



ESTUDIO DE MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CV-427 ENTRE LOS PP.KK. 0+000 (YÁTOVA) y 6+000 (BUÑOL). PROVINCIA DE VALENCIA.

Trabajo Final de Grado

Autor:

Néstor Giménez Criado

Tutores:

Álvaro Cuadrado Tarodo
David Llopis Castelló

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil

Curso: **2019/2020**

Fecha: Septiembre de 2020





1. DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

- ANEJO 1. Situación actual, reportaje fotográfico y antecedentes
- ANEJO 2. Estudio del tráfico
- ANEJO 3. Estudio geológico y geotécnico
- ANEJO 4. Análisis del trazado
- ANEJO 5. Desarrollo de alternativas
- ANEJO 6. Cálculo del firme
- ANEJO 7. Climatología, hidrología y drenaje
- ANEJO 8. Señalización, balizamiento y seguridad

2. DOCUMENTO Nº2: PLANOS

3. DOCUMENTO Nº3: VALORACIÓN ECONÓMICA





DOCUMENTO Nº1.

MEMORIA

AUTOR: NÉSTOR GIMÉNEZ CRIADO

TUTORES: ÁLVARO CUADRADO TARODO

DAVID LLOPIS CASTELLÓ





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9	10. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE	22
2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	9	10.1 CLIMATOLOGÍA	22
3. ANTECEDENTES.....	9	10.2 HIDROLOGÍA.....	22
4. LOCALIZACIÓN	9	10.3 DRENAJE.....	23
5. ANÁLISIS DEL TRÁFICO	10	11. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y SEGURIDAD	24
5.1 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO	11	11.1 SEÑALIZACIÓN.....	24
6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	11	11.2 BALIZAMIENTO.....	25
7. ESTUDIO DEL TRAZADO GEOMÉTRICO	12	11.3 BARRERAS DE SEGURIDAD.....	26
7.1 TRAZADO EN PLANTA	12	12. CONCLUSIONES	26
7.2 TRAZADO EN ALZADO.....	14	13. EXPROPIACIONES	26
7.3 SECCIÓN TRANSVERSAL.....	14	14. VALORACIÓN ECONÓMICA	27
7.4 CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....	15		
8. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.....	15		
8.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	16		
8.2 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA.....	16		
9. FIRMES	18		
9.1 FORMACIÓN DE EXPLANADA	18		
9.2 FORMACIÓN DEL FIRME	20		



1. INTRODUCCIÓN

Esta memoria basa su estudio en la carretera CV-427 en su totalidad, desde el PK 00+000 hasta el PK 06+040. La carretera se sitúa entre los términos municipales de Yátova y Buñol, ambos municipios pertenecientes a la comarca de La Hoya de Buñol, en el interior de la provincia de Valencia. Se trata de una carretera cuya titularidad es provincial (Diputación de Valencia) y que pertenece a la red local de la Comunidad Valenciana, según se contempla en el II Catálogo Viario. La carretera conecta los pueblos de Buñol y Yátova, además de servir a una parte de la población para el acceso a segundas residencias entre estos dos municipios.

La carretera se inicia en la población de Yátova, donde durante los dos primeros kilómetros la orografía no es tan montañosa. A partir de este punto, el terreno pasa a ser el principal problema para la mejora del trazado. El proyecto se sitúa en una zona con elevado valor paisajístico. Es una carretera muy poco transitada, con menos de 500 vehículos/día y posee un ancho total de sección transversal que está en torno a 5 y 6 metros, contando incluso algunas zonas con menos de 5 metros, sin arcenes ni berma. Se destaca un considerable tráfico ciclista y motociclista, en su mayor parte el fin de semana y es por estos dos últimos grupos, en gran medida, junto con una mejora de los elementos que componen la carretera, por los cuales se ha llevado a cabo este estudio.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Como el nombre del presente trabajo indica “Estudio de mejora de la seguridad vial de la CV-427”, se tiene por objetivo la recogida de diferentes propuestas y soluciones para la mejora del trazado así como la mejora de la seguridad vial adecuando todo aquello que conforma la vía a la normativa, como es el caso de los elementos de seguridad, señalización o reductores de velocidad para aquellas zonas donde por la sinuosidad del terreno sea imposible llevar a cabo una actuación, de tal forma que la alternativa más viable desde el punto de vista técnico, económico o medioambiental, entre otras, será la solución adoptada.

Todas estas mejoras traerán consigo un aumento en la seguridad para los usuarios de la vía, con principal énfasis a los motoristas y ciclistas que usan esta carretera para su disfrute en días festivos o fines de semana.

3. ANTECEDENTES

En cuanto a antecedentes se refiere, la carretera CV-427 no ha sufrido ninguna modificación en el trazado desde que su construcción inicial. Tan solo se invirtieron 600.000 euros en el asfaltado de la carretera CV-4290 que interseca con la CV-427 en el PK 03+450.

Se han llevado a cabo mejoras puntuales, como la implantación de señales de advertencia por desprendimientos en los PK 04+000 y 05+350, se han mejorado algunos elementos de contención de vehículos con el añadido del faldón, para una mayor protección para los motoristas. En algunos puntos ciegos y conflictivos se han colocado espejos para ayudar a la incorporación o a la toma de curvas.

4. LOCALIZACIÓN

La carretera CV-427 se localiza al Este de la Península Ibérica, en el interior de la Comunidad Valenciana. Como se ha comentado antes, pertenece a los términos de Buñol y Yátova.

La zona es en su mayoría montañosa y con un relieve sinuoso. El tramo se localiza cerca de varias zonas de interés, como el río Juanes (el cuál es salvado mediante un puente, ya que el trazado lo atraviesa), la Cueva de las Palomas o la Cueva de Turche, siendo estos últimos dos parajes de gran interés turístico que forman parte de la Ruta del Agua.

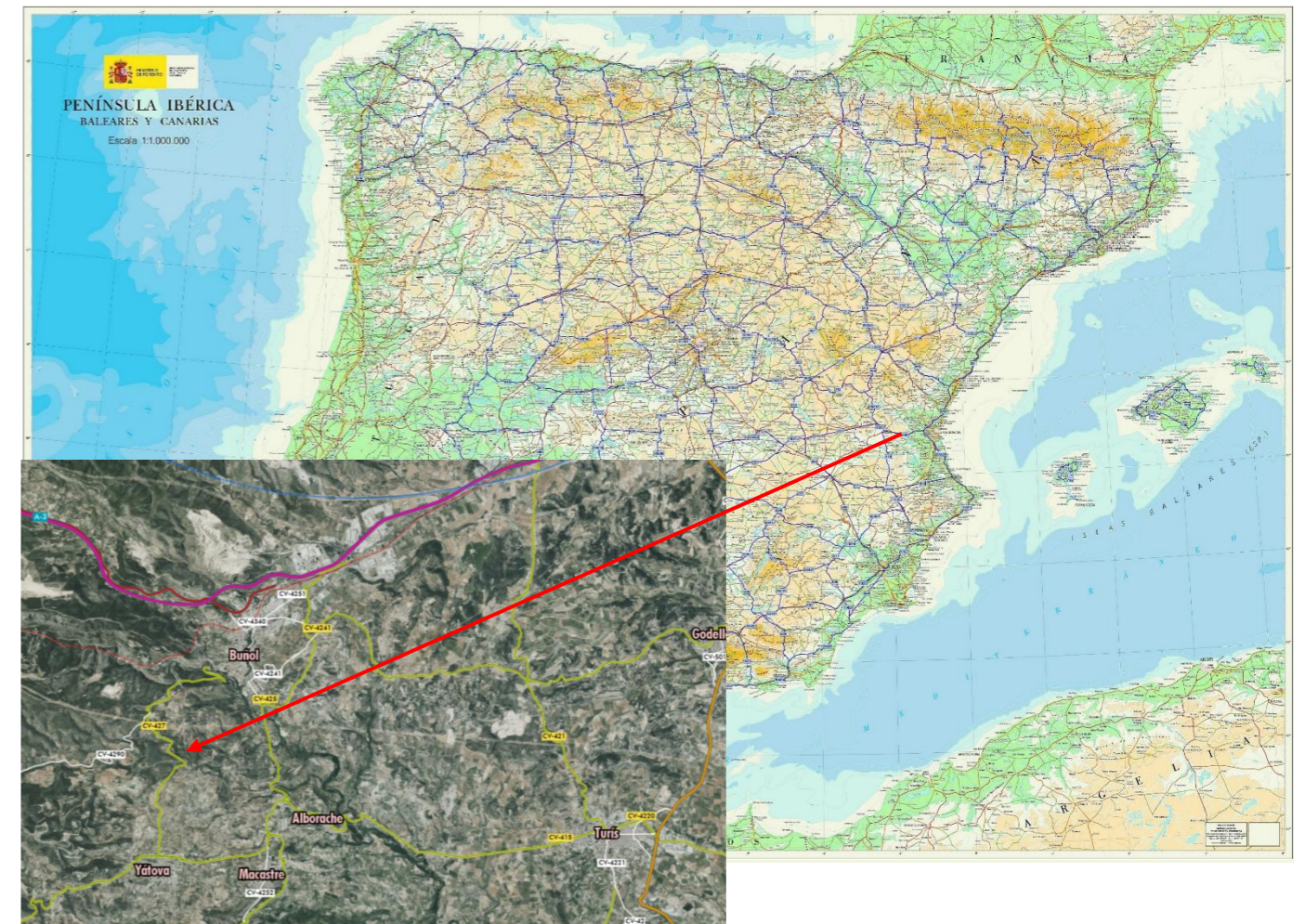


Figura 1: Situación de la carretera CV-427. (Fuente: Institut Cartogràfic Valencià y Instituto Geográfico Nacional).

La Figura 1 comprende donde se encuentra la carretera en el mapa de España, a escala 1:1.000.000, además de su posición dentro de la provincia de Valencia a escala 1:72.000, más concretamente en la comarca de La Hoya de Buñol-Chiva, zona muy próxima a la autovía A-3 Madrid-Valencia.

5. ANÁLISIS DEL TRÁFICO

Para la determinación del comportamiento del tráfico en el tramo de estudio es necesario emplear los datos de las estaciones de aforo de cobertura que se sitúan en este, contrastando la información obtenida de dicho aforo con otra estación de aforo primaria próxima, cuya finalidad es la de tener un mayor detalle de los datos obtenidos para el cálculo de la Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico, haciendo uso de los factores de festivos (S) y de estacionalidad (L). Este hecho viene dado a que las estaciones de aforo de cobertura no contemplan la variabilidad semanal, si no que aforan las 24 horas todos los días laborales del año. Se utilizará la información contemplada en el Libro de Aforos 2019 de la Diputación de Valencia.

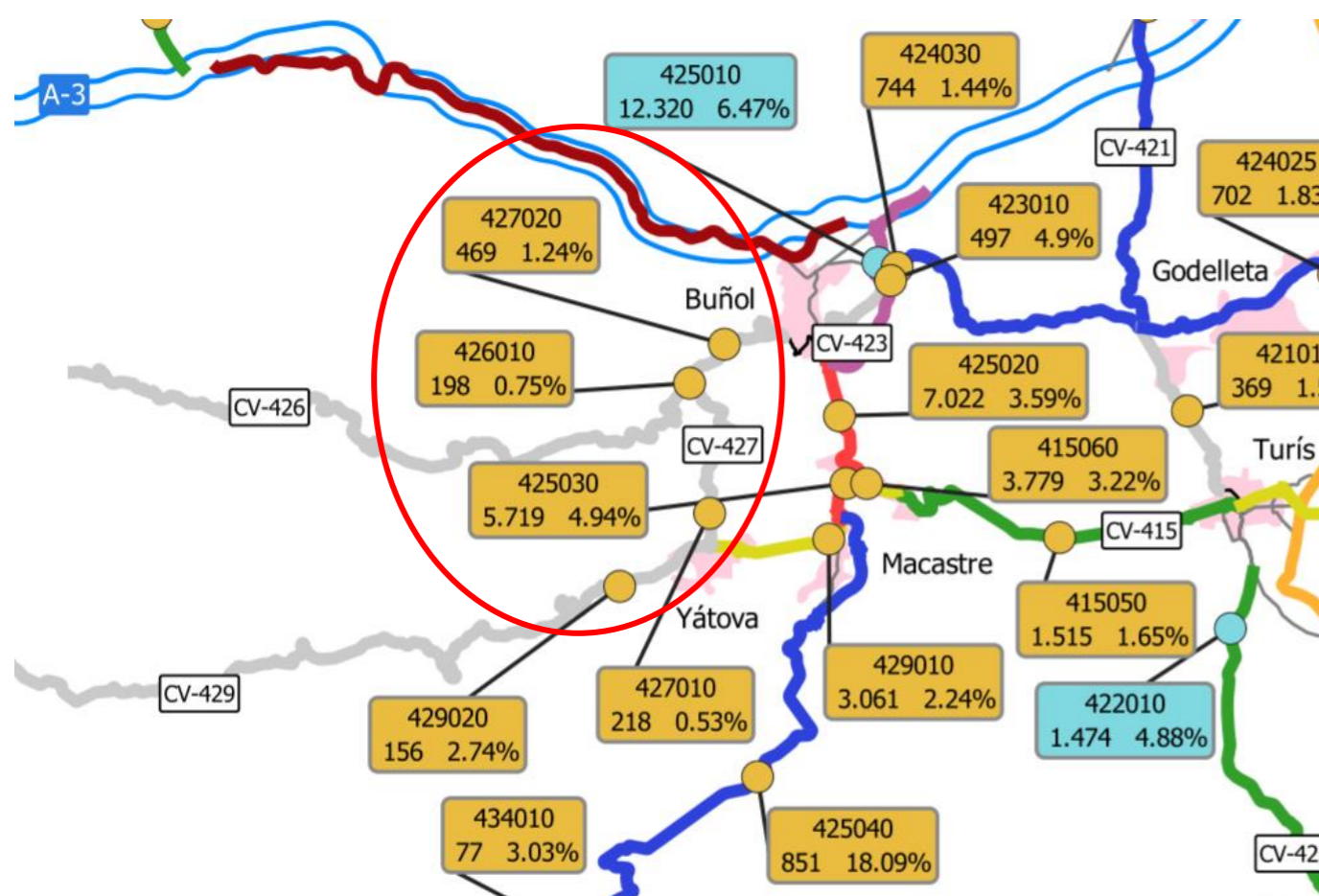


Figura 2: Mapa de aforos del año 2019 en la zona de estudio. (Fuente: Diputación de Valencia).

Se puede observar en la Figura 2 el mapa de aforos de la zona donde se lleva a cabo el proyecto. Con colores diferentes, se diferencian las vías según la intensidad media diaria que soportan cada una. La CV-427 es, de la zona, uno de los tramos que menos tráfico soporta, representada de color gris, con menos de 500 veh/día. Los cuadros de información enlazados con puntos situados en las distintas carreteras representan las estaciones de aforo, siendo naranjas las que se tratan de estaciones de cobertura y azules las estaciones secundarias, aquellas que no consideran las variaciones en fin de semana, únicamente los días laborales.

Como puede observarse, no se localizan estaciones primarias que puedan representar con un mayor detalle el comportamiento del tráfico en la carretera, lo cual conlleva que se adoptará como IMD el valor obtenido por las diferentes estaciones de cobertura que se localizan en la carretera, teniendo dos valores distintos. Estos datos variarán un poco con la realidad, aunque serán valores suficientemente válidos y representativos al tratarse de un estudio.

No obstante, esta IMD es necesario actualizarla al año actual (2020), por lo que se hace uso de la Orden FOM/3317/2010 del 17 de diciembre, del Ministerio de Fomento utilizando los incrementos anuales que vienen recogidos en esta, representados en la Tabla 1. Así mismo, mediante la siguiente expresión se obtienen los valores buscados

$$IMD = IMD_i * (1 + p)^n$$

Donde,

- *IMD*: Intensidad media de vehículos en el año final de la serie de datos.
- *IMD_i*: Intensidad media de vehículos en el año origen.
- *p*: Porcentaje de crecimiento anual del tráfico en tanto por uno (Tabla 1).
- *n*: Años transcurridos entre el año origen y el año final que se quiere estimar.

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

Tabla 1: Incrementos de tráfico (Fuente: O.FOM/3317/2010).

$$IMD_{2022} = 218 * (1 + \frac{1,44}{100})^{2022-2019} = 228 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{2042} = 218 * (1 + \frac{1,44}{100})^{2042-2019} = 303 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{2022} = 469 * (1 + \frac{1,44}{100})^{2022-2019} = 490 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

$$IMD_{2042} = 469 * (1 + \frac{1,44}{100})^{2042-2019} = 652 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

ESTACIÓN EN PK 00+050

ESTACIÓN EN PK 04+050

5.1 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio determina el funcionamiento o calidad de operación de una carretera y para conocerlo y analizarlo, se hace uso de la metodología del Highway Capacity Manual del año 2016.

En base a los datos de la IMD obtenida en el apartado “Análisis del tráfico” y teniendo en cuenta la ausencia, como se ha comentado con anterioridad, de una estación en la cual se pudiera expandir el aforo tomado de manera manual, se determina una aproximación del 10% de la IMD para obtener la Intensidad Horaria de Proyecto (IHP).

Todos los datos de cálculo y del aforo manual realizado se encuentran en el Anejo nº2 “Estudio del tráfico”, siendo el tramo que se inicia desde Buñol el que más tráfico soporta, más del doble que si la incorporación a la carretera se realiza desde el municipio de Yátova. Ampliando esta información, durante el fin de semana el volumen de motocicletas y de ciclistas aumenta considerablemente.

Para el cálculo del nivel de servicio se han tenido en cuenta una serie de factores:

- Es un tramo que discurre por zona montañosa, por lo que en base al perfil de la rasante se considera un terreno ondulado.
- La carretera se considera Clase II, ya que es una carretera donde la velocidad no es especialmente elevada debido principalmente a la orografía montañosa de la zona y, adicionalmente, transcurre por un entorno no urbanizado, a excepción de un tramo de escasa longitud.
- Dado que no se dispone de datos suficientes, se supone un 60% de vehículos circulando en una dirección y un 40% en la contraria. Determinándose tras un breve estudio de la carretera, un porcentaje de zonas de no adelantamiento del 80%.

Al ser una carretera de Clase II, se verifica únicamente el parámetro del Porcentaje de Tiempo en Cola (PTSF). Para ambas estaciones de cobertura y ambos sentidos de PKs, se obtiene un Nivel de Servicio **A**.

6. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

En este apartado, se busca un mayor conocimiento de la composición geológica del terreno sobre el cual se ubica la carretera existente, así como de lo que esta está rodeada para actuar acorde a lo que el terreno permita. Para llevarlo a cabo, el estudio se basa en el proyecto de construcción B-270 ‘Acondicionamiento de trazado y carril ciclo-peatonal en la carretera CV-429. Tramo del PK 0+220 al PK 3+000. La carretera CV-429 está muy cerca de la carretera CV-427 del presente proyecto, por lo que se supone que el comportamiento del terreno es similar al de la zona de estudio. La Figura 3 representa el mapa de situación de ambas carreteras.

Todos los datos necesarios y obtenidos se encuentran en el Anejo nº3, “Estudio Geológico y Geotécnico”.

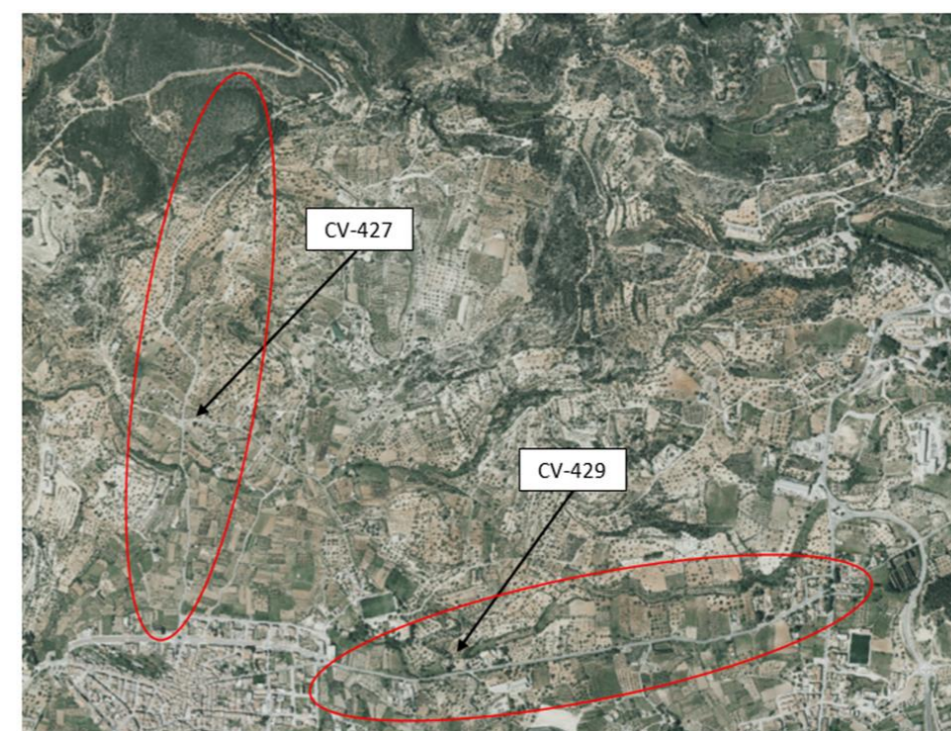


Figura 3: Plano comparativo de situación de ambas carreteras a escala 1:18.000. (Fuente: Elaboración propia).

Con el objetivo de conocer la composición y características del terreno de la zona de estudio, se hace uso del mapa geológico de la Comunidad Valenciana del Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La Figura 4 muestra la zona de estudio con sombreados que representan los diferentes materiales que conforman el terreno, teniendo limos arcillosos como material predominante.

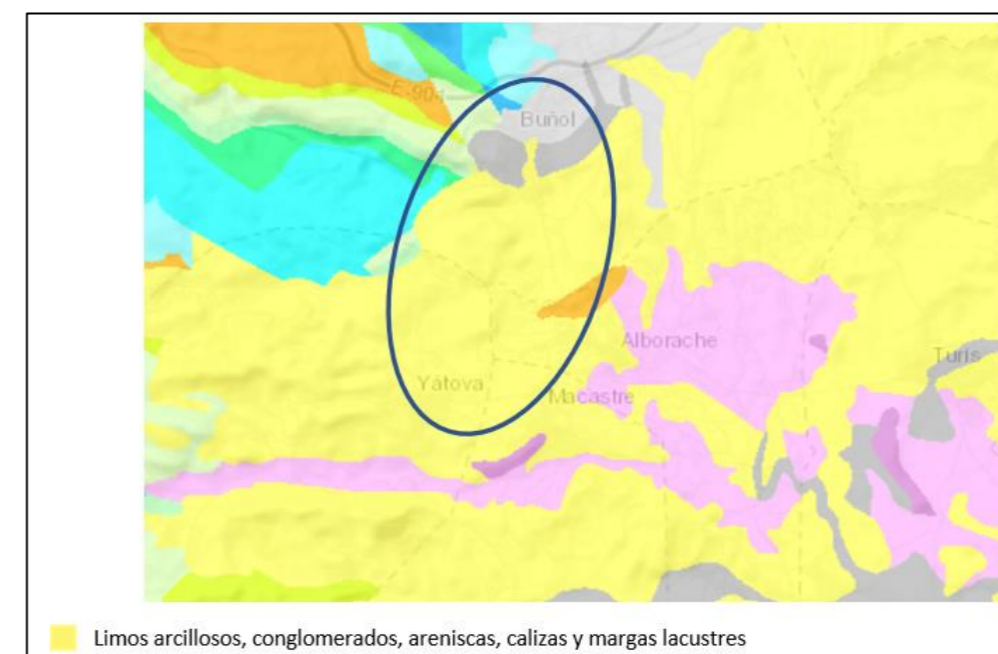


Figura 4: Mapa geológico de la zona de estudio y zonas próximas. (Fuente: <https://igme.maps.arcgis.com/>).

Según el IGME, en la zona de estudio se detecta problemas de carácter geotécnico, geomorfológico y litológico, lo que puede acarrear dificultades a la hora de construir el nuevo trazado. Este hecho queda reflejado en la Figura 5.

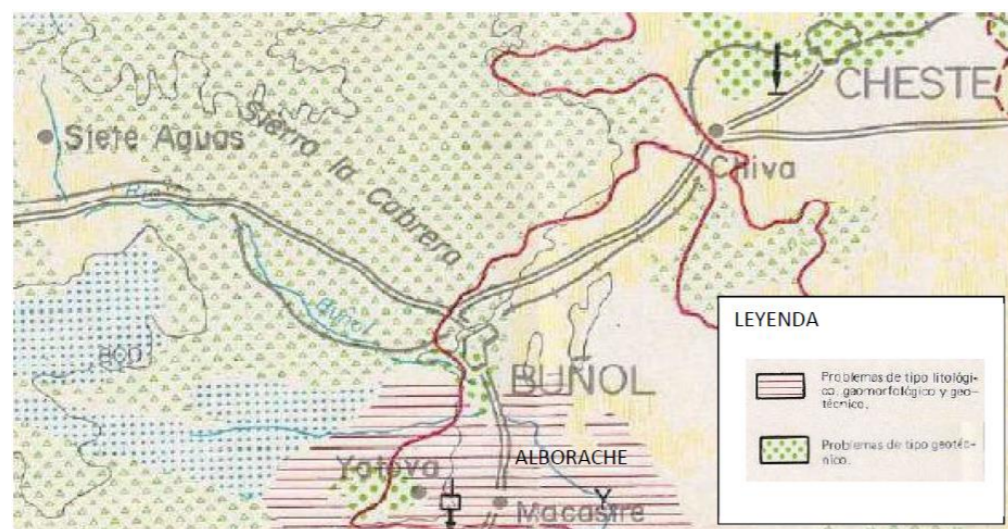


Figura 5: Mapa geotécnico de la zona de estudio. (Fuente: IGME)

Lo que respecta al nivel freático, no se presenta ningún punto de emanación del agua a lo largo del tramo de estudio, por lo que no es necesaria ninguna medida para eliminar este aspecto.

Una vez queda determinada la cartografía de la zona de estudio, en el proyecto de construcción B-270 se establecen los puntos a analizar para completar los reconocimientos superficiales. Para ello, se realiza una campaña de investigación la cual se ha compuesto por 3 calicatas distribuidas a lo largo de todo el trazado de la CV-429 a ampliar.

Tras obtener el material de estas calicatas, se llevaron a cabo los ensayos de laboratorio pertinentes, mostrados en la Tabla 2, para cada muestra con el fin de conocer las características más importantes de estos.

	Nº ENSAYOS
Granulometría por tamizado (UNE 103101)	2
Plasticidad del suelo (UNE 103103/103-104)	2
Contenido en sales solubles (NLT 114)	2
Contenido en yeso en suelos (NLT 115)	-
Proctor Modificado (UNE 103500)	2
C.B.R. (UNE 103502)	2
Hinchamiento libre en edómetro (UNE 103601)	1
Ensayo de Colapso (NLT 254)	1
Contenido en materia orgánica (UNE 103204)	2
Agresividad del suelo hacia el hormigón (UNE 83963)	2
Total	16

Tabla 2: Número y tipo de ensayo (Fuente: Proyecto B-270, Acondicionamiento de trazado y carril ciclo-peatonal en la carretera CV-429. Tramo del PK 0+220 al PK 3+000).

Tras la realización de los ensayos se determina que el suelo de la traza compuesto por limos de diferentes variaciones, según el PG-3 (Orden FOM 1362/2002), presenta unas características que lo clasifica como suelo tolerable. Los resultados de los ensayos y la información de las calicatas que se realizaron se adjuntan en el Anejo nº3, "Estudio Geológico y Geotécnico".

Una vez se tiene esta clasificación, se elabora la explanada y el firme del nuevo trazado de la carretera CV-427.

7. ESTUDIO DEL TRAZADO GEOMÉTRICO

El actual apartado versa sobre el análisis del trazado geométrico actual de la carretera CV-427. En primera instancia, para saber estas características geométricas, se hace una reconstrucción del trazado mediante la herramienta AutoCad Civil 3D, un software de diseño de carreteras. Conociendo las propiedades actuales de la carretera, se puede saber el grado de su cumplimiento con la normativa vigente, Norma 3.1-IC, 'Trazado de la Instrucción de Carreteras', del Ministerio de Fomento, además de detectar inconsistencias o puntos críticos para poder llevar a cabo las actuaciones pertinentes.

A continuación, se comprueban todos los elementos que forman parte de la carretera de manera individual y colectivamente, de tal manera que exista una coordinación entre todos ellos. Todas las comprobaciones realizadas vienen incluidas en el Anejo nº4 "Análisis del Trazado" del presente proyecto.

7.1 TRAZADO EN PLANTA

El trazado en planta es el conjunto que forman los elementos definidos, como son las rectas, curvas circulares y curvas de transición o clotoides.

En la Figura 6, se aprecia el trazado en planta de la carretera CV-427. Los seis kilómetros de longitud se distribuyen de manera enrevesada entre las poblaciones de Yátova y Buñol, pudiéndose observar curvas muy cerradas y diferentes tipologías de terreno que otorgan un grado de peligrosidad elevado a la carretera.

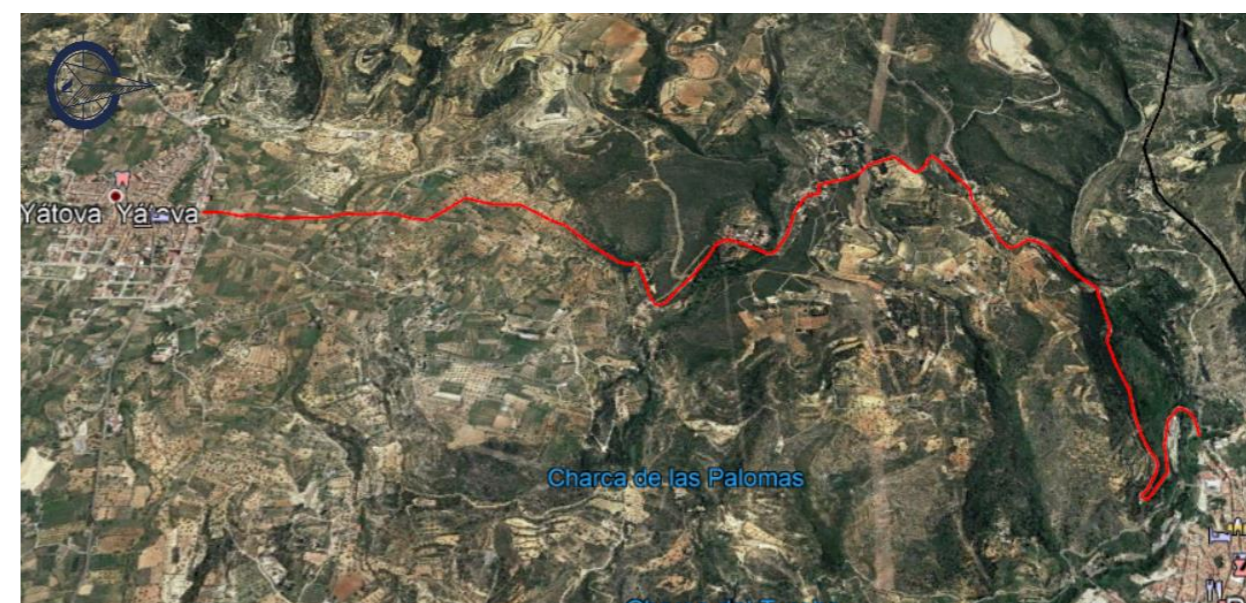


Figura 6: Trazado en planta de la carretera CV-427. (Fuente: Google Earth).

- ALINEACIONES RECTAS

La Norma 3.1-IC contempla una serie de limitaciones para las alineaciones rectas. Toda alineación debe de cumplir una longitud mínima, la cual considere la adaptación de la conducción, la comodidad y una longitud máxima, que evita los problemas asociados al deslumbramiento, cansancio y en mayor medida, los excesos de velocidad. Los dos valores tienen en común su dependencia de la velocidad de proyecto (V_p) determinada, la cual se define como la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos con seguridad. Para determinar cuántos tramos homogéneos existen en el tramo de estudio, se calcula el giro acumulado que se da en la carretera, un cálculo que queda plasmado en la Figura 6.

Este método trata de identificar tramos de carretera con mismo comportamiento geométrico en planta, de manera que diferentes pendientes de este gráfico representan distinto valor de CCR (Change Curvature Rate) y, por tanto, diferente tramo homogéneo.

El análisis de la Figura 7 trae consigo la determinación de que hay dos tramos claramente diferenciados en la carretera. Un tramo desde el PK 00+000 hasta el PK 02+700 y otro desde el PK 02+700 hasta el PK 06+040. El primero podría considerarse una carretera C-60, pero posee algunos radios de curvatura muy pequeños, por lo que se comprueba la normativa considerando la carretera una C-40 en su totalidad.

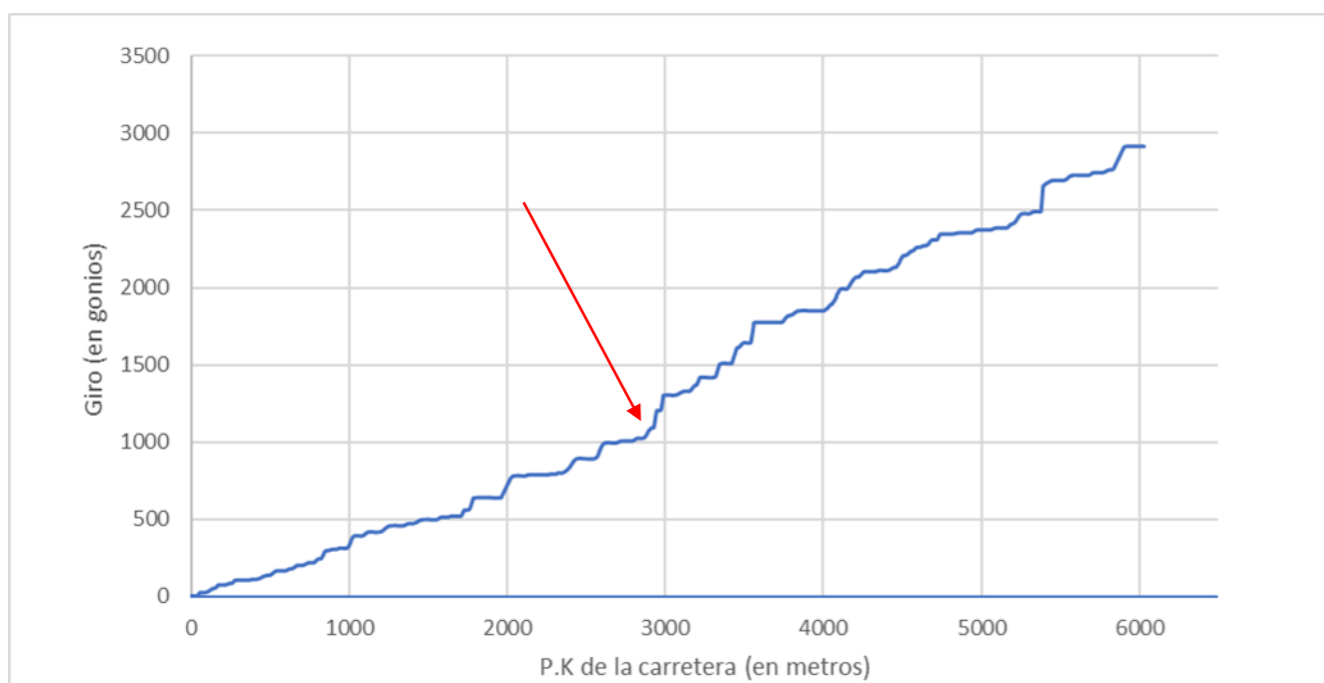


Figura 7: Giro total de la carretera en base al P.K. de esta. (Fuente: Elaboración propia)

Para un tipo de vía C-40, las longitudes máximas y mínimas para rectas vienen dadas por la Tabla 3. En la totalidad del trazado actual existen 71 alineaciones rectas, de las que más de la mitad no cumplen con la normativa. (Tabla 4)

V_p (km/h)	L. min, s (m)	L. min, o (m)	L. max
40	56	111	668

Tabla 3: Longitudes mínimas y máximas para alineaciones rectas. (Fuente: Norma 3.1-IC).

Alineaciones rectas que cumplen normativa	Alineaciones rectas que NO cumplen normativa
18/71	53/71

Tabla 4: Resumen del análisis de cumplimiento de longitudes de las alineaciones rectas. (Fuente: Elaboración propia).

- CURVAS CIRCULARES

Una curva circular tiene el objetivo de enlazar dos rectas. Presenta un radio, que va asociado a una determinada velocidad de proyecto y es un valor que depende de varios factores entre los cuales se encuentran el peralte, el coeficiente de rozamiento transversal movilizado y la visibilidad de parada que presenta la totalidad de su longitud. El radio debe de cumplir un valor mínimo que viene establecido en la Tabla 4.4 de la norma 3.1-IC. Para una velocidad de proyecto de 40 km/h, el radio de la curva circular debe de ser mayor de 50 metros.

La Tabla 5 presenta el resumen de las comprobaciones realizadas para el radio mínimo de las curvas circulares presentes en el trazado de la CV-427.

Curvas circulares que cumplen normativa	Curvas circulares que NO cumplen normativa
44/71	26/70

Tabla 5: Resumen del análisis de cumplimiento de radios mínimos de las curvas circulares. (Fuente: Elaboración propia).

- COORDINACIÓN ENTRE CURVAS CIRCULARES CONSECUTIVAS

Todos los elementos que conforman una carretera deben de cumplir con la normativa de manera individual, pero además deben de presentar una coherencia entre elementos consecutivos para evitar tramos peligrosos o bruscos descensos de velocidad. Se comprueba la unión mediante rectas entre alineaciones curvas, diferenciando la fórmula de cálculo en base a si esta alineación recta es mayor de 400 metros o no. Para el caso de la carretera de estudio, ninguna recta sobrepasa los 400 metros.

Tras el análisis pertinente (adjuntado en el Anejo nº4 "Análisis del Trazado") se extrae que la mayoría de las sucesiones de elementos consecutivos no cumplen con la normativa decretada, lo que supone un riesgo para los usuarios de la vía.

- CLOTOIDES

La Norma 3.1-IC establece que "las curvas de acuerdo (o curvas de transición) tienen por objeto evitar discontinuidades en la curvatura del trazado, por lo que, en su diseño deberán proporcionar las mismas condiciones de comodidad y seguridad que el resto de los elementos del trazado".

Para la carretera estudiada, solo 3 cumplen con la normativa, lo que supone menos de un 5% del total.

7.2 TRAZADO EN ALZADO

El trazado en alzado lo forman la combinación entre curvas de acuerdo vertical junto con rasantes con inclinación uniforme. La Figura 8 muestra la representación del trazado de la rasante y del perfil del terreno.

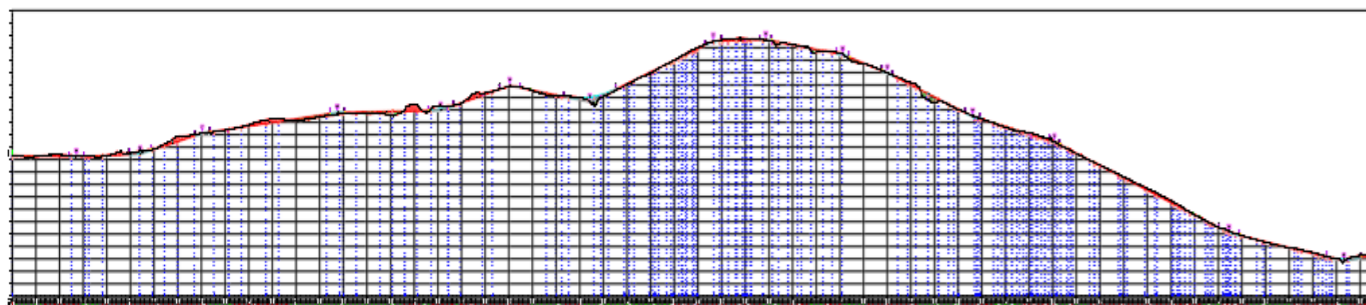


Figura 8: Perfil longitudinal de la carretera y de terreno natural. (Fuente: Elaboración propia).

Como puede observarse, es un perfil que discurre por una zona donde el desnivel es notable. Los PK iniciales transcurren por una zona "llana", mientras que una vez se pasa el PK 02+000 comienza a subir la altura por la cual discurre la carretera, disminuyendo bruscamente una vez superado el PK 03+800.

- RASANTES

Respecto a las rasantes, todas cumplen con la inclinación máxima para un tipo de vía C-40 (7%) excepto 5 rasantes, las cuales ninguna sobrepasa la inclinación excepcional (10%). Los puntos más críticos se encuentran sobre los PK 03+000 y 05+400, con unas inclinaciones de 9,81% y 9,88% respectivamente.

En añadido, la Norma 3.1-IC, contempla que "el valor mínimo de la inclinación de la rasante no será menor que cinco décimas por ciento ($\nless 0,5\%$). Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento ($\nless 0,2\%$)". Una rasante, situada en el PK 01+644 y con una pendiente de -0,10% es la única que no cumple con esta condición.

En lo que a longitud se refiere, la Norma 3.1-IC indica que "no se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, con la inclinación máxima establecida para cada velocidad de proyecto (V_p) y clase de carretera, cuya longitud supere tres mil metros ($\nless 3\ 000\ m$). Esta limitación se considerará independientemente del estudio de carriles adicionales. No se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, cuyo tiempo de recorrido, a la velocidad de proyecto (V_p), sea inferior a diez segundos ($\nless 10\ s$) (la longitud correspondiente se medirá entre vértices consecutivos)."

La primera condición es cumplida en todo el tramo y, para la segunda condición, la longitud mínima resultará del cálculo de la distancia que, a velocidad de proyecto, puede recorrerse en 10 segundos. Para esta carretera, siendo una C-40, se tiene un resultado de 111,11 metros de longitud mínima. Contando con 38 rasantes, solo 12 cumplen con la normativa.

- ACUERDOS VERTICALES

Para analizar el cumplimiento de los acuerdos verticales deben de tomarse en cuenta dos consideraciones; de visibilidad y estética.

Para la consideración de visibilidad, es importante indicar que la representación generada mediante el software AutoCad Civil 3D puede cambiar respecto a las condiciones reales. En la representación, se obtienen unos parámetros K_v de los acuerdos verticales, que como todo elemento debe de cumplir con la normativa, determinada por la Norma 3.1-IC y que viene comprendida en la Tabla 6 para la velocidad de proyecto de 40 km/h.

V_p (km/h)	Acuerdos convexos		Acuerdos cóncavos	
	K_v (m) parada	K_v (m) adelantamiento	K_v (m) parada	K_v (m) adelantamiento
40	250	300	760	2.400

Tabla 6: Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada y de adelantamiento. (Fuente: Elaboración propia).

Teniendo en cuenta que el adelantamiento en la carretera en su mayoría está prohibido por sus condiciones geométricas, se considera solo el K_v de parada. En el Anejo nº4 "Análisis del Trazado" se adjunta la tabla con los valores obtenidos, donde la mayoría de los acuerdos cumple con la normativa y encontrando en los acuerdos cóncavos la mayoría de los que no cumplen con los parámetros mínimos.

En lo que respecta a la consideración estética, es importante para evitar la aparición de codos ópticos, donde los acuerdos verticales deben tener una longitud de desarrollo mínima que viene marcada por la velocidad de proyecto. 23 de los 37 acuerdos que existen en la carretera no cumplen con la normativa, ya que son menores a la velocidad de proyecto, en metros (40m).

7.3 SECCIÓN TRANSVERSAL

La calzada de la carretera CV-427 está compuesta por dos carriles de circulación con dos sentidos de circulación sin marca vial intermedia (solo aparece esta marca del PK 05+550 al final, pero a efectos de detalle no se considerará puesto que para esta zona no se prevén actuaciones). El ancho de la calzada es variable durante el tramo estudiado, tomando valores generalmente entre los 5 y 6 metros con tramos puntuales donde se reduce hasta los 4,5 metros.

En la Norma 3.1-IC Trazado se establece que, para una carretera convencional de velocidad de proyecto de 40 km/h, los arcenes deben tener un ancho mínimo de 0,5, lo que corrobora que la norma no es cumplida en este aspecto, ya que, la carretera no tiene arcén. Además, no hay bermas, por lo que este es un hecho que obliga a reservar en toda la longitud de la carretera un ancho que permita la colocación de señalización vertical.

En el tramo inicial del recorrido, apenas hay elementos de seguridad y se van incorporando paulatinamente en sentido creciente de PKs, en favor a que la carretera va adquiriendo un tramo más sinuoso. No se tiene información de la composición del firme actual, por lo que la representación que se adjunta en la Figura 9 puede diferir de la realidad.

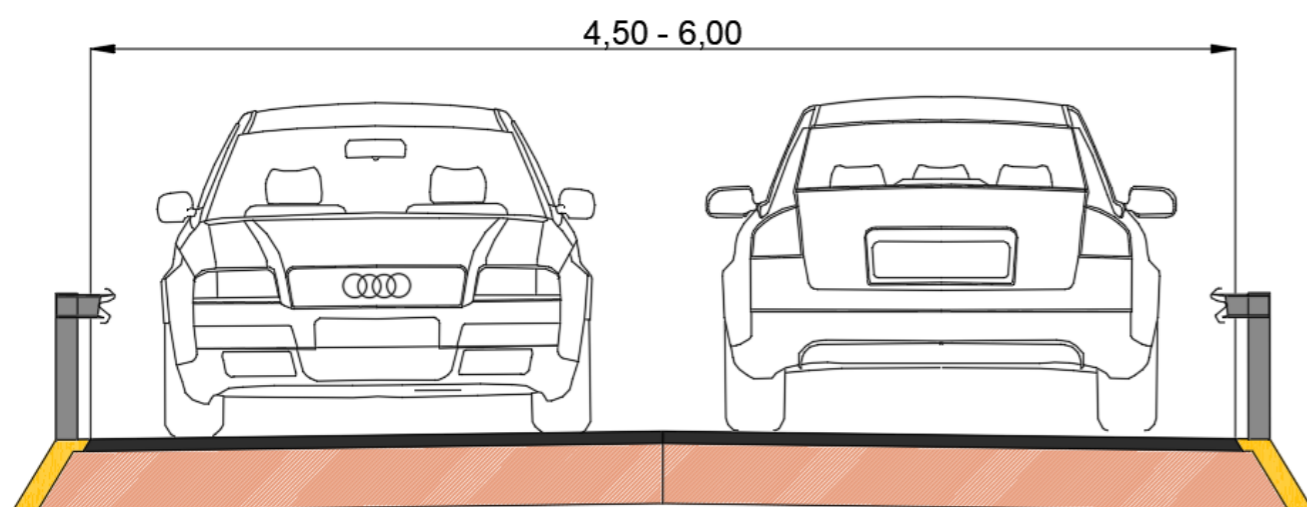


Figura 9: Sección transversal actual con un ancho de sección entre los valores representados. (Fuente: Elaboración propia).

7.4 CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Estudiando la consistencia del trazado, se busca la detección de posibles diferencias entre las características geométricas de la carretera y la percepción que los conductores puedan esperar de esta. Si aparece una gran incoherencia entre ambos aspectos esto puede provocar maniobras en falso o inseguras, además de una mayor facilidad para que los conductores puedan cometer errores.

Se sigue para el estudio de la consistencia el criterio de Lamm, que viene recogido en la Norma 3.1-IC En función del decremento de la velocidad, se tendrá una consistencia del trazado buena, aceptable o pobre, como se muestra en la Tabla 7. Para el cálculo de las velocidades de operación se ha seguido el modelo (Pérez-Zuriaga et al., 2010), el cual se describe en el Anejo nº4 “Análisis del Trazado”.

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

Tabla 7: Rangos de consistencia según el Criterio II de Lamm. (Fuente: Norma 3.1-IC)

La tabla de resultados final se ha elaborado en función de los dos tramos distinguidos que hay en la carretera y para sentido creciente y decreciente de PKs. Los valores obtenidos están adjuntos en el Anejo nº4 “Análisis del Trazado”, teniendo una carretera de consistencia pobre para los dos tramos en los diferentes sentidos. Existen decrementos bruscos de velocidades, las cuales en muchos casos superan los 30 km/h y en varias ocasiones los 40 km/h.

8. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

El presente apartado comprende las tres alternativas propuestas para la mejora del trazado de la vía. Como se ha contemplado en el Anejo nº4, “Análisis del trazado”, la carretera CV-427 presenta dos tramos homogéneos, desde el inicio de esta hasta el PK 02+700 aproximadamente y de este mismo PK hasta el final.

La alternativa 1 presenta únicamente la modificación del primero de los dos tramos. Esta modificación comienza en el PK 00+000 y acaba en torno al PK 02+100 de la actual carretera, donde mediante una transición se vuelve al trazado existente, el cual no ha sido modificado ya que, al adaptar un nuevo trazado a la normativa con curvas circulares, curvas de transición y alineaciones rectas, supondría unos decrementos de velocidad muy excesivos (en torno a 50 km/h) justo antes de llegar al puente que salva al río Juanes, lo que daría lugar a un punto crítico en el trazado. El objetivo principal de este cambio es la conversión de este tramo de la vía de una C-40 a una C-60. La señalización actual y las barreras de seguridad del tramo serían eliminadas o modificadas.

El motivo por el cual solo se lleva a cabo la modificación del primer tramo es por la sinuosidad de la carretera, ya que discurre entre montañas, lo cual provoca que la dimensión de la obra para la mejora del trazado sea excesiva y con el tráfico que soporta puede resultar una inversión injustificada.

La alternativa 2 resulta la misma actuación que la alternativa 1 pero con el añadido de la inclusión de mejoras puntuales allí donde el análisis de consistencia identifica zonas de la carretera peligrosas o donde se podrían concentrar accidentes de tráfico. También incluye la incorporación de elementos reductores de velocidad en la zona urbanizada que atraviesa la carretera (PK 02+700), a fin de evitar atropellos o accidentes. Se opta por estas soluciones, siendo actuaciones puntuales para la mejora de la seguridad vial y no por un rediseño completo de todo el tramo 2 por lo comentado anteriormente, la orografía del entorno dificulta las actuaciones.

Finalmente, la alternativa 3 varía en la zona urbanizada. Las actuaciones a realizar serían las mismas que para la alternativa 2, con el cambio de tipología de la vía en el tramo 1 y con las mejoras puntuales en el tramo 2. El objetivo perseguido con esta alternativa es evitar que el tráfico atraviese la zona urbanizada situada en el PK 02+700 de la actual carretera, justo donde se produce el cambio de tramo.

Es una zona con viviendas muy próximas a ambos lados de la carretera y aunque es un tramo breve, puede suponer un peligro la seguridad de los peatones y residentes.

Se aprovecharía un camino existente localizado al norte de la urbanización, enlazando con la carretera existente en el PK 03+150, evitando así cualquier molestia al vecindario en cuanto a expropiaciones se refiere.

La Figura 10 muestra en planta por donde transcurriría esta nueva variante, marcado con flechas azules el transcurso del río Juanes y con un círculo amarillo el puente que salva a la carretera de este.



Figura 10: Vista en planta de una de las actuaciones de la alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia).

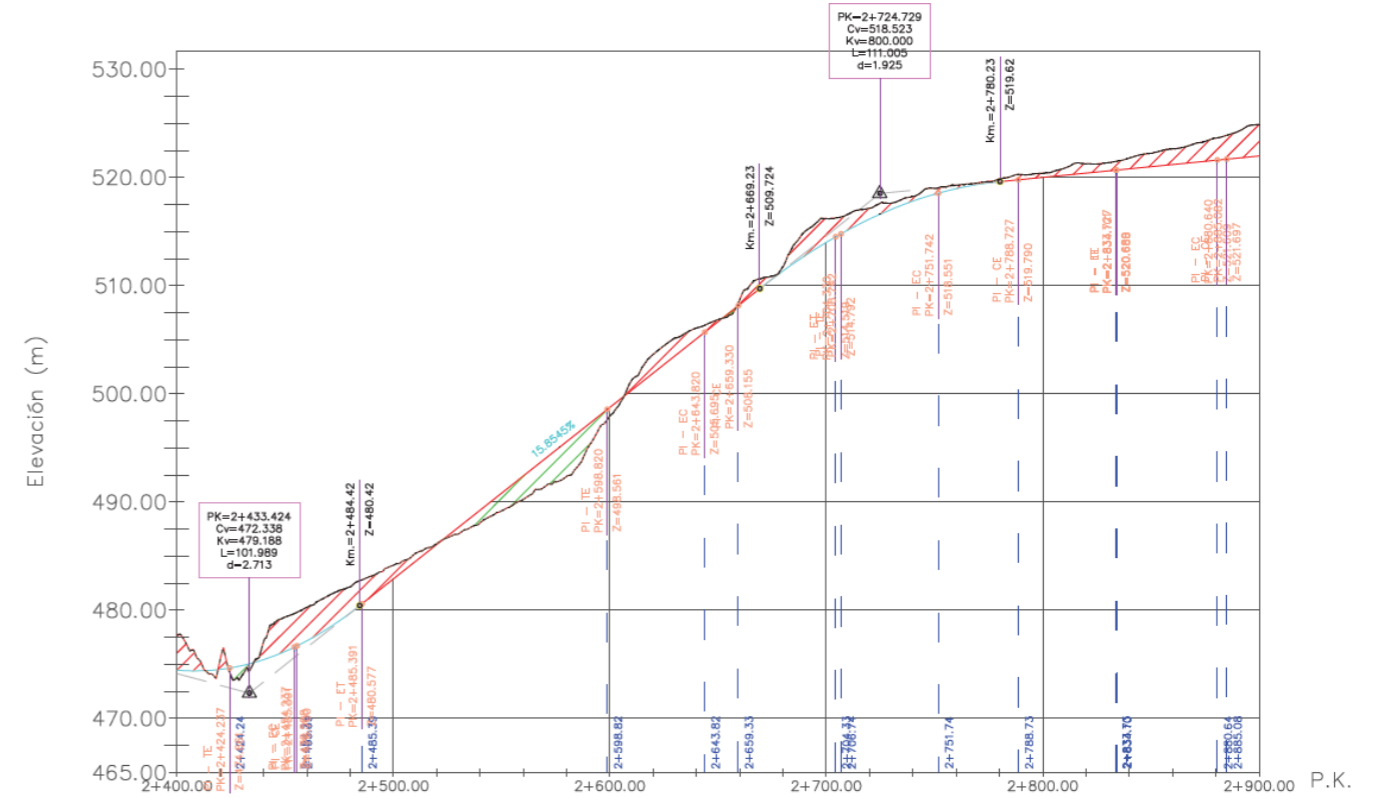


Figura 11: Perfil de una de las actuaciones de la alternativa 3. (Fuente: Elaboración propia)

8.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Una vez definidas y analizadas las tres alternativas propuestas, se procede a realizar un análisis multicriterio, en el cual formarán parte las 3 alternativas definidas y los criterios: Seguridad vial, trazado, impacto ambiental y socioeconómico, economía y proceso constructivo y mantenimiento. Se otorgan los valores 1,3 y 5 siendo el 1 el valor más beneficioso y el 5 el valor más perjudicial, formando la Tabla 8, que engloba los resultados.

	Seguridad vial	Trazado	Economía	Impacto ambiental y socioeconómico	Proceso constructivo y mantenimiento	TOTAL
Alternativa 1	5	5	1	1	1	13
Alternativa 2	1	1	3	3	3	11
Alternativa 3	3	3	5	5	5	21

Tabla 8: Análisis multicriterio realizado para las tres alternativas propuestas. (Fuente: Elaboración propia).

La justificación del reparto de valores viene incluida en el Anejo nº5, "Desarrollo de alternativas", resultando la alternativa 2 la opción que se lleva a cabo para la mejora de la carretera CV-427. La alternativa 1 resultaba la más económica y la que menor impacto ambiental tenía, lógicamente, pero no acaba de erradicar las deficiencias del tramo 2. La actuación en la zona urbanizada de la alternativa 3 supone un alto impacto ambiental al igual que un largo y costoso proceso constructivo, además de que, por la orografía, el trazado dispuesto superaba con holgura la inclinación excepcional que puede tener una vía de tipología C-40, con un 15% de inclinación (Figura 11).

8.2 DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

En el Anejo nº5, "Desarrollo de alternativas" se encuentran todas las comprobaciones, cálculos y la normativa seguida para llevar a cabo toda la información, así como el Documento nº2, "Planos", contiene toda la información del trazado plasmada gráficamente en el territorio.

Sobre la variación en el tramo 1, se han reducido el número de rectas de aproximadamente treinta y uno a seis, con una longitud que varía desde los 99 metros hasta los 250, cumpliendo en todo momento con la normativa, Con relación a los radios, el radio mínimo por normativa es de 130 metros siendo únicamente incumplido en la curva situada en el PK 01+894, con un radio de 60. Para cumplimentar con la normativa en esta curva, el trazado podría precisar de una obra mayor por discurrir sobre el barranco del río Juanes y en contrapartida, llegar a la zona urbanizada con un exceso de velocidad.

Asociadas a las curvas circulares, las curvas de transición no presentan ningún tipo de incumplimiento de normativa.

La coordinación entre los elementos en planta es cumplida salvo para el PK 01+800, comentado con anterioridad.

Respecto al trazado en alzado, la inclinación de las rasantes no era un problema en ningún momento de la totalidad de la carretera ya existente. Ninguna rasante del tramo modificado supera el 8% de inclinación excepcional y únicamente dos superan el límite establecido de máxima inclinación para una vía C-60 (6%). Las longitudes mínimas, por normativa, para este tipo de vías es de 166,67. El nuevo tramo presenta siete rasantes las cuales todas cumplen con este apartado.

Los acuerdos verticales quedan reducidos a seis, de los cuales tres son cóncavos y tres son convexos. Comprobando las consideraciones de visibilidad y estética, se tiene que todos los acuerdos cumplen con la normativa.

La Figura 12 muestra la vista en planta del primer tramo.

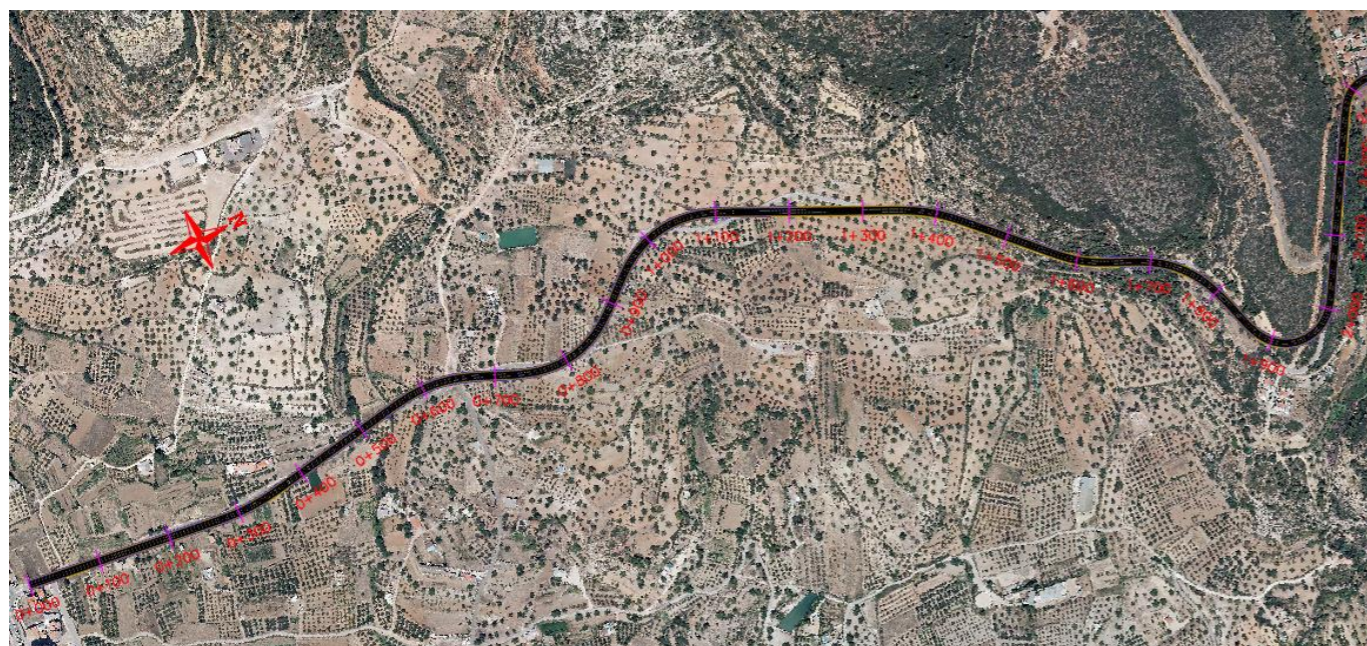


Figura 12: Vista en planta del tramo 1 modificado. (Fuente: Elaboración propia).

La actuación en el tramo 2 contempla la modificación del tramo comprendido entre los PK 03+100 y 03+980 de la carretera actual. Este tramo es el que más problemas presenta en cuanto a decrementos de velocidad, pero en contrapartida, el único en el que se pueden realizar modificaciones ya que del PK 04+150 en adelante, el terreno transcurre de nuevo encajonado en la montaña y las modificaciones son más complicadas.

En cuanto a la vía, se mantiene su tipología, siendo de tipo C-40 y se ha simplificado el trazado, que viene compuesto por 1 recta y 5 curvas circulares. Todos estos elementos cumplen con la normativa decretada, al igual que las curvas de transición. En coordinación, todos los elementos presentan coherencia y cumplen con lo estipulado en la Norma 3.1-IC.

Para las rasantes, se disponen tres rasantes de las cuales dos cumplen con holgura la máxima inclinación permitida (7%) y dos sobrepasan este valor sin llegar a superar la inclinación excepcional (10%), además de tener una longitud mayor de 111,11 metros, que es el mínimo por norma.

Los acuerdos verticales se han reducido a tres, los cuales todos cumplen la consideración de visibilidad, la consideración estética y la longitud mínima.

La Figura 13 permite ver la representación gráfica en planta del tramo modificado.

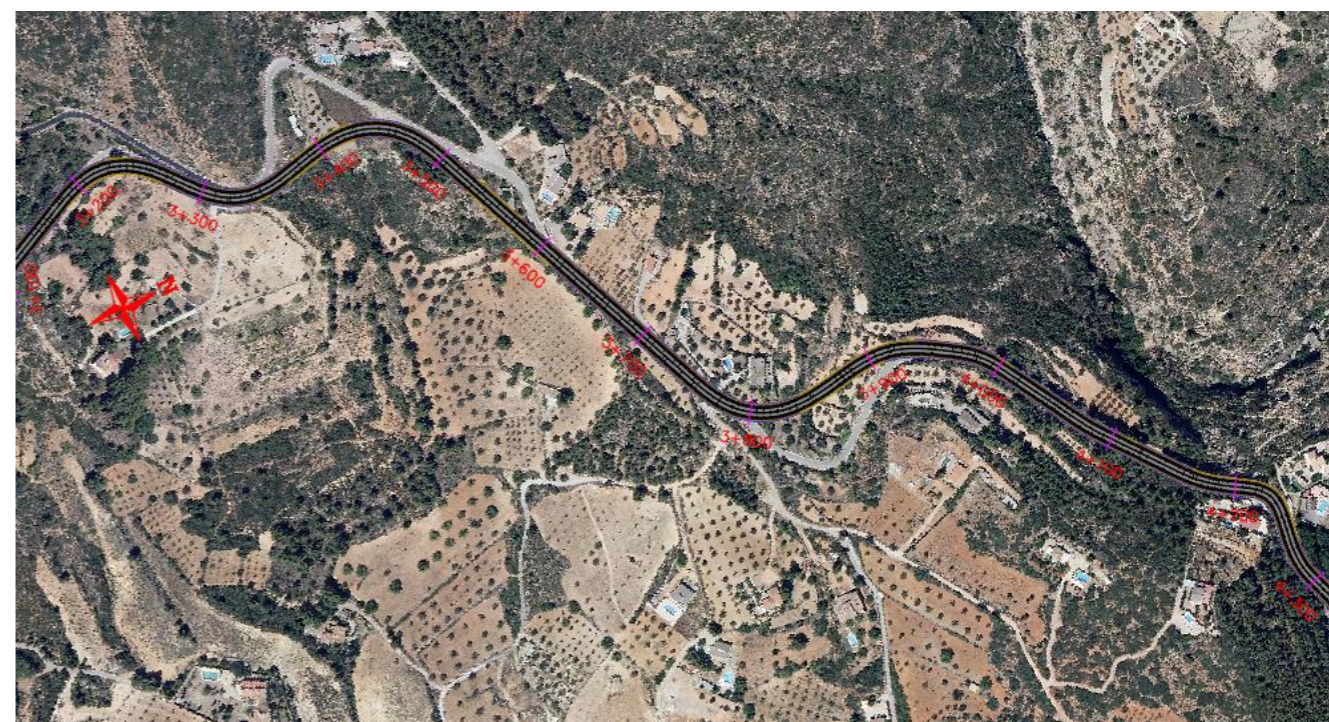


Figura 13: Vista en planta del tramo 2 modificado. (Fuente: Elaboración propia).

Con los cambios que se han llevado a cabo en la carretera, se comprueba el decremento de velocidad mediante el Criterio de Lamm y siguiendo los modelos (Pérez-Zuriaga et al., 2010) y (Camacho et al.) para el cálculo de las velocidades de operación. La comparativa de los cambios pueden verse en el Anejo nº5, "Desarrollo de alternativas", donde queda demostrado que los cambios en la carretera mejoran las condiciones de la vía.

- SECCIÓN TRANSVERSAL

Una vez determinado el nuevo trazado de la carretera, se define la sección transversal. Para ello se ha seguido la Tabla 9, que es un recorte que comprende el tipo de la carretera de estudio, de la tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC.

La sección transversal del nuevo trazado para el tramo 1 estará formada por 3,5 metros de carril, 1 metro de arcén y 0,75 metros de berma.

Para el tramo 2, se tomarán los mínimos valores para una tipología de vía C-40. El ancho del carril será de 3 metros y el arcén y la berma tendrán 0,5 metros cada uno. Las Figuras 14 y 15 son las representaciones de las secciones de ambos tramos.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ANCHO (m)			NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE	
		CARRILES	ARCENES			BERMAS (MÍNIMO)
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Carretera convencional	100	3,50	2,50		D	
	90 y 80	3,50	1,50		D	
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		E	
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		E	

Tabla 9: Dimensiones de la sección transversal. (Fuente: Norma 3.1-IC).

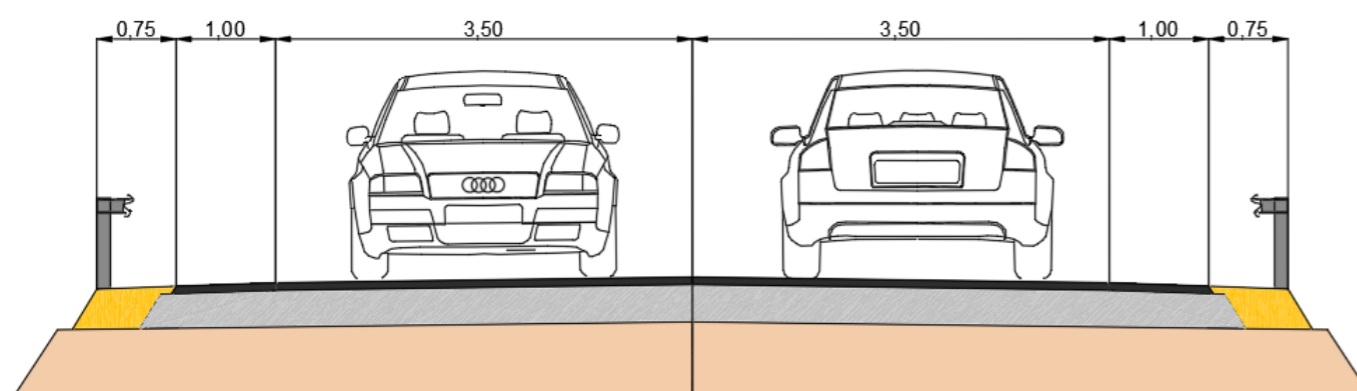


Figura 14: Sección transversal del nuevo trazado de la CV-427 en el tramo 1. (Fuente: Elaboración propia).

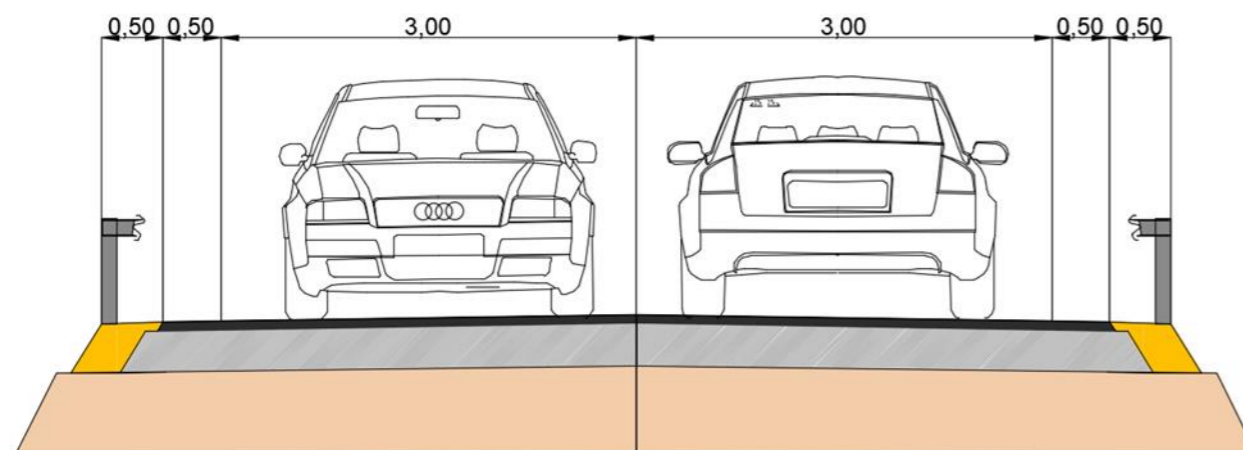


Figura 15: Sección transversal del nuevo trazado de la CV-427 en el tramo 2. (Fuente: Elaboración propia).

- CONSISTENCIA DEL TRAZADO GEOMÉTRICO

Con el cambio de trazado, el análisis de consistencia muestra grandes mejoras en lo que a decrementos de velocidad se refiere. El Anejo nº5, "Desarrollo de alternativas" contiene las tablas obtenidas en el análisis, donde en general, para los cambios implementados, se ha cumplido con el objetivo y se han conseguido tanto consistencias buenas como aceptables.

En lo que respecta al tramo 1, aparecían grandes decrementos de velocidad en ambos sentidos. Con los cambios llevados a cabo, la consistencia del tramo solo resulta pobre entre los PK 02+429 y 02+489, justo en la zona urbanizada, donde se dispondrán elementos reductores de velocidad.

La pequeña variación de trazado del tramo 2 mejora sustancialmente la consistencia que este tenía. Contaba con un decremento medio de 31 km/h y con el nuevo trazado se tiene un valor de 14 km/h, que es la mitad.

En otras ocasiones, al no poder hacer modificaciones en el trazado, se dispondrán de elementos de seguridad vial como señalización vertical o una mejora en conjunto de las condiciones de la carretera para hacer de esta un recorrido más seguro tanto para peatones, ciclistas o usuarios con vehículos de motor.

9. FIRMES

Como ha quedado estipulado en el Anejo nº3, "Estudio geológico y geotécnico", se tiene que el suelo de la traza es clasificado según las características del PG-3 como un suelo tolerable gracias al estudio realizado en el proyecto B-270.

9.1 FORMACIÓN DE EXPLANADA

Con el objetivo de definir la estructura del firme, se establecen tres categorías de explanada, cuyo nombre son E1, E2 y E3 para un tipo de suelo tolerable. La norma 6.1-IC establece nueve tipos distintos de combinaciones para la formación de la explanada en el caso de la carretera de estudio, las cuales vienen representadas en la Figura 16.

		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 $E_{1/2} \geq 60\text{MPa}$					
	E2 $E_{1/2} \geq 120\text{MPa}$					
	E3 $E_{1/2} \geq 300\text{MPa}$					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3) 0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3) 1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3) 2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3) 3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3) HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

Tipo de material: S-EST 3 30 espesor mínimo en cm suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Figura 16: Formación de la explanada. (Fuente: Norma 6.1 IC: SECCIONES DE FIRMES, apartado 5 "Explanada")

Puesto que en varias opciones cabe la posibilidad de usar suelo estabilizado, es necesaria la comprobación de si el suelo de la traza se puede estabilizar con cal o con cemento, siguiendo para ello las directrices enunciadas en el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3).

La cata nº1, contiene material no válido, ya que no cumple con la normativa tanto para estabilizaciones con cal como para estabilizaciones con cemento.

La cata nº2, no cumple la normativa de estabilización con cal, pero sí la estabilización con cemento, por lo que podría usarse el suelo de la traza.

Al estar en una zona de incertidumbre en la que no se sabe con exactitud cuál es la superficie de suelo con las características de la cata nº2, se decide emplear tierras de préstamo, cuyas características permiten la estabilización con cemento. Estas características vienen dadas en el Anejo nº6, "Cálculo del firme"

Los precios de las diferentes explanadas en función de su combinación y el precio unitario de cada material vienen adjuntados en las Figuras 17, 18 y 19.

Explanada E1

OPCIÓN 1	PRECIO UNITARIO	TOTAL
60 cm de espesor de suelo adecuado	12,33 €/m ³	7,40 €/m ²
OPCIÓN 2	PRECIO UNITARIO	TOTAL
45 cm de espesor de suelo seleccionado	14 €/m ³	6,30 €/m ²
OPCIÓN 3	PRECIO UNITARIO	TOTAL
25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento	11,73 €/m ³	2,93 €/m ²

Figura 17: Precios de explanada E1. (Fuente: Elaboración propia)

Explanada E2

OPCIÓN 4	PRECIO UNITARIO	TOTAL
75 cm de espesor de suelo adecuado	12,33 €/m ³	10,5 €/m ²
OPCIÓN 5	PRECIO UNITARIO	TOTAL
25cm de espesor de S-EST 2 cemento	12,50 €/m ³	3,13 €/m ²
25cm de espesor de S-EST 1 con cemento	11,73 €/m ³	2,93 €/m ²
		6,06 €/m ²
OPCIÓN 6	PRECIO UNITARIO	TOTAL
40cm de espesor de suelo seleccionado	14 €/m ³	5,6 €/m ²
50cm de espesor de suelo adecuado	12,33 €/m ³	6,17 €/m ²
		11,77 €/m ²



OPCIÓN 7	PRECIO UNITARIO	TOTAL
25cm de espesor de suelo seleccionado	14 €/m ³	3,5 €/m ²
25cm de espesor de S-EST 1 con cemento	11,73 €/m ³	2,93 €/m ²
		6,43 €/m ²

Figura 18: Precios de explanada E2. (Fuente: Elaboración propia)

Explanada E3

OPCIÓN 8	PRECIO UNITARIO	TOTAL
30cm de espesor de S-EST 3 con cemento	12,74 €/m ³	3,82 €/m ²
30cm de espesor de suelo seleccionado	14 €/m ³	4,2 €/m ²
		8,02 €/m ²

OPCIÓN 9	PRECIO UNITARIO	TOTAL
30cm de espesor de S-EST 2 cemento	12,50 €/m ³	3,75 €/m ²
50cm de espesor de suelo seleccionado	14 €/m ³	7 €/m ²
		10,75 €/m ²

Figura 19: Precios de explanada E3. (Fuente: Elaboración propia)

9.2 FORMACIÓN DEL FIRME

Según la Norma 6.1-IC, la estructura del firme debe adecuarse entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, principalmente del más pesado durante la vida útil del firme. La sección transversal de este dependerá en primera instancia de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp), prevista en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Esta intensidad será utilizada para determinar la categoría de tráfico pesado.

Siendo un porcentaje de pesados menor del 2% en las dos estaciones con las que cuenta la CV-427 y haciendo los correspondientes cálculos adjuntos en el Anejo nº2, "Estudio del tráfico", se determina que la IMDp de la carretera objeto de estudio es menor que 25, por lo que siguiendo la Tabla 10, la categoría de tráfico pesado obtenida es una T42.

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

Tabla 10: Categoría de tráfico pesado (Fuente: Norma 6.1 IC: SECCIONES DE FIRMES, apartado 4 "Categorías de tráfico pesado")

Teniendo una categoría de tráfico T42, resultan seis las combinaciones posibles para el firme a realizar, representadas en la Figura 20. Por normativa, se comprueba el uso del suelocemento o gravacemento, siendo ambos descartados. El suelocemento podría ser aplicado en el tramo donde se realizó la primera calicata, pero resulta incoherente utilizar suelocemento al no haber un volumen suficiente que justifique la instalación de una planta para ello. La gravacemento no es válida por incumplimiento de normativa.

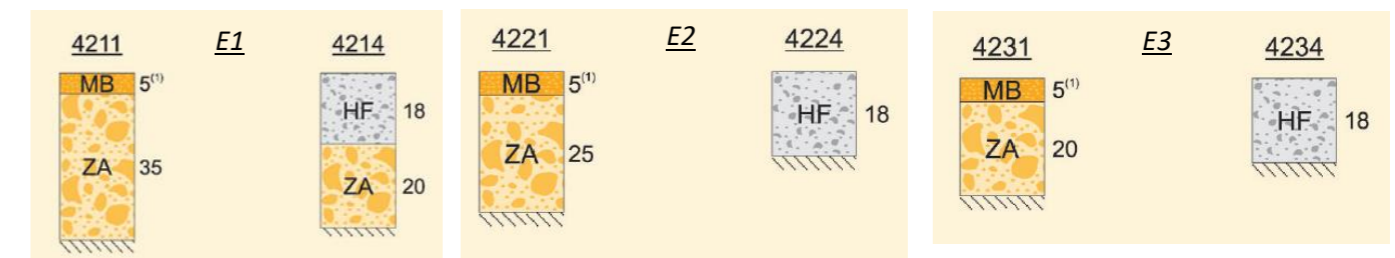


Figura 20: Sección de firme para las tres explanadas. (Fuente: Norma 6.1 IC: SECCIONES DE FIRMES, apartado 6 "Secciones de firme")

En primera instancia, el hormigón en frío y por tanto las opciones 4214, 4224 y 4234 queda descartado porque el tramo objeto de estudio es una vía que no necesita una capa de rodadura de hormigón tan rígida debido a que el tráfico que soporta no es para nada elevado. Adicionalmente, para favorecer la continuidad del firme carece de sentido realizar pequeñas variaciones en el trazado con este tipo de capa de rodadura.



Por tanto, teniendo en cuenta la zona térmica estival, clasificada como media según la norma 6.1-IC, en la que se localiza la carretera y que influye en la elección de la mezcla bituminosa, los diferentes criterios que se han seguido para la elección de los riegos de imprimación y los ligantes y la obtención de los precios de los materiales que vienen dados en la 'ORDEN CIRCULAR 37/2016: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras' se determinan las siguientes tres opciones (Figura 21, 22 y 23). El Anejo nº6, "Cálculo del firme" contempla todas las tablas de normativa consultadas y todas las comprobaciones realizadas.

Opción 4211, Explanada E1

Espesor	Capa	Material	Precio unitario (€/t)	Densidad (t/m³)	Importe (€/m²)
5cm	Rodadura	AC 16 Surf S	26,50	2,50	5,788
		+ 50/70	19,80		
	Riego de imprimación	C50 BF5 IMP	356,97		0,535
35cm	Subbase	Zahorra artificial	4,00	2,30	3,22
					9,5425

Figura 21: Precios del firme para la opción 4211. (Fuente: Elaboración propia)

Opción 4221, Explanada E2

Espesor	Capa	Material	Precio unitario (€/t)	Densidad (t/m³)	Importe (€/m²)
5cm	Rodadura	AC 16 Surf 16	26,50	2,50	5,788
		+ 50/70	19,80		
	Riego de imprimación	C50 BF5 IMP	356,97		0,535
25cm	Subbase	Zahorra artificial	4,00	2,30	2,3
					8,6225

Figura 22: Precios del firme para la opción 4221. (Fuente: Elaboración propia)

Opción 4231, Explanada E3

Espesor	Capa	Material	Precio unitario (€/t)	Densidad (t/m³)	Importe (€/m²)
5cm	Rodadura	AC 16 Surf 16	26,50	2,50	5,788
		+ 50/70	19,80		
	Riego de imprimación	C50 BF5 IMP	356,97		0,535
20cm	Subbase	Zahorra artificial	4,00	2,30	1,84
					8,1625

Figura 23: Precios del firme para la opción 4231. (Fuente: Elaboración propia)

Finalmente se tiene, en conjunto con la explanada, tres tipos de firme completo, eligiéndose la explanada E1 con 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento junto con la sección de firme 4211 por ser esta la más económica. En la Figura 24 se adjunta el esquema de la sección.

- Explanada E1 con 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento junto con la sección de firme 4211: 12,473 €/m²
- Explanada E2 con 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento y 25cm de espesor de S-EST 2 cemento junto con la sección de firme 4221: 14,683 €/m²
- Explanada E2 con 30 cm de espesor de S-EST 3 con cemento y 30cm de espesor de suelo seleccionado junto con la sección de 4231: 16,183 €/m²

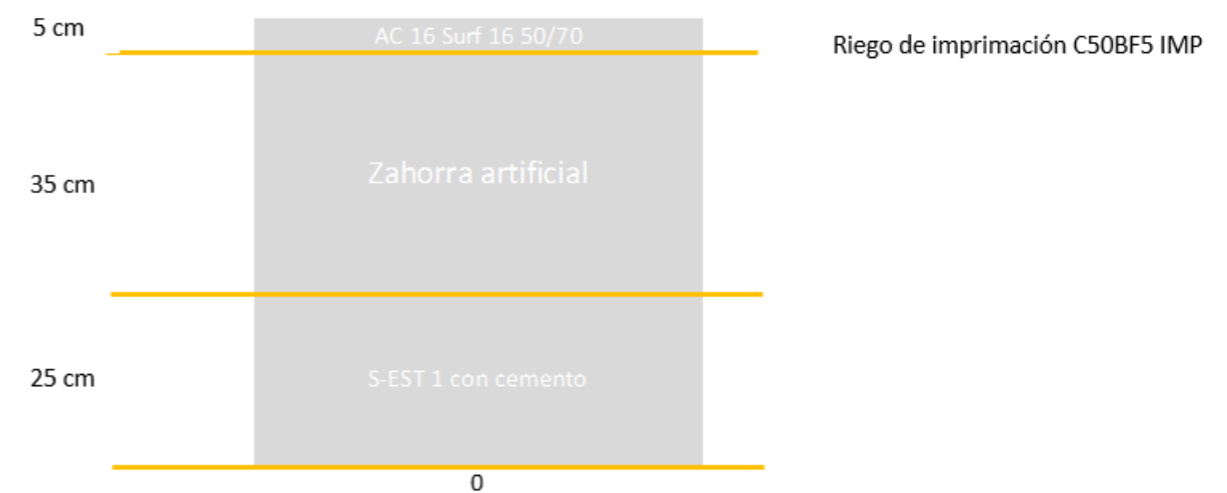


Figura 24: Sección del firme. (Fuente: Elaboración propia).

10. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

La finalidad de este anejo es la recopilación de los datos climatológicos del término de estudio para caracterizar el clima. En añadido, se realiza un estudio preciso sobre las precipitaciones existentes y un dimensionamiento de las obras de drenaje necesarias.

10.1 CLIMATOLOGÍA

La carretera CV-427 se encuentra en los términos municipales de Buñol y Yátova, dentro de la comarca de La Hoya de Buñol, al oeste de la provincia de Valencia, a unos 45 km de la capital. Son dos poblaciones situadas a más de 400 metros de altura sobre el nivel del mar, siendo términos cuya superficie supera los 150 km² y catalogados como de montaña.

La Hoya de Buñol se puede decir que cuenta con un clima mediterráneo. Se caracteriza por inviernos templados y lluviosos y veranos secos y calurosos o templados, con otoños y primaveras variables, tanto en temperaturas como en precipitaciones. Los datos más relevantes en cuanto a temperatura y precipitaciones pueden consultarse en la Figura 25.

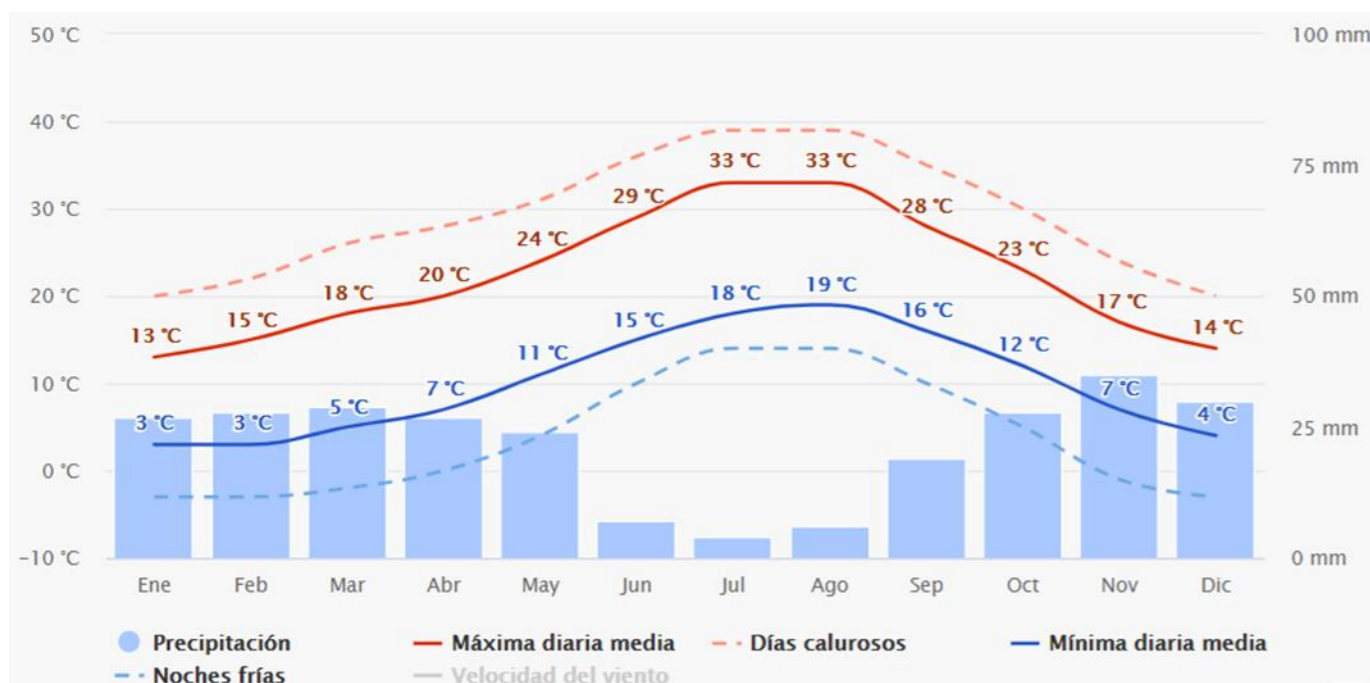


Figura 25: Gráfico resumen de la temporalidad en la Hoya de Buñol-Chiva durante todo el año. (Fuente: meteoblue.es)

10.2 HIDROLOGÍA

Respecto a la hidrología subterránea, la carretera CV-427 se encuadra en el Sistema Acuífero 51 "Terciario y Cuaternario de la Plana de Valencia" (clasificación IGME), equivalente a la "Unidad Hidrogeológica 08.25. Plana de Valencia Norte". Con una extensión de 1.200 km², la calidad del agua empeora conforme se avanza de Oeste a Este debido fundamentalmente a los fenómenos de intercambio iónico y a las actividades agrícolas, unas actividades que son las principales fuentes de contaminación de las aguas subterráneas de la zona debido al empleo de fertilizantes.

Respecto a la hidrología superficial, los ríos Júcar, Magro y Buñol integran la red hidrográfica de la Hoya de Buñol. El término municipal de Yátova cuenta con el embalse de Forata, que fue construido en el año 1969 en el cauce del río Magro sobre una superficie de 231 hectáreas y con una capacidad máxima de 37 hm³. Se llena con las aguas de este río y del Mijares. La zona de estudio se localiza en dos zonas, la unidad hidrológica nº 23 y nº 27 como puede apreciarse en la Figura 26.

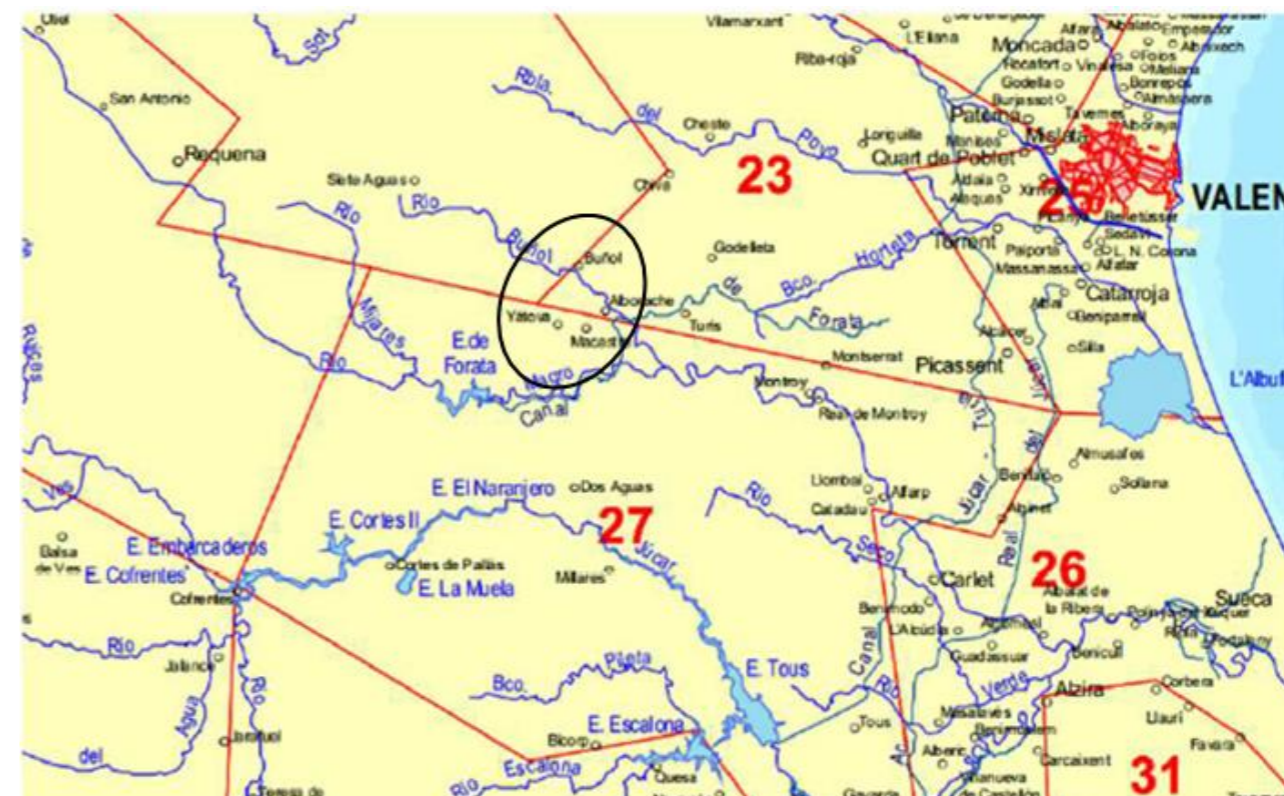


Figura 26: Recorte de zonas de unidades hidrológicas de la zona de estudio. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España).

10.3 DRENAJE

- ESTUDIO HIDROLÓGICO

La finalidad del estudio hidrológico es la del cálculo de los caudales de proyecto de las cuencas que afectan a los tramos que han sido modificados en la carretera CV-427, comprobando así la necesidad de implantación de nuevas obras de drenaje.

Para los dos tramos modificados se han determinado y delimitado las cuencas que inciden sobre estos, de tal manera que la Tabla 11 muestra un resumen de estas con sus principales características.

CUENCA	Área (km ²)	Longitud (km)	Pendiente
C1	1,1000	0,475	0,135
C2	0,6514	0,525	0,100
C3	0,1280	0,190	0,140
C4	0,2300	0,531	0,110
C5	0,1240	0,350	0,145
C6	0,2700	0,250	0,190
C7	0,0550	0,620	0,230

Tabla 11: Características principales de las cuencas. (Fuente: Elaboración propia).

En lo que respecta al cálculo de caudales se ha hecho uso de la normativa contenida en la Norma 5.2-IC, "Drenaje superficial", siguiendo el método denominado Método Racional, que establece que la fórmula y los parámetros para la obtención del caudal es la siguiente:

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

- Q (m³/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca.
- I (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración tc, de la cuenca.
- C (adimensional): Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.
- A (km²): Área de la cuenca o superficie considerada.
- Kt (adimensional): Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

Según establece la Norma 5.2-IC, para el dimensionamiento del drenaje de plataforma y márgenes, el período de retorno es de 25 años, salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar 50 años. Para el drenaje transversal se debe establecer por el proyecto en un valor superior o igual a cien años (T ≥ 100 años) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.

En el caso de la carretera de estudio y al ser este un trabajo académico, no se contemplan los cálculos de las cunetas asociadas al nuevo trazado de la carretera, únicamente se incluirán las obras de drenaje transversal. En la solución final del proyecto tampoco se contemplan desmontes importantes ya que el nuevo trazado transcurre en su mayor medida por el existente, por lo que no serán necesarias las cunetas de guarda de estos. En el proyecto de construcción será necesario el cálculo del drenaje longitudinal para un período de retorno de 10 y 25 años.

La Tabla 12 contempla los valores de los caudales obtenidos para cada una de las cuencas existentes, calculados a partir de un período de retorno de 100 años al estar analizando el drenaje transversal. Todos los cálculos y normativa utilizada se encuentran detallados en el Anejo nº7, "Climatología, hidrología y drenaje".

MÉTODO RACIONAL												
CUENCA	Área (km ²)	L (km)	Incl.	tc (h)	Pd (mm/d)	Fint (adim.)	Id (mm/h)	I (T, tc) (mm/h)	C (adim.)	Kt (adim.)	Q (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
C1	1,1000	0,475	0,135	0,249	137	24,153	5,662	136,741	0,335	1,012	14,163	65,074
C2	0,6514	0,525	0,100	0,285	137	22,504	5,708	128,461	0,251	1,015	5,917	27,187
C3	0,1280	0,190	0,140	0,123	137	34,563	5,708	197,295	0,269	1,005	1,898	8,722
C4	0,2300	0,531	0,110	0,282	137	22,618	5,708	129,113	0,359	1,014	3,008	13,823
C5	0,1240	0,350	0,145	0,195	137	27,452	5,708	156,707	0,365	1,009	1,986	9,124
C6	0,2700	0,250	0,190	0,143	137	32,078	5,708	183,111	0,303	1,006	4,183	19,220
C7	0,0550	0,620	0,230	0,276	137	22,890	5,708	130,664	0,294	1,014	0,595	2,735

Tabla 12: Caudales para un período de retorno de 10 y de 100 años. (Fuente: Elaboración propia).

- DIMENSIONAMIENTO OBRAS DRENAJE

Con los caudales resultantes a partir del método racional, se decide eliminar el drenaje actual en los dos tramos donde se van a realizar las actuaciones y la implantación de nuevos arcos.

Para la realización del drenaje transversal se han tenido en cuenta los caudales obtenidos en la Tabla 12, con un período de retorno ya definido de 100 años. Dependiendo de la cuenca, se ha decidido establecer una o varias nuevas obras de drenaje pudiendo así abastecer el caudal de esta. La sección elegida para estas obras es un marco prefabricado cuya sección es rectangular, representado en la Figura 27. La Tabla 13 contiene las dimensiones de cada marco.

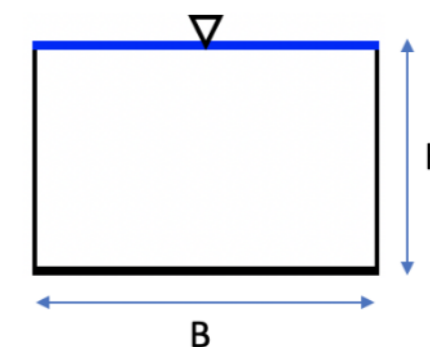


Figura 27: Esquema del marco de sección rectangular para obras de drenaje transversal. (Fuente: Elaboración propia).

CUENCA	Nº de marcos	Base (m)	Altura (m)	Largo (m)
C1	2	3,00	2,00	13,00
C2	1	3,00	2,00	13,00
C3	1	2,00	1,50	13,00
C4	2	1,50	1,50	13,00
C5	1	2,00	1,50	13,00
C6	2	2,00	1,50	13,00
C7	-	-	-	-

Tabla 13: Dimensionamiento del drenaje transversal. (Fuente: Elaboración propia).

La cuenca número 7 comprendida entre los PK 03+620 y 04+240 no tiene drenaje transversal, ya que el agua no llega a la carretera. A esta cuenca pertenecería un drenaje longitudinal, por lo que se hormigonará la cuneta del lado próximo a la montaña y cada cierto tiempo desaguar mediante enlaces con obras de drenaje transversal existentes, obteniendo así un despeje lateral que proteja al firme de la carretera. El Anejo nº7, "Climatología, hidrología y drenaje" incluye los planos que muestran la disposición del drenaje que se va a llevar a cabo en los tramos modificados.

11. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y SEGURIDAD

Debido a que en muchas zonas de la carretera no pueden llevarse a cabo mejoras en el trazado, se opta por mejorar aquellos puntos que presentan una señalización y seguridad deficientes. Así, en el Anejo nº8, "Señalización, balizamiento y seguridad" se incluye un reportaje fotográfico de la señalización actual de la carretera, en los tramos que no sufrirán modificaciones en el presente proyecto.

En vistas al inventario realizado, como partes positivas, se señala la zona urbanizada con antelación y de una forma que resalta a los usuarios de la vía. Se avisa de posibles desprendimientos de la montaña y se otorga preferencia a un sentido en diversos puntos por estrechez de la carretera.

En contraposición, el trazado es sinuoso, por lo que hace falta señalización que indique peligro por estrechamiento de la calzada o por curva peligrosa en algunos tramos.

11.1 SEÑALIZACIÓN

Una de las mejoras que incluye la alternativa 2, que es la alternativa que se va a desarrollar, es la incorporación de elementos reductores de velocidad antes de la entrada a las zonas urbanizadas (PK 02+400 – PK 02+600) y (PK 02+700 – PK 03+000) . Se colocan tres bandas reductoras de velocidad de 5x50x60cm, la señal P-20 que indica 'Peligro por la proximidad de un lugar frecuentado por peatones' y la señal P-15 'Perfil irregular', con suficiente antelación para que los usuarios de la vía adapten la velocidad. Las Figura 28 y 29 muestran la vista en planta de la disposición de los elementos en la carretera, mostrando de color azul las señales de nueva instalación y de color rojo las existentes.

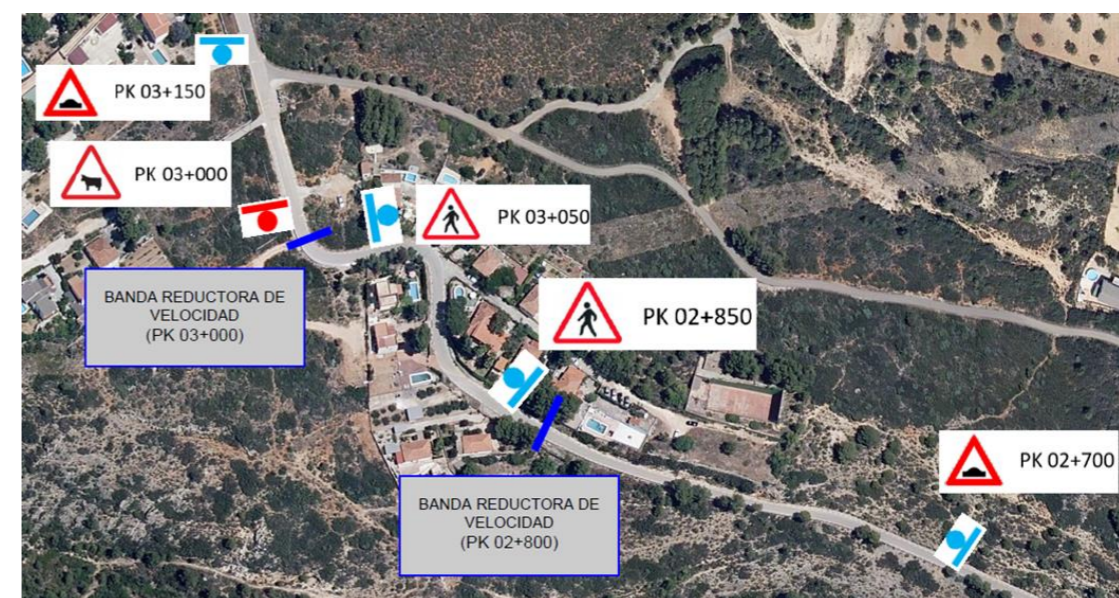


Figura 28: Recorte de la vista en planta de la disposición de mejora de señalización entre los PK 02+700 Y 03+150. (Fuente: Elaboración propia).



Figura 29: Recorte de la vista en planta de la disposición de mejora de señalización entre los PK 02+400 Y 02+700. (Fuente: Elaboración propia).

La Figura 30 representa la curva más cerrada de todo el recorrido de la CV-427. Se encuentra en el PK 05+380 y cuenta con apenas 5 metros de radio, por lo que la convierte en una zona peligrosa. No existe ninguna señal de advertencia de curva peligrosa antes de llegar a esta, tanto en sentido creciente de PKs como en sentido decreciente. En consecuencia, se coloca la señal con código P-13a en el PK 05+450 y P-13b en el PK 05+310 tal y como se propone en el recorte adjunto (Figura 30).



Figura 30: Vista en planta de la disposición de mejora de señalización en la curva con PK 05+380. (Fuente: Elaboración propia).

Respecto a otras modificaciones, es necesario indicar que el tramo que transcurre entre la montaña y que no puede ser modificado (PK 04+300 hasta el PK 05+600) puede contener pavimento deslizante por hielo y nieve ya que, en los meses más fríos, la montaña provoca que los rayos del sol no incidan con suficiencia en la calzada, lo que provoca que esta esté húmeda o que incluso se formen placas de hielo.

Por último, para este mismo tramo es necesario recordar a los usuarios de la vía la velocidad máxima a la que se puede circular, por lo que se dispondrán dos señales R-301 de velocidad máxima de 60 km/h. Este valor se ha determinado en el Anejo nº8, "Señalización, balizamiento y seguridad" mediante en análisis de consistencia realizado con anterioridad. La señal ya existente de velocidad máxima 60 km/h situada en el PK 03+350 no se eliminará, aprovechándola para el nuevo trazado. En el sentido decreciente de PK, se coloca en el PK 05+450.

En el apéndice 1 del Anejo nº8, "Señalización, balizamiento y seguridad", se incluyen diversos planos con la disposición de la señalización tanto existente como propuesta para los tramos mencionados con anterioridad.

11.2 BALIZAMIENTO

Una vez definido el nuevo trazado, se extrae del Anejo Nº5, Desarrollo de alternativas, el análisis de consistencia de la carretera realizado en base al Criterio de Lamm y los modelos (Pérez-Zuriaga et al., 2010) y (Camacho et al., 2010) para las velocidades de operación.

En función de este análisis y de su combinación con los tramos de la carretera que no van a ser modificados, se elaboran una serie de tablas adjuntas en el Anejo nº8, "Señalización, balizamiento y seguridad" las cuales recogen el estudio de los paneles direccionales ya existentes en la vía para las curvas de estudio (se tienen en cuenta los primeros paneles), los puntos donde actualmente no hay paneles donde sí deberían estar y los que son necesarios colocar por las nuevas características del trazado. Todo en base a los criterios de la Tabla 13, extraída de la Norma 8.1-IC. .

Va-V ₂	Panel		Señales
Entre 15 km/h y 30 km/h	Simple		P-13 o P-14
Entre 30 km/h y 45 km/h	Doble		P-13 o P-14 + S-7
Más de 45 km/h	Triple		P-13 o P-14 + 2 S-7

Tabla 14: Disposición de los paneles de balizamiento según el decremento de velocidad. (Fuente: Norma 8.1-IC).

Tras este análisis, se concluye que más de la mitad de los paneles existentes cumple con la normativa actual, existiendo también puntos donde actualmente no hay paneles direccionales donde sí tendría que haberlos y en otras ocasiones, no se cumple con la normativa. En general, la disposición de los paneles direccionales y la cantidad de estos es adecuada.



11.3 BARRERAS DE SEGURIDAD

Respecto a las barreras de seguridad, alrededor del PK 05+300 y el PK 05+400, el sistema de contención de vehículos deja de tener continuidad dando lugar a bloques de hormigón, tal y como se muestra en la Figura 31. En añadido, estos sistemas de contención no cumplen con la normativa estipulada en la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. Estos deben de estar abatidos e hincar en el terreno. Para paliar este defecto, se eliminan estos bloques de hormigón y se completa con la continuidad de los elementos de contención ya existentes.

En algunas zonas, estos elementos de contención tienen perfiles IPN como soportes, perfiles prohibidos por la Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos. Estos son sustituidos o cubiertos por una camisa de plástico.



Figura 31: Bloques de hormigón situados en el PK 05+400. (Fuente: Elaboración propia)

12. CONCLUSIONES

- La carretera CV-427 es un tramo sinuoso, cuyos elementos que la conforman no cumplen en la mayoría de los casos con la normativa estipulada.
- El hecho de que se encuentre encajonado en la montaña gran parte de su trazado dificulta mucho las obras que son necesarias para mejorar la totalidad de la carretera, por lo que se llevan a cabo actuaciones puntuales para la mejora de la seguridad vial, tanto en rediseño de trazado como en señalización y seguridad.
- En las soluciones finales se pretende reunir la mayor relación y concordancia posible entre todos los elementos condicionantes implicados y que con estas medidas se verían directamente afectados.
- Con el nuevo trazado y los elementos de seguridad, balizamiento y señalización incorporados se consigue una importante mejora de la carretera, haciéndola más segura para todos los usuarios.
- La cantidad de tráfico que soporta la CV-427 no justifica una inversión financiera elevada.

13. EXPROPIACIONES

Para la correcta ejecución de las obras contenidas en el presente estudio, es necesario realizar expropiaciones.

Según se estipula en la Nota de Servicio 4/2010 sobre el estudio de las expropiaciones en los proyectos de trazado de la dirección general de carreteras, “

Se expropia el pleno dominio de las superficies que requiera la actuación conforme a la vigente Ley de Carreteras, sus elementos funcionales y las instalaciones permanentes que tengan por objeto una correcta explotación, así como todos los elementos y obras anexas o complementarias definidas en el proyecto que coincidan con la rasante del terreno o sobresalgan de él, y en todo caso las superficies que sean imprescindibles para cumplimentar la normativa legal vigente para este tipo de Obras.

En el caso de la carretera CV-427, el tramo 1 engloba una superficie de 286.000 m², mientras que para el tramo 2 el nuevo trazado tiene una ocupación de 72.000 m². El suelo a aproximar se estima que tiene un precio de 10 €/m² por lo que el coste de la expropiación asciende a la cifra de 358.000 €.



14. VALORACIÓN ECONÓMICA

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS
CAP 01	ACTUACIONES PREVIAS Y DEMOLICIONES	26.887,00
CAP 02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	140.761,30
CAP 03	DRENAJE	99.227,68
CAP 04	FIRMES Y PAVIMENTOS	497.912,93
CAP 05	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	2.151,18
CAP 06	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	10.920,00
CAP 07	BALIZAMIENTO	3.682,25
CAP 08	DEFENSAS	98.970,00
CAP 09	GESTIÓN DE RESIDUOS	20.000,00
CAP 10	VARIOS	20.000,00
CAP 11	SEGURIDAD Y SALUD	9.100,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		929.612,34
	13,00% Gastos generales	131.030,91
	6,00% Beneficio industrial	60.475,81
	SUMA DE G.G y B.I	191.506,72
	21,00% I.V.A	235.435,00
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)		1.356.554,06
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		1.356.554,06
	COSTE EXPROPIACIONES	358.000,00
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN		1.714.554,06

VALENCIA, septiembre de 2020

Néstor Giménez Criado