍCULOS. DEMOLICIÓN DE ACERAS, ISLETAS, BORDILLOS Y TODA CLASE DE PIEZAS ESPECIALES DE PAVIMENTACIÓN, DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km.	3,90 €
UO.1.02	Ud	TALA Y TRANSPORTE DE ÁRBOL DE GRAN PORTE TALA Y TRANSPORTE DE ÁRBOL DE GRAN PORTE (DIÁMETRO MAYOR O IGUAL DE 15 CM) i/ ELIMINACIÓN DEL TOCÓN RESTANTE, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL A VERTEDERO O GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km	49,42 €
CAPÍTULO 2: EXPLANADA			
UO.2.01	m ³	SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE CANTERA, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE TALUDES	6,74 €
CAPÍTULO 3: FIRME			
UO.3.01	m ³	ZAHORRA ZAHORRA i/ TRANSPORTE, EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN, MEDIDA SOBRE PERFIL TEÓRICO	26,78 €
UO.3.02	t	EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN, BARRIDO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	525,42 €
UO.3.03	t	EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO i/ EL BARRIDO Y LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	624,16 €

UO.3.04	t	MBC TIPO AC32 BASE G, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC32 BASE G, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	29,38 €
UO.3.05	t	MBC TIPO AC22 BIN S, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC22 BIN S, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN	29,36 €
UO.3.06	t	MBC TIPO AC16 SURF D, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC16 SURF D, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	30,43 €
UO.3.07	t	BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL TIPO 50/70 BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO 50/70	689,00 €
CAPÍTULO 4: URBANIZACIÓN			
UO.4.01	Ud	SEPARADOR CARRIL BICI MODELO TIGRE SEPARADOR DE CARRIL BICI COMPUESTO POR PLÁSTICO 100% RECICLADO Y ES 100% RECICLABLE, PINTURA REFRACTANTE CON FIBRA DE VIDRIO CON PIEZAS FOTOLUMINISCENTE, CON UN PESO DE 6,5 KG Y UNAS MEDIDAS DE 700X160X100 MM. SE FIJA A LA SUPERFICIE POR MEDIO DE DOS TORNILLOS COLOCADOS EN AMBOS EXTREMOS DEL SEPARADOR, QUE SE INSERTAN DENTRO DE LOS TALADROS PREVIAMENTE PERFORADOS. ALTA RESISTENCIA AL AGUA Y LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS. COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS PIEZAS INCLUIDA Y TOTALMENTE MONTADO.	22,56 €
UO.4.02	m ³	HORMIGÓN C20/25 EN ACERAS Y RELLENOS HORMIGÓN C20/25 EN ACERAS Y RELLENOS	86,43 €
UO.4.03	m ²	PAVIMENTO DE ADOQUÍN DE HORMIGÓN RECTANGULAR DE ESPESOR 8CM PAVIMENTO DE ADOQUÍN PREFABRICADO DE HORMIGÓN BICAPA EN COLOR A DEFINIR POR DF DE FORMA RECTANGULAR DE (10x20)-(20X20)-(20X30) A DEFINIR POR DF X ESPESOR DE 8CM, COLOCADO SOBRE SOLERA DE HORMIGÓN C20/25 .	19,79 €
UO.4.04	m	BORDILLO RIGOLA DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE 40X20X50 CM BORDILLO RIGOLA DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE 40X20X50 CM, SOBRE LECHO DE HORMIGÓN C20/25.	20,03 €
CAPÍTULO 5: CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES			
UO.5.01	Ud	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES A LO LARGO DE TODA LA OBRA	9.797,67 €
CAPÍTULO 6: GESTIÓN DE RESIDUOS			
UO.6.01	Ud	GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y TIERRAS A LO LARGO DE TODA LA OBRA	9.797,67 €
CAPÍTULO 7: SEGURIDAD Y SALUD			
UO.7.01	Ud	SEGURIDAD Y SALUD DURANTE TODA LA OBRA	24.494,17 €

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

3. Unidades de obra del tramo 2 (PK 10+900 hasta PK 12+800)

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS			
UO.1.01	m ²	DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DE CUALQUIER TIPO O ESPESOR i/ BAJAS POR RENDIMIENTO POR PASO DE VEHÍCULOS, DEMOLICIÓN DE ACERAS, ISLETAS, BORDILLOS Y TODA CLASE DE PIEZAS ESPECIALES DE PAVIMENTACIÓN, DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km.	3,90 €
UO.2.01	m ²	DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO POR MEDIOS MECÁNICOS DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO POR MEDIOS MECÁNICOS i/ DESTOCÓNADO, ARRANQUE, CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO O GESTOR AUTORIZADO DE AQUELLOS RESTOS QUE SEA NECESARIO, HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km O AL LUGAR DE UTILIZACIÓN DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA.	0,57 €
CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS			
UO.2.02	m ³	EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL i/ CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km O ACOPIO DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA, DEPOSITO DE TIERRA VEGETAL EN ZONA ADECUADA PARA SU REUTILIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE ACOPIOS, FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS CABALLEROS.	2,50 €
UO.2.03	m ³	EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN ROCA CON EMPLEO DE EXPLOSIVOS EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN ROCA CON EMPLEO DE EXPLOSIVOS, i/ AGOTAMIENTO Y DRENAJE DURANTE LA EJECUCIÓN, SANEAMIENTO DE DESPRENDIMIENTOS, FORMACIÓN Y PERFILADO DE CUNETAS, CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km O AL LUGAR DE UTILIZACIÓN DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA, PERFORACIÓN DEL TERRENO, COLOCACIÓN DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA Y LIMPIEZA DE FONDO DE EXCAVACIÓN. EXCEPTO PRECORTE.	6,78 €
UO.2.04	m ³	TERRAPLÉN O PEDRAPLÉN O RELLENO TODO-UNO CON MATERIAL PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN TERRAPLÉN O PEDRAPLÉN O RELLENO TODO-UNO CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN, i/ EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, NIVELACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE TALUDES TOTALMENTE TERMINADO.	1,10 €
CAPÍTULO 3: EXPLANADA			
UO.3.01	m ³	SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE CANTERA, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE TALUDES	6,74 €
UO.3.02	m ³	HORMIGÓN MAGRO EN BASE DE FIRME HORMIGÓN MAGRO VIBRADO EN BASE DE FIRME, COMPLETAMENTE TERMINADO i/ CURADO	88,50 €

CAPÍTULO 4: FIRME			
UO.4.01	m ³	ZAHORRA ZAHORRA i/ TRANSPORTE, EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN, MEDIDA SOBRE PERFIL TEÓRICO	26,78 €
UO.4.02	t	EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN, BARRIDO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	525,42 €
UO.4.06	t	MBC TIPO AC16 SURF D, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC16 SURF D, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	30,43 €
UO.4.07	t	BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL TIPO 50/70 BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO 50/70	689,00 €
UO.4.08	m ²	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA C65B4 TRG DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA C65B4 TRG Y DOTACIÓN 1,10 kg/m ² Y 0,80 kg/m ² CON ÁRIDOS 6/3 Y 12/6 i/ EXTENSIÓN, COMPACTACIÓN, LIMPIEZA Y BARRIDO.	2,19 €
CAPÍTULO 5: CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES			
UO.5.01	Ud	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES A LO LARGO DE TODA LA OBRA	4.492,45 €
CAPÍTULO 6: GESTIÓN DE RESIDUOS			
UO.6.01	Ud	GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y TIERRAS A LO LARGO DE TODA LA OBRA	4.492,45 €
CAPÍTULO 7: SEGURIDAD Y SALUD			
UO.7.01	Ud	SEGURIDAD Y SALUD DURANTE TODA LA OBRA	11.231,12 €

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

4. Valoración económica del tramo 1

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS					
UO.1.01	m ²	DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DE CUALQUIER TIPO O ESPESOR i/ BAJAS POR RENDIMIENTO POR PASO DE VEHÍCULOS, DEMOLICIÓN DE ACERAS, ISLETAS, BORDILLOS Y TODA CLASE DE PIEZAS ESPECIALES DE PAVIMENTACIÓN, DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km.	28.320	3,90 €	110.448 €
UO.1.02	Ud	TALA Y TRANSPORTE DE ÁRBOL DE GRAN PORTE TALA Y TRANSPORTE DE ÁRBOL DE GRAN PORTE (DIÁMETRO MAYOR O IGUAL DE 15 CM) i/ ELIMINACIÓN DEL TOCÓN RESTANTE, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL A VERTEDERO O GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km	7	49,42 €	345,94 €
CAPÍTULO 2: EXPLANADA					
UO.2.01	m ³	SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE CANTERA, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE TALUDES	7.200	6,74 €	48.528 €
CAPÍTULO 3: FIRME					
UO.3.01	m ³	ZAHORRA ZAHORRA i/ TRANSPORTE, EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN, MEDIDA SOBRE PERFIL TEÓRICO	6.400	26,78 €	171.392 €
UO.3.02	t	EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN, BARRIDO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	6,93	525,42 €	3.641,16 €
UO.3.03	t	EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO EMULSIÓN C60B3 ADH EN RIEGOS DE ADHERENCIA O C60B3 CUR EN RIEGOS DE CURADO i/ EL BARRIDO Y LA PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	3,47	624,16 €	2.165,84 €
UO.3.04	t	MBC TIPO AC32 BASE G, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC32 BASE G, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	2.566,08	29,38 €	75.391,43 €
UO.3.05	t	MBC TIPO AC22 BIN S, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC22 BIN S, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN	1.710,72	29,36 €	50.226,74 €
UO.3.06	t	MBC TIPO AC16 SURF D, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC16 SURF D, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	1.663,2	30,43 €	50.611,18 €

UO.3.07	t	BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL TIPO 50/70 BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO 50/70	245,92	689,00 €	169.438,88€
CAPÍTULO 4: URBANIZACIÓN					
UO.4.01	Ud	SEPARADOR CARRIL BICI MODELO TIGRE SEPARADOR DE CARRIL BICI COMPUESTO POR PLÁSTICO 100% RECICLADO Y ES 100% RECICLABLE, PINTURA REFRACTANTE CON FIBRA DE VIDRIO CON PIEZAS FOTOLUMINISCENTE, CON UN PESO DE 6,5 KG Y UNAS MEDIDAS DE 700X160X100 MM. SE FIJA A LA SUPERFICIE POR MEDIO DE DOS TORNILLOS COLOCADOS EN AMBOS EXTREMOS DEL SEPARADOR, QUE SE INSERTAN DENTRO DE LOS TALADROS PREVIAMENTE PERFORADOS. ALTA RESISTENCIA AL AGUA Y LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS. COLOCACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS PIEZAS INCLUIDA Y TOTALMENTE MONTADO.	579	22,56 €	13.062,24 €
UO.4.02	m ³	HORMIGÓN C20/25 EN ACERAS Y RELLENOS HORMIGÓN C20/25 EN ACERAS Y RELLENOS	740	86,43 €	63.958,20 €
UO.4.03	m ²	PAVIMENTO DE ADOQUÍN DE HORMIGÓN RECTANGULAR DE ESPESOR 8CM PAVIMENTO DE ADOQUÍN PREFABRICADO DE HORMIGÓN BICAPA EN COLOR A DEFINIR POR DF DE FORMA RECTANGULAR DE (10x20)-(20X20)-(20X30) A DEFINIR POR DF X ESPESOR DE 8CM, COLOCADO SOBRE SOLERA DE HORMIGÓN C20/25.	7.400	19,79 €	146.446 €
UO.4.04	m	BORDILLO RIGOLA DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE 40X20X50 CM BORDILLO RIGOLA DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE 40X20X50 CM, SOBRE LECHO DE HORMIGÓN C20/25.	3.700	20,03 €	74.111 €
CAPÍTULO 5: CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES					
UO.5.01	Ud	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES A LO LARGO DE TODA LA OBRA	1	9.797,67 €	9.797,67 €
CAPÍTULO 6: GESTIÓN DE RESIDUOS					
UO.6.01	Ud	GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y TIERRAS A LO LARGO DE TODA LA OBRA	1	9.797,67 €	9.797,67 €
CAPÍTULO 7: SEGURIDAD Y SALUD					
UO.7.01	Ud	SEGURIDAD Y SALUD DURANTE TODA LA OBRA	1	24.494,17 €	24.494,17 €
TOTAL:					1.023.856,12€

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	1.023.856,12 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	133.101,30 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	61.431,37 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	255.861,65 €
PRESUPUESTO TRAMO 1	TOTAL	1.474.250,44 €

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

5. Valoración económica del tramo 2

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1: ACTUACIONES PREVIAS					
UO.1.01	m ²	DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DEMOLICIÓN DE FIRME O PAVIMENTO EXISTENTE DE CUALQUIER TIPO O ESPESOR i/ BAJAS POR RENDIMIENTO POR PASO DE VEHÍCULOS, DEMOLICIÓN DE ACERAS, ISLETAS, BORDILLOS Y TODA CLASE DE PIEZAS ESPECIALES DE PAVIMENTACIÓN, DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km.	12.530	3,90 €	48.867 €
UO.2.01	m ²	DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO POR MEDIOS MECÁNICOS DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO POR MEDIOS MECÁNICOS i/ DESTOCÓNADO, ARRANQUE, CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO O GESTOR AUTORIZADO DE AQUELLOS RESTOS QUE SEA NECESARIO, HASTA UNA DISTANCIA DE 60 km O AL LUGAR DE UTILIZACIÓN DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA.	1.560	0,57 €	889,2 €
CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS					
UO.2.02	m ³	EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL EXCAVACIÓN DE TIERRA VEGETAL i/ CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km O ACOPIO DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA, DEPOSITO DE TIERRA VEGETAL EN ZONA ADECUADA PARA SU REUTILIZACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO Y MANTENIMIENTO DE ACOPIOS, FORMACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS CABALLEROS.	2.049,62	2,50 €	5.124,05 €
UO.2.03	m ³	EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN ROCA CON EMPLEO DE EXPLOSIVOS EXCAVACIÓN EN DESMONTE EN ROCA CON EMPLEO DE EXPLOSIVOS, i/ AGOTAMIENTO Y DRENAJE DURANTE LA EJECUCIÓN, SANEAMIENTO DE DESPRENDIMIENTOS, FORMACIÓN Y PERFILADO DE CUNETAS, CARGA Y TRANSPORTE A VERTEDERO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km O AL LUGAR DE UTILIZACIÓN DENTRO DE LA OBRA SEA CUAL SEA LA DISTANCIA, PERFORACIÓN DEL TERRENO, COLOCACIÓN DE EXPLOSIVOS Y VOLADURA Y LIMPIEZA DE FONDO DE EXCAVACIÓN. EXCEPTO PRECORTE.	10.000	6,78 €	67.800 €
UO.2.04	m ³	TERRAPLÉN O PEDRAPLÉN O RELLENO TODO-UNO CON MATERIAL PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN TERRAPLÉN O PEDRAPLÉN O RELLENO TODO-UNO CON MATERIALES PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN, i/ EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, NIVELACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE TALUDES TOTALMENTE TERMINADO.	1.005,51	1,10 €	1.106,06 €

CAPÍTULO 3: EXPLANADA					
UO.3.01	m ³	SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA SUELO SELECCIONADO PROCEDENTE DE PRÉSTAMO PARA FORMACIÓN DE EXPLANADA EN CORONACIÓN DE TERRAPLÉN Y EN FONDO DE DESMONTE i/ CANON DE CANTERA, EXCAVACIÓN DEL MATERIAL, CARGA Y TRANSPORTE AL LUGAR DE EMPLEO HASTA UNA DISTANCIA DE 5 km, EXTENDIDO, HUMECTACIÓN, COMPACTACIÓN, TERMINACIÓN Y REFINO DE LA SUPERFICIE DE LA CORONACIÓN Y REFINO DE TALUDES	2.835	6,74 €	19.107,90 €
UO.3.02	m ³	HORMIGÓN MAGRO EN BASE DE FIRME HORMIGÓN MAGRO VIBRADO EN BASE DE FIRME, COMPLETAMENTE TERMINADO i/ CURADO	950,97	88,50 €	84.160,85 €
CAPÍTULO 4: FIRME					
UO.4.01	m ³	ZAHORRA ZAHORRA i/ TRANSPORTE, EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN, MEDIDA SOBRE PERFIL TEÓRICO	5.058,57	26,78 €	135.468,51 €
UO.4.02	t	EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN EMULSIÓN C60BF4 IMP EN RIEGO DE IMPRIMACIÓN, BARRIDO Y PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE, TOTALMENTE TERMINADO.	5,42	525,42 €	2.847,78 €
UO.4.06	t	MBC TIPO AC16 SURF D, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE TIPO AC16 SURF D, EXTENDIDA Y COMPACTADA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL DE APORTACIÓN.	1.300,78	30,43 €	39.582,74 €
UO.4.07	t	BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL TIPO 50/70 BETÚN ASFÁLTICO CONVENCIONAL EN MEZCLAS BITUMINOSAS TIPO 50/70	58,54	689,00 €	40.334,06 €
UO.4.08	m ²	DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA C65B4 TRG DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL, CON EMULSIÓN ASFÁLTICA C65B4 TRG Y DOTACIÓN 1,10 kg/m ² Y 0,80 kg/m ² CON ÁRIDOS 6/3 Y 12/6 i/ EXTENSIÓN, COMPACTACIÓN, LIMPIEZA Y BARRIDO.	1.806,632	2,19 €	3.956,52 €
CAPÍTULO 5: CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES					
UO.5.01	Ud	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES A LO LARGO DE TODA LA OBRA	1	4.492,45 €	4.492,45 €
CAPÍTULO 6: GESTIÓN DE RESIDUOS					
UO.6.01	Ud	GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y TIERRAS A LO LARGO DE TODA LA OBRA	1	4.492,45 €	4.492,45 €
CAPÍTULO 7: SEGURIDAD Y SALUD					
UO.7.01	Ud	SEGURIDAD Y SALUD DURANTE TODA LA OBRA	1	11.231,12 €	11.231,12 €
TOTAL:					469.460,69 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	469.460,69 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	61.029,89 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	28.167,64 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	117.318,23 €
PRESUPUESTO TRAMO 2	TOTAL	675.976,45 €

ANEJO Nº10 VALORACIÓN ECONÓMICA

6. Valoración económica total

Cabe destacar que el presupuesto de ejecución material (PEM) se ha obtenido como resultado de la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Ascende a **un millón cuatrocientos noventa y tres mil trescientos dieciséis euros con ochenta y un céntimos**. Se incluyen en él las partidas correspondientes a Seguridad y Salud, Control de Calidad y Gestión de Residuos, cuyos importes se han calculado considerando unos porcentajes aproximados, sobre el PEM, de valor 2,50% para Seguridad y Salud, 1,00% para el Control de Calidad y 1,00% para Gestión de Residuos. El presupuesto de ejecución por contrata asciende a **dos millones ciento cincuenta mil doscientos veintiséis euros con ochenta y ocho céntimos**, IVA incluido.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	P.E.M.	1.493.316,81 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (13%)	B.I.	194.131,19 €
GASTOS GENERALES (6%)	G.G.	89.599,01 €
IMPUESTO SOBRE EL VALOR AGREGADO (21%)	I.V.A.	373.179,87€
PRESUPUESTO TOTAL	TOTAL	2.150.226,88€

7. Fuentes consultadas

Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras de 2022. Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Consultado en julio de 2023.

ANEJO N°11

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

Griselda López Maldonado

Cotutor:

David Llopis Castelló

ESTUDIO PARA EL ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA RM-621 DESDE EL MUNICIPIO DE LORCA (P.K 0+000) HASTA EL P.K 2+200 Y DESDE EL P.K 10+900 HASTA EL ENLACE CON LA CARRETERA RM-11 (P.K 12+800), PROVINCIA DE MURCIA.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

ANEJO Nº11 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)



INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	4
3. RELACIÓN DEL TFG CON LOS ODS.....	4
4. BIBLIOGRAFÍA.....	5



ANEJO Nº11 OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

1. Introducción

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible entraron en vigor oficialmente el 1 de enero de 2016. Con estos nuevos Objetivos de aplicación universal, en los próximos años los países intensificarán los esfuerzos para poner fin a la pobreza en todas sus formas, reducir la desigualdad y luchar contra el cambio climático garantizando, al mismo tiempo, que nadie se quede atrás.

Las ciudades del mundo ocupan solo el 3% de la tierra, pero representan entre el 60% y el 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono, por lo que el sector de la construcción debe afrontar el reto de mejorar la calidad de vida de las ciudades, sin perjudicar el medioambiente, o minimizando su impacto.

2. Objetivos de desarrollo sostenible

La Organización de Naciones Unidas junto con Organizaciones No Gubernamentales y ciudadanos de todo el mundo desarrollaron 17 ODS, con un total de 169 metas, y crearon una agenda de cambios hasta el año 2030.

A continuación, se indican dichos objetivos:

- Objetivo 1: Fin de la pobreza
- Objetivo 2: Hambre cero
- Objetivo 3: Salud y bienestar
- Objetivo 4: Educación de calidad
- Objetivo 5: Igualdad de género
- Objetivo 6: Agua limpia y saneamiento
- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante
- Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico
- Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructuras
- Objetivo 10: Reducción de las desigualdades.
- Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenible
- Objetivo 12: Producción y consumo responsables
- Objetivo 13: Acción por el clima
- Objetivo 14: Vida submarina
- Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres
- Objetivo 16: Paz, justicia e instituciones sólidas

- Objetivo 17: Alianzas para lograr los objetivos

En función de los objetivos nombrados anteriormente, los que mayor correlación presentan con este estudio son los relacionados con la salud y bienestar (ODS 3), con la industria, innovación e infraestructuras (ODS 9) y con las ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11).

3. Relación del TFG con los ODS

Este estudio está relacionado, principalmente con los siguientes tres objetivos de desarrollo sostenible:

- ODS 3: Salud y bienestar:

La mejora de los dos tramos de estudio de la carretera RM-621 está estrechamente relacionada con el objetivo 3 de "Salud y bienestar", concretamente con la meta 3.6 que busca reducir a la mitad las muertes y lesiones causadas por accidentes de tráfico para el año 2030.

Con la mejora de su consistencia, el cumplimiento de la normativa en casi la totalidad de su diseño, la mejora del firme y la construcción del carril bici, se lograrán condiciones más seguras para los usuarios y por tanto se estará cumpliendo con dicho objetivo.

- ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras

La conexión entre el estudio y el objetivo 9 se enfoca específicamente en la meta 9.1, que establece la necesidad de desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluyendo infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo hincapié en el acceso equitativo y asequible para todos.

Este estudio, que implica mejoras en el trazado del tramo 2 así como la rehabilitación del firme en ambos tramos y la construcción del carril bici en el tramo 1, se relaciona con este ODS ya que busca asegurar la comodidad de los usuarios y proporcionar una infraestructura de mayor calidad y durabilidad.

- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

La relación del presente estudio con este objetivo se centra en la meta 11.2 la cual establece el objetivo de proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público y teniendo en cuenta las necesidades de personas vulnerables, mujeres, niños, personas con discapacidad y personas mayores, para el año 2030.

Al igual que se menciona en los objetivos anteriores, el acondicionamiento de los tramos englobados en este estudio tiene como objetivo mejorar la seguridad de los usuarios, hacerla más asequible y brindarles una mayor comodidad.



4. Bibliografía

Naciones Unidas (2015). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. Consultado en julio de 2023:
[Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible \(un.org\)](https://un.org)



DOCUMENTO N°2 PLANOS

Autor:

Manuel Carrasco Martínez

Tutora:

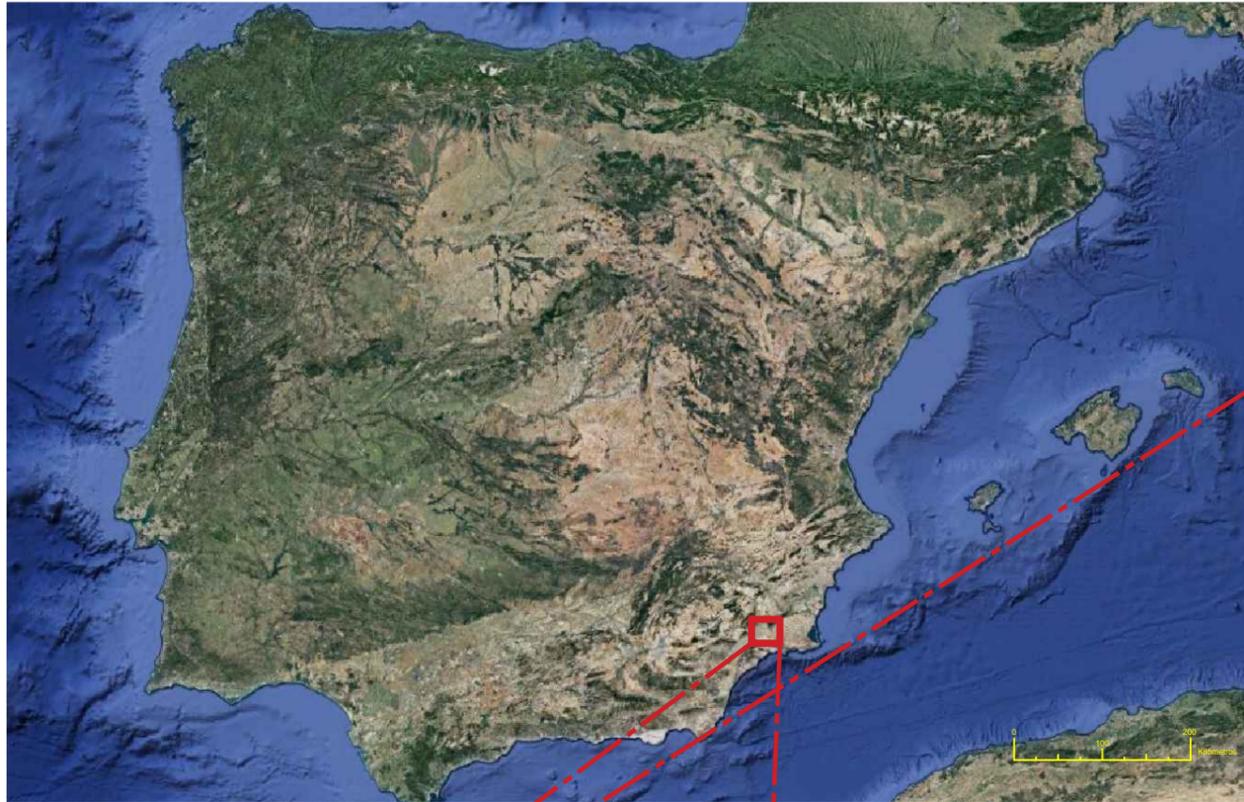
Griselda López Maldonado

Cotutor:

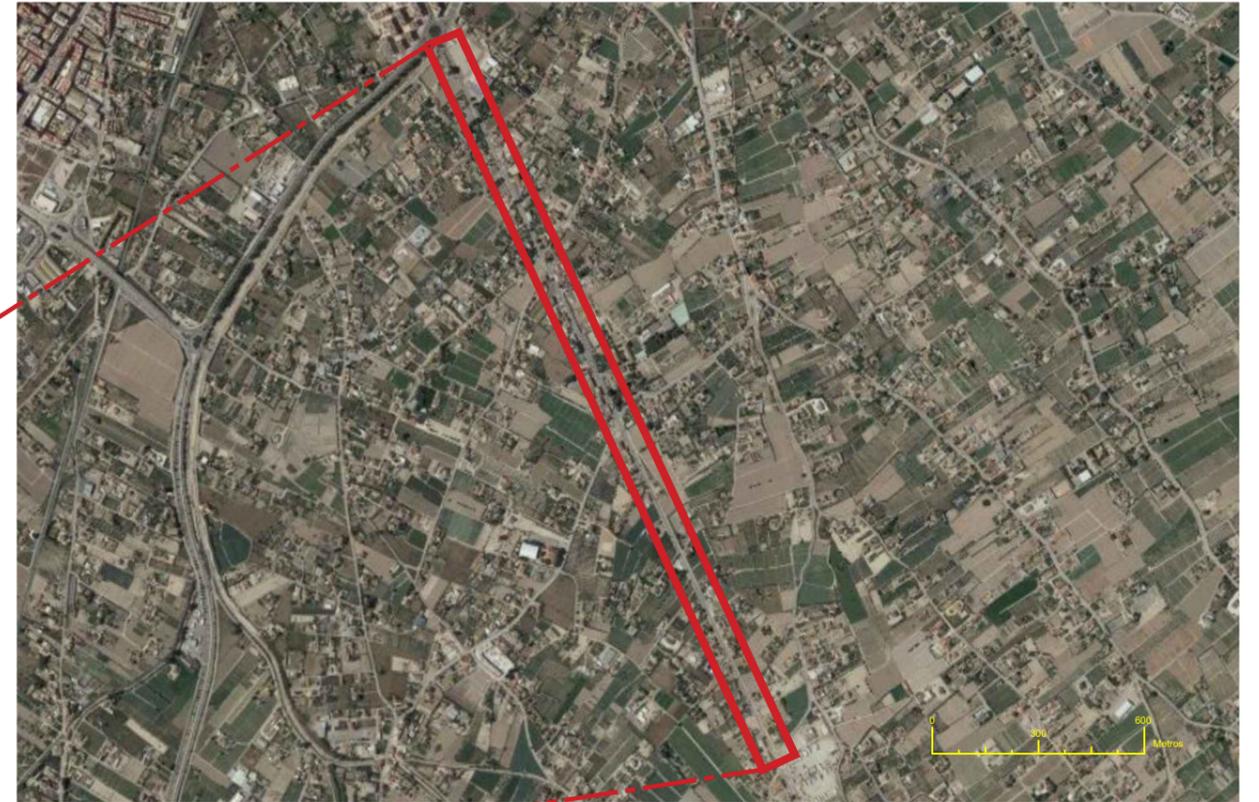
David Llopis Castelló

ÍNDICE

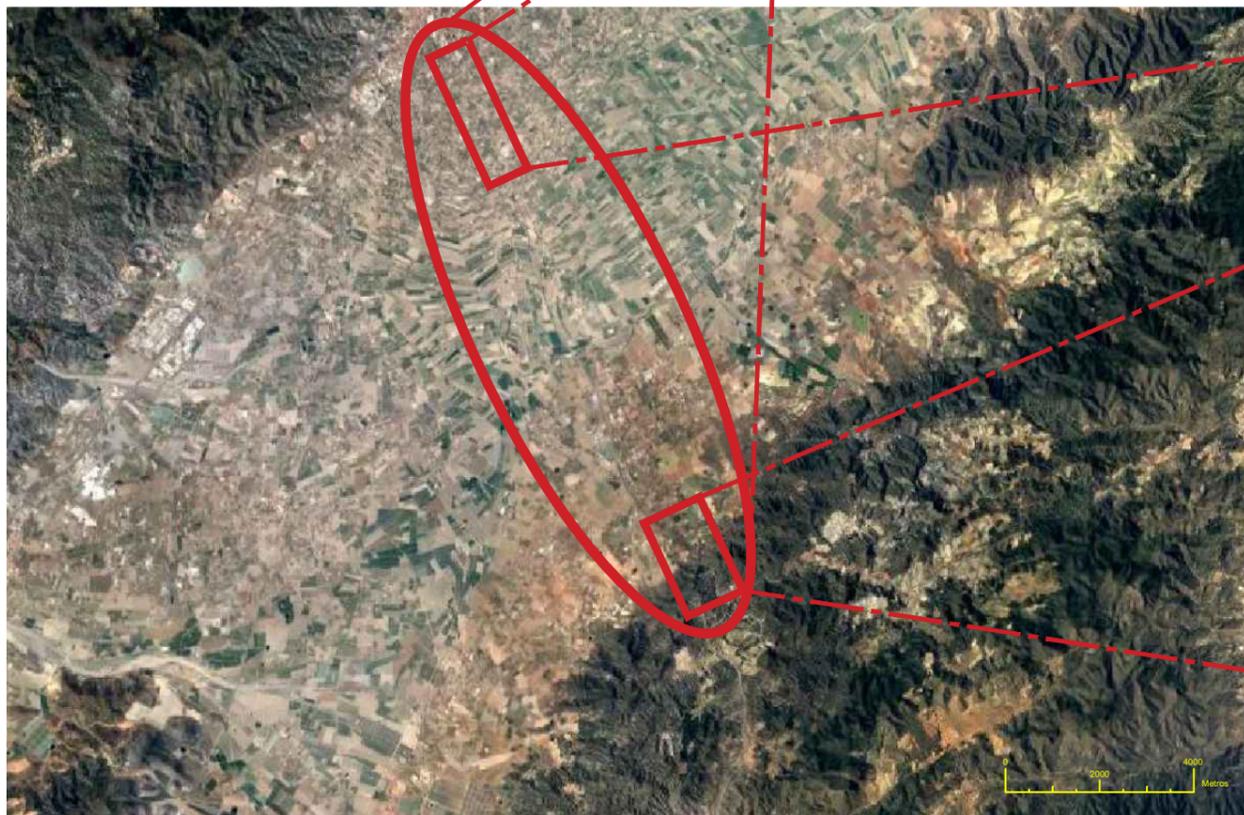
1. LOCALIZACIÓN
 2. PLANTA GENERAL TRAMO 1
 3. PLANTA GENERAL TRAMO 2
 4. PLANTA TRAMO 1
 5. PLANTA-PERFIL TRAMO 1
 6. PLANTA TRAMO 2
 7. PLANTA-PERFIL TRAMO 2
 8. SECCIONES TIPO TRAMO 1
 9. SECCIONES TIPO TRAMO 2
-



ESPAÑA



TRAMO 1



LORCA, MURCIA



TRAMO 2

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: Varias	Título del plano: LOCALIZACIÓN	Plano N°: 1 HOJA 1 DE 1
--	------------------------------------	---------------------------	---	-------------------	-----------------------------------	-------------------------------



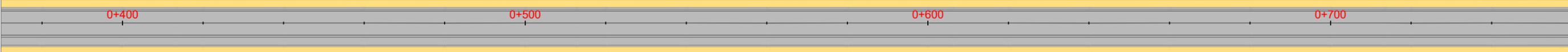
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:9000 	Título del plano: PLANTA GENERAL TRAMO 1	Plano N°: 2 HOJA 1 DE 1
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:8000 	Título del plano: PLANTA GENERAL TRAMO 2	Plano N°: 3 HOJA 1 DE 1
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



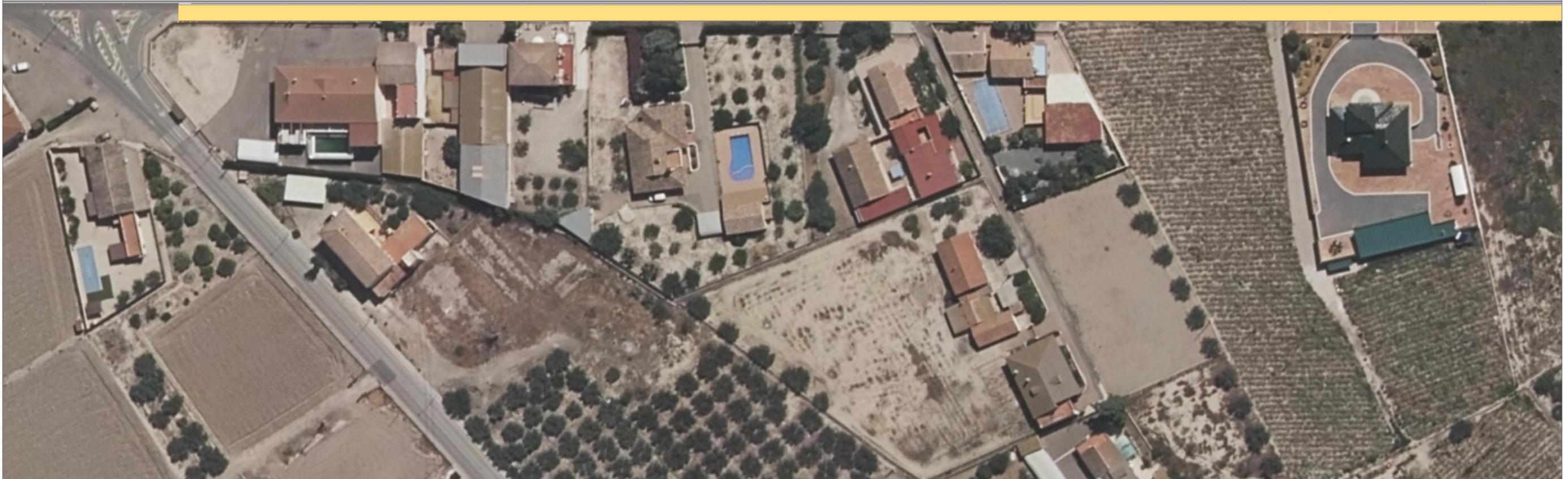
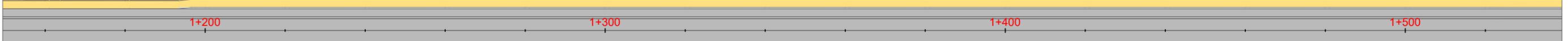
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 1	Plano N°: 4 HOJA 1 DE 6
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



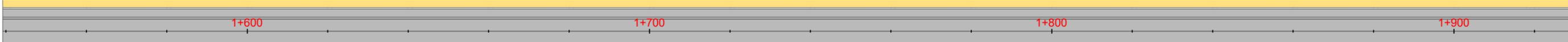
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 1	Plano N°: 5 HOJA 2 DE 6
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 1	Plano N°: 6 HOJA 3 DE 6
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 1	Plano N°: 7 HOJA 4 DE 6
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 1	Plano N°: 8 HOJA 5 DE 6
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-------------------------------

1+539,16

1+928,96



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos

Autor:
Manuel Carrasco Martínez

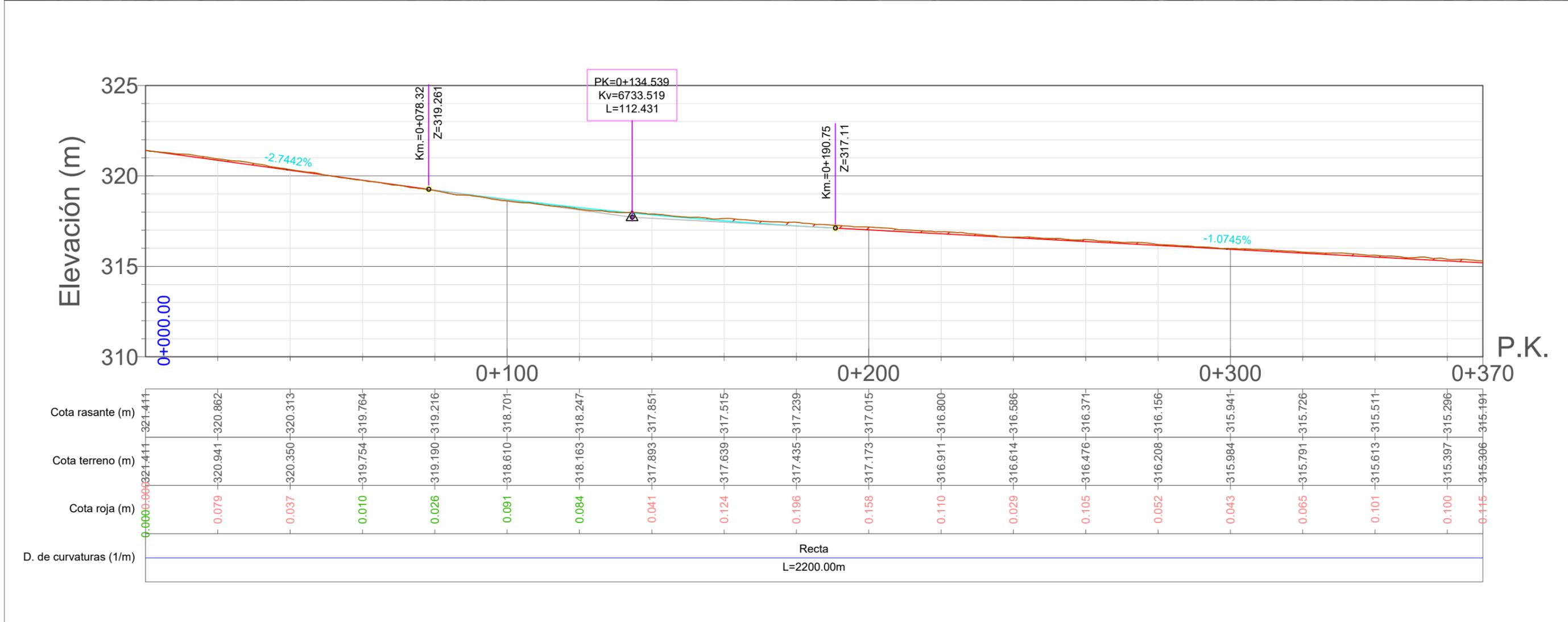
Fecha:
Septiembre 2023

Título:
Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia

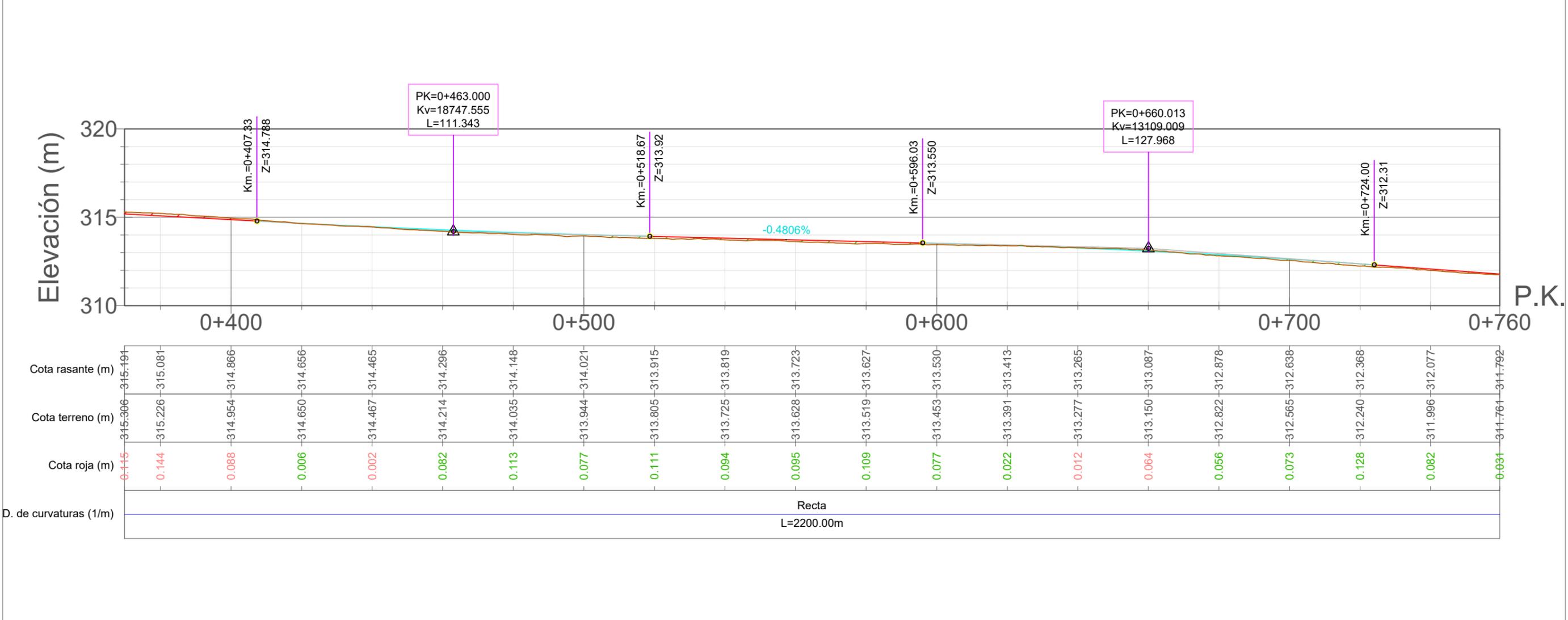
Escala: 1:1000
0 10 20 Metros

Título del plano:
PLANTA GENERAL PROYECTADA
TRAMO 1

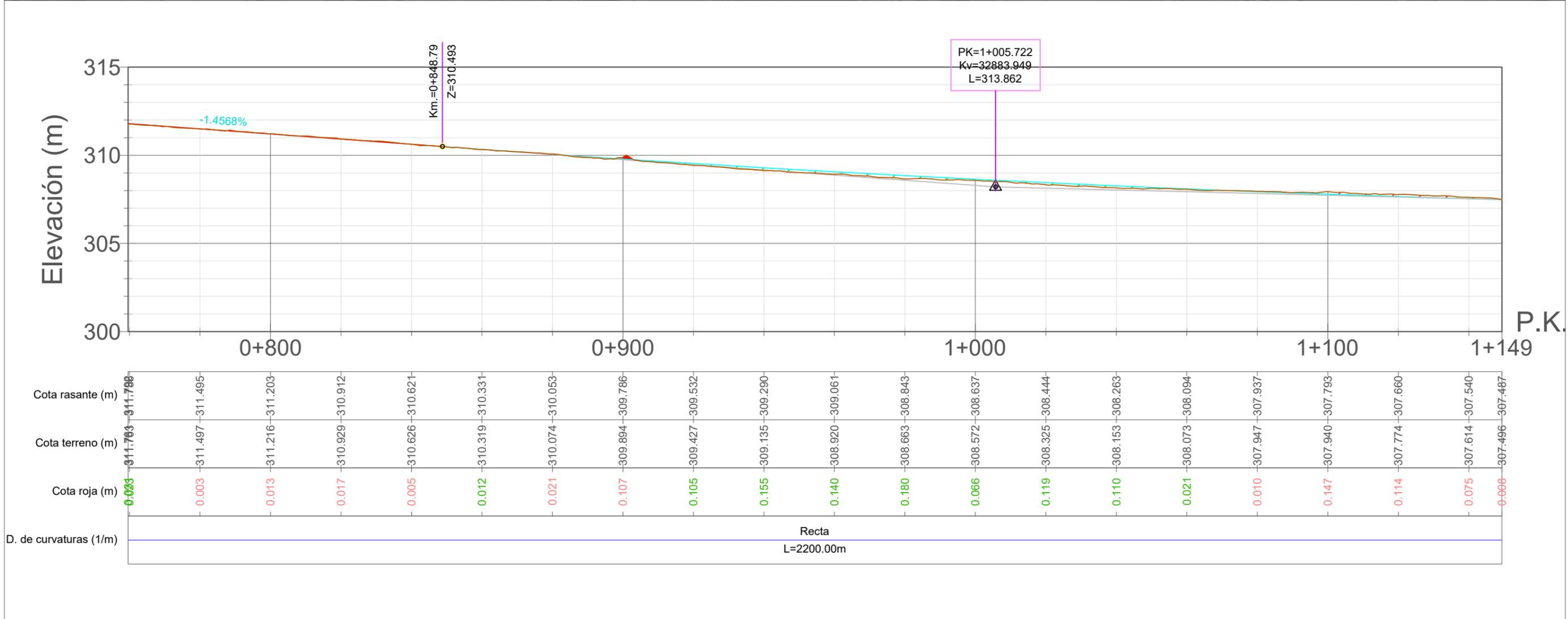
Plano N°:
9
HOJA 6 DE 6



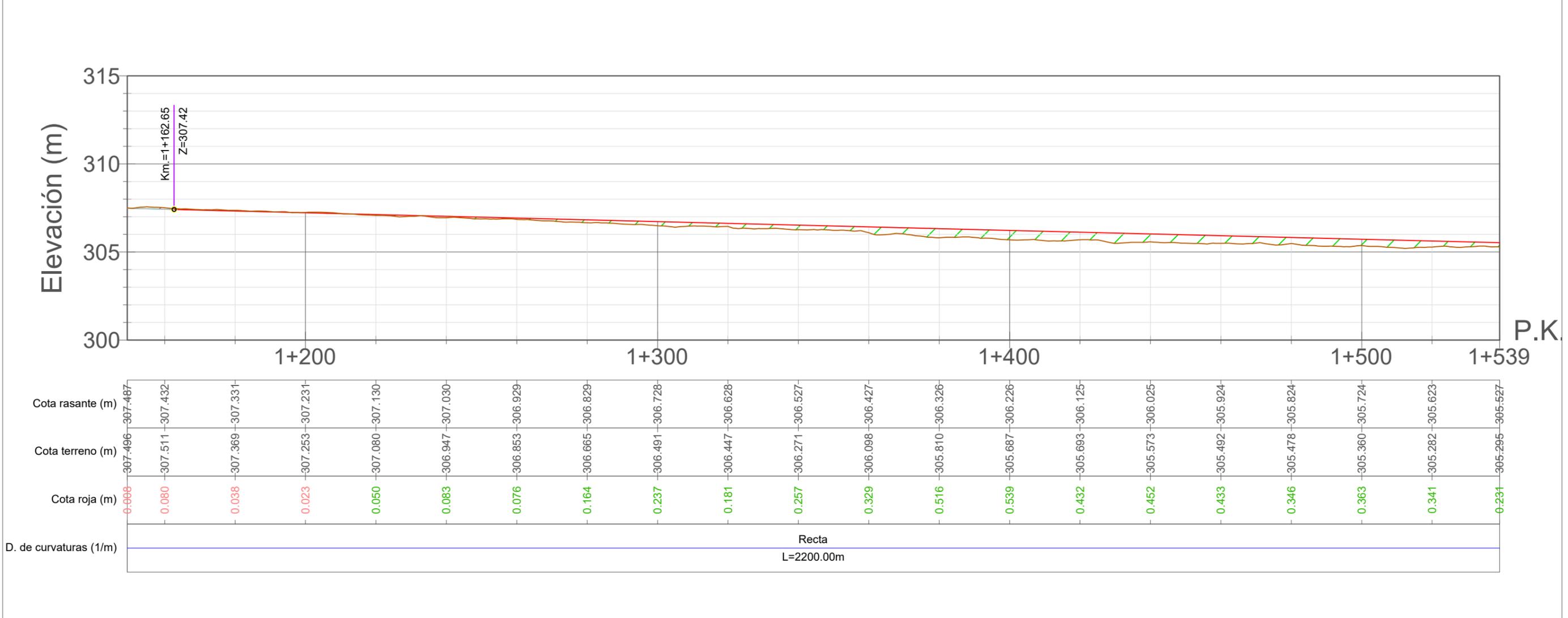
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	Plano N°: 10
	HOJA 1 DE 6					



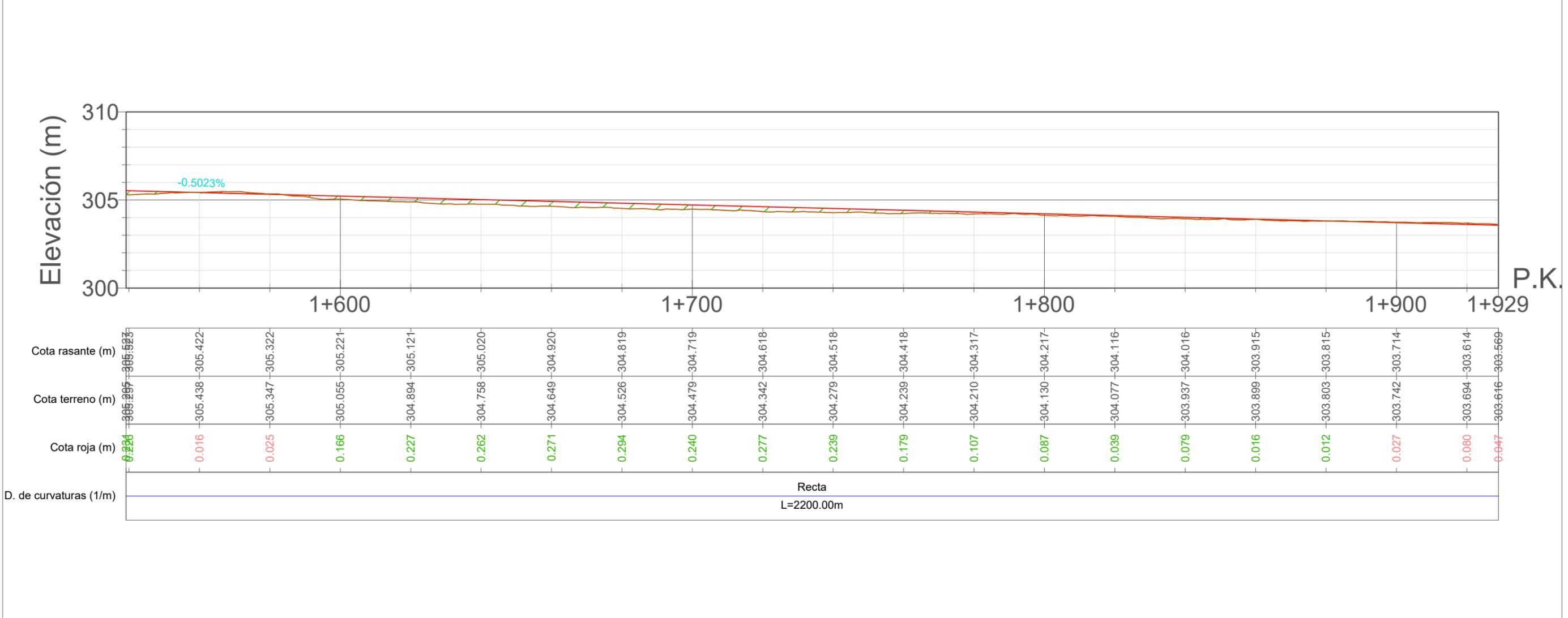
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	Plano N°: 11
	HOJA 2 DE 6					



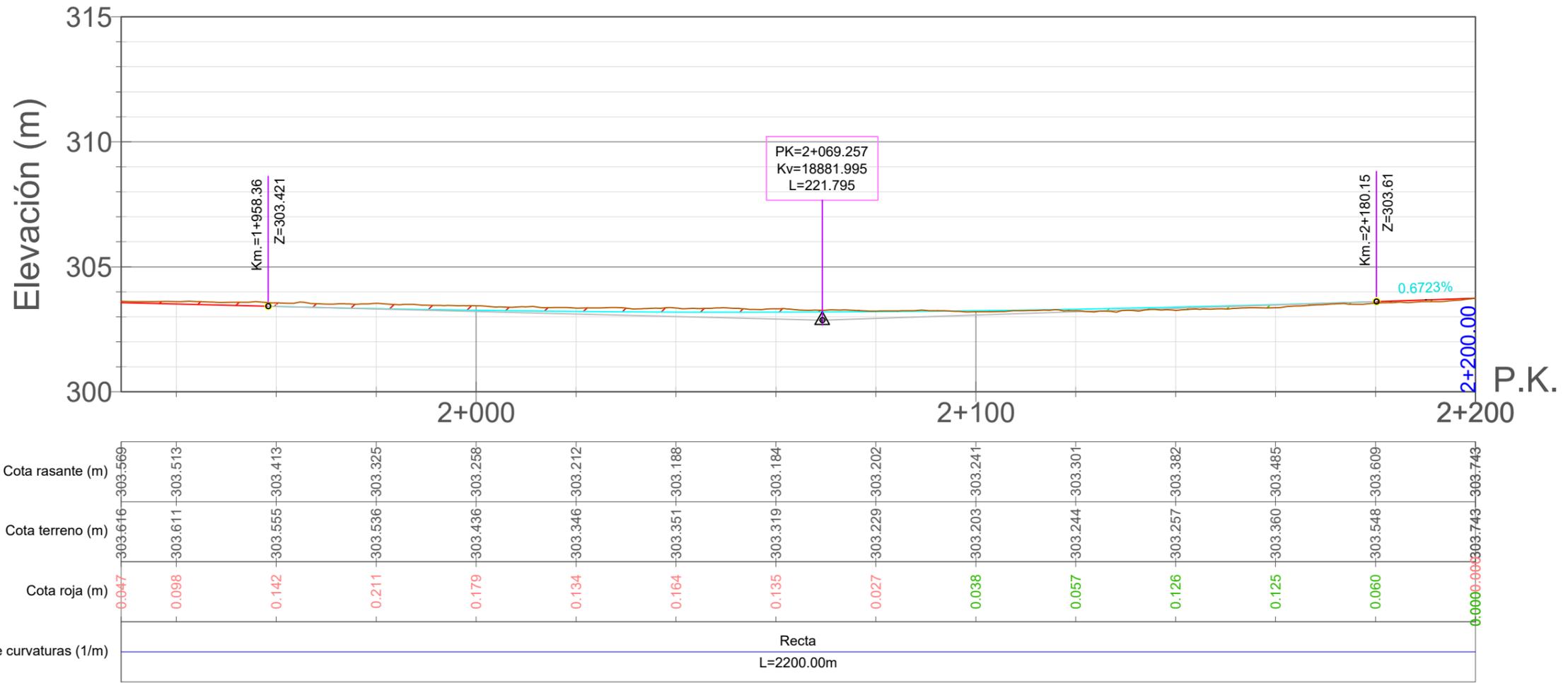
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	Plano N°: 12
						HOJA 3 DE 6



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor:	Fecha:	Título:	Escala: 1:1000	Título del plano:	Plano N°:
	Manuel Carrasco Martínez	Septiembre 2023	Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia		PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	13
						HOJA 4 DE 6



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PERFIL LONGITUDINAL TRAMO 1	Plano N°: 14
						HOJA 5 DE 6





0+369,79

<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos</p>	<p>Autor: Manuel Carrasco Martínez</p>	<p>Fecha: Septiembre 2023</p>	<p>Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia</p>	<p>Escala: 1:1000 </p>	<p>Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 2</p>	<p>Plano N°: 16 HOJA 1 DE 5</p>
---	--	-----------------------------------	---	---	--	---



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 2	Plano N°: 17 HOJA 2 DE 5
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	-----------------------------



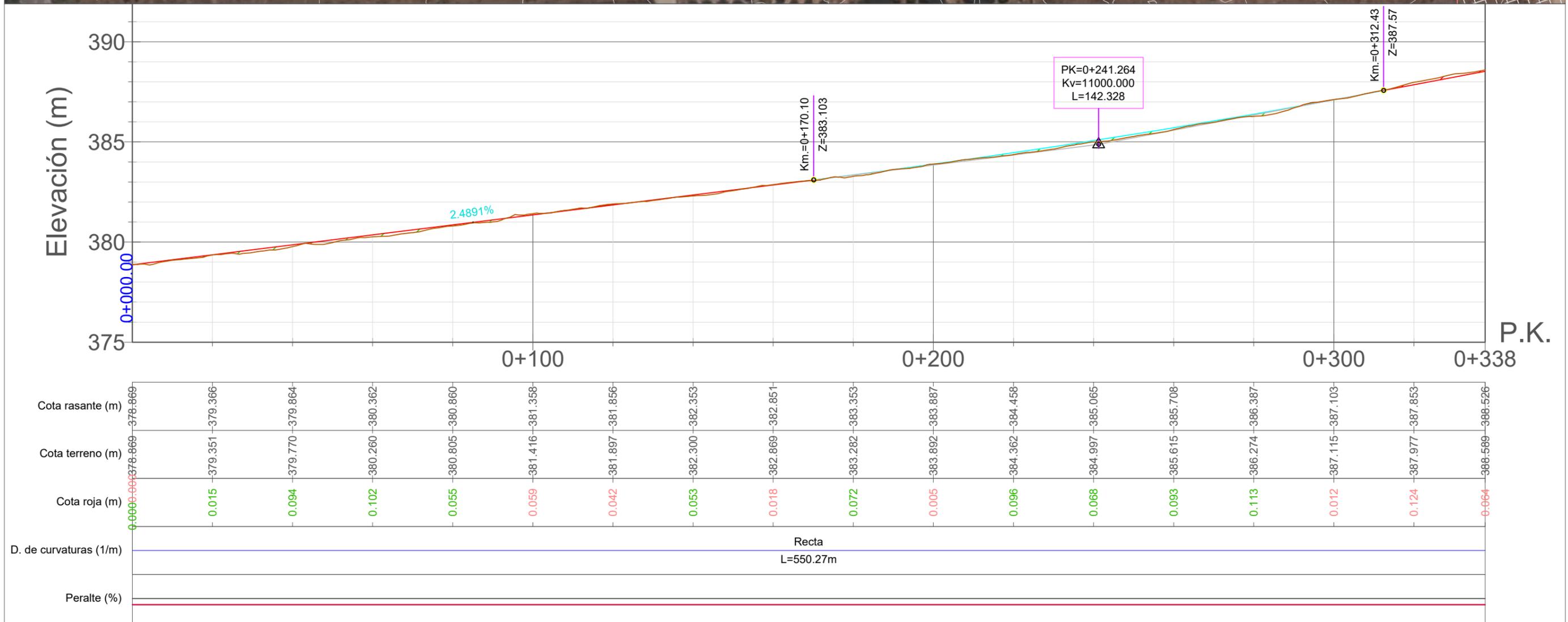
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:1000 	Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 2	Plano N°: 18 HOJA 3 DE 5
--	------------------------------------	---------------------------	---	---	---	--------------------------------

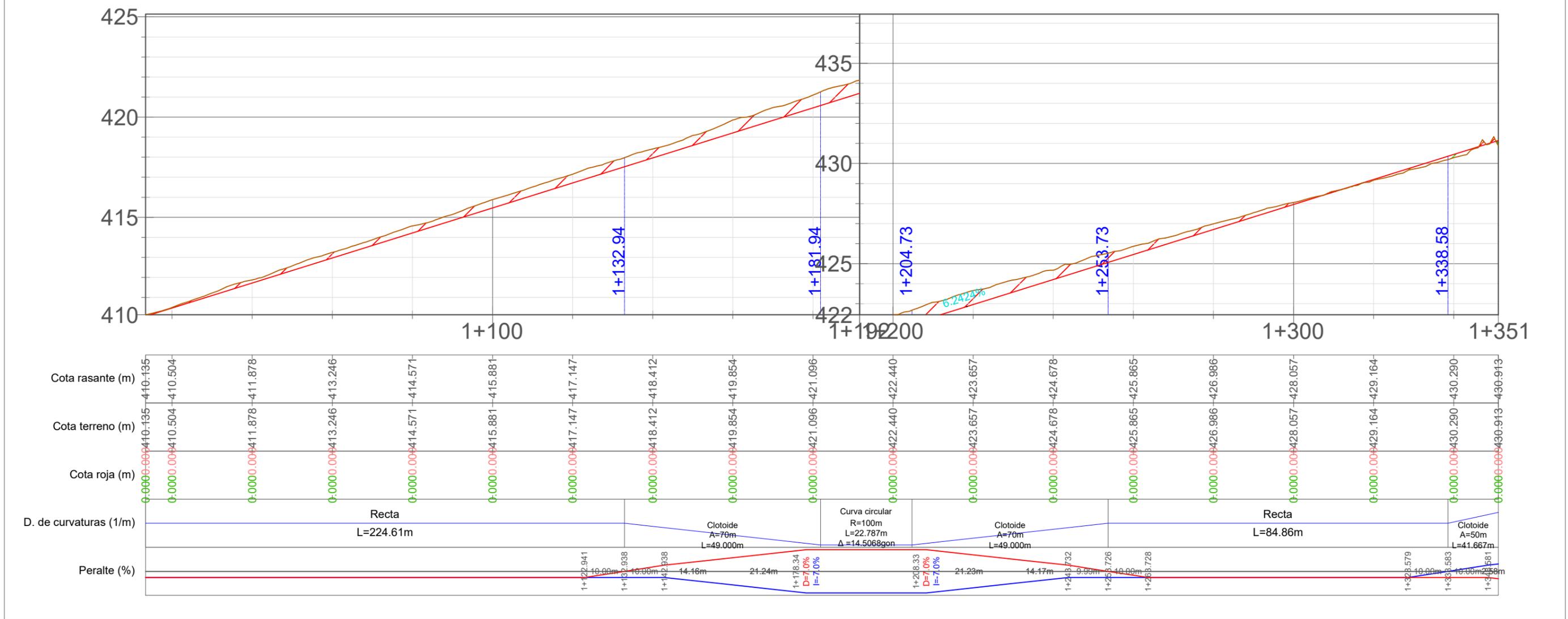


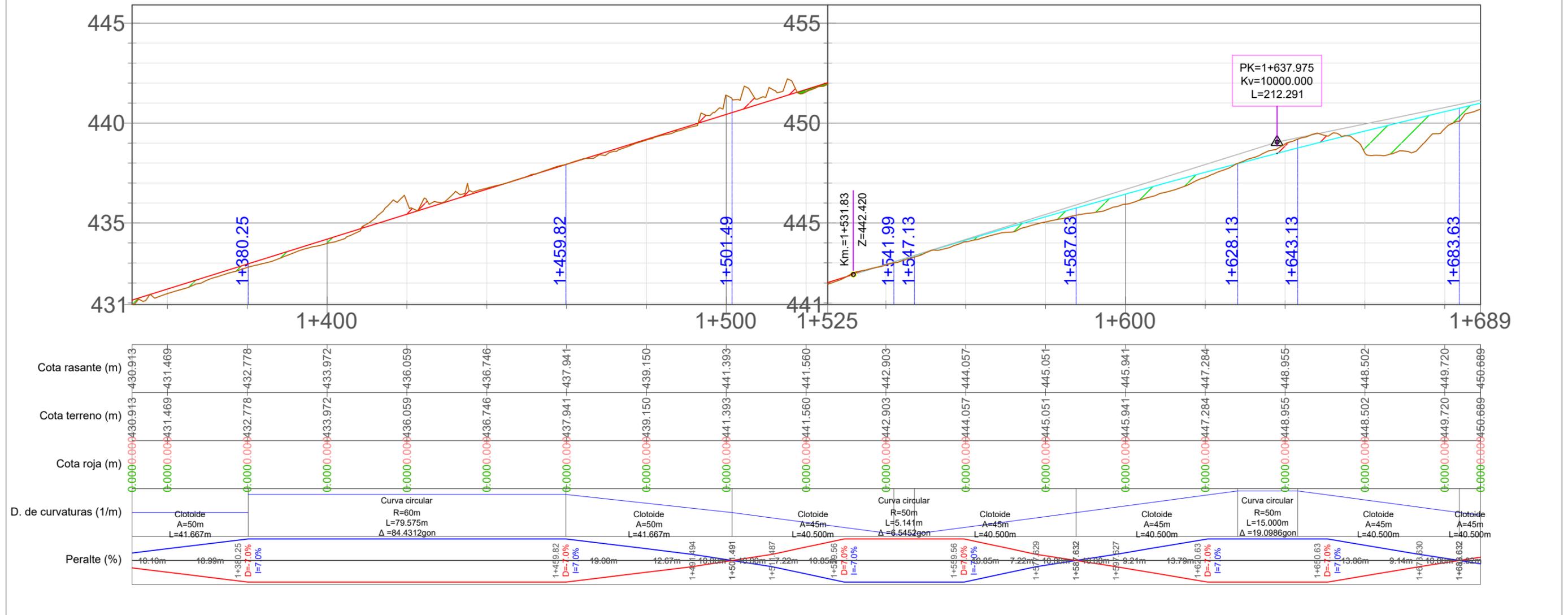
<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos</p>	<p>Autor: Manuel Carrasco Martínez</p>	<p>Fecha: Septiembre 2023</p>	<p>Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia</p>	<p>Escala: 1:1000 </p>	<p>Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 2</p>	<p>Plano N°: 19 HOJA 4 DE 5</p>
---	--	-----------------------------------	---	---	--	---

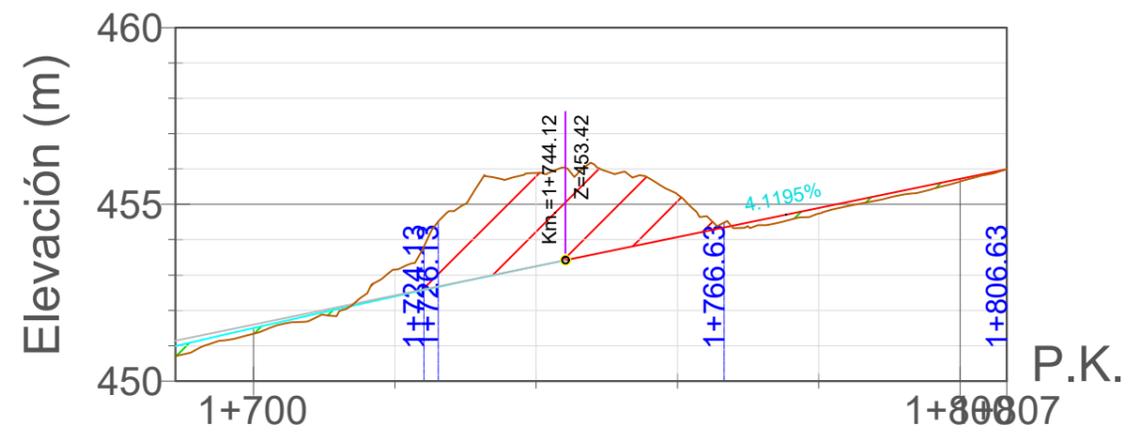
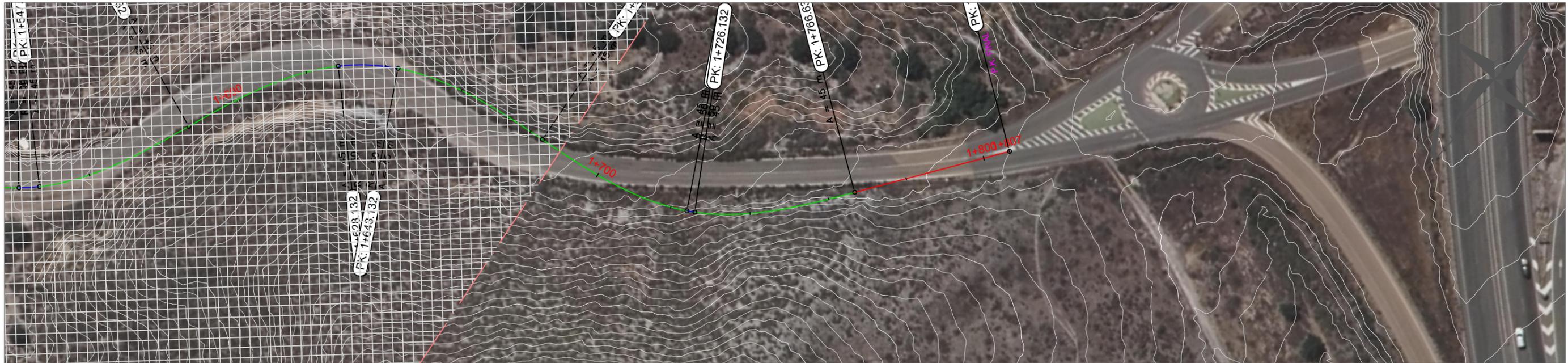


<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos</p>	<p>Autor: Manuel Carrasco Martínez</p>	<p>Fecha: Septiembre 2023</p>	<p>Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia</p>	<p>Escala: 1:1000 </p>	<p>Título del plano: PLANTA GENERAL PROYECTADA TRAMO 2</p>	<p>Plano N°: 20 HOJA 5 DE 5</p>
---	--	-----------------------------------	---	---	--	---



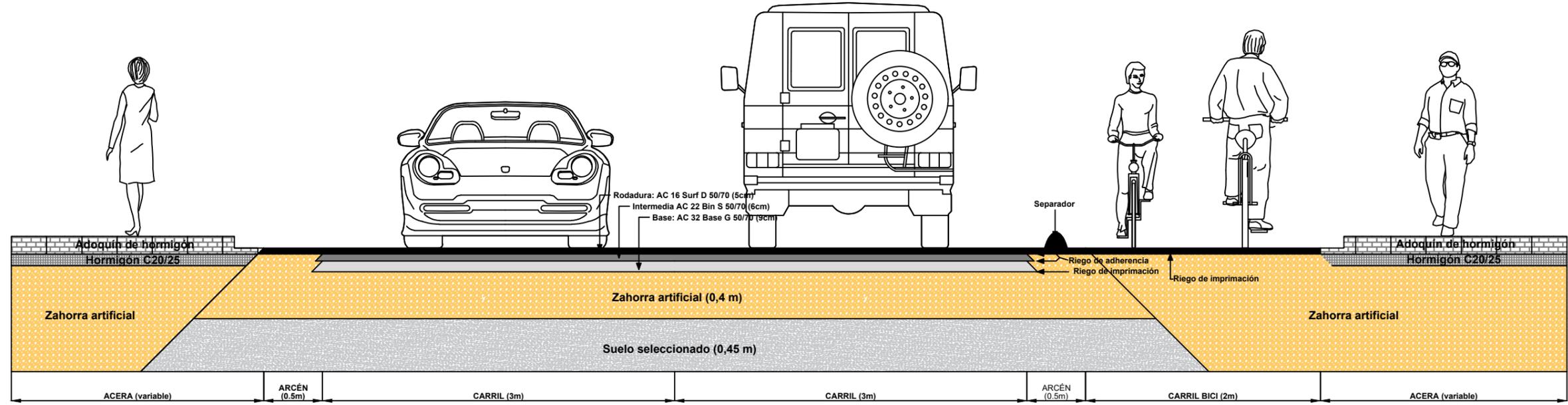




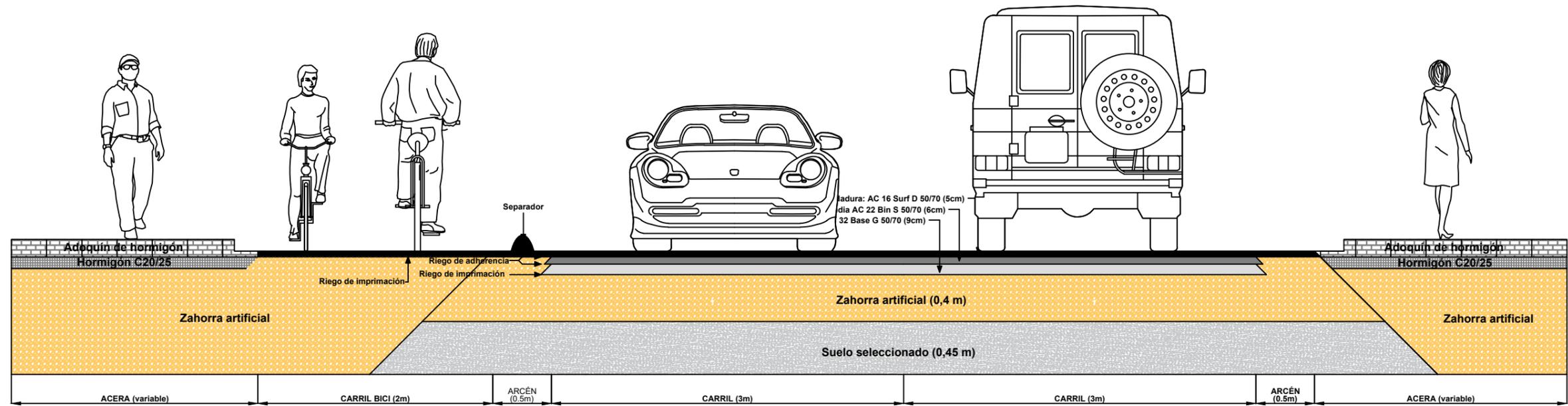


Cota rasante (m)	450.689	451.342	453.157	455.888	455.284	454.740	455.646	455.994
Cota terreno (m)	450.689	451.342	453.157	455.888	455.284	454.740	455.646	455.994
Cota roja (m)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D. de curvaturas (1/m)	Clotoide A=45m L=40.500m		Curva circular R=50m L=2.000m Δ=2.5466gon	Clotoide A=45m L=40.500m		Recta L=40.00m		
Peralte (%)	0.00	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

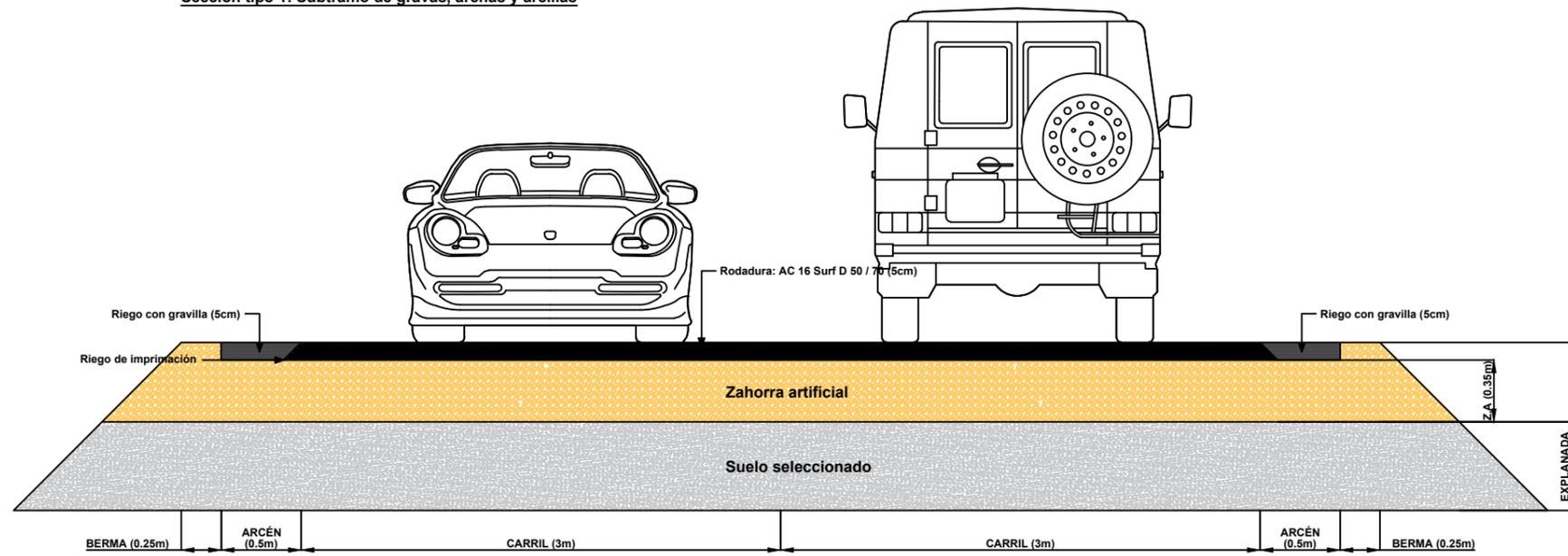
Sección tipo 1: Carril bici en margen derecha



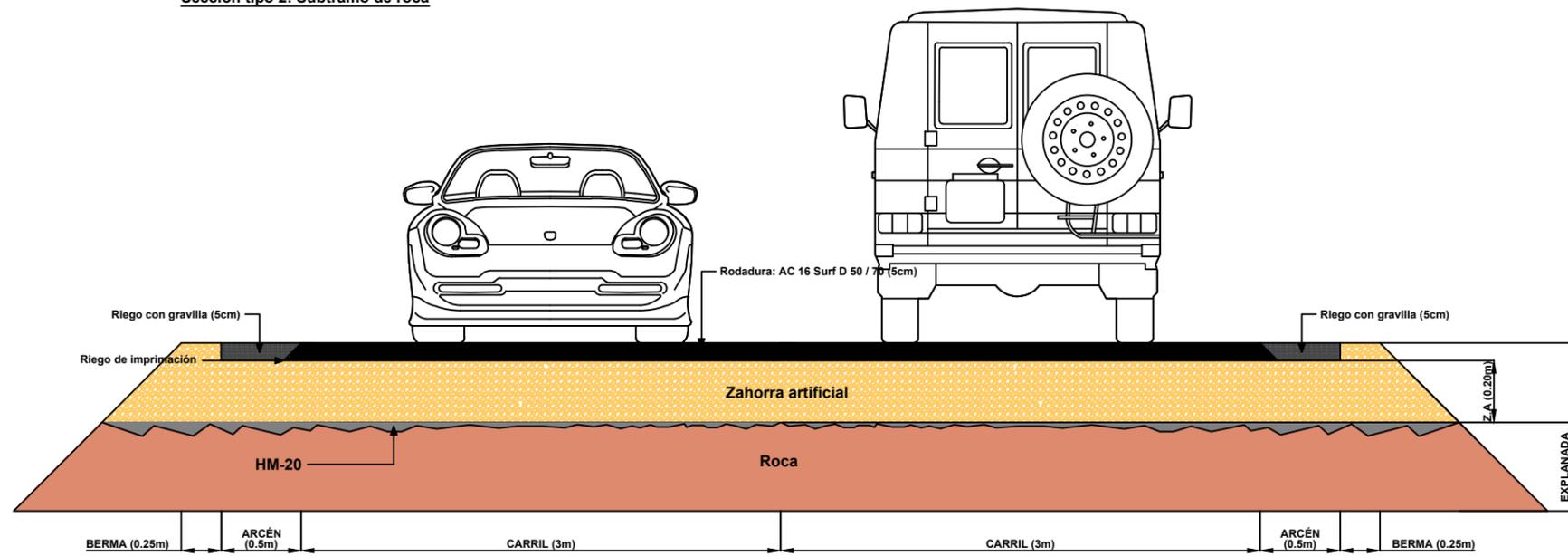
Sección tipo 2: Carril bici en margen izquierda



Sección tipo 1: Subtramo de gravas, arenas y arcillas



Sección tipo 2: Subtramo de roca



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos	Autor: Manuel Carrasco Martínez	Fecha: Septiembre 2023	Título: Estudio para el acondicionamiento de la carretera RM-621 desde el municipio de Lorca (P.K 0+000) hasta el P.K 2+200 y desde el P.K 10+900 hasta el enlace con la carretera RM-11 (P.K 12+800), provincia de Murcia	Escala: 1:40 	Título del plano: SECCIONES TIPO TRAMO 2	Plano N°: 28 HOJA 1 DE 1
--	------------------------------------	---------------------------	---	------------------	---	--------------------------------