



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Estudio para el acondicionamiento y mejora del trazado  
de la carretera CV-35 entre los municipios de Titaguas  
(Valencia) y Aras de los Olmos (Valencia)

---

*Presentado por*

Sánchez Martínez, Marcos

---

*Para la obtención del*

Grado en Ingeniería Civil

*Curso: 2019/2020*

*Fecha: Diciembre 2020*

*Tutor: Ana María Pérez Zuriaga*







## **CONTENIDO:**

### **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

ANEJO Nº1: ESTUDIO DEL TRÁFICO  
ANEJO Nº2: TRAZADO GEOMÉTRICO  
ANEJO Nº3: ESTUDIO DE CONSISTENCIA

### **DOCUMENTO Nº2: PLANOS**

### **DOCUMENTO Nº3: RELACIÓN VALORADA**





## DOCUMENTO Nº1: MEMORIA





## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES .....	11
2. OBJETO DEL PROYECTO .....	11
3. LOCALIZACIÓN .....	11
4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	12
4.1. ANÁLISIS DEL TRÁFICO .....	12
4.1.1 Cálculo de la IMD .....	12
4.1.2. Nivel de servicio.....	13
4.2. ANÁLISIS DEL TRAZADO.....	14
4.2.1. Trazado en Planta .....	15
4.2.2. Trazado en Alzado .....	18
4.3. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL FIRME .....	19
4.4. ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL.....	21
5. CONDICIONANTES .....	25
5.1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO .....	25
5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	26
5.3. HIDROLOGÍA.....	27
5.4. OTROS CONDICIONANTES.....	31
5.4.1. Vías pecuarias .....	31
5.4.2. Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA).....	32
5.4.1. Senderos y Rutas BTT .....	33
6. PROPUESTA DE MEJORA .....	33
6.1. TRAZADO DE LA CARRETERA .....	34
6.1.1. Trazado en Planta .....	34
6.1.2. Diagrama de curvaturas .....	38
6.1.3. Trazado en Alzado .....	38
6.1.4 Coordinación planta-alzado.....	40
6.2. FIRMES Y PAVIMENTOS.....	40
6.2.1. Dimensionamiento de la explanada.....	40
6.2.2. Dimensionamiento del firme.....	41
6.2.3. Elección de la mezcla bituminosa.....	43
6.2.4. Aplicación de riegos.....	44
6.2.5. Propuesta de solución .....	44
6.2.6. Aprovechamiento del firme existente.....	45
6.3. DRENAJE .....	45
7. RELACIÓN VALORADA .....	48







## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1: Situación del tramo en estudio de la carretera CV-35.....	11
Figura 2: IMD 2018 tramo 035060 de la carretera CV-35 .....	12
Figura 3: Tramo CV-35 entre Titaguas y Aras de los Olmos .....	15
Figura 4: Ángulo acumulado para la tramificación de la carretera.....	16
Figura 5: Diagrama de Curvaturas CV-35 entre las poblaciones de Titaguas y Aras de los Olmos.. .....	16
Figura 6: Representación del trazado en alzado de la rasante del tramo y del terreno natural. Altura, en eje de ordenadas; Longitud, en eje de abscisas.....	18
Figura 7: Desperfectos del firme en el tramo de la carretera CV-35 sobre el PK 7+400 .....	20
Figura 8: Reparación del firme mediante parcheado sobre el PK 6+700 del tramo. ....	20
Figura 9: Tramo de la carretera CV-35 de reciente construcción. ....	21
Figura 10: Velocidad de Operación (V85) en el tramo objeto de estudio. ....	23
Figura 11: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para V85. Trazado actual.....	24
Figura 12: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para Vp. Trazado actual.....	24
Figura 13: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para V85. Trazado modificado .....	25
Figura 14: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para Vp. Trazado modificado .....	25
Figura 15: Zonificación del tramo de la CV-35. En amarillo, carretera CV-35, en verde claro, zona rural común, en verde oscuro, zona rural protegida.....	26
Figura 16: Mapa geológico del emplazamiento de la carretera en estudio. ....	27
Figura 17: Datos anuales de temperatura y precipitación en el tramo de carretera de la CV-35... .....	28
Figura 18: ODT barranco de Raga y de la Hoya del Tuerto .....	28
Figura 19: ODT barranco de la Tejería (Izquierda) y de las Tejerías (Derecha).....	29
Figura 20: ODT barranco del Regajo.....	29
Figura 21: Desechos acumulados aguas arriba de una ODT .....	30
Figura 22: Zona con riesgo de inundación de peligrosidad geomorfológica, en rojo .....	30
Figura 23: Vías pecuarias en rojo; Cordel Nº14, a la izquierda y Cordel de la Covatilla, a la derecha.....	31
Figura 24: ZEPA Alto Turia y Sierra del Negrete .....	32
Figura 25: Señalización de senderos y rutas BTT .....	33
Figura 26: Modificación en planta entre P.K. 0+850 y 1+100 del tramo actual.....	35
Figura 27: Modificación en planta entre P.K. 1+700 y 2+300 del tramo actual.....	35



Figura 28: Modificación en planta entre P.K. 4+700 y 5+000 del tramo actual.....	36
Figura 29: Modificación en planta entre P.K. 5+800 y 6+200 del tramo actual.....	37
Figura 30: Ángulo acumulado para la tramificación de la carretera. Izquierda: Actual. Derecha: Modificado .....	38
Figura 31: Diagrama de Curvaturas CV-35 entre las poblaciones de Titaguas y Aras de los Olmos tras las modificaciones en alzado.....	38
Figura 32: Modificación en alzado entre P.K. 0+800 y 1+100 del tramo actual. Marcas verticales cada 5 metros y marcas horizontales cada 100 metros.....	39
Figura 33: Zonas térmicas estivales.....	43
Figura 34: Tramo de la carretera CV-35 de reciente construcción .....	45
Figura 35: Cuneta "tipo V" revestida de hormigón y colector transversal existente actualmente. ....	46

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Incrementos de tráfico a utilizar en estudios.....	13
Tabla 2: IMD y % pesados años Puesta en Servicio y Horizonte .....	13
Tabla 3: Criterios de Nivel de Servicio.....	14
Tabla 4: Longitudes mínimas y máximas recomendables de alineaciones rectas .....	16
Tabla 5: Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada y de adelantamiento en una carretera C-40. ....	19
Tabla 6: Formación de la explanada. Espesores en centímetros .....	41
Tabla 7: Categorías de tráfico pesado T3 y T4 .....	42
Tabla 8: Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 en función de la categoría de explanada. Espesores en centímetros.....	42
Tabla 9: Espesor de capas de mezcla bituminosa, en centímetros.....	44
Tabla 10: Sección de firme 3221 .....	44





## 1. ANTECEDENTES

El siguiente documento recoge los datos analizados para el estudio de un tramo del final de la carretera CV-35, también conocida como la Pista de Ademuz, situado entre las poblaciones de Titaguas y Aras de los Olmos, en la comarca de Los Serranos, en el interior de la provincia de Valencia. Esta carretera es gestionada por la Generalitat Valenciana, puesto que es de titularidad autonómica, y tiene su comienzo al noroeste de la ciudad de Valencia y finaliza en límite provincial de Valencia y Castilla-La Mancha, entre las poblaciones de Aras de los Olmos (Valencia) y Santa Cruz de Moya (Cuenca).

El tramo objeto de estudio tiene una longitud total de 8,595 kilómetros con inicio a la salida de población de Titaguas y fin a la entrada de la población de Aras de los Olmos y está situado en una zona de montaña, por lo que presenta una orografía con bastante sinuosidad. Dicho tramo presenta en, prácticamente, toda su longitud, una calzada de alrededor de 6 metros que carece de arcones, así como de línea central divisoria de carriles, exceptuando en un subtramo de un kilómetro aproximadamente de reciente construcción que presenta las características que se pretenden conseguir en este estudio. Al encontrarse emplazado en una zona de valor turístico, se observa una clara diferencia de tráfico entre los días laborables y festivos, aumentado el tráfico los fines de semana y temporadas vacacionales. Además, existe gran diferencia entre el estado y las características del tramo objeto de este estudio y el resto de la carretera CV-35, lo que ha servido de motivación para la realización de este estudio.

## 2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente trabajo es analizar el tráfico actual y el estado en que se encuentra el trazado actualmente del tramo de carretera objeto de este estudio para el posterior acondicionamiento y adaptación a la normativa actual de la manera más viable posible desde el punto de vista técnico-económico, funcional, social y medioambiental. Con las mejoras efectuadas sobre el tramo, se conseguirán objetivos de adecuación a la normativa vigente, lo que conllevará un aumento de la seguridad y la comodidad de los usuarios de la vía. Por último, se pretende alcanzar una continuidad de características en la carretera CV-35, puesto que el tramo estudiado no se corresponde con las características que presenta la carretera CV-35 en tramos anteriores.

## 3. LOCALIZACIÓN

En la Figura 1 se muestra la situación del tramo de carretera analizado en el plano de España, la localización en la provincia de Valencia y su emplazamiento dentro de la comarca de Los Serranos.



Figura 1: Situación del tramo en estudio de la carretera CV-35. (Fuente: Institut Cartogràfic Valencià).



El tramo de estudio de la carretera CV-35 se encuentra localizado al noroeste de la provincia de Valencia, perteneciente a la Comunidad Valenciana, comunidad autónoma española que se encuentra situada al este de la península Ibérica. Este tramo discurre dentro de los términos municipales de Titaguas y de Aras de los Olmos, pertenecientes a la comarca de Los Serranos. El tramo objeto de este estudio se emplaza en una zona montañosa muy próxima al río Turia, lo que le proporciona cierto interés turístico y una orografía muy particular que propicia la práctica de ciclismo deportivo en épocas vacacionales.

## 4. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

### 4.1. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

#### 4.1.1 Estimación de la IMD

Para realizar el análisis del tráfico en el tramo de estudio, se ha realizado un aforo manual en el mes de febrero de 2020 en el P.K. inicial del tramo, a la salida de la localidad de Titaguas, en la carretera CV-35.

Debido a que en este tramo solo se disponen datos de una estación de aforo de cobertura y estas estaciones tan solo aforan alrededor de 3 o 4 veces al año durante 24 horas en día laborable y no contemplan como varía el tráfico semanalmente, es necesario contrastar la información obtenida de dicho aforo mediante una estación de aforo primaria próxima, que permita expandir los datos obtenidos con el fin de calcular la intensidad media diaria (IMD) anual con mayor precisión, mediante los factores de estacionalidad (L) y de festivos (S). La estación de aforo primaria afín a la estación de cobertura del tramo de estudio está referenciada con el número 035060 y se encuentra situada en el P.K. 51+300 de la misma carretera de este estudio, tal y como puede observarse en la Figura 2. La información utilizada es recogida de las memorias anuales de aforos de 2018 de la Generalitat Valenciana.

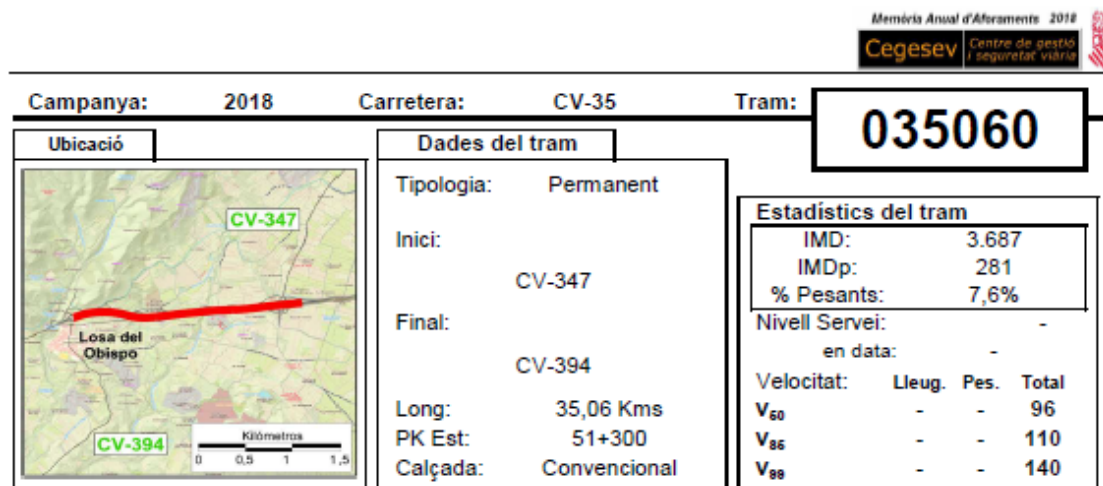


Figura 2: IMD 2018 tramo 035060 de la carretera CV-35 (Fuente: <http://www.politicaterritorial.gva.es>)

Puesto que no se dispone de los datos actualizados de la estación de aforo primaria que puedan representar con mayor exactitud el comportamiento del tráfico en el tramo de carretera objeto de este estudio, se actualizará la IMD indicada en la memoria anual de aforamiento de 2018 publicada por la Generalitat Valenciana de esta estación afín al año actual. Para ello utilizamos los incrementos anuales indicados en la Orden FOM/3317/2010 por parte del Ministerio de Fomento (Tabla 1).



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

Tabla 1: Incrementos de tráfico a utilizar en estudios (Fuente: Orden FOM/3317/2010)

De esta forma, mediante la siguiente expresión, obtenemos que la IMD de la estación afín para el año actual son:

$$IMD_{i+x} = IMD_i * 1,0144^x$$

Donde:

i = Año del que la IMD es conocida.

x = Diferencia de años entre el año que queremos conocer y el año en que se conoce la IMD.

IMD Año actual estación afín → IMD2020 = 3.794 vh/día

Tras la obtención de este dato y mediante relaciones entre el aforo manual y la estación de aforo permanente, se calcula la IMD del año actual (2020) en el tramo de estudio y su resultado es de 569 vh/día, con un porcentaje de pesados del 9%.

Mediante la expresión utilizada anteriormente para actualizar la IMD de la estación afín al año 2020, obtenemos la IMD para el año de puesta en servicio (2023) y el año horizonte (2043) con sus respectivos porcentajes de pesados, tal y como se observa en la Tabla 2.

	IMD (vh/día)	%pesados
<b>Puesta en servicio (2023)</b>	594	9%
<b>Año horizonte (2043)</b>	790	9%

Tabla 2: IMD y % pesados años Puesta en Servicio y Horizonte

En el Anejo 1: Estudio del tráfico se pueden contemplar todos los cálculos, así como un análisis más detallado de lo que corresponde al tráfico del tramo objeto de este estudio.

#### 4.1.2. Nivel de servicio

Para conocer y analizar el nivel de servicio de la carretera actual se emplea la metodología del Highway Capacity Manual, o Manual de Capacidad, en su versión 2016.

A partir de los datos de la IMD obtenida en el apartado anterior de este informe y debido a la ausencia de datos actualizados de la estación afín para poder extrapolar el aforo tomado manualmente, se establece una aproximación del 10% de la IMD para obtener la Intensidad Horaria de Proyecto (IHP).

Para calificar cuantitativamente el tráfico en ambos sentidos de la carretera, se han utilizado los datos del aforo manual realizado en 3 días (dos en fin de semana y uno laborable) del mes de febrero de 2020 durante 2 horas. Del análisis del aforo manual podemos destacar que el sentido dominante en cuanto al tráfico varía en función del día de la semana, estando muy compensado en ambos sentidos durante toda la semana, exceptuando el domingo en el que el sentido decreciente de P.K. es el que recibe mayor tráfico en las horas de mayor demanda.

El cálculo del nivel de servicio se extiende a todo el tramo debido a que se trata de un tramo de características muy similares en toda su longitud, por lo que puede considerarse uniforme a lo largo del mismo. Para su cálculo se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se considera un terreno ondulado debido a que se trata de una carretera situada en un paraje montañoso.





- El tramo es considerado de Clase II, ya que se trata de una carretera interurbana por la cual los conductores no esperan viajar necesariamente a velocidades elevadas.
- El aforo manual realizado para medir el tráfico en cada sentido se localiza en el P.K. inicial del tramo en sentido creciente, a la salida de la población de Titaguas, y se considera un reparto del tráfico de 50/50 por sentido, y un porcentaje de adelantamiento del 11% para el sentido creciente y un 8% para el sentido decreciente.

Al considerarse una carretera de Clase II, únicamente será necesario verificar el parámetro de porcentaje de tiempo en cola (PTSF).

A través de los condicionantes anteriores y mediante los criterios de indicados en la Tabla 3, se calcula que el parámetro PTSF para el año actual (2020) en el sentido creciente de P.K. corresponde a un nivel de servicio A con un 15,25 % y en el sentido decreciente de P.K. se obtiene un nivel de servicio A con un 13,73 %. Para el año de puesta en servicio (2023) en el sentido creciente de P.K. corresponde a un nivel de servicio A con un 15,46 % y en el sentido decreciente de P.K. se obtiene un nivel de servicio A con un 13,95 %. Por último, para el año horizonte (2043) se calcula un PTSF en el sentido creciente de P.K. correspondiente a un nivel de servicio A con un 17,13 % y en el sentido decreciente de P.K. se obtiene un nivel de servicio A con un 15,61 %.

Nivel de Servicio	Clase I		Clase II	Clase III
	ATS (mi/h)	PTSF (%)	PTSF (%)	PFFS (%)
A	$ATS > 55$	$PTSF \leq 35$	$PTSF \leq 40$	$PFFS > 91,7$
B	$55 > ATS \geq 50$	$50 \geq PTSF > 35$	$40 \geq PTSF > 55$	$91,7 > PFFS \geq 83,3$
C	$50 > ATS \geq 45$	$65 \geq PTSF > 50$	$55 \geq PTSF > 70$	$83,3 > PFFS \geq 75,0$
D	$45 > ATS \geq 40$	$80 \geq PTSF > 65$	$70 \geq PTSF > 85$	$75,0 > PFFS \geq 66,7$
E	$ATS \leq 40$	$PTSF > 80$	$PTSF > 85$	$PFFS \leq 66,7$

Tabla 3: Criterios de Nivel de Servicio (Fuente: Manual de uso del HCM, Cap. 15)

Estos porcentajes promedio representan el tiempo total de viaje que presentan los vehículos más lentos debido a la incapacidad de adelantar en una carretera de dos carriles. Un alto porcentaje conlleva baja libertad de maniobra, comodidad y confort en los viajes.

#### 4.2. ANÁLISIS DEL TRAZADO

En este apartado se muestran los resultados que se han obtenido de realizar un análisis del trazado geométrico en el tramo de la carretera CV-35 objeto de este estudio.

En primer lugar, para conocer las características geométricas actuales del tramo a reacondicionar, se realizó un modelo del trazado mediante la aplicación informática AutoCAD Civil 3D y a través del apoyo de otros softwares de tratamiento de superficies como Atudesk, ReCap y QGis. El objetivo de esta modelización era conseguir el estado de alineaciones del trazado actual para comprobar el cumplimiento de la Norma 3.1-IC Trazado de la instrucción de Carreteras redactada por el Ministerio de Fomento, puesto que es la normativa vigente en el ámbito de carreteras.

A través del análisis de los parámetros relacionados con el trazado geométrico, se permite detectar incoherencias con la normativa anteriormente mencionada, con el objeto de actuar sobre estos de forma eficiente en su mejora, incidiendo de manera objetiva en la seguridad nominal del tramo mencionado en este estudio.

En el Anejo 2: Trazado geométrico se muestra con más detalle los cálculos relacionados con el análisis del trazado geométrico actual.



#### 4.2.1. Trazado en Planta

El trazado en planta se compone por rectas, curvas circulares y curvas de transición o clotoides combinados entre ellos.

A través del análisis realizado en el tramo estudio, se observa que dicho tramo se encuentra limitado por las poblaciones de Titaguas y Aras de Olmos (Figura 3), respectivamente en sentido creciente de P.K. y se deduce de manera evidente el sentido de los radios de curvatura de las alineaciones curvas que limitan las alineaciones rectas.

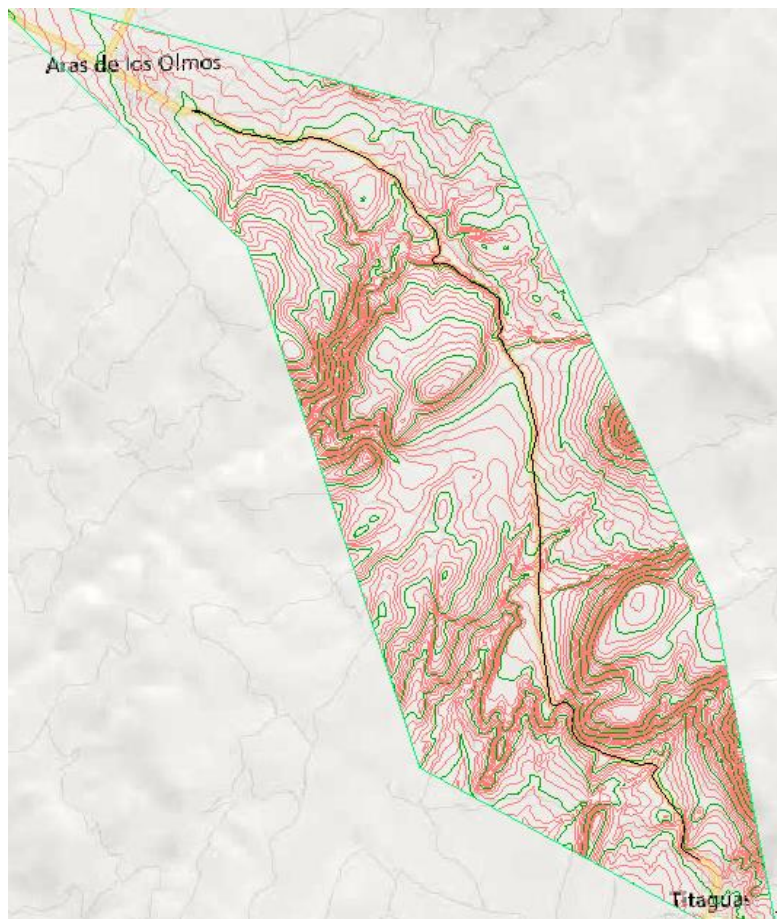


Figura 3: Tramo CV-35 entre Titaguas y Aras de los Olmos (Fuente: Autocad Civil 3D 2020).

Para el tramo estudiado se ha adoptado una tipología de vía C-40, según la vigente Norma 3.1-IC de trazado, debido a la sinuosidad característica que presenta una carretera de montaña como esta. Con este dato y en función de la norma vigente antes mencionada, se deduce que en dicho tramo de la CV-35 la velocidad de proyecto es de 40 km/h y se mantiene constante a lo largo del mismo exceptuando el tramo entre los P.K. 2+500 y 4+000 aproximadamente, donde la velocidad de proyecto será de 90 km/h. En la Figura 4 se muestra el ángulo acumulado en el tramo estudiado, donde se pueden observar los subtramos con las diferentes velocidades de proyecto de 40 km/h en azul y 90 km/h en rojo. El tramo intermedio donde la velocidad de proyecto es de 90 km/h es de actual construcción en el ámbito de carreteras, por lo que se ha analizado que cumple la normativa y no será necesaria su modificación y adaptación a la normativa, quedando exento de cualquier cálculo de trazado en este estudio.



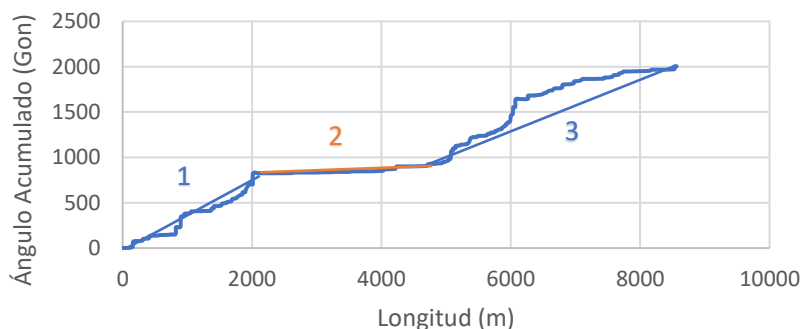


Figura 4: Ángulo acumulado para la tramificación de la carretera (Fuente: Elaboración propia).

#### 4.2.1.1. Diagrama de curvaturas

En este apartado se muestra el resultado del diagrama de curvaturas actual que presenta el tramo de la carretera CV-35 que se está analizando para la realización de este informe.

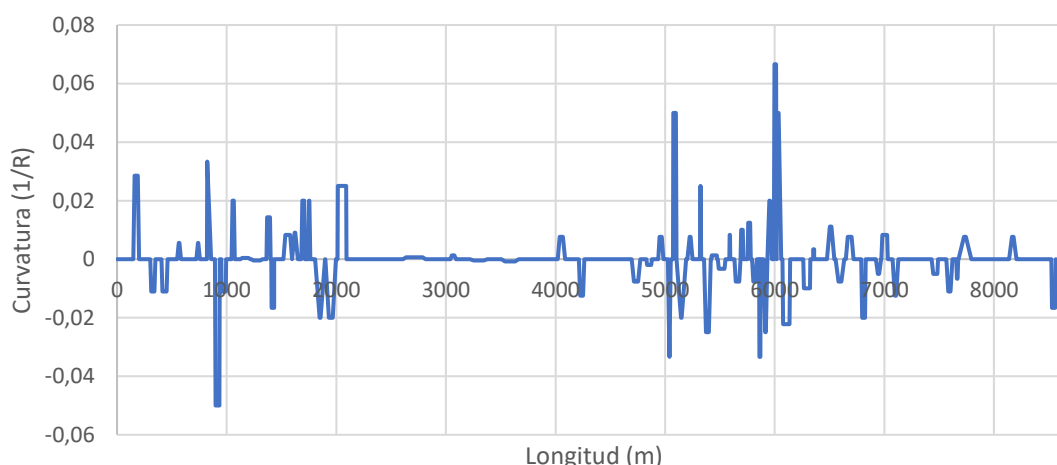


Figura 5: Diagrama de Curvaturas CV-35 entre las poblaciones de Titaguas y Aras de los Olmos (Fuente: Elaboración propia).

#### 4.2.1.2. Alineaciones rectas

Las alineaciones rectas están limitadas conforme se indica en la normativa de trazado. Dichos elementos están condicionados por una longitud máxima, cuyo objetivo es la eliminación de problemas derivados del cansancio, deslumbramientos y excesos de velocidad; y por una longitud mínima, cuyo objetivo es la adaptación de los conductores a la vía y su comodidad.

Estas dos limitaciones son variables dependientes de la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) establecida para la vía, cuyo valor es el máximo definido por la curva de menor radio, determinando la velocidad a la que pueden circular los vehículos con total seguridad en todo el tramo.

	Tramo 1 y 3 ( $V_p=40$ km/h)	Tramo 2 ( $V_p=90$ km/h)
<b>Lmin,s</b>	55,60 m	125,10 m
<b>Lmin,o</b>	111,20 m	250,20 m
<b>Lmax</b>	668 m	1.503 m

Tabla 4: Longitudes mínimas y máximas recomendables de alineaciones rectas (Fuente: Elaboración propia).



En la Tabla 4 se indican las longitudes máximas y mínimas recomendables para las alineaciones rectas en una carretera del tipo C-40, para evitar los problemas descritos al principio del apartado.

A través del análisis del Estado de Alineaciones obtenido del trazado actual del tramo de carretera objeto de este estudio, se comprueba que, de un total de 64 tramos rectos, 45 no cumplen con los criterios indicados en la Tabla 1.

#### **4.2.1.3. Curvas circulares**

Las curvas circulares están caracterizadas por su radio, cuyo valor mínimo es el que determina la velocidad de proyecto de un tramo de carretera. El radio mínimo de una curva circular viene determinado en función de cuatro parámetros:

- El peralte en su punto medio.
- El coeficiente de rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada que presenta la recta en toda su longitud.
- El radio de la circunferencia que define el eje del trazado en planta.

Algunos de estos parámetros están condicionados en gran parte por agentes externos al diseño geométrico, como pueden ser la velocidad de circulación de los conductores, las condiciones climáticas o el estado del pavimento. Por este motivo, la actual Instrucción de Carretera (Norma 3.1-IC) define los parámetros y valores que deben considerarse para el diseño de alineaciones curvas, para así acotar el efecto de estos agentes externos. En ella se indica los radios mínimos a adoptar en función de la velocidad, los valores de peralte en función del radio y el coeficiente de rozamiento transversal máximo movilizado correspondiente a una determinada velocidad específica.

Según indica la norma anteriormente citada, estos parámetros se relacionan mediante la siguiente expresión:

$$V^2 = 127 \cdot R \cdot \left( f_t + \frac{p}{100} \right)$$

Donde:

- V = Velocidad de la curva circular (km/h).
- R = Radio de la circunferencia que define el eje del trazado en planta (m).
- $f_t$  = Coeficiente de rozamiento transversal movilizado.
- p = Peralte (%).

Esta expresión justifica la relación existente entre la velocidad de proyecto y el radio de una curva circular para su diseño, por lo tanto, estableciendo una velocidad de proyecto se obtendrá un valor de radio mínimo adecuado para el diseño de una curva circular. Así pues, para el tramo en estudio, cuya velocidad de proyecto se establece en 40 km/h, se corresponde con un  $f_{tmax}$  de 0.180, un radio mínimo de 50 m y un  $p_{max}$  con valor del 7 %.

Como en el caso de las alineaciones rectas, a través del análisis del Estado de Alineaciones obtenido del trazado actual del tramo de carretera objeto de este estudio, se comprueba que, de un total de 63 curvas circulares, 13 no cumplen la condición de radio mínimo establecido para una carretera C-40.

#### **4.2.1.4. Curvas de transición o clotoides**

Se caracterizan por ser el elemento de unión entre las rectas y las curvas circulares. Son un elemento imprescindible para asegurar una circulación segura, regular y uniforme de los usuarios de la vía. Las clotoides vienen definidas por la siguiente expresión:

$$R \cdot L = A^2$$

Siendo:

- R = Radio de curvatura en un punto cualquiera.
- L = Longitud de la curva entre su punto de inflexión y el punto de radio R.



A = Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

De la relación anterior se deduce que, el parámetro A de la clotoide está relacionado con el radio y su longitud, obteniéndose de ahí sus valores mínimos y máximos.

Continuando de la misma manera que se ha realizado con las alineaciones rectas y las curvas circulares, a través del análisis del Estado de Alineaciones, se comprueba que todas las clotoides son simétricas y que de 124 totales, únicamente cumplen la normativa 6 de ellas.

#### 4.2.2. Trazado en Alzado

El trazado en alzado se caracteriza por estar constituido por rasantes con inclinación uniforme y curvas de acuerdo verticales. En la Figura 6 se representa el trazado en alzado del tramo en estudio. Esta figura también está representada en el plano N° 2 Planta y Perfil. Actual.

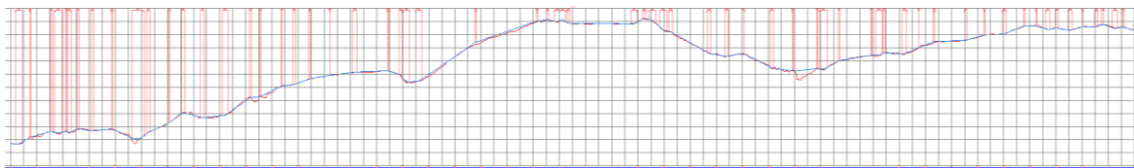


Figura 6: Representación del trazado en alzado de la rasante del tramo y del terreno natural. Altura, en eje de ordenadas; Longitud, en eje de abscisas. (Fuente: Elaboración propia).

Puesto que el tramo de la carretera CV-35 al que se refiere este estudio se corresponde con una C-40 con una velocidad de proyecto de 40 km/h, la Norma 3.1. – IC indica que la inclinación máxima alcanzable por la rasante es del 7%, pudiendo alcanzar una inclinación excepcional del 10% mediante justificación.

Para definir un valor mínimo, la norma arriba mencionada indica que la inclinación de la rasante no será menor que cinco décimas por ciento (0,5%), pudiendo llegar a alcanzarse un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento (0,2%) mediante justificación descrita. Además, la Norma 3.1.-IC también indica que no se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, con la inclinación máxima establecida para cada velocidad de proyecto (Vp) y clase de carretera, cuya longitud supere tres mil metros y que no se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, cuyo tiempo de recorrido, a la velocidad de proyecto (Vp), sea inferior a diez segundos (longitud medida entre vértices consecutivos).

En el análisis de alzado se comprueba que en el trazado actual 5 rasantes superan la inclinación máxima del 7% impuesta por la norma, aunque 4 de ellas cumplen la norma excepcionalmente no alcanzando el 10% impuesto por la norma, y 6 rasantes no alcanzan la inclinación mínima permitida del 0,5%, aunque 4 de ellas cumplen la norma excepcionalmente superando el 0,2% impuesto por la norma. Además, no existen rampas ni pendientes que superen los tres mil metros, por lo que se cumple con la segunda condición que impone la Norma 3.1 IC mencionada en el párrafo anterior.

En cuanto a la última indicación impuesta por la norma, se calcula la distancia que, a velocidad de proyecto, puede recorrerse en diez segundos mediante la ecuación de la velocidad promedio (Velocidad = Espacio/Tiempo), obteniéndose un valor de 111,12 metros, distancia mínima que deben tener las rasantes entre acuerdos verticales. Mediante este valor y a través del análisis realizado del trazado en alzado se comprueba que 25 rampas y pendientes cumplen la normativa, pero existen 40 elementos que no cumplen dicha norma.

Los acuerdos verticales, permiten llevar a cabo una transición gradual entre la pendiente de entrada y la pendiente de salida. Estos elementos favorecen a la comodidad de los usuarios de la vía y de forma considerable a la visibilidad en el sentido de la marcha, tanto para la intuición de la continuidad del trazado como de vehículos y obstáculos.



Las consideraciones que se deben analizar para el cumplimiento de la normativa en el caso de los acuerdos verticales son las siguientes:

- Consideraciones de percepción visual:

Para conseguir reunir unas condiciones apropiadas de percepción visual, la longitud de la curva de acuerdo debe cumplir que  $L \geq V_p$ , por lo tanto, en el tramo objetivo, la longitud de los acuerdos debe ser superior a 40 metros para cumplir con la Norma 3.1.-IC. En el análisis, se comprueba que 51 acuerdos verticales de un total de 64 no cumplen la norma mencionada por lo que respecta las consideraciones de percepción visual.

- Consideraciones de visibilidad:

Atendiendo a las consideraciones de visibilidad se obtienen unos parámetros  $K_v$  de los acuerdos verticales, que serán examinados para el tramo de carretera estudiado de acuerdo con la Norma 3.1.-IC.

ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
Kv Parada (m)	Kv Adelant. (m)	Kv Parada (m)	Kv Adelant. (m)
250	300	760	2.400

Tabla 5: Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada y de adelantamiento en una carretera C-40.

En la Tabla 5 se indican los valores mínimos del parámetro  $K_v$  en consideración de la visibilidad para una velocidad de proyecto de 40 km/h. Como el tramo de carretera de la CV-35 sobre el que se está realizando este estudio no cuenta con línea de separación central prácticamente en la totalidad de su longitud, exceptuando el tramo de reciente construcción sobre el que no se realiza ninguna actuación, por lo que en la actualidad se entiende que se puede adelantar en el resto del tramo, se analiza que todos los parámetros de los acuerdos verticales convexos exceptuando nueve de ellos y la totalidad de los acuerdos verticales cóncavos no cumplen con la normativa por lo que respecta la visibilidad de adelantamiento. En función de la visibilidad de parada, el análisis realizado de los parámetros de los acuerdos verticales establece que un acuerdo convexo y once acuerdos cóncavos no cumplen con la instrucción de carreteras vigente.

#### 4.3. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL FIRME

En este apartado se va a realizar un análisis del estado actual del firme indicando la conveniencia de actuar sobre éste mediante su rehabilitación o su total reconstrucción.

El análisis del estado del firme se ha realizado de mediante una inspección visual detallada del mismo y de aquellos aspectos de su entorno que puedan tener influencia en su estado, tales como el tipo de explanación (desmonte, terraplén o media ladera), las condiciones de drenaje (cunetas, desagües, obras de drenaje transversal, etc.) y la capacidad de soporte de la explanada y del terreno que la sustenta.

A partir de los datos obtenidos por la inspección visual realizada, se determina que el firme presenta diversas deficiencias en gran parte de la totalidad del tramo, como baches de grandes dimensiones a causa de roturas de la capa de rodadura, grandes superficies de pavimento fisuradas con la patología conocida como "piel de cocodrilo" producida por la fatiga de la mezcla bituminosa debida al uso y envejecimiento del firme, agrietamientos longitudinales definidos por deformaciones permanentes de la explanada así como diferentes resaltos en los bordes de la calzada producidos por levantamientos del firme a causa de las raíces de árboles de grandes dimensiones. En la Figura 7 pueden observarse algunos de estos desperfectos.





Figura 7: Desperfectos del firme en el tramo de la carretera CV-35 sobre el PK 7+400 (Fuente: Elaboración propia)

Además, tal y como se observa en la Figura 8, existen zonas donde el firme ha sido rehabilitado mediante parcheados de grandes baches y sellado de juntas producidas por el agrietamiento del firme para evitar la progresión de las patologías mencionadas anteriormente.



Figura 8: Reparación del firme mediante parcheado sobre el PK 6+700 del tramo. (Fuente: Elaboración propia)

En la Figura 9 se observa el subtramo del tramo de carretera objeto de este estudio, comprendido entre los P.K. 2+600 y 3+600, el cual se considera un tramo de reciente construcción donde el firme dispone de unas características óptimas para continuar con su explotación sin ser necesaria ninguna actuación sobre el pavimento. En el resto del tramo, el firme será totalmente sustituido y renovado según lo estipulado en el apartado 6.2 Firmes y pavimentos de este mismo informe.





Figura 9: Tramo de la carretera CV-35 de reciente construcción. (Fuente: Elaboración propia)

Al tratarse de un estudio académico y debido al mal estado general que presenta el firme a través del análisis visual realizado, no se ha ejecutado ninguna campaña de auscultación superficial ni estructural del pavimento.

#### 4.4. ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL

En este apartado se realiza un análisis de la seguridad vial del tramo de carretera estudiado mediante la determinación de las deficiencias existentes en el trazado actual, con el objetivo de ofrecer las soluciones óptimas para cada una de las imperfecciones encontradas, solventando los problemas de seguridad y confort que presenta la vía.

Este análisis se realiza a través de la evaluación de la consistencia, a través de los criterios locales y globales, y mediante la determinación del número de accidentes estimados que son susceptibles de ocurrir en el tramo de carretera actual en los próximos diez años. Por último se analiza la distancia de visibilidad en relación con la distancia de parada necesaria.

Para la realización del análisis de la consistencia, en primer lugar es necesario calcular el perfil de velocidades de operación (V85) del trazado actual para ambos sentidos de circulación (Figura 10) y, posteriormente, proceder al cálculo de los criterios de consistencia local y global mediante su formulación correspondiente para determinar el grado de consistencia para cada uno de los criterios. Estos valores definen diferentes zonas del tramo de carretera donde la consistencia es buena, aceptable o pobre en función del intervalo al que pertenezcan estos valores, determinando la adecuación del trazado de la carretera a las expectativas de los conductores.

Para el cálculo de las velocidades de operación de los diferentes elementos del trazado en planta, se utilizan las siguientes expresiones:



- Cálculo de la velocidad de operación para alineaciones rectas (Pérez Zuriaga, 2012)

- Longitud de la recta mayor o igual a 700 metros.

$$v_{85} = \sqrt{-1464,72 + 351,288 \cdot \sqrt{L}}$$

Siendo:

L: Longitud de la recta (m)

- Longitud de la recta menor a 700 metros y el radio de la curva anterior sea menor o igual a 600 metros.

$$v_{85} = 0,362739 \cdot v_{85c} + \frac{59,6982}{e^{-0,0000472302 \cdot GM}}$$

Siendo

$v_{85c}$ : Velocidad de la curva anterior en el sentido de circulación, calculada según la expresión, en kilómetros por hora.

GM: se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$GM = \frac{L \cdot \sqrt{R_1 \cdot R_2}}{100}$$

Siendo:

L: Longitud de la recta (m)

R1 y R2: Radios de las curvas anterior y siguiente respectivamente (m)

- Longitud de la recta menor a 700 metros y el radio de la curva anterior sea mayor a 600 metros.

$$v_{85} = \sqrt{7399,27 + 3,03956 \cdot L}$$

- Cálculo de la velocidad de operación para curvas (García Jiménez, 2017):

$$v_{85} = 152,676 - \frac{384,896}{\ln(R + 7,739)}$$

Siendo:

R: Radio de la curva (m)

- Cálculo de la tasa de aceleración (Camacho-Torregrosa, 2013) (m/s<sup>2</sup>):

$$a_{85} = 0,41706 + \frac{65,93588}{R}$$

Siendo

$a_{85}$ : Tasa de aceleración (m/s<sup>2</sup>)

R: Radio del control geométrico (m)

- Cálculo de la tasa de deceleración (Camacho-Torregrosa, 2013) (m/s<sup>2</sup>):

$$d_{85} = 0,313 + \frac{114,436}{R}$$

Siendo

$d_{85}$ : Tasa de deceleración (m/s<sup>2</sup>)

R: Radio del control geométrico (m)

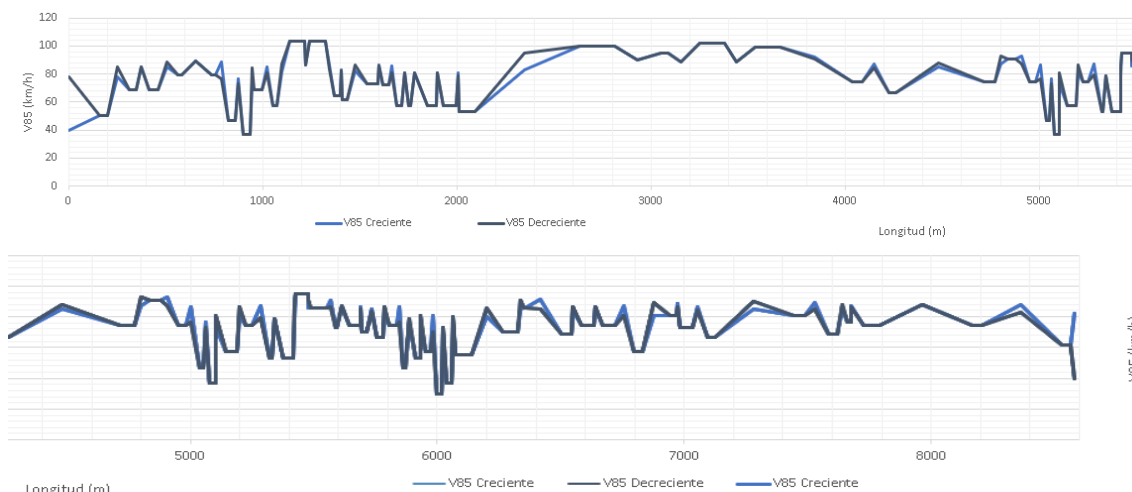


Figura 10: Velocidad de Operación (V85) en el tramo objeto de estudio. (Fuente: Elaboración propia)

La evaluación de la consistencia local se realiza mediante dos criterios; el Criterio I de Lamm et al. (1999) que realiza una comparativa entre la velocidad de proyecto del tramo de carretera estudiado y la velocidad de operación de este y el Criterio II de Lamm et al. (1999) que realiza la comparativa de las velocidades de operación entre elementos geométricos consecutivos, detectando posibles variaciones bruscas. Por último se realiza el análisis del Criterio IIb de García et al. que complementa y mejora al Criterio II de Lamm et al. (1999) y que se basa en la hipótesis de que las expectativas ad hoc de los conductores se pueden estimar por la velocidad de operación inercial, la cual se define como la media móvil de las velocidades de operación durante los 1.000 metros anteriores.

El análisis de estos criterios permite mostrar que 6.148 metros del trazado actual tienen una consistencia pobre, 922 metros tienen una consistencia aceptable y 1.534 metros tienen una consistencia buena según el Criterio I de Lamm.

El análisis realizado al nuevo trazado propuesto desvela que prácticamente la totalidad del tramo tiene una buena consistencia, excepto en las zonas donde el nuevo trazado se enlaza con el subtramo de reciente construcción ya existente, donde el trazado presenta una consistencia aceptable. Este hecho es debido a que este subtramo posee una velocidad de proyecto mayor que el resto del tramo en estudio ( $V_p = 90 \text{ km/h}$ ), por lo que en las zonas contiguas a éste se obtiene una consistencia aceptable.

La evaluación de la consistencia global se realiza mediante el Método de Camacho et al. el cual considera de forma completa el perfil de velocidad de operación de un tramo de carretera, reflejando en cierta medida su dispersión. Esta dispersión se entiende que está ligada con los cambios de carga cognitiva del conductor que supone la geometría de la vía.

Del análisis realizado para evaluar la consistencia global en el tramo de carretera actual se obtiene unos valores de C de 3,33 para el sentido creciente y de 3,32 para el sentido decreciente, lo que permite confirmar que el tramo de carretera actual tiene una consistencia global buena ( $C > 3,25$ ) para ambos sentidos de circulación, con un índice de accidentalidad durante 10 años de 4,713.

El análisis de consistencia del tramo de carretera objeto de este estudio, queda totalmente detallado en el Anejo N°3: Estudio de consistencia adjunto a esta memoria.

Para finalizar el análisis de la seguridad vial del tramo de la carretera CV-35 al que hace referencia este estudio, se representa gráficamente la relación entre la distancia de visibilidad actual existente en todo el tramo, obtenida mediante el análisis realizado a través del software informático AutoCAD Civil 3D, y la distancia de parada necesaria a partir de la velocidad de





operación ( $V_{85}$ ) mediante la expresión que determina la Norma 3.1-IC, que es la normativa actual vigente de carreteras. La expresión que determina dicha distancia de parada es la siguiente:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} \cdot \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)}$$

Siendo: =

$D_p$  = Distancia de parada (m).

$V$  = Velocidad de operación al inicio de la maniobra de frenado (km/h).

$f_l$  = Coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento. (0,432)

$i$  = Inclinación de la rasante (en tanto por uno).

$t_p$  = Tiempo de percepción y reacción (2 s).

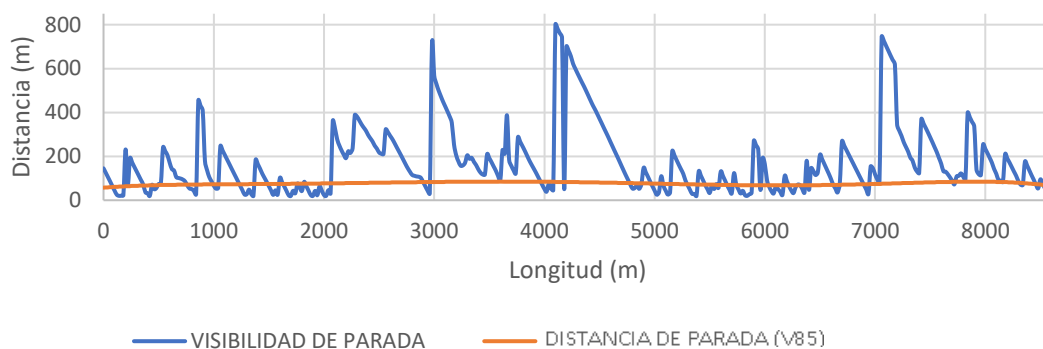


Figura 11: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para V85. Trazado actual. (Fuente: Elaboración propia)

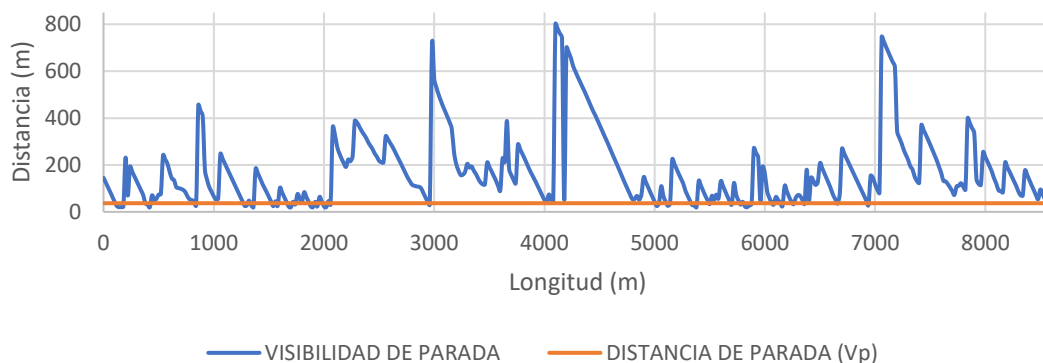


Figura 12: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para Vp. Trazado actual. (Fuente: Elaboración propia)

En las Figuras 11 y 12 se observan los diferentes puntos donde la visibilidad de parada es inferior a la distancia de parada necesaria en función de la velocidad de operación de los usuarios de la vía y en función de la velocidad de proyecto respectivamente, motivo que genera un grave problema de seguridad vial y, por consecuencia, el aumento del riesgo de accidente en dichos puntos.

En las Figuras 13 y 14 se representan los perfiles de visibilidad de parada frente a la distancia de parada en función de la velocidad de operación y la velocidad de proyecto., respectivamente obtenidos del análisis del nuevo trazado. Realizando una comparación visual de los perfiles de visibilidad obtenidos del trazado actual y de los obtenidos en el análisis del nuevo trazado, se puede observar con claridad como se ha aumentado la distancia de visibilidad y como se han reducido las zonas donde la visibilidad de parada es menor que la distancia de parada en función de la velocidad de operación y como quedan completamente anuladas las



zonas de poca visibilidad en función de la velocidad de proyecto, tal y como indica la normativa vigente en carreteras.

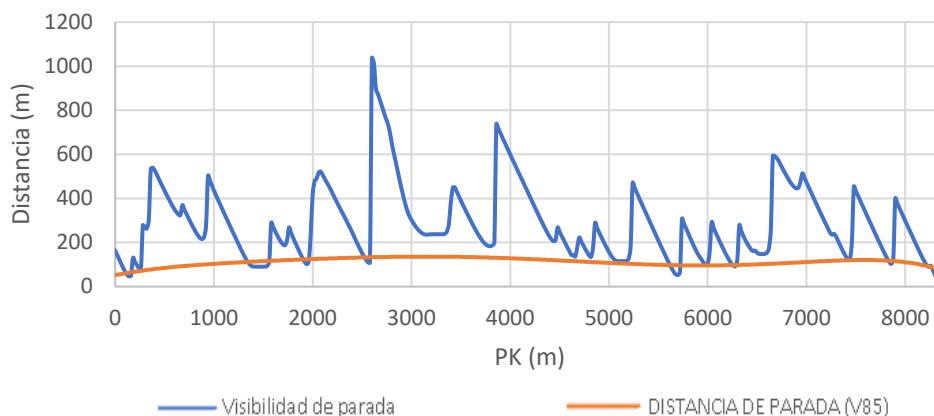


Figura 13: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para V85. Trazado modificado. (Fuente: Elaboración propia)

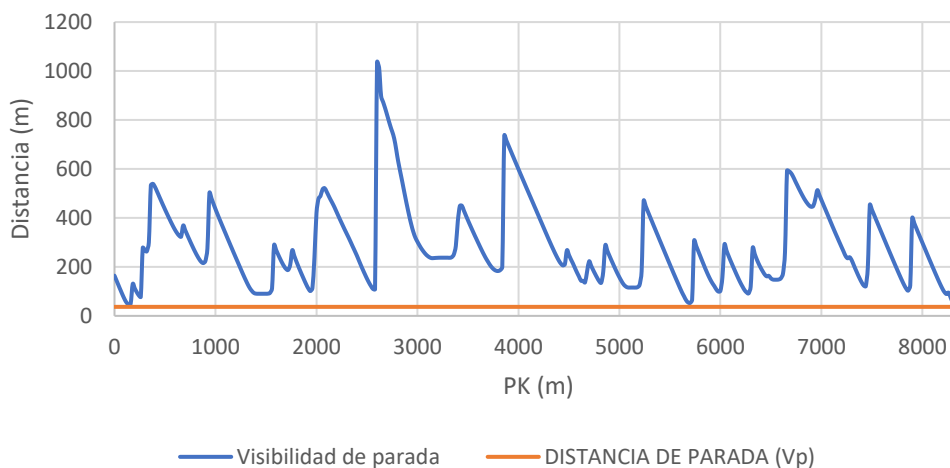


Figura 14: Comparativa Visibilidad de Parada frente Distancia de Parada para Vp. Trazado modificado. (Fuente: Elaboración propia)

## 5. CONDICIONANTES

### 5.1. PLANTEAMIENTO URBANÍSTICO

Dentro de este apartado se va a llevar a cabo el análisis del planeamiento urbanístico en la zona en la que se emplaza el tramo de carretera de la CV-35 analizado en este estudio.

El planeamiento urbanístico está relacionado con la geografía, la ingeniería del transporte y la ingeniería civil en la medida en que ordenan espacios. Su misión fundamental es asegurar la correcta integración de las infraestructuras con el entorno donde se emplazan. Precisa de un buen conocimiento del medio físico, social y económico que se obtiene a través del análisis según los métodos de la geografía, la sociología y demografía, la economía y otras disciplinas.

El tramo de carretera analizado se trata de una carretera de montaña con una notable sinuosidad debido a la orografía del terreno en la que se emplaza, puesto que se debe adaptar a las ondulaciones producidas por diferentes sistemas montañosos y salvar elevados desniveles producidos por la presencia de barrancos. Se encuentra apoyado en toda su longitud sobre una zona rural común, sirviendo de línea divisoria en varios kilómetros entre zona rural común y zona rural protegida. Esta zona rural común se trata de un suelo generalmente forestal con usos



agrarios de secano, con almendros y cereal como cultivos predominantes. Las zonas rurales protegidas colindantes serán analizadas más detenidamente en el apartado 5.4. Otros condicionantes de esta misma memoria.



Figura 15: Zonificación del tramo de la CV-35. En amarillo, carretera CV-35, en verde claro, zona rural común, en verde oscuro, zona rural protegida. (Fuente: <https://visor.gva.es>)

El suelo en el que se emplaza está clasificado en toda su longitud como suelo no urbanizable, por lo que está constituido por aquella parte del suelo que se halla excluido del proceso urbanizador y que, en consecuencia, no puede ser transformado como urbano debido, fundamentalmente, a los valores que representa, los cuales deben ser objeto de protección.

## 5.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En este apartado se van a analizar los aspectos referentes a la geología y geotecnia del terreno, en el cual se emplaza la carretera objeto de este estudio, y de su entorno. Con este análisis se pretende conocer el comportamiento del terreno para la correcta ejecución de las modificaciones que se realizarán sobre el tramo de carretera a acondicionar, sin ser analizado en laboratorio debido a que no se han obtenido muestras in situ de la traza.

Para la obtención de las características y conocer la composición geológica del terreno sobre el cual se emplaza el tramo de la carretera CV-35 analizado en este estudio, se utilizan los datos proporcionados por el mapa geológico de la Comunidad Valenciana del Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

En la Figura 16 se observa la litología que atraviesa el tramo de carretera estudiado donde predominan materiales similares a areniscas, arcillas arenosas con intercalaciones de calizas arenosas y niveles de lignito (color verde) y aluviones y fondos de valles indiferenciados (color rojo) además de otros materiales menos frecuentes como conglomerados de cantos calcáreos y matriz arenosa (color amarillo). Además, se observa que la carretera atraviesa un punto singular donde se encuentra una falla con indicación de hundimiento en una zona donde existe una alternancia de calizas oolíticas pisolíticas.



Figura 16: Mapa geológico del emplazamiento de la carretera en estudio. (Fuente: <http://igme.maps.arcgis.com>)

A través del conocimiento de las características del terreno existente en el emplazamiento de la carretera, se establecen diversas magnitudes a tener en cuenta, como la cohesión, el ángulo de rozamiento interno y la resistencia a compresión simple para la correcta ejecución de la vía, como son estabilidad de taludes, la capacidad de soporte de los esfuerzos que los vehículos transmitirán al terreno, así como el dimensionamiento de cimentaciones de las diferentes obras de fábrica que sean necesarias.

Respecto a lo que caracteriza la sismografía de la zona, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) publicada por el Ministerio de Fomento, se observa que la aceleración sísmica básica ab de la zona corresponde a 0,04g, valor al que le corresponde una aceleración sísmica de cálculo ac de 0,0512g para el tipo de terreno existente en la zona (Terreno Tipo III).

### 5.3. HIDROLOGÍA

La zona donde se emplaza el tramo de la carretera CV-35 analizado en este informe pertenece a una zona de montaña con un clima suave y, generalmente, cálido y templado, con una temperatura media anual de 12°C aproximadamente. Las precipitaciones en la zona son significativas, incluso durante el mes de julio, el cual es el más seco del año en promedio, con una precipitación anual aproximada de 460 mm. En la Figura 16 pueden observarse las temperaturas y precipitaciones medias de los diferentes meses del año en la zona donde se emplaza el tramo de carretera.

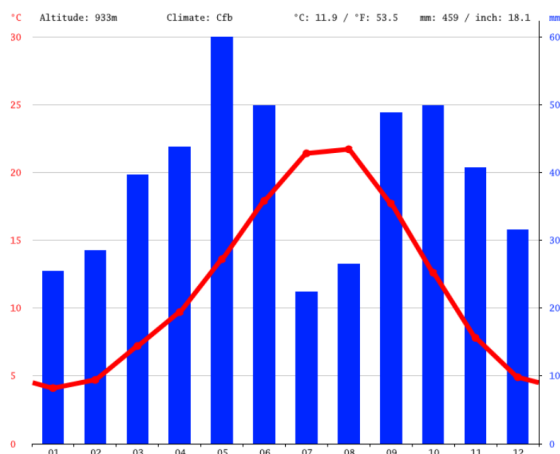


Figura 17: Datos anuales de temperatura y precipitación en el tramo de carretera de la CV-35. (Fuente: <http://es.dimate-data.org>)

El estudio de la hidrología de la zona tiene por finalidad calcular el caudal máximo de avenida en las ramblas y cauces que afectan al tramo de carretera objeto de este estudio. Las ramblas y cauces que atraviesa el tramo de carretera estudiado son:

- Barranco de la Tejería (P.K. 0+916)
- Barranco de Raga (P.K. 3+041)
- Barranco de la Hoya del Tuerto (P.K. 3+140)
- Barranco del Regajo (P.K. 6+020)
- Barranco de las Tejerías (P.K. 7+070)

El barranco de Raga y de la Hoya del Tuerto, no afectarán en la ejecución de la mejora del trazado de la carretera puesto que se encuentran entre los P.K. 2+600 y 3+600, zona donde anteriormente se analizó el trazado y se decidió no realizar ninguna actuación, puesto que cumplía con los objetivos buscados en este estudio, y en la que se encuentra un marco de hormigón (Figura 18) para garantizar el drenaje transversal de estos dos barrancos, el cual no es necesario comprobar su buen funcionamiento debido a la relativa reciente construcción de este tramo de carretera.



Figura 18: ODT barranco de Raga y de la Hoya del Tuerto. (Fuente: Elaboración propia.)

En el barranco de la Tejería y en el barranco de las Tejerías existen actualmente dos obras de drenaje transversal (Figura 19), un pontón de mampostería de pequeñas dimensiones en el primero y unos marcos a modo conejera de antigua construcción en el segundo, que serán





sustituidas por marcos y tubos de hormigón con mayores capacidades de desagüe como se analizará más adelante en el apartado 6.3. Drenaje sin ser necesaria la destrucción de las obras actuales para la ejecución del nuevo trazado, puesto que dichas obras son elementos protegidos.



Figura 19: ODT barranco de la Tejería (Izquierda) y de las Tejerías (Derecha). (Fuente: Elaboración propia.)

En el barranco del Regajo existe actualmente un pontón de mampostería (Figura 20) para salvar el elevado desnivel existente en este tramo. Este pontón será conservado en el nuevo trazado por motivos económicos, como se justificará más adelante en el apartado 6.1. Trazado de la carretera como una propuesta mejora.



Figura 20: ODT barranco del Regajo. (Fuente: Elaboración propia.)

La inspección visual de las obras de drenaje también determina la necesidad de limpieza de cunetas debido a la acumulación de sedimentos y de las obras de drenaje transversal existentes en la que se han acumulado desechos arrastrados por el agua de escorrentía, tal y como se observa en la Figura 21.





Figura 21: Desechos acumulados aguas arriba de una ODT. (Fuente: Elaboración propia)

Por último, el Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) recoge un riesgo de inundación existente en el P.K. 7+500 del tramo de carretera objeto de este estudio. El análisis realizado por el PATRICOVA indica la existencia de un riesgo de inundación de peligrosidad geomorfológica en este tramo, siendo justificado por la identificación de diferentes procesos geomorfológicos, que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones históricas, no necesariamente catalogadas, debiéndose identificar la probabilidad de reactivación de los fenómenos geomorfológicos y, en su caso, los efectos de generarse.

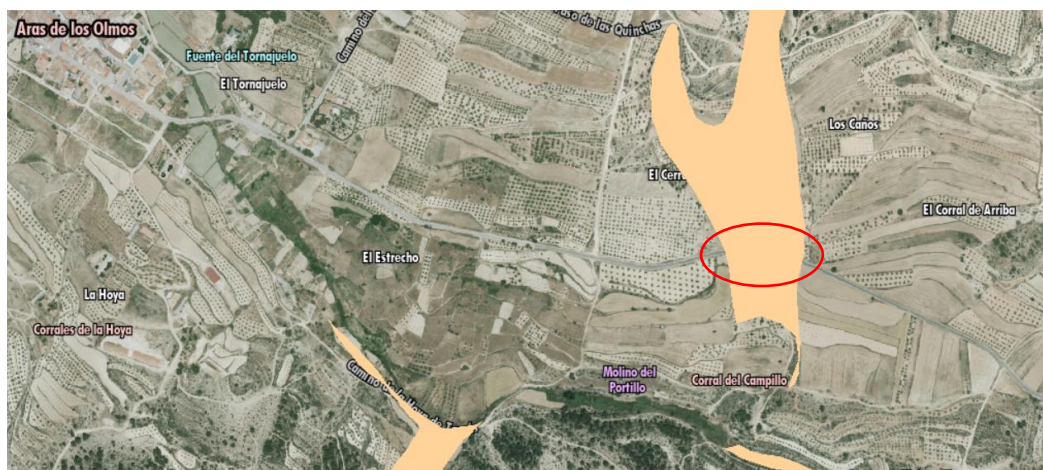


Figura 22: Zona con riesgo de inundación de peligrosidad geomorfológica, en rojo (Fuente: <https://visor.gva.es>)

Al tratarse de un estudio académico y debido al buen funcionamiento actual de las diferentes obras de drenaje transversal presentes en el tramo de carretera estudiado, las cuales dos de ellas serán modificadas y sobredimensionadas a las existentes como se analizará más adelante en el apartado 6.3. Drenaje de esta memoria, no resulta necesario realizar ningún estudio





hidrológico de los barrancos siguiendo el método racional o hidrometeorológico recogido en la instrucción 5.2.-IC de drenaje superficial.

#### 5.4. OTROS CONDICIONANTES

En este apartado se indican varios factores que hay que considerar a la hora de ejecutar la modificación del trazado, puesto que pueden verse afectados tanto a la hora de la ejecución como en la explotación de la obra.

##### 5.4.1. Vías pecuarias

Las vías pecuarias o cañadas son caminos de trashumancia que recorren los pastores con el ganado aprovechando los mejores pastos debido la variación del clima de las diferentes zonas, siendo zonas de montaña en periodos estivales y zonas más costeras en periodos invernales.

El tramo de carretera estudiado de la CV-35 es atravesado por varias vías pecuarias, incluso pertenece a las mismas durante algún tramo. Se localizan las siguientes vías pecuarias en el tramo:

- Vía pecuaria Cordel Nº 14 o de Aras de Alpuente a Domeño
- Vía pecuaria Cordel de la Covatilla

La primera se enlaza con la carretera en el P.K. 1+350 y discurre sobre ella alrededor de 4.400 metros. La segunda se enlaza en el final de la vía pecuaria anterior y recorre 1.650 metros sobre el tramo de la CV-35, hasta el P.K. 7+400 donde se bifurca hacia el norte.

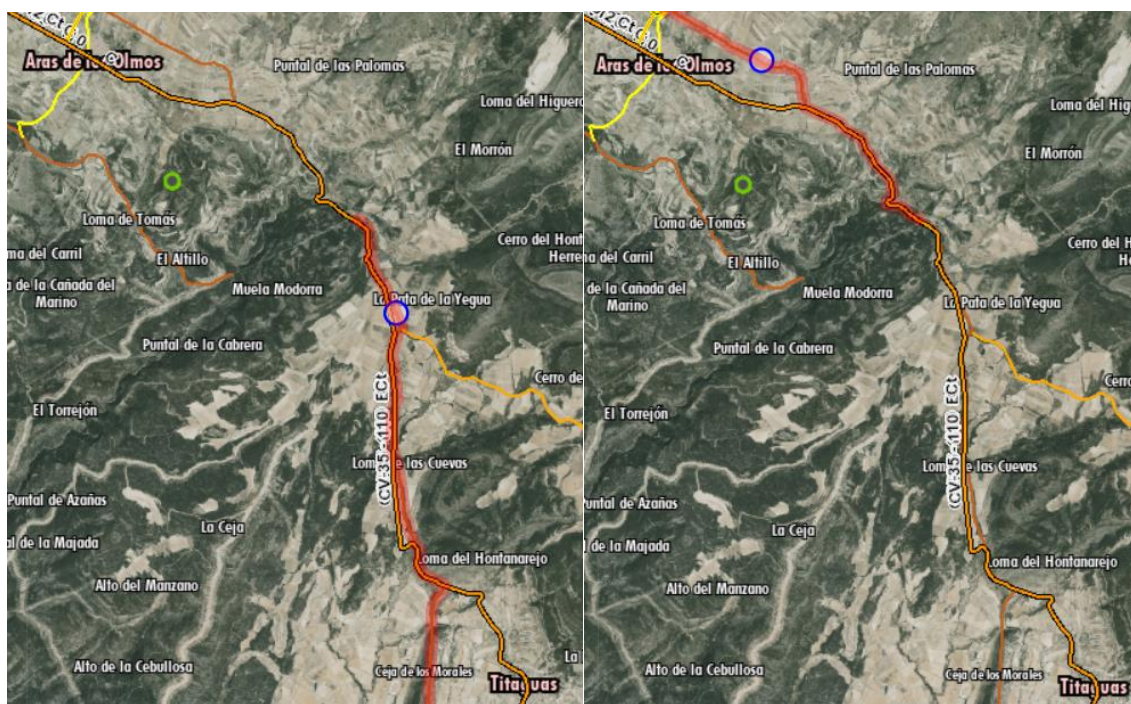


Figura 23: Vías pecuarias en rojo; Cordel Nº14, a la izquierda y Cordel de la Covatilla, a la derecha. (Fuente: <https://visor.gva.es>)

En los tramos donde se ven afectadas las vías pecuarias se prestará una elevada atención a la hora de ejecutar los trabajos de mejora del trazado, realizando los desvíos que sean necesarios con su correcta señalización, incluso ejecutando los trabajos en las épocas del año en las que no transite ganado, para interferir lo mínimo posible sobre estas vías.





#### 5.4.2. Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)

Una zona de especial protección para las aves (ZEPA) es una categoría de área protegida catalogada por la Unión Europea como zonas naturales de singular relevancia para la conservación de la avifauna amenazada de extinción. Estas zonas cumplen la normativa de acuerdo con lo establecido en la directiva comunitaria 79/409/CEE.

En el interior de una ZEPA se prohíbe o limita la caza de aves, en sus fechas y sus técnicas; se regula la posible comercialización; y los estados están obligados a actuar para conservar las condiciones medioambientales requeridas para el descanso, reproducción y alimentación de las aves.

El tramo de carretera analizado en este estudio se encuentra en el interior de la ZEPA Alto Turia y Sierra del Negrete en prácticamente su totalidad, exceptuando los últimos 700 metros antes de llegar a la localidad de Aras de los Olmos. Esta ZEPA tiene una extensión total de 100.314 hectáreas y abarca los términos municipales de Alpuente, Aras de los Olmos, Benagéber, Bugarra, Calles, Chelva, Chera, Chulilla, Domeño, Gestalgar, Higuieruelas, La Yesa, Loriguilla, Losa del Obispo, Pedralba, Requena, Sinarcas, Sot de Chera, Titaguas y Tuéjar.

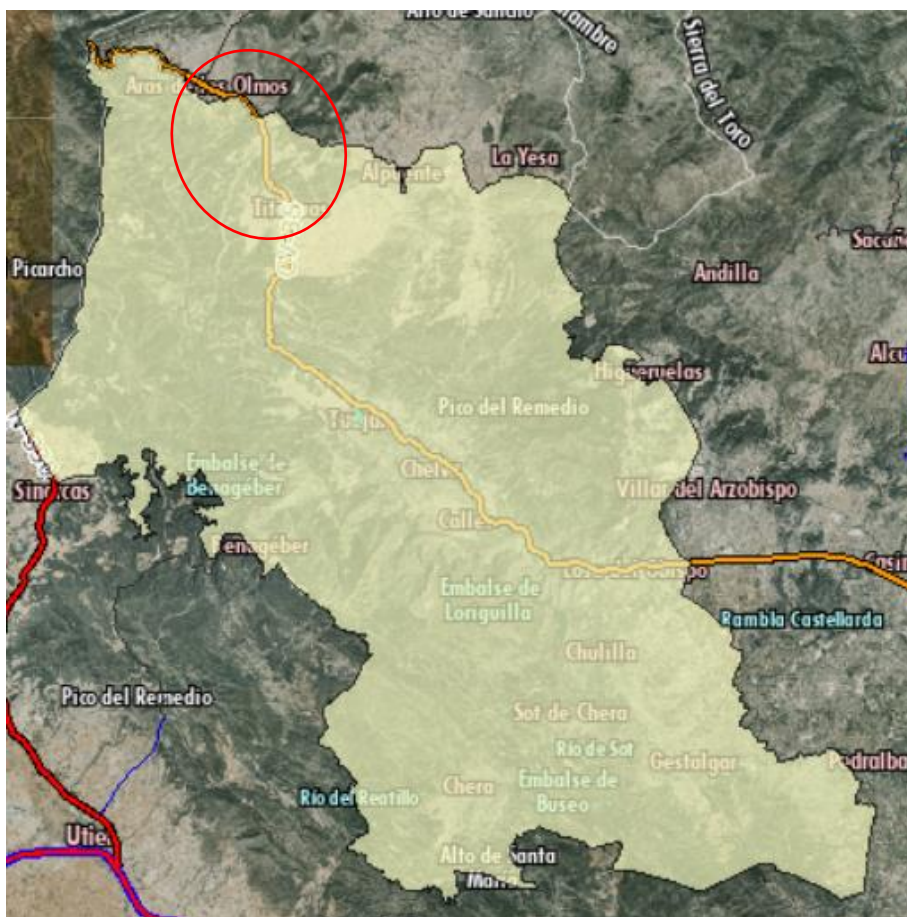


Figura 24: ZEPA Alto Turia y Sierra del Negrete (Fuente: <https://visor.gva.es>)

Debido a que el tramo de carretera de la CV-35 sobre que se va a realizar la actuación pertenece a esta ZEPA será necesaria la autorización de la Conselleria de Medio Ambiente para la ejecución de las obras puesto que “de conformidad con lo establecido en el artículo 45, apartado 4 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, cualquier plan, programa o proyecto que, sin tener relación directa con la gestión de las ZEPA, los LIC o las ZEC o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a los mencionados espacios, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos,



se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en tales espacios, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de los mismos.

Cabe destacar de antemano que, al ser una obra de mejora de trazado y no de nueva construcción, esta evaluación dependiente de la administración resultará favorable con gran probabilidad.

#### 5.4.1. Senderos y Rutas BTT

Otros de los elementos que condicionan el tramo de carretera de este análisis son los senderos y rutas BTT que cruzan, incluso comparten, ciertos tramos de carretera.

Este aspecto no es tan relevante como los anteriores, pero se ha de considerar a la hora de ejecutar las obras para colocar carteles informativos prohibiendo el paso o ejecutando desvíos en los tramos que se vean afectados por la actuación. También se informará a las autoridades locales, de los senderos y rutas afectadas por la obra para que puedan informar a los usuarios de la actuación que se está llevando a cabo y así evitar desorientaciones y accidentes.



Figura 25: Señalización de senderos y rutas BTT (Fuente: Elaboración propia.)

## 6. PROPUESTA DE MEJORA

En este informe se muestran los cambios propuestos que se deben realizar en el trazado geométrico del tramo de la carretera CV-35 objeto de este estudio, para conseguir la adecuación de ésta a la Norma 3.1-IC, consiguiendo aumentar la seguridad y la comodidad de los usuarios en este tramo.

Las propuestas de modificación de este tramo han sido analizadas y diseñadas para conseguir la mínima afección a terceros, reduciendo los terrenos a expropiar, así como al medio natural (flora y fauna) existente en el emplazamiento del tramo estudiado de la carretera CV-35.

El subtramo central situado entre los P.K. 2+600 y 3+600 cumple estrictamente con la normativa vigente por lo que no es necesario realizar ninguna modificación del trazado por lo que mantendrá su velocidad de proyecto de 90 km/h, y únicamente se verá afectado en los



entronques con la carretera modificada. La velocidad de proyecto del resto del nuevo trazado se mantiene en 40 km/h, consiguiendo mediante las modificaciones propuestas mejorar los radios de giro de las curvas circulares, así como los acuerdos verticales en todo el trazado obteniendo un trazado más cómodo e intuitivo para los usuarios de la carretera a la que hace referencia este estudio.

## 6.1. TRAZADO DE LA CARRETERA

### 6.1.1. Trazado en Planta

Las modificaciones propuestas para el trazado en planta se establecen en la eliminación de curvas intermedias innecesarias, el aumento de radios en curvas circulares y la disposición de clotoides simétricas en todas las curvas del tramo de la carretera CV-35 al que hace referencia este estudio. Con estas medidas propuestas para el trazado en planta se consigue obtener alineaciones rectas de mayor longitud, que proporcionan mayor visibilidad y seguridad a los usuarios, y ángulos de giros de más amplios e intuitivos para el conductor debido al diseño de curvas con clotoides simétricas.

Mediante la implementación de estas mejoras se consigue reducir el ángulo acumulado en el tramo, consiguiendo aumentar la seguridad y la comodidad en todo el tramo.

Las modificaciones más singulares del trazado en planta son las siguientes:

- Modificación entre P.K. 0+100 – 0+250:

En este tramo de carretera se dispone una curva a derechas de 50 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 45 metros que sustituye a una curva existente de radio 35 metros, el cual no cumple con los radios mínimos exigidos por la norma. Esta modificación consigue, además de adaptar la carretera a la normativa, una mayor comodidad de circulación para los usuarios de la vía.

- Modificación entre P.K. 0+300 – 0+450:

En este tramo de carretera se dispone una curva a izquierdas de 60 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 50 metros que sustituye a una curva en C existente cuya recta intermedia tiene una longitud inferior a la exigida por la norma. Esta modificación consigue adaptar este tramo a las exigencias de la normativa así como aumentar la seguridad de la vía.

- Modificación entre P.K. 0+450 – 0+850:

En este tramo de carretera se dispone un tramo recto de 384 m que elimina dos curvas a derechas de radios de 180 m con clotoides cuyos parámetros no cumplen con los criterios establecidos por la norma, consiguiendo una adaptación de la vía a la normativa de carreteras actual.

- Modificación entre P.K. 0+850 – 1+100:

En este tramo de carretera se dispone una curva de 300 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 145 metros que anula una curva en C que no cumple con los radios mínimos exigidos por la norma. Esta modificación consigue, además de adaptar la carretera a la normativa, evitar un punto de conflicto entre vehículos, puesto que en la actualidad existe una condición de prioridad debido a la existencia de un estrechamiento, y consigue mejorar la visibilidad de la curva. En la Figura 26 se puede observar de manera gráfica esta modificación.



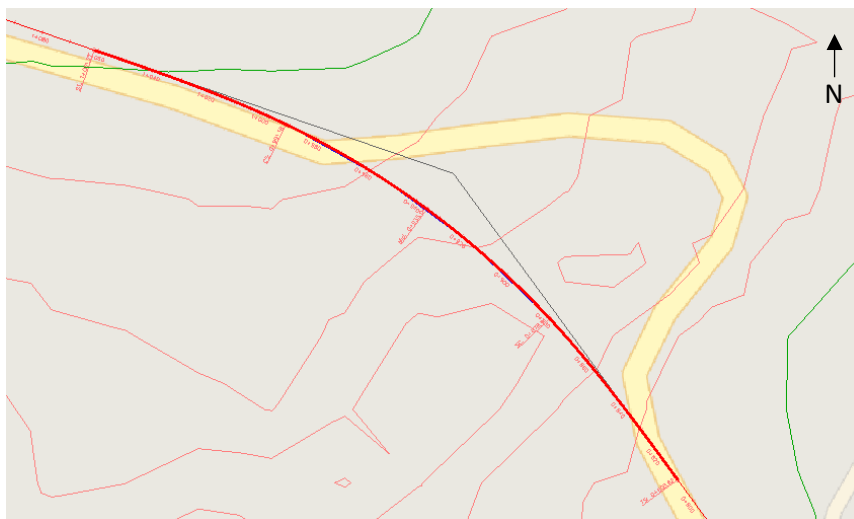


Figura 26: Modificación en planta entre P.K. 0+850 y 1+100 del tramo actual. (Fuente: Elaboración propia).

- Modificación entre P.K. 1+350 – 1+600:

En este tramo de carretera se dispone una curva a derechas de 200 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 105 metros que sustituye a una secuencia de tres curvas a derechas cuyas clotoides no cumplen con los parámetros mínimos que exige la norma. Esta modificación consigue, además de adaptar la carretera a la normativa, una mayor comodidad de circulación para los usuarios de la vía, puesto que esta secuencia de tres curvas de radios y parámetros diferentes se reduce a una única curva con las características que exige la normativa.

- Modificación entre P.K. 1+700 – 2+300:

En este tramo de carretera se dispone una curva en S con radios adecuados a la normativa, que sustituye a una curva en S que no cumple con los radios mínimos exigidos por la norma. Esta modificación consigue adecuar la carretera a la normativa actual vigente a través de la coordinación de radios consecutivos, aumentando considerablemente la seguridad de la carretera en este punto, puesto que en sentido decreciente esta curva es consecución de una recta de más de 400 metros y su radio actual es de 40 metros cuando la norma exige un radio mayor o igual a 300 metros. En la Figura 27 se puede observar de manera gráfica esta modificación.

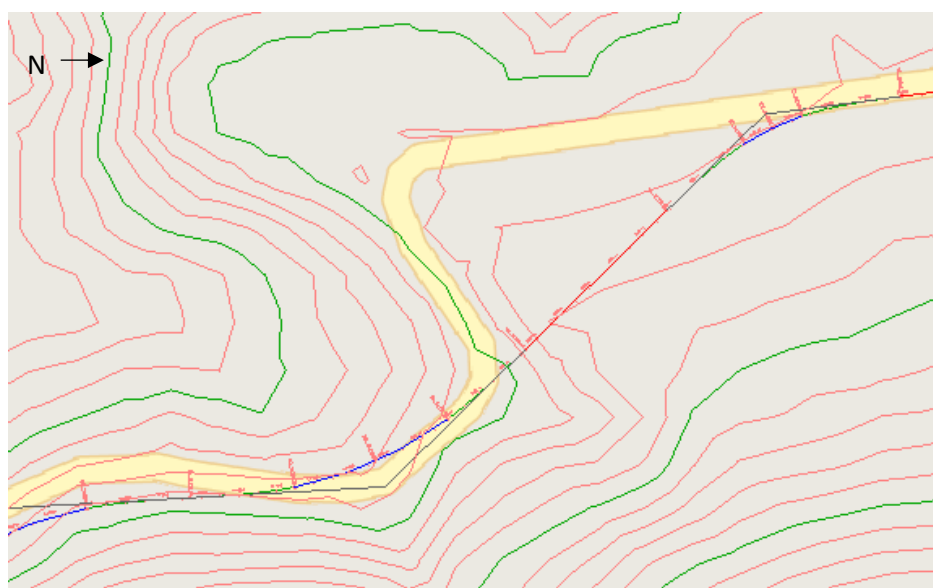


Figura 27: Modificación en planta entre P.K. 1+700 y 2+300 del tramo actual. (Fuente: Elaboración propia).



- Modificación entre P.K. 3+700 – 4+300:

En este tramo de carretera se dispone una curva en S con una curva de 850 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 305 metros y una curva de 490 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 195 metros que sustituye a otra curva en S existente cuyas curvas no cumplen la condición de coordinación entre curvas consecutivas. Esta modificación consigue adecuar el tramo de carretera a la normativa actual vigente, así como mejorar la seguridad y funcionalidad de la vía, consiguiendo que los conductores adecuen su conducción a las características de la vía a través de la coordinación de elementos consecutivos.

- Modificación entre P.K. 4+700 – 5+000:

En este tramo de carretera se dispone una curva en C con una curva de 210 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 105 metros y una curva de 145 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 85 metros que sustituye a una consecución de dos curvas en S existente cuyos radios no cumplen con los radios mínimos exigidos por la norma para este tramo de carretera. Esta modificación consigue adecuar el tramo de carretera a la normativa actual vigente, así como mejorar la seguridad y funcionalidad de la vía debido a la eliminación de un tramo bastante sinuoso y serpenteante debido a la existencia de la consecución de varias curvas con curvaturas invertidas que provocan una circulación incomoda y poco segura para los usuarios de la vía. En la Figura 27 se puede observar de manera gráfica esta modificación.

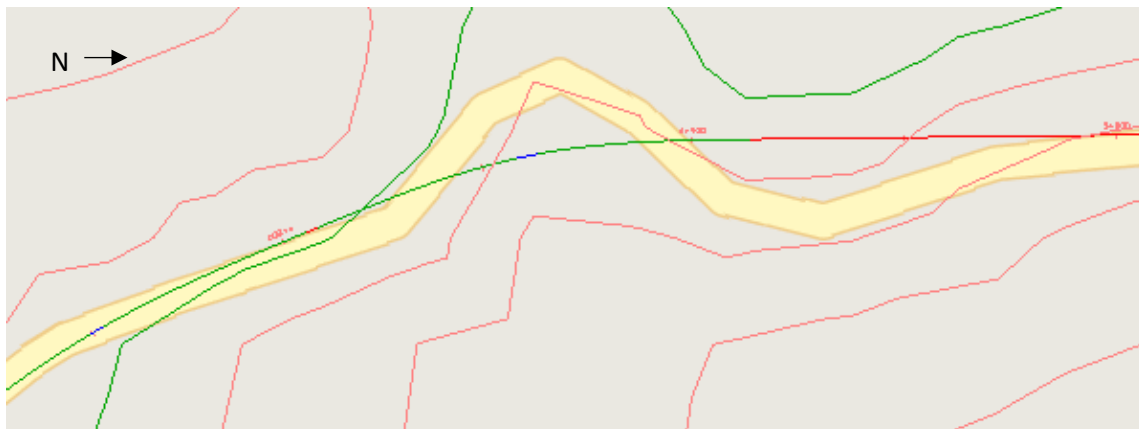


Figura 28: Modificación en planta entre P.K. 4+700 y 5+000 del tramo actual. (Fuente: Elaboración propia).

- Modificación entre P.K. 5+050 – 5+250:

En este tramo de carretera se dispone una curva a izquierdas de 175 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 95 metros que sustituye a una curva existente de radio 40 metros, el cual no cumple con los radios mínimos exigidos por la norma. Esta modificación consigue, además de adaptar la carretera a la normativa, una mayor comodidad de circulación para los usuarios de la vía.

- Modificación entre P.K. 5+800 – 6+200:

En este tramo de carretera se dispone una curva de 50 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 55 metros a la entrada del pontón que salva el barranco del Regajo y una curva en S a su salida con una curva de 100 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 70 metros y una curva de 120 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 80 metros que anula una curva en C que no cumple con los radios mínimos exigidos por la norma. Estas curvas cumplen la normativa por lo que respecta a sus radios y sus parámetros de las clotoides, pero no cumplen la coordinación de curvas consecutivas de manera excepcional debido a que el trazado se ajusta al pontón ya existente para evitar sobrecostes de



la ejecución de un nuevo viaducto, puesto que esta inversión no estaría justificada debido a las características del tráfico que posee el tramo de carretera estudiado. Esta modificación presenta una notable mejora en uno de los tramos más conflictivos de la carretera objeto de este estudio, puesto que la curva en C existente actualmente posee radios extremadamente pequeños (15 metros y 20 metros en sentido creciente) además de aplicar un estrechamiento debido a la existencia de un puente de construcción antigua para atravesar un barranco, lo que dificulta de manera grave la maniobra de vehículos pesados. En la Figura 27 se puede observar de manera gráfica esta modificación.

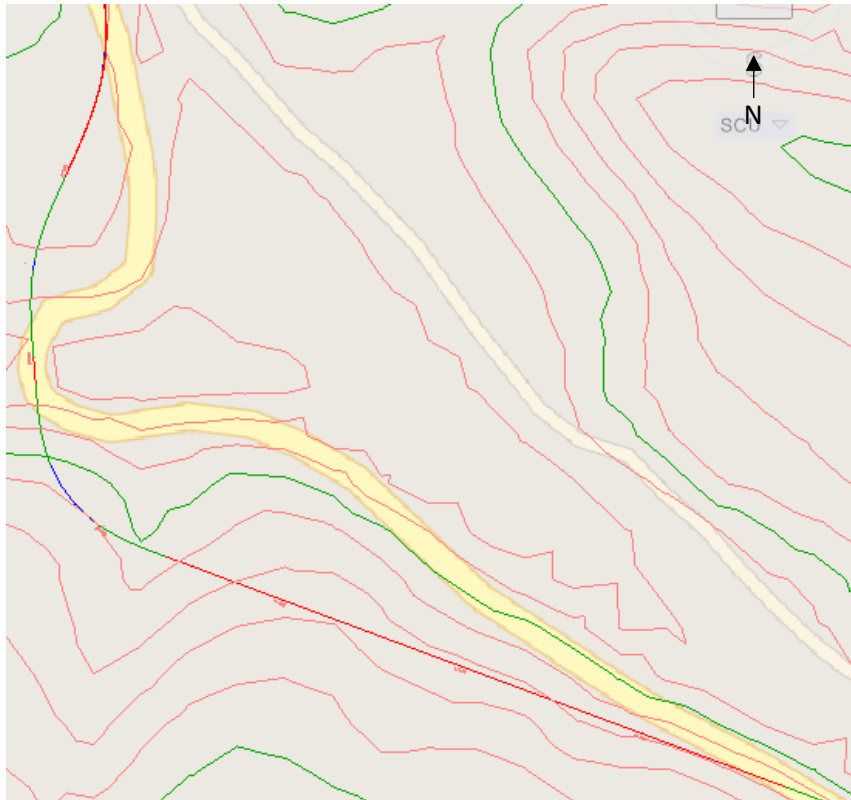


Figura 29: Modificación en planta entre P.K. 5+800 y 6+200 del tramo actual. (Fuente: Elaboración propia).

- Modificación entre P.K. 6+250 – 6+450:

En este tramo de carretera se dispone una curva a derechas de 200 metros de radio con dos clotoides simétricas de parámetro igual a 105 metros que sustituye a dos curvas en S consecutivas existentes consiguiendo reducir el número de curvas existentes en el trazado actual y consiguiendo aumentar la seguridad y la comodidad de la vía.

- Modificación entre P.K. 6+500 – 6+900:

En este tramo de carretera se dispone una curva a izquierdas de 300 metros de radio y clotoides simétricas con parámetros de 145 metros que sustituye a una curva en S existente cuya recta intermedia no cumple la longitud mínima exigida por la norma. Esta modificación consigue adecuar el tramo de carretera a la normativa actual vigente, así como mejorar la seguridad y funcionalidad de la vía.

- Modificación entre P.K. 7+100 – 8+360:

En este último tramo de carretera se han modificado los radios y parámetros de las curvas existentes, ajustando dichos elementos a la condición de coordinación de curvas consecutivos que exige la norma actual vigente de carreteras. Esta modificación consigue mejorar la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía.

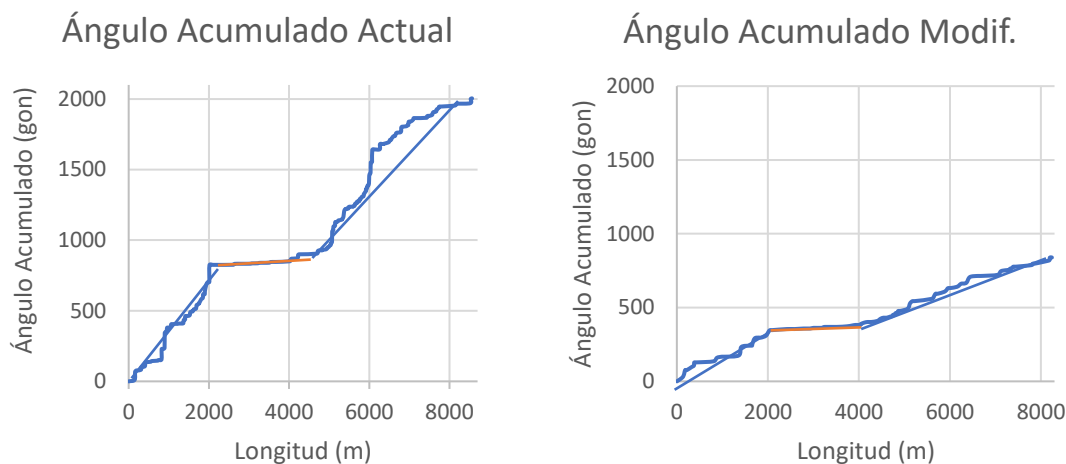


Figura 30: Ángulo acumulado para la tramificación de la carretera. Izquierda: Actual. Derecha: Modificado (Fuente: Elaboración propia).

En la Figura 30 se muestra una comparativa entre el ángulo acumulado del tramo de carretera actual y el ángulo acumulado del nuevo trazado, observándose una elevada reducción de éste debido a la eliminación de un gran número de curvas existentes en el trazado actual, así como el empleo de curvas de mayor longitud, consiguiendo un trazado más seguro y funcional para los usuarios de la vía.

### 6.1.2. Diagrama de curvaturas

En este apartado se muestra el resultado del diagrama de curvaturas tras las modificaciones que presenta el tramo de la carretera CV-35 que se está analizando para la realización de este informe.

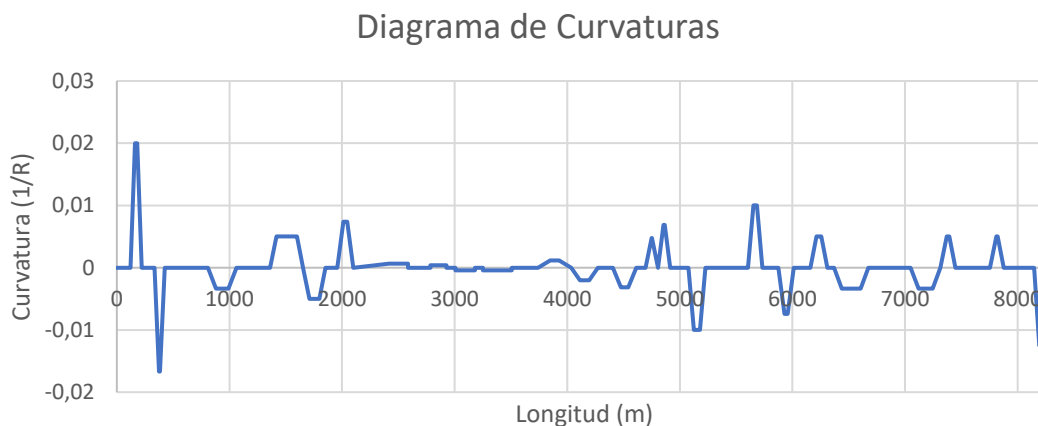


Figura 31: Diagrama de Curvaturas CV-35 entre las poblaciones de Titaguas y Aras de los Olmos tras las modificaciones en alzado (Fuente: Elaboración propia).

### 6.1.3. Trazado en Alzado

Las modificaciones propuestas para el trazado en alzado se establecen en la eliminación de acuerdos verticales intermedios innecesarias, proporcionando una mayor comodidad a la carretera evitando el exceso de ondulaciones que posee la carretera en la actualidad. También se modifican las rasantes con inclinaciones mayores al 7%, que es el máximo recomendado por la norma, mediante desmontes que suavizan estas inclinaciones y se eliminan las pendientes inferiores al 0,5% para garantizar el drenaje de la plataforma. Excepcionalmente se ha diseñado una rasante del 0,46% entre los P.K. 0+328 y 0+879 para adecuar la pendiente a la obra de



drenaje transversal necesaria a la altura de este último P.K. y un rasante del 0,22% entre los P.K. 4+025 y 4+696 para ajustarnos al terreno realizando una correcta compensación de volúmenes de tierras. Ambas rasantes son superiores al 0,2%, mínimo exigido por la norma para asegurar el drenaje.

El alzado del nuevo trazado se ha diseñado en función de las exigencias de la Norma 3.1-IC y ajustando el trazado al nuevo perfil longitudinal del terreno mediante desmontes y terraplenes. Al mismo tiempo que se han realizado las modificaciones sobre la planta también se han modificado las rasantes que no cumplen las longitudes mínimas exigidas por la norma, adecuando todas las rasantes a longitudes superiores a la mínima exigida por la instrucción de carreteras y realizando una correcta coordinación entre la planta y el alzado del trazado modificado.

- Consideraciones de percepción visual:

Tras el análisis del nuevo diseño en alzado se determina que todas las curvas de los acuerdos verticales tienen una longitud mayor a 40 metros y cumplen la condición de  $L \geq V_p$  recomendado por la Norma 3.1.-IC, por lo tanto, se reúnen las condiciones apropiadas de percepción visual en todo el tramo.

- Consideraciones de visibilidad:

Se han modificado todos los acuerdos verticales, tanto los cóncavos como los convexos, que no se adaptan a las consideraciones de visibilidad de parada mínimos exigidos la Norma 3.1.-IC. De la misma manera, se han adaptado las consideraciones de visibilidad de adelantamiento en todos los acuerdos verticales, exceptuando tres acuerdos cóncavos situados en los P.K. 0+030, 2+785 y 4+696 que no cumplen con la visibilidad de adelantamiento mínima y en los que se aplica una prohibición de adelantamiento para solventar esta excepción de visibilidad.

La modificación más singular del trazado en alzado se encuentra situada entre los P.K. 0+800 – 1+100.

- Modificación entre P.K. 0+800 – 1+100:

En este tramo de carretera se dispone de marcos de hormigón armado como elemento de drenaje transversal para asegurar el flujo de agua de escorrentía existente ya que, debido al escaso flujo de agua, es suficiente colocar dicho elemento para ofrecer continuidad al cauce del barranco. Sobre este elemento de drenaje prefabricado se dispondrá la nueva plataforma. En la Figura 32 se puede observar de manera gráfica esta modificación.

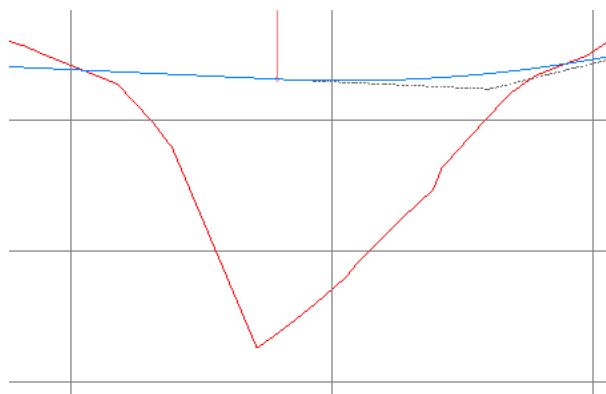


Figura 32: Modificación en alzado entre P.K. 0+800 y 1+100 del tramo actual. Marcas verticales cada 5 metros y marcas horizontales cada 100 metros. (Fuente: Elaboración propia).





#### 6.1.4 Coordinación planta-alzado

Para conseguir una adecuada coordinación del trazado se considera que los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, están situados dentro de la clotoide en planta y lo más alejados posible del punto de radio infinito. En las curvas de radio mayor a 2.500 metros no es estrictamente necesario ya que estos elementos se consideran como rectas y no poseen clotoides. En el Gráfico 3 se comprueba el cumplimiento de esta coordinación de elementos en planta y alzado.

### 6.2. FIRMES Y PAVIMENTOS

En este apartado se van a analizar los diferentes tipos de firmes y pavimentos aptos para la composición de la traza del tramo de carretera de la CV-35 objeto de este estudio, justificando la elección de uno de los disponibles atendiendo a criterios técnicos y económicos.

Tanto el firme como el pavimento son dimensionados según lo dispuesto en la Norma 6.1.-IC. Secciones de firme, normativa actual vigente en lo que respecta a carreteras, a partir de los datos obtenidos en el análisis del tráfico, como la categoría de tráfico pesado, y el tipo de explanada.

#### 6.2.1. Dimensionamiento de la explanada

La explanada forma parte de la infraestructura de una carretera y es la superficie que se obtiene con las explanaciones, sobre la que apoya la superestructura, actuando como cimiento del firme. Los objetivos de la explanada son aportar capacidad de soporte, resistiendo las deformaciones que generan el paso de vehículos, y garantizar la regularidad geométrica, permitiendo una circulación cómoda y segura de vehículos.

##### 6.2.1.1. Categoría de la explanada

A los efectos de definir la estructura del firme en cada caso, se establecen tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2), obtenido de acuerdo con la NLT-357 «Ensayo de carga con placa», cuyos valores son  $\geq 60$  MPa,  $\geq 120$  MPa y  $\geq 300$  MPa respectivamente.

A partir de la definición anterior y de los datos geotécnicos obtenidos en el apartado 5.2 Geología y geotecnia, se puede afirmar que la explanada de la traza del tramo de carretera estudiado pertenece a una categoría E2, con un módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (Ev2) de  $\geq 120$  MPa.

##### 6.2.1.2. Análisis de explanadas

A través de los datos aportados por el análisis geológico y geotécnico realizado en el apartado 5.2. Geología y geotecnia y de acuerdo a lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), el suelo de la traza puede clasificarse como un suelo tolerable. Este aspecto, junto con la categoría de la explanada obtenida anteriormente, limita a cuatro las opciones de explanadas como se puede observar en la Ilustración 20.

Por tanto, las opciones posibles son:

- Opción 1: 75 cm de suelo seleccionado tipo 2 sobre suelo tolerable de base.
- Opción 2: 25cm de suelo estabilizado in situ tipo 2 (con cal o cemento) y 25cm de suelo estabilizado in situ tipo 1 (con cal o cemento) sobre suelo tolerable de base.



- Opción 3: 40cm de suelo seleccionado y 50cm de suelo adecuado sobre suelo tolerable de base.
- Opción 4: 25cm de suelo seleccionado y 25cm de suelo estabilizado in situ de tipo 1 (con cal o cemento) sobre suelo tolerable de base.

		TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
		SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1 $E_{v2} \geq 60\text{MPa}$					
	E2 $E_{v2} \geq 120\text{MPa}$					
	E3 $E_{v2} \geq 300\text{MPa}$					

Tabla 6: Formación de la explanada. Espesores en centímetros. (Fuente: Norma 6.1-IC. Secciones de firme)

Tras realizar el análisis se observa que en las opciones 1, 3 y 4 se necesita aportar material adecuado y seleccionado procedente de alguna cantera próxima a la zona de actuación, puesto que los procedentes de los desmontes son tolerables y únicamente servirían para realizar los rellenos. Además, las opciones 2 y 4 se consiguen mediante suelos estabilizados con cal o cemento, por lo que resulta necesario realizar un análisis para comprobar si el suelo tolerable de la traza es estabilizable. Esta comprobación se realiza a través de los condicionantes establecidos en el artículo 512 Suelos estabilizados in situ del PG-3, para que un suelo pueda ser estabilizado en condiciones de seguridad sin ser alterado física ni químicamente.

Al tratarse de un trabajo académico no se ha realizado ningún tipo de análisis químico del suelo, no siendo posible conocer con total certeza si el suelo tolerable de la traza podría ser estabilizado con cal o cemento, pero, debido al análisis geotécnico realizado en el apartado 5.2. Geología y geotecnia, se puede intuir que este suelo superará los umbrales de contenido en sales solubles y sulfatos, puesto que se observa que predominan materiales similares areniscas y arcillas arenosas, así como conglomerados de cantos calcáreos de matriz arenosa. Por tanto, se descartan las opciones 2 y 4, escogiendo la primera opción debido a que de esta manera solo sería necesario aportar un único tipo de material de cantera.

### 6.2.2. Dimensionamiento del firme

El firme forma parte de la superestructura y corresponde a la capa más superficial de la carretera. Está compuesto por una estructura multicapa y sus objetivos fundamentales son ofrecer una elevada resistencia y buena distribución de cargas transmitidas por el tráfico, garantizar una superficie de rodadura segura y cómoda, y presentar una gran durabilidad de sus características durante toda su vida útil.

#### 6.2.2.1. Categoría de tráfico pesado

Según la Norma 6.1.-IC. Secciones de firme, existen ocho categorías de tráfico pesado que quedan definidas por la IMDp prevista para el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Por lo tanto, a partir de los datos obtenidos en el apartado 4.1. Análisis del tráfico y la información



observada en la Tabla 6, se establece una categoría de tráfico pesado para el año de puesta en servicio de T32.

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

Tabla 7: Categorías de tráfico pesado T3 y T4

### 6.2.2.2. Análisis de firmes

Según el artículo 6 de la Norma 6.1.-IC. Secciones de firme y a partir de los datos de categoría de explanada y de categoría de tráfico pesado obtenidos en los apartados anteriores, los paquetes de firmes disponibles para el tramo de carretera de la CV-35 estudiado son los observados en la Ilustración 21.

Por tanto, las opciones posibles son:

- Opción 3221: 15cm de mezcla bituminosa sobre 35 cm de zahorras.
- Opción 3222: 10cm de mezcla bituminosa sobre 30cm de suelo cemento.
- Opción 3224: 21cm de hormigón de firme sobre 20cm de zahorras.

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 ZA 40	3112 MB 15 SC 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 <sup>1)</sup> ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 <sup>1)</sup> ZA 35	4212 MB 5 SC 25	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 ZA 40	3122 MB 12 SC 30	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 <sup>1)</sup> ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5 <sup>1)</sup> ZA 25	4222 MB 5 SC 22	4224 HF 18
	E3	3131 MB 16 ZA 25	3132 MB 12 SC 22	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21	4131 MB 10 <sup>1)</sup> ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 <sup>1)</sup> ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

Tabla 8: Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T3 y T4 en función de la categoría de explanada. Espesores en centímetros. (Fuente: Norma 6.1.-IC. Secciones de firme)

En el tramo de carretera objeto de este estudio se propone ejecutar la opción 3221, consistente en un firme del tipo flexible, constituido por mezclas bituminosas discontinua en caliente apoyadas sobre capas de zahorra. Esta opción queda justificada debido a que el resto de carretera de la CV-35 está ejecutada con mezclas bituminosas y lo que se pretende conseguir, con la ejecución de este acondicionamiento y mejora de trazado de este tramo, son unas características similares al resto de la carretera CV-35, lo que hace descartar la opción 3224 de firme de hormigón. Por otra parte, se descarta la opción 3222 ya que la ejecución de suelo cemento tiene un coste muy elevado, no siendo favorable desde el punto de vista económico.



### 6.2.3. Elección de la mezcla bituminosa

En la elección del tipo de ligante bituminoso hay que tener en cuenta la zona térmica estival en la que se encuentra el tramo a ejecutar. El tramo de carretera de la CV-35 objeto de este estudio, se encuentra en el interior de la provincia de Valencia, en la Comunidad Valenciana, por lo tanto, pertenece a una zona térmica media, como se observa en la Figura 33.

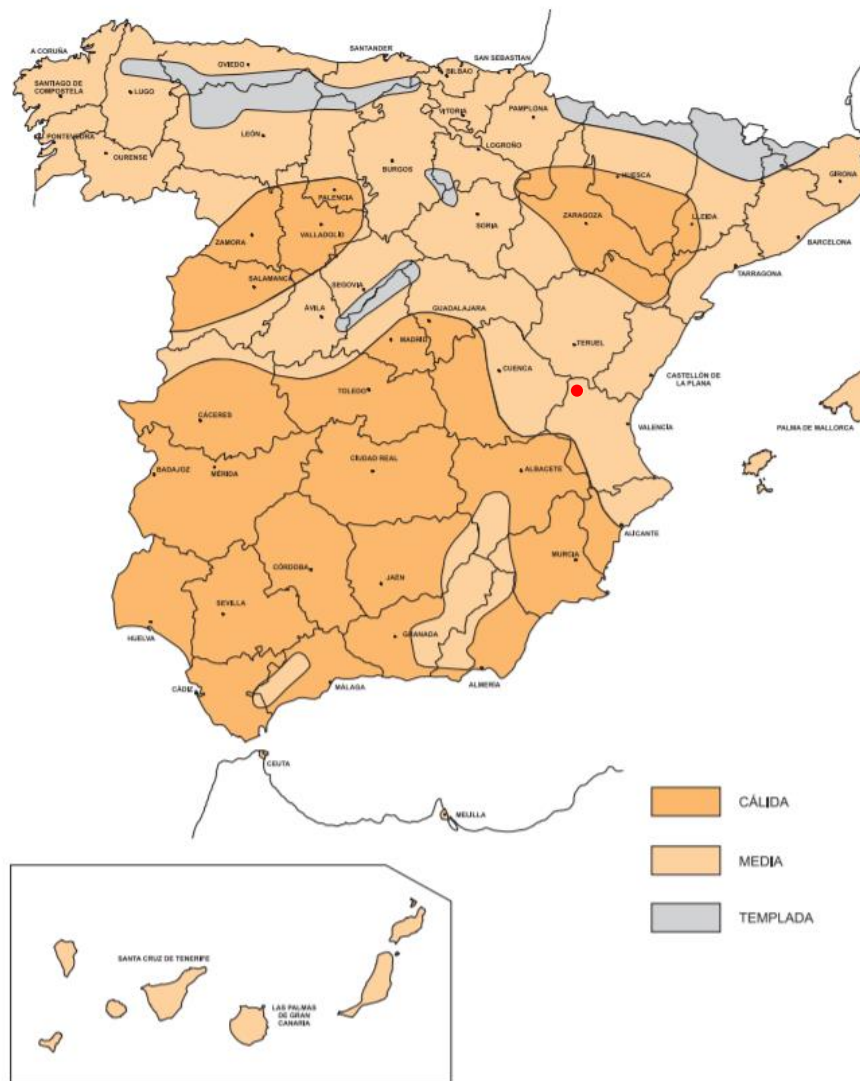


Figura 33: Zonas térmicas estivales. (Fuente: Norma 6.1-IC. Secciones de firme)

En este caso, los ligantes hidrocarbonados que se pueden emplear en cada una de las capas son:

- Capa de rodadura (Artículo 543 PG-3): 50/70; 70/100; BC50/70
- Capa intermedia (Artículo 542 PG-3): 50/70; 70/100; BC50/70
- Capa base (Artículo 542 PG-3): 50/70; 70/100; BC50/70

Por lo que respecta a los espesores de cada capa, estos quedan definidos en el Artículo 6.2.1.1 de la Norma 6.1.-IC y se corresponden a los mostrados en la Tabla 7. Por tanto, la mezcla bituminosa en caliente estará compuesta por:

- 3 centímetros de capa de rodadura
- 5 centímetros de capa intermedia
- 7 centímetros de capa base





TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10 <sup>(**)</sup>		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

Tabla 9: Espesor de capas de mezcla bituminosa, en centímetros. (Fuente: Norma 6.1-IC. Secciones de firme)

#### 6.2.4. Aplicación de riegos

Los riegos consisten en la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa de firme que va a recibir otra capa posteriormente y su función es garantizar la adherencia entre estas dos capas para que estas capas trabajen solidariamente.

- Riego de imprimación

El Pliego de Carreteras PG-3, define el riego de imprimación como la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa granular, previa a la colocación sobre ésta de una capa bituminosa. Su función consiste en preparar la superficie y garantizar la adherencia entre una emulsión bituminosa y una capa granular.

Salvo justificación en contrario, se empleará una emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP del artículo 214 de este Pliego siempre que en el tramo de prueba se muestre su idoneidad y compatibilidad con el material granular a imprimir.

- Riego de adherencia

El Pliego de Carreteras PG-3, define como la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa tratada con ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, previa a la colocación sobre ésta de una capa bituminosa.

En este caso se utilizará una emulsión bituminosa convencional, del tipo C60B3 ADH.

#### 6.2.5. Propuesta de solución

Atendiendo a la totalidad de los criterios descritos en los apartados anteriores, se propone como solución para la ejecución del firme y el pavimento la siguiente secuencia de capas y materiales:

SECCION FIRME 3221		
Capa	Espesor (cm)	Material
Rodadura	3	BBTM 11B BC50/70
RIEGO DE ADHERENCIA (EMULSION BITUMINOSA C60B3 ADH)		
Intermedia	5	AC 22 bin BC50/70 S
RIEGO DE ADHERENCIA (EMULSION BITUMINOSA C60B3 ADH)		
Base bituminosa	7	AC 32 base BC50/70 G
RIEGO DE IMPRIMACION (EMULSION BITUMINOSA C60BF4 IMP)		
Base granular	35	ZA25
Explanada	75	Suelo seleccionado tipo 2
Terreno natural	>100	Suelo tolerable

Tabla 10: Sección de firme 3221



### 6.2.6. Aprovechamiento del firme existente

El tramo de carretera actual presenta una parte de reciente construcción comprendida desde el P.K. 2+600 hasta el P.K. 3+600 aproximadamente que, tal y como se analizó en el apartado 4.2 Análisis del trazado de este mismo informe, se pretende conservar aprovechando las infraestructuras existentes puesto que cumple con los criterios definidos en este estudio para el nuevo trazado, economizando en gran medida la ejecución de la obra.

Este hecho ofrece la oportunidad de aprovechar el firme existente actualmente en la vía, puesto que presenta un perfecto estado de conservación y cumple con las exigencias necesarias para la categoría de tráfico exigida en este tramo de carretera. Además, se aprovecharán las obras de drenaje longitudinal, así como la obra de drenaje transversal de tipo marco existente en este tramo, puesto que su reciente construcción garantiza el correcto dimensionamiento de estos elementos de drenaje.

También serán aprovechadas las barreras de seguridad y la señalización vertical debido a su buen estado de conservación, siendo únicamente necesario el repintado de las marcas viales y la limpieza de las obras de drenaje longitudinales.



Figura 34: Tramo de la carretera CV-35 de reciente construcción. (Fuente: Elaboración propia)

### 6.3. DRENAJE

El drenaje de una carretera tiene como objetivo principal evacuar rápidamente de la calzada el agua procedente de la lluvia o escorrentías para evitar ciertas patologías en la carretera, que





pueden desencadenar graves consecuencias. El drenaje de una carretera es uno de los parámetros más relevantes en la ejecución de una obra lineal, puesto que un buen diseño de los elementos de drenaje evita un elevado número de desperfectos generados en la plataforma como fisuras, formadas por la inestabilidad que genera el flujo de agua procedente de escorrentías o posibles filtraciones. Además, una evacuación lenta del agua acumulada en la carretera y un drenaje no eficaz de la misma puede provocar grandes desperfectos en la infraestructura de la vía, generando graves daños a la explanada, como la pérdida de su capacidad portante, provocando asentamientos de los rellenos, e inestabilidades de los taludes.

El fallo o mal dimensionamiento de los elementos de drenaje de una carretera también pueden provocar una circulación no segura de los usuarios de la vía, incrementando el riesgo de aquaplaning debido a la formación de una lámina de agua sobre la superficie del pavimento, provocando la pérdida de tracción de los vehículos y, por consecuencia, la pérdida del control del vehículo por parte de los conductores.

Para asegurar el correcto funcionamiento de los elementos de drenaje en el tramo de carretera de la CV-35 objeto de este estudio, se define la ejecución de cunetas de sección triangular, como las que existen actualmente en algunos tramos de carretera, situadas en los laterales de la calzada, a continuación de las bermas, en las zonas donde la sección transversal presente desmontes, cuya función será recoger el agua procedente de la escorrentía de los desmontes y la generada por el peralte de la propia carretera. En las zonas donde la sección transversal presente terraplenes, se instalarán bordillos con sus correspondientes bajantes en las zonas donde el peralte provoque un flujo de agua en la calzada. También se dispondrán colectores transversales que evacuen la acumulación de agua en la cuneta en las zonas donde las cunetas sobrepasen su capacidad hidráulica debido a su longitud. Puesto que los elementos de drenaje actuales están funcionando correctamente, las dimensiones de todos estos elementos de drenaje serán sobredimensionados a los existentes para garantizar la correcta evacuación del agua existente en la calzada tras la actuación.



Figura 35: Cuneta "tipo V" revestida de hormigón y colector transversal existente actualmente. (Fuente: Elaboración propia.)

Las cunetas serán ejecutadas mediante hormigón en masa sobre el propio terreno, por lo que es conveniente impermeabilizar las zonas previamente para evitar fisuraciones del hormigón por



subpresiones e infiltraciones que puedan provocar daños como los mencionados anteriormente sobre la plataforma.

Debido al rediseño del trazado del tramo de la carretera CV-35 analizado en este estudio para mejorar la seguridad y comodidad del tramo y conseguir la similitud de características con el resto de la carretera CV-35, es necesario modificar las obras transversales existentes para salvar los cauces generados por los barrancos de la Tejeria y de las Tejerías. En el barranco de la Tejeria y de las Tejerías se dispondrán sendos tubos de drenaje de hormigón con capacidades hidráulicas mayores a los elementos de drenaje actuales, lo que asegura el correcto funcionamiento de estos marcos debido a su sobredimensionamiento.

Además, en el P.K. 7+500 se instalará un marco multicelular de drenaje transversal para garantizar la total disponibilidad de la carretera en este punto debido a la existencia de un riesgo de inundación geomorfológica analizado anteriormente en el apartado 5.3. Hidrología. Estos tubos serán diseñados con la capacidad suficiente para evacuar el agua procedente de la zona inundable.

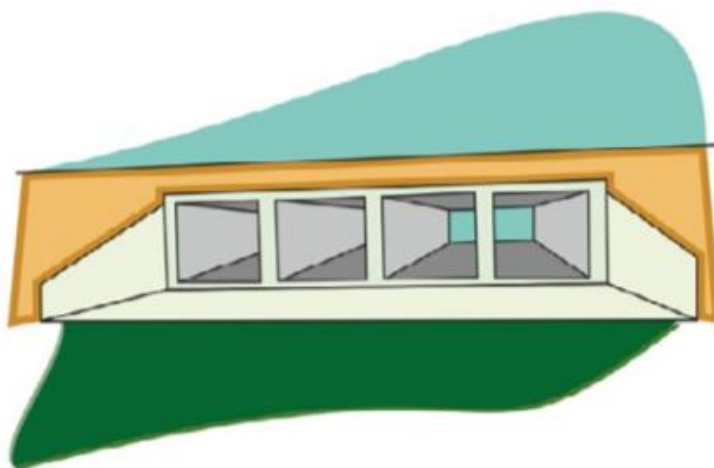


Figura 36: Ejemplo de marco multicelular (Fuente: <http://www.carreteros.org>.)

Todas estas obras de drenaje transversal serán ejecutadas y colocadas de manera que su emplazamiento no provoque ningún tipo de afección sobre el cauce natural de los barrancos, siendo prácticamente imperceptibles por el flujo de agua.

Valencia, Diciembre 2020

Fdo: Marcos Sánchez Martínez





## 7. RELACIÓN VALORADA

En este apartado se realiza un resumen del total de los costes que supone la ejecución de la obra de acondicionamiento y mejora del trazado del tramo de carretera objeto de este estudio.

CODIGO	PRECIO (€)	MEDICIÓN	COSTE (€)
<b>CAPITULO 01 - DEMOLICIONES Y ACTUACIONES PREVIAS</b>			
U.01.01	3,48	72,00	250,56
U.01.02	4,67	1.930,00	9.013,10
U.01.03	2,41	37.980,00	91.531,80
U.01.04	3,98	54,00	214,92
<b>TOTAL CAPITULO 1</b>			<b>101.010,38</b>
<b>CAPITULO 02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
U.02.01	2,35	28.800	67.680,00
U.02.02	3,25	259.381,19	842.988,87
U.02.03	5,3	233.443,07	1.237.248,28
U.02.04	7,73	12.547,43	96.991,63
U.02.05	10,38	54.000,00	560.520,00
<b>TOTAL CAPITULO 2</b>			<b>2.805.428,78</b>
<b>CAPITULO 03 - FIRMES Y PAVIMENTOS</b>			
U.03.01	37,45	65.700,00	2.460.465,00
<b>TOTAL CAPITULO 3</b>			<b>2.460.465,00</b>
<b>CAPITULO 04 - DRENAJE</b>			
U.04.01	23,76	2.200,00	52.272,00
U.04.02	33,45	226,00	7.559,70
U.04.03	35,3	6.750,00	238.275,00
U.04.04	334,49	80,00	26.759,20
U.04.05	726,14	20,00	14.522,80
<b>TOTAL CAPITULO 4</b>			<b>339.388,70</b>
<b>CAPITULO 05 - SEÑALIZACION Y BALIZAMIENTO</b>			
U.05.01	0,82	24.900,00	20.418,00
U.05.02	72,28	49,00	3.541,72
U.05.03	32,99	2.430,00	80.165,70
<b>TOTAL CAPITULO 5</b>			<b>104.125,42</b>
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL (PEM)			5.890.583,98 €
GASTOS GENERALES (15%)			883.587,60 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)			353.435,04 €
<b>PRESUPUESTO SIN IVA</b>			<b>7.127.606,61 €</b>
IVA (21%)			1.496.797,39 €
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)</b>			<b>8.624.404,00 €</b>





**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**