



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del
trazado de la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK
11+500 implementando la metodología BIM (Teruel).

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Planificación y Gestión en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Martín Arbelo, Alberto

Tutor/a: Aranda Domingo, José Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



Resumen

Una vez se identifica la posibilidad de desarrollar un proyecto de ejecución para dar solución a una necesidad, es de vital importancia realizar un análisis previo y estudiar su viabilidad. Posteriormente si se acepta la petición es fundamental evaluar diversas alternativas y estimar el coste del proyecto.

El objetivo general de este Trabajo Final de Máster (TFM) consiste en realizar un análisis multicriterio en un proceso de toma de decisión para mejorar la seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500, en la provincia de Teruel. La carretera presenta un punto conflictivo muy sinuoso, que afecta a la seguridad vial de los usuarios, además en todo su trazado el firme tiene un estado deficiente.

Para ello se valoran varias alternativas y para obtener una visión más realista y facilitar la toma de decisiones durante el proceso, se aplica la metodología BIM (Building Information Modeling), centralizando toda la información en un modelo 3D.

Tras el análisis multicriterio y seleccionar la alternativa más factible, se desarrolla su trazado geométrico y se realiza un estudio hidráulico para dar continuidad al río Santa María sobre el que discurre la carretera.

Para mejorar el estado del firme es necesario realizar un estudio del tráfico previo y con ello se dimensiona el paquete del firme. Y posteriormente se le dota de la correspondiente señalización, tanto horizontal como vertical, balizamiento y barreras de contención de vehículos.

Finalmente se evalúa el coste del proyecto a partir de una valoración económica del desarrollo de la alternativa seleccionada como la más favorable para dar solución al problema que se ha expuesto.

Palabras clave: *Multicriterio; BIM; Alternativas; Trazado; Carretera*



Resumen ejecutivo

TÍTULO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER: Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500 implementando la metodología BIM. Teruel

AUTOR: Alberto Martín Arbelo

RESUMEN EJECUTIVO

<p>1. Planteamiento del problema a resolver</p>	<p>En infraestructuras como las carreteras es muy habitual que los técnicos se vean enfrentados a situaciones en las que tengan que decidir entre varias alternativas.</p> <p>En la actualidad, la metodología BIM se encuentra en auge, estando cada vez más presente debido a los beneficios que supone en el ciclo de vida de un proyecto.</p> <p>Por ello, con la elaboración del presente Trabajo Final de Máster, se pretende aprovechar el potencial de la metodología BIM para facilitar la toma de decisiones en un análisis multicriterio de varias alternativas, con la integración de un proyecto de carretera dentro del entorno BIM.</p>
<p>2. Objetivos</p>	<p><u>Objetivo general</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Realizar un análisis multicriterio de varias alternativas, a la vez que nos familiarizamos con la metodología BIM, para mejorar la seguridad vial de una carretera. <p><u>Objetivos específicos</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Mejorar el trazado de la carretera de estudio en el PK 10+460 (principal punto sinuoso a corregir)- Disponer a la carretera de un nuevo paquete de firme, en función del tráfico soportado.- Mejorar la señalización, balizamiento y sistemas de defensas.- Evaluar económicamente las alternativas propuestas.



	<ul style="list-style-type: none">- Elaborar un modelo que permita visualizar las alternativas propuestas.
3. Estructura organizativa	<p><u>Documento 1. Memoria</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Memoria descriptiva: Se explica la problemática a solucionar, resumiendo la metodología llevada a cabo e informando de la solución definitiva elegida. Así como de las actuaciones necesarias.- Anejos: Desarrollo en mayor profundidad de cada uno de los puntos a considerar para cumplir con los objetivos. <p><u>Documento 2. Planos</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Representación gráfica de la alternativa seleccionada, extraídos del modelo BIM generado.- Archivo en formato IFC para la visualización del modelo 3D de la alternativa escogida. <p><u>Documento 3. Valoración económica</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Se evalúa económicamente la solución propuesta, para dar una visión aún más realista del alcance del proyecto.
4. Método	<p>Para el desarrollo del TFM y cumplir con los objetivos planteados se han empleado los siguientes softwares:</p> <ul style="list-style-type: none">- Istram: Diseñar las alternativas en un único entorno BIM, pudiendo generar los modelos 3D para cada una de ellas.- Excel: Realizar los cálculos correspondientes para el análisis multicriterio de las alternativas. También para el estudio hidráulico y para estudio del tráfico.
5. Cumplimiento de objetivos	<p>El objetivo general y los específicos se han cumplido gracias a la formulación del método AHP (Saaty, 1980) para la elección de la alternativa más factible y a la implementación de la metodología</p>



	<p>BIM para plasmar las alternativas en 3D y facilitar dicha toma de decisiones.</p> <p>En el desarrollo de los anejos se demuestra el cumplimiento de los objetivos.</p>
6. Contribuciones	<p>La realización del TFM conlleva consigo el desarrollo de capacidades de toma de decisiones y análisis de alternativas.</p> <p>Además de un mayor conocimiento de los beneficios de la metodología BIM y del software empleado para el diseño de infraestructuras de carretera.</p>
7. Recomendaciones	<p>Recomiendo la implementación de la metodología BIM incluso desde la fase del estudio de las alternativas para desarrollar un proyecto, debido a que mejora su eficiencia y permite reducir los errores. Lo que conlleva a una mejor toma de decisiones y visualización más realista de las propuestas.</p>
8. Limitaciones	<p>La generación del modelo en el software Istram para diseñar cada una de las alternativas, fue la mayor limitación encontrada durante el proceso. Debido a que no se poseía de los suficientes conocimientos del programa y para su desarrollo se ha llevado bastante dedicación.</p>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo



Índice

1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETO DEL PROYECTO	3
3. PLANTEAMIENTO	4
4. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS	5
5. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	6
5.1. TRAZADO GEOMÉTRICO	6
5.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS	6
5.3. ESTUDIO DEL TRÁFICO	6
5.4. FIRMES	7
5.5. DRENAJE	7
5.6. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSA	8
6. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	9
7. NORMATIVA DE APLICACIÓN	10
8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	11
9. CONCLUSIONES	11

1. Antecedentes

La carretera TE-V-1611 es la única vía de comunicación entre el municipio de Monforte de Moyuela y Loscos en la Comarca de Jiloca, al noroeste de la provincia de Teruel.

Esta carretera se encuentra en muy mal estado, tiene un pavimento muy irregular con gran cantidad de baches. De hecho, los vecinos de los pueblos en más de una ocasión se han manifestado reclamando que se arregle la única carretera que tienen, en la cual ya ha ocurrido algún accidente y temen por su seguridad.

Además, la carretera en el P.K. 10+460 presenta una doble curva con un radio de giro muy pequeño ($R=30$ m), considerándose este como un punto crítico aparte del estado del pavimento.

2. Objeto del proyecto

Acorde con la problemática descrita anteriormente, la actuación tiene por objeto la mejora del estado de la carretera en unas condiciones óptimas de seguridad y comodidad.

Para ello, se estudian varias alternativas y a partir de un análisis multicriterio se selecciona la alternativa más favorable para mejorar y acondicionar la carretera TE-V-1611. Todo ello aplicando la metodología BIM, permitiendo una visión más realista y facilitando la toma de decisiones.

Se definen por tanto los siguientes objetivos:

- Realizar un análisis multicriterio para seleccionar la opción más apropiada.
- Implementar la metodología BIM.
- Mejorar el trazado en el punto sinuoso del P.K. 10+460.
- Dotar a la carretera de un nuevo paquete de firme.
- Mejorar la señalización, balizamiento y sistemas de contención de vehículos.
- Evaluar económicamente las alternativas, así como un mayor desarrollo en la alternativa escogida



Figura 1. Trazado actual del tramo estudiado.
Fuente: Elaboración propia

3. Planteamiento

Para el desarrollo del estudio y análisis multicriterio de las alternativas, se ha empleado la metodología BIM (Building Information Modeling), la cual permite crear y gestionar un proyecto de construcción de forma colaborativa.

Aplicando esta metodología de trabajo se logra centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital, que es creado por todos los agentes que intervienen durante el proceso.

Una de las principales características de la aplicación de la metodología BIM es que permite en todo momento una visión realista del proyecto, desde la fase de diseño hasta su construcción, explotación y mantenimiento. Abarcando varias dimensiones desde un modelo 3D, que se vincula con la planificación, coste, etc. Favoreciendo así la toma de decisiones y generando una reducción considerable de errores.

Un correcto empleo de esta metodología conlleva considerables mejoras en la calidad de los procesos, reducción de riesgos, y estimaciones de plazos y costes más realistas.

Por lo tanto, se ha implementado la metodología BIM para el estudio de este proyecto, para así tener una visión lo más realista posible de las soluciones a optar y centralizar toda la información en un modelo.

A continuación, en la figura 2, se muestra una captura de imagen del modelo generado.

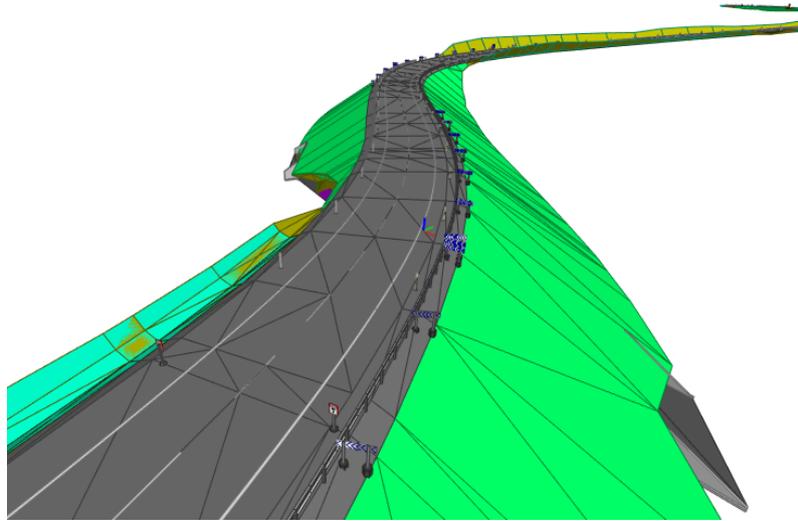


Figura 2. Vista 3D de la alternativa propuesta
Fuente: Elaboración propia

4. Descripción de alternativas

Para mejorar el estado de la carretera se valoraron tres alternativas, las cuales se diseñaron en un mismo modelo empleando el programa de trazado Istram. Para posteriormente a partir de un análisis multicriterio, concretamente mediante el método Analytic Hierarchy Process (AHP) seleccionar la alternativa más favorable. Las alternativas valoradas fueron:

- Alternativa 1: Se propone dotar a la carretera de un nuevo paquete de firme, manteniendo el trazado existente.
- Alternativa 2: Se dota a la carretera de un nuevo paquete de firme y además se modifica el trazado en el punto crítico al que se le pretende dar solución, a partir de un terraplén.
- Alternativa 3: Igual que la alternativa 2 pero se propone un puente en su nuevo trazado.

Tras el análisis de las alternativas, el cual se ha detallado en el Anejo 1, se concluyó que la alternativa 2 es la opción que mayor peso tiene frente a las demás y por lo tanto la escogida para el desarrollo del resto de estudio.

5. Descripción de las obras

5.1. Trazado geométrico

El estudio del trazado geométrico se encuentra recogido en el Anejo 2, en el cual se desarrolla todo lo referido al trazado en planta, en alzado y sección transversal.

Se establecerá una velocidad de proyecto (V_p) de 60 km/h.

En lo que respecta a la sección transversal, se proyecta un carril para cada sentido de 3,5 metros de ancho cada uno y un arcén de 2,5 metros.

Se dispondrá de un peralte con una inclinación transversal del 7%.



Figura 3. Trazado propuesto
Fuente: Elaboración propia

5.2. Movimiento de tierras

Para llevar a cabo las obras propuestas es necesario un importante movimiento de tierras, debido sobre todo al terraplén de 13 metros de altura proyectado.

De tal forma que los volúmenes de desmonte son un total de 66097,47 m³ y los de terraplén un total de 63756,03 m³, quedando el volumen de terraplén compensado con el de desmonte.

5.3. Estudio del tráfico

Para estimar la demanda de tráfico que va a tener que soportar la zona de actuación del proyecto, se han obtenido los datos de IMD de la estación de aforo más cercana.

Debido a que la carretera objeto de estudio no presenta información de aforos, se ha decidido que por proximidad y tipo de carretera realizar el análisis con los aforos realizados en la carretera A-2514, concretamente por la Estación 0710.



Figura 4. Tramo de aforo de la estación 0710 (color azul).
Fuente: Mapa de tráfico de Aragón (DGA)

Se ha considerado el año 2024 como el de puesta en servicio de la carretera obteniéndose un valor de $IMD=115$ veh/día y una $IMD_p=39$ veh/día.

5.4. Firmes

El firme adoptado se ha seleccionado siguiendo la Norma 6.1-IC “Secciones de firme” de la Instrucción de Carreteras.

Una vez realizado el estudio de tráfico pertinente, se procede a determinar la categoría de tráfico pesado y categoría de explanada, concluyendo T42 y E2 respectivamente.

La sección final adoptada es la 4221, la cual está formada por:

- 5 cm de capa de rodadura de AC 16 surf B50/70 S
- Riego de imprimación C60BF4 IMP (0.5 kg/m²)
- 25 cm de Zahorra artificial ZA-0/20

5.5. Drenaje

Tanto el drenaje longitudinal como el transversal se encuentran recogidos en el Anejo 3, además en él se desarrolla el estudio hidráulico que se ha realizado.

5.5.1. Drenaje longitudinal

Para el drenaje longitudinal de la calzada se ha considerado ejecutar unas pequeñas cunetas en los extremos de la calzada en las zonas de desmonte. Las cuales conducirán los caudales al propio terreno natural.

5.5.2. Drenaje transversal

La zona de actuación del presente proyecto se ve afectada por el cauce del Río de Santa María, por lo tanto para dar continuidad a la red de drenaje natural del terreno con la presencia del nuevo terraplén, se dimensiona una nueva Obra de Paso Transversal a partir de dos marcos rectangulares de 3 metros de ancho y 2 metros de altura, con disposición de aletas en la embocadura y desagüe. (Figura 5)

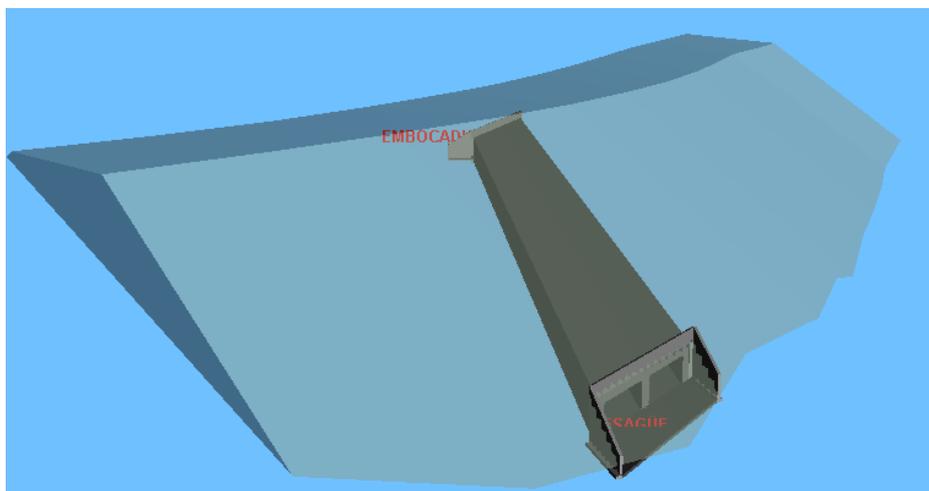


Figura 5. Visualización 3D de la ODT proyectada
Fuente: Elaboración propia en ISTRAM

5.6. Señalización, balizamiento y defensa

La señalización proyectada se incluyó en el modelo conforme a la Norma 8.1-I.C “Señalización vertical” y 8.2-IC “Marcas viales”.

En cuanto al balizamiento se proyecta la colocación de hitos de arista y paneles direccionales para reforzar la percepción de la carretera y trayectoria de las curvas.

Se incluye también barreras de contención de vehículos en los tramos de terraplén.

En la siguiente figura extraída del modelo se puede visualizar la disposición de la señalización.

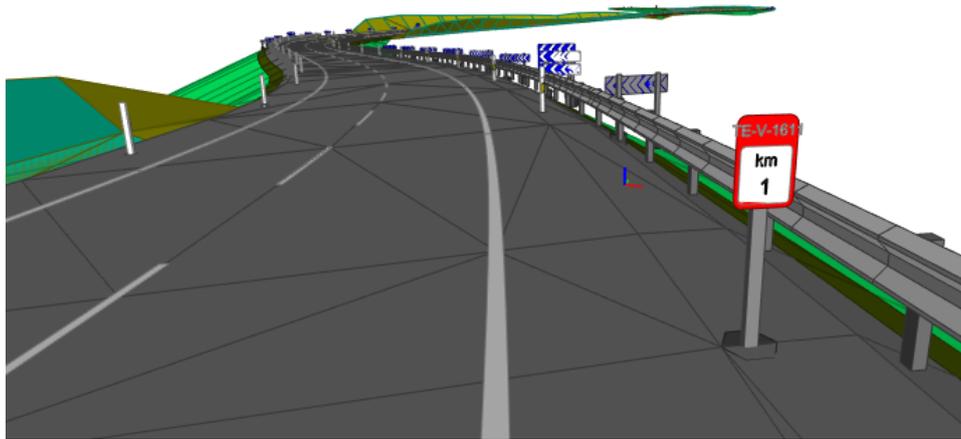


Figura 6. Visualización 3D de la señalización.
Fuente: Elaboración propia en ISTRAM

6. Valoración económica

Se resume a continuación la valoración económica planteada para la ejecución de la alternativa propuesta y así tener una visión general de la inversión económica que supondría a partir de las unidades de obra más representativas.

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	ACTUACIONES PREVIAS	52.732,50	2,56
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	920.294,29	44,65
03	FIRME	599.828,92	29,10
04	DRENAJE	281.470,38	13,66
05	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS	86.635,15	4,20
06	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	100.000,00	4,85
07	SEGURIDAD Y SALUD	20.000,00	0,97
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		2.060.961,24	

El presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de DOS MILLONES SESENTA MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UN EUROS con VEINTICUATRO CÉNTIMOS.

En el Documento 3 se encuentra el presupuesto desglosado con las partidas y mediciones consideradas.

7. Normativa y referencias de aplicación

Normas aplicadas para el diseño vial:

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, aprobado por O.M. de 6 de Febrero de 1976.
- Orden FOM/273/2015, de 19 de febrero de 2016, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC “Trazado” de la Instrucción de Carreteras. (BOE 04/03/2016).
- Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, por la que se aprueba la Norma 6.1-IC “Secciones de firme”, de la Instrucción de Carreteras. (BOE 12/12/2003).
- Orden FOM 298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la Norma 5.2-IC sobre drenaje superficial. (BOE 10/03/2016).
- Orden, de 16 de julio de 1987, por la que se aprueba la Norma 8.2- IC sobre marcas viales. (BOE 04/05/1987 y BOE 29/09/1987).
- Orden, de 31 de agosto de 1987, por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas fuera de poblado. (BOE 18/09/1987).
- Orden FOM 534/2014, de 20 de marzo, por la que se aprueba la Norma 8.1-IC Señalización vertical, de la Instrucción de Carreteras. (BOE 05/04/2014).

Referencias:

- Saaty T.L. (1980) *The analytic hierarchy process*. McGraw Hill, New York
- Aznar, J. et al (2007) *Teoría de la Decisión Multicriterio*. Universidad Politécnica de Valencia, España. Disponible en <https://media.upv.es/#/portal/channel/6a11716e-f4e0-ad4d-97e0-c6644ba3fd20>
- BuildingSmart. (2016). ¿Qué es BIM? - BuildingSMART Spanish Chapter, Disponible en <https://www.buildingsmart.es/bim/>

8. Documentos que integran el proyecto

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

MEMORIA DESCRIPTIVA

ANEJO 1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO 2. TRAZADO GEOMÉTRICO

ANEJO 03. ESTUDIO HIDRÁULICO

ANEJO 04. ESTUDIO DE TRÁFICO Y FIRME

DOCUMENTO Nº2 PLANOS

1.1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

1.2 PLANTA GENERAL

1.3 TRAZADO Y REPLANTEO

1.4 PERFIL LONGITUDINAL

1.5 PERFILES TRANSVERSALES

DOCUMENTO Nº3 VALORACIÓN ECONÓMICA

9. Conclusiones

Se concluye que la solución que se ha propuesto satisface las necesidades exigidas en los objetivos planteados y queda definido como un análisis previo. Para así presentar y valorar la posibilidad de desarrollar un proyecto de ejecución y finalmente dotar a la carretera TE-V-1611 de unas condiciones que permitan transitarla de forma segura y cómoda. Aprovechando el potencial del empleo de una herramienta como la metodología BIM para tomar decisiones con antelación y gestionar el proyecto lo más eficientemente posible.

En Valencia, Junio 2023

Fdo. Alberto Martín Arbelo





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

ANEJO 1. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	3
2.1. ALTERNATIVA 1.....	3
2.2. ALTERNATIVA 2.....	5
2.3. ALTERNATIVA 3.....	8
3. ELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	11
3.1. CRITERIO ECONÓMICO	13
4. CONCLUSIONES	23
APÉNDICE 1. ANÁLISIS MULTICRITERIO. MÉTODO AHP.....	24

1. Introducción

El presente anejo desarrolla el estudio de alternativas que se ha planteado para determinar la opción más favorable.

Como ya se ha comentado anteriormente, uno de los principales objetivos es dotar a la carretera de unas condiciones de seguridad y comodidad adecuadas en el punto crítico que se encuentra en el P.K. 10+460, el cuál es una doble curva con radios de giro muy cerrados ($R= 30$ m). Además se busca mejorar las condiciones de la carretera, ya que presenta un estado muy deteriorado.

2. Descripción de alternativas

2.1. Alternativa 1

La alternativa 1 mantiene el trazado actual de la carretera y se le dota de un nuevo paquete de firme y de un aumento del ancho de los carriles, de tal modo que se mejore el estado de la calzada.

El trazado de la carretera actual es el siguiente:



Figura 1. Trazado alternativa 1

Fuente: Elaboración propia sobre ortofoto del Centro Nacional de Información Geográfica

Se puede apreciar que es un trazado muy sinuoso, presentando radios mínimos de 30 m con nula visibilidad y pendientes máximas en algún punto de hasta 10%.

En las siguientes tablas se detallan los listados en planta y en alzado del trazado actual:

- Listado en planta

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	AZIMUT
1	RECTA	140,834	0	666507,613	4547070,916		366,2621
2	CIRC.	38,194	140,834	666436,422	4547192,432	-100	366,2621
3	RECTA	66,938	179,028	666411,364	4547220,949		341,947
4	CIRC.	71,738	245,966	666358,439	4547261,932	-250	341,947
5	RECTA	27,22	317,703	666296,235	4547297,171		323,6792
6	CIRC.	43,893	344,923	666270,877	4547307,063	-55	323,6792
7	RECTA	92,052	388,817	666228,154	4547305,906		272,8729
8	CIRC.	53,129	480,868	666144,334	4547267,858	150	272,8729
9	RECTA	137,384	533,998	666093,112	4547254,832		295,4216
10	CIRC.	64,797	671,381	665956,084	4547244,961	45	295,4216
11	RECTA	43,233	736,178	665908,772	4547280,782		387,0903
12	CIRC.	33,702	779,411	665900,065	4547323,129	-50	387,0903
13	RECTA	61,403	813,113	665883,07	4547351,494		344,18
14	CIRC.	38,094	874,517	665835,868	4547390,768	80	344,18
15	RECTA	70,215	912,61	665813,372	4547421,063		374,4939
16	CIRC.	110,688	982,825	665785,987	4547485,718	-52	374,4939
17	RECTA	28,933	1093,513	665695,552	4547495,325		238,9816
18	CIRC.	54,049	1122,446	665678,922	4547471,648	35	238,9816
19	RECTA	43,811	1176,495	665630,932	4547462,6		337,2915
20	CIRC.	33,826	1220,306	665594,424	4547486,821	30	337,2915
21	RECTA	114,295	1254,133	665581,314	4547516,081		9,0731
22	CIRC.	20,572	1368,428	665597,548	4547629,217	30	9,0731
23	RECTA	45,877	1389	665606,959	4547647,059		52,7279
24	CIRC.	50,042	1434,877	665640,759	4547678,079	-100	52,7279
25	RECTA	376,016	1484,919	665667,817	4547719,556		20,8701
26	CIRC.	45,414	1860,936	665788,889	4548075,547	-50	20,8701
27	RECTA	28,627	1906,35	665783,362	4548119,067		363,0466
28	CIRC.	47,301	1934,977	665767,663	4548143,005	-100	363,0466
29	RECTA	69,001	1982,278	665733,497	4548175,078		332,9337
30	CIRC.	45,56	2051,278	665673,526	4548209,203	150	332,9337
31	RECTA	56,142	2096,839	665637,929	4548237,358		352,2702
			2152,981	665599,671	4548278,446		352,2702

- Listado en alzado

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	VÉRTICE		ENTRADA AL ACUERDO		SALIDA DEL ACUERDO		BISECT. (m)
					PK	Z	PK	Z	
			PK	Z	0.000	1011,590	PK	Z	
-7,34	57,678	1000	171,848	998,969	143,009	1001,087	200,687	998,514	0,416
-1,58	53,826	1000	371,28	995,825	344,367	996,249	398,193	993,952	0,362
-6,96	44,408	1000	510,202	986,158	487,998	987,703	532,406	985,598	0,247
-2,52	39,234	500	647,031	982,712	627,414	983,206	666,648	980,679	0,385
-10,36	32,226	500	690,775	978,178	674,662	979,848	706,888	977,546	0,26
-3,92	29,645	1000	797,861	973,98	783,039	974,561	812,684	972,96	0,11
-6,88	194,341	1500	1186,909	947,198	1089,738	953,887	1284,08	953,098	3,147
6,07	52,195	1000	1460,396	963,804	1434,298	962,219	1486,494	964,026	0,341
0,85	35,048	2000	1547,86	964,549	1530,336	964,4	1565,384	965,006	0,077
2,60	33,62	1000	1804,32	971,229	1787,51	970,791	1821,131	972,232	0,141
5,97	119,083	1500	1938,214	979,218	1878,673	975,666	1997,755	978,044	1,182
-1,97	65,682	800	2075,134	976,518	2042,293	977,166	2107,975	978,567	0,674
6,24							2152,981	981,375	

Esta alternativa resultaría ser la más económica, ya que no modifica el trazado y tampoco presentaría ningún impacto ambiental importante. Sin embargo, esta opción no soluciona el principal problema que tiene la carretera que es dotar de seguridad al punto negro que presenta en el P.K. 10+460.

2.2. Alternativa 2

La alternativa 2 consiste en dar un nuevo trazado en el punto crítico a través de un terraplén. También se restauraría el firme y se ampliaría la calzada para que los carriles sean más amplios.



Figura 2. Trazado alternativa 2

Fuente: Elaboración propia sobre ortofoto del Centro Nacional de Información Geográfica

El trazado en planta y alzado propuesto de esta alternativa es el siguiente:

- Listado en planta

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	AZIMUT
1	RECTA	129,09	0,00	666507,61	4547070,92		366,26
	CLOT.	25,00	129,09	666442,36	4547182,30		366,26
2	CIRC.	11,80	154,09	666428,85	4547203,31	-100	358,30
	CLOT.	25,00	165,89	666421,12	4547212,22		350,79
3	RECTA	35,64	190,89	666402,25	4547228,59		342,83
	CLOT.	50,14	226,52	666374,38	4547250,80		342,83
4	CIRC.	2,70	276,66	666333,80	4547280,17	-180	333,97
	CLOT.	50,14	279,36	666331,46	4547281,52		333,01
5	RECTA	14,09	329,50	666285,84	4547302,21		324,15
	CLOT.	8,89	343,59	666272,75	4547307,43		324,15
6	CIRC.	27,35	352,48	666264,39	4547310,44	-45	317,86
	CLOT.	8,89	379,83	666237,46	4547309,81		279,16
7	RECTA	71,85	388,72	666229,26	4547306,41		272,87
	CLOT.	42,67	460,57	666163,83	4547276,71		272,87
8	CIRC.	10,46	503,24	666124,22	4547260,95	150	281,93



	CLOT.	42,67	513,70	666114,08	4547258,37		286,37
9	RECTA	98,87	556,37	666071,76	4547253,29		295,42
	CLOT.	32,00	655,24	665973,14	4547246,19		295,42
10	CIRC.	41,04	687,24	665941,31	4547247,29	50	315,79
	CLOT.	32,00	728,28	665909,75	4547271,71		368,05
11	RECTA	6,82	760,28	665900,69	4547302,25		388,42
	CLOT.	32,00	767,10	665899,46	4547308,95		388,42
12	CIRC.	3,80	799,10	665890,40	4547339,49	-50	368,05
	CLOT.	32,00	802,89	665888,44	4547342,75		363,22
13	RECTA	21,85	834,89	665865,79	4547365,14		342,84
	CLOT.	31,25	856,75	665848,70	4547378,76		342,84
14	CIRC.	12,17	888,00	665825,62	4547399,75	80	355,28
	CLOT.	31,25	900,17	665818,50	4547409,60		364,96
15	RECTA	34,70	931,42	665805,77	4547438,08		377,40
	CLOT.	55,58	966,11	665793,71	4547470,62		377,40
16	CIRC.	5,28	1021,69	665770,78	4547521,12	-130	363,79
	CLOT.	55,58	1026,96	665767,84	4547525,50		361,20
17	RECTA	8,47	1082,54	665729,96	4547566,01		347,60
	CLOT.	55,58	1091,02	665723,74	4547571,77		347,60
18	CIRC.	95,83	1146,59	665685,86	4547612,28	130	361,20
	CLOT.	55,58	1242,42	665663,52	4547703,25		8,13
19	RECTA	337,28	1298,00	665678,33	4547756,70		21,74
	CLOT.	11,43	1635,27	665791,28	4548074,50		21,74
20	CIRC.	21,23	1646,70	665794,51	4548085,45	-35	11,35
	CLOT.	11,43	1667,93	665791,90	4548106,19		372,73
21	RECTA	4,49	1679,36	665786,06	4548116,00		362,34
	CLOT.	45,71	1683,85	665783,56	4548119,73		362,34
22	CIRC.	22,91	1729,56	665756,07	4548156,19	-140	351,95
	CLOT.	45,71	1752,47	665739,08	4548171,52		341,53
23	RECTA	6,37	1798,18	665700,00	4548195,13		331,14
	CLOT.	35,56	1804,55	665694,38	4548198,12		331,14
24	CIRC.	28,40	1840,11	665663,57	4548215,84	180	337,42
	CLOT.	35,56	1868,51	665641,28	4548233,38		347,47
25	RECTA	25,65	1904,06	665616,81	4548259,16		353,75
			1929,71	665599,77	4548278,34		353,75

- Listado en alzado

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	VÉRTICE		ENTRADA AL ACUERDO		SALIDA DEL ACUERDO		BISECT. (m)
			PK	Z	PK	Z	PK	Z	
					0,000	1011,590			
-6,96	119,02	3600	142,036	1001,700	82,527	1005,843	201,545	999,524	0,49
-3,66	51,66	3604	370,611	993,341	344,780	994,286	396,441	992,026	0,09
-5,09	83,37	4311	710,229	976,053	668,545	978,175	751,912	973,125	0,20
-7,02	452,27	3600	1094,330	949,074	868,197	964,957	1320,464	961,599	7,10
5,54	223,03	7874	1436,182	968,008	1324,669	961,832	1547,695	971,026	0,79
2,71							1929,71	981,365	

Se logra solventar el principal problema en el punto crítico de radios muy pequeños, presentando ahora curvas de radios de 130 m y pendientes máximas en torno al 7%.

Esta alternativa precisa de un gran terraplén de unos 13 metros, que es compensado con los desmontes que hay que llevar a cabo. A la hora de dimensionar el terraplén se pretendía no superar los 10 metros de altura, pero debido a la orografía existente y la intención de no sobrepasar las pendientes que establece la normativa, esto no fue posible. Por lo que se definió en 13 metros de altura con la modificación de los taludes en ese tramo en una relación de 2:1, para lograr así una mayor estabilización.

Como se interrumpe el paso del Río de Santa María, se ha dimensionado una obra de drenaje transversal, que consiste en un marco doble de 3x2 metros.

Esta alternativa aparte de solucionar el punto más crítico, dota a la carretera de unas características de seguridad y comodidad adecuadas para los usuarios que la transiten.

Sin embargo ejecutar dicho terraplén supondría un impacto medioambiental que habría que valorar frente al resto de alternativas.

2.3. Alternativa 3

La alternativa 3 mantiene el mismo trazado que la alternativa 2, pero se busca evitar el gran terraplén a través de una estructura de unos 18 metros de altura.

El puente seleccionado está compuesto de vigas artesas prefabricadas en 5 vanos y 4 pilas, con una longitud total de 227 m. La cimentación de las pilas se compone de zapatas realizadas in situ, al igual que para los estribos. Las pilas se ejecutarían mediante encofrados trepantes, para posteriormente instalar las vigas artesas y ejecutar el tablero in situ.

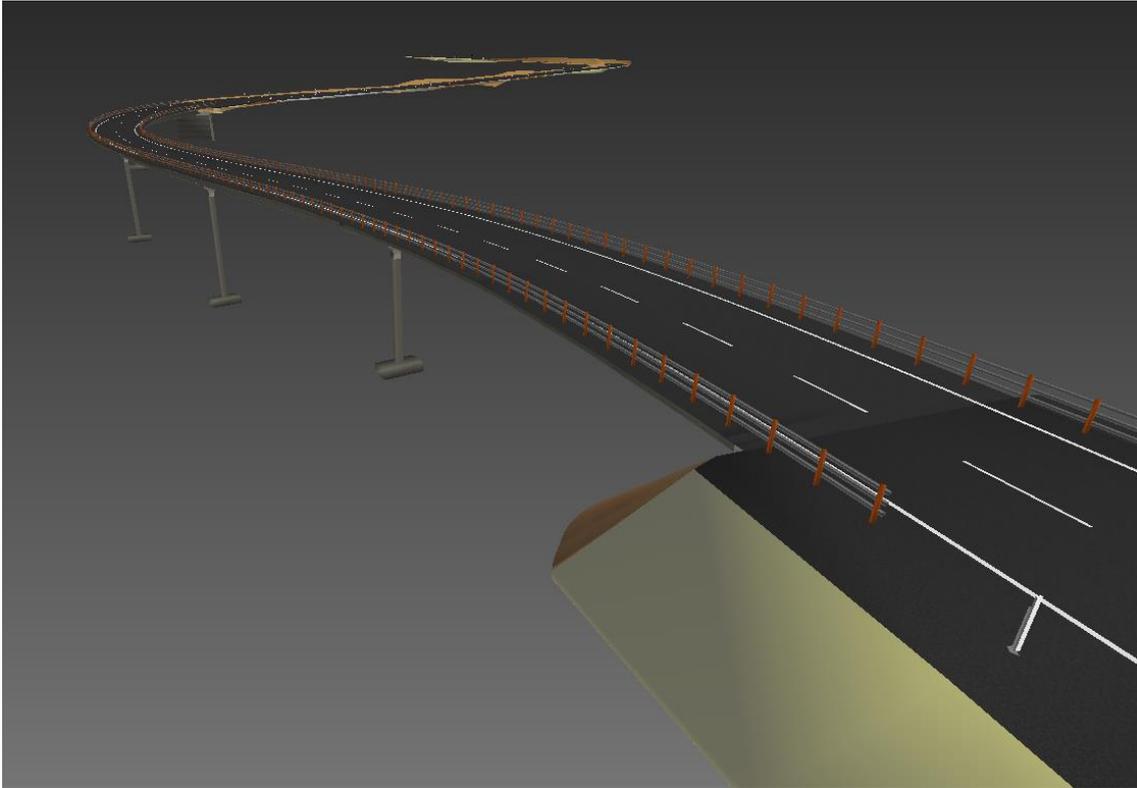


Figura 3. Imagen 3D del puente propuesto
Fuente: Elaboración propia en ISTRAM

En las siguientes tablas se muestran los listados del trazado en planta y transversal:

- Listado en planta

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	PARAMETRO	AZIMUT
1	RECTA	129,085	0	666507,613	4547070,916			366,2621
	CLOT.	25	129,085	666442,361	4547182,295		50	366,2621
2	CIRC.	11,801	154,085	666428,846	4547203,306	-100		358,3044
	CLOT.	25	165,886	666421,122	4547212,22		50	350,7913
3	RECTA	35,635	190,886	666402,25	4547228,589			342,8336
	CLOT.	50,139	226,521	666374,381	4547250,797		95	342,8336
4	CIRC.	2,698	276,66	666333,797	4547280,165	-180		333,9671
	CLOT.	50,139	279,358	666331,464	4547281,52		95	333,0129
5	RECTA	14,092	329,497	666285,839	4547302,207			324,1464
	CLOT.	8,889	343,588	666272,749	4547307,425		20	324,1464
6	CIRC.	27,354	352,477	666264,392	4547310,441	-45		317,8588
	CLOT.	8,889	379,831	666237,464	4547309,811		20	279,1605
7	RECTA	71,854	388,72	666229,257	4547306,407			272,8729
	CLOT.	42,667	460,574	666163,829	4547276,707		80	272,8729
8	CIRC.	10,463	503,241	666124,221	4547260,946	150		281,927
	CLOT.	42,667	513,703	666114,083	4547258,368		80	286,3675
9	RECTA	98,869	556,37	666071,758	4547253,294			295,4216
	CLOT.	32	655,239	665973,144	4547246,19		40	295,4216

10	CIRC.	41,041	687,239	665941,309	4547247,294	50		315,7934
	CLOT.	32	728,28	665909,752	4547271,708		40	368,0484
11	RECTA	6,819	760,28	665900,69	4547302,247			388,4202
	CLOT.	32	767,099	665899,457	4547308,953		40	388,4202
12	CIRC.	3,795	799,099	665890,395	4547339,491	-50		368,0484
	CLOT.	32	802,894	665888,444	4547342,746		40	363,2162
13	RECTA	21,852	834,894	665865,789	4547365,139			342,8444
	CLOT.	31,25	856,746	665848,702	4547378,76		50	342,8444
14	CIRC.	12,169	887,996	665825,623	4547399,752	80		355,2783
	CLOT.	31,25	900,165	665818,496	4547409,6		50	364,9619
15	RECTA	34,696	931,415	665805,771	4547438,084			377,3959
	CLOT.	55,577	966,111	665793,709	4547470,616		85	377,3959
16	CIRC.	5,276	1021,688	665770,775	4547521,117	-130		363,7877
	CLOT.	55,577	1026,964	665767,843	4547525,503		85	361,2041
17	RECTA	8,474	1082,541	665729,958	4547566,012			347,5958
	CLOT.	55,577	1091,015	665723,744	4547571,774		85	347,5958
18	CIRC.	95,828	1146,592	665685,859	4547612,283	130		361,2041
	CLOT.	55,577	1242,421	665663,517	4547703,253		85	8,1318
19	RECTA	337,275	1297,997	665678,325	4547756,704			21,7401
	CLOT.	11,429	1635,272	665791,276	4548074,503		20	21,7401
20	CIRC.	21,229	1646,701	665794,508	4548085,451	-35		11,3463
	CLOT.	11,429	1667,93	665791,901	4548106,192		20	372,7326
21	RECTA	4,491	1679,358	665786,06	4548116			362,3388
	CLOT.	45,714	1683,849	665783,555	4548119,727		80	362,3388
22	CIRC.	22,906	1729,563	665756,068	4548156,187	-140		351,945
	CLOT.	45,714	1752,469	665739,082	4548171,516		80	341,5289
23	RECTA	6,369	1798,183	665700,001	4548195,128			331,1351
	CLOT.	35,556	1804,552	665694,379	4548198,119		80	331,1351
24	CIRC.	28,398	1840,107	665663,571	4548215,84	180		337,4227
	CLOT.	35,556	1868,505	665641,278	4548233,383		80	347,4664
25	RECTA	25,65	1904,061	665616,81	4548259,16			353,754
			1929,711	665599,773	4548278,335			353,754

- Listado en alzado

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	VÉRTICE		ENTRADA AL ACUERDO		SALIDA DEL ACUERDO		BISECT. (m)
			PK	Z	PK	Z	PK	Z	
-7,33	140,69	3600	142,143	1001,166	71,800	1006,325	212,487	998,757	0,69
-3,43	60,02	3604	370,611	993,341	340,603	994,369	400,618	991,814	0,13
-5,09	39,59	4311	793,134	971,833	773,340	972,841	812,928	971,007	0,05
-4,17	201,35	3600	1060,860	960,664	960,186	964,864	1161,533	962,094	1,41
1,42	117,58	7874	1370,174	965,059	1311,385	964,224	1428,964	966,772	0,22
2,91							1929,711	981,365	

Con esta alternativa también se cumpliría el objetivo de mejora de la carretera y se evitaría ejecutar el terraplén.

Sin embargo, ejecutar dicha estructura supondría un sobrecoste en el proyecto que habría que valorar, además del impacto visual y medioambiental que conlleva la ejecución de un puente.

3. Elección de alternativa

La elección de la alternativa más apropiada se definirá con un análisis multicriterio, concretamente mediante el método Analytic Hierarchy Process (AHP). Esta técnica fue propuesta por Thomas Saaty en 1980, la cual su propósito es priorizar alternativas de decisión valoradas según los pesos de sus atributos y las características de las alternativas.

El primer paso es realizar una comparación por pares de acuerdo a la valoración de Saaty, y así construir la matriz de contraste de atributos.

VALOR	DEFINICIÓN	COMENTARIOS
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B esta fuera de toda duda

Tabla 1. Valoración de Saaty
Fuente: Saaty 1980

Para ello los atributos o criterios que se tomaron son:

- Funcionalidad:
Una carretera se considera funcional si presenta unas características que la cataloguen cómoda y segura para los usuarios que la transiten.
- Coste:
El criterio económico es un aspecto de gran importancia de cara a la selección de alternativas en una obra de construcción.
- Impacto ambiental:
Una obra de construcción tiene un efecto sobre el medioambiente, el cual hay que estudiar y evaluar con el fin de que este sea el menor posible.

- Tiempo de ejecución:

Un mayor tiempo de ejecución de la obra repercutirá en un mayor coste para la empresa constructora, además de los perjuicios o molestias para los vecinos.

La comparación se realizó por juicio de valor propio y se obtuvieron los pesos de cada criterio:

	CRITERIOS			
	Funcionalidad	Coste	Impacto Ambiental	Tiempo de ejecución
PONDERACIÓN	0,5433	0,2306	0,1732	0,0529

Como se puede observar, el criterio que más peso se ha considerado es la funcionalidad, ya que se ha valorado que lo más fundamental es solucionar la problemática existente por delante de todo. El coste de ejecución es el segundo con mayor peso con un 23%, ya que un coste muy elevado podría hacer inviable su ejecución para el problema que tiene que solucionar. El impacto ambiental, con un 17% también se ha tenido en cuenta y así darle valor y promover el cuidado del medioambiente. Y por último se ha considerado como menos importante el tiempo de ejecución frente al resto de criterios.

A continuación se realiza la formulación del AHP, el cual se detalla con más profundidad en el Apéndice 1. Con ello se procede a ponderar las distintas alternativas en función de cada atributo o criterio. Obteniendo finalmente los pesos que representa cada alternativa frente a los criterios:

Funcionalidad	0,5433	1. Trazado actual	0,0526
		2. Terraplén	0,4737
		3. Puente	0,4737
Coste	0,2306	1. Trazado actual	0,6442
		2. Terraplén	0,2706
		3. Puente	0,0852
Impacto Ambiental	0,1732	1. Trazado actual	0,6586
		2. Terraplén	0,2628
		3. Puente	0,0786
Tiempo ejecución	0,0529	1. Trazado actual	0,6910
		2. Terraplén	0,2176
		3. Puente	0,0914

Lo que es equivalente en su forma matricial, a los pesos finales de cada alternativa:

1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
0,3278	0,3768	0,2955

Resultando la alternativa 2, la ejecución de un terraplén, la opción con mayor peso frente a las demás y la más apropiada para dar solución al objeto de la obra.



3.1. Criterio económico

El criterio económico es un aspecto muy importante de cara a la selección de la alternativa más apropiada y el cual tendrá gran peso.

Por lo tanto, para las comparaciones de cada alternativa se ha estimado el coste de cada una valorando las partidas que más peso tienen. Para ello, se ha consultado la base de datos del Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y se han realizado presupuestos para ser comparados.

A continuación se muestran los presupuestos para cada una de las alternativas:

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 1

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
01.01	m3 Desmonte de terreno Excavación a cielo abierto en tierras para desmonte de terreno realizada con medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10 km.	24567,39				24.567,39			
							24.567,39	5,66	139.051,43
01.02	m3 Formación de terraplén Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de excavación propia clasificado como adecuado en zona de cimientto, núcleo o espaldones para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.	6573,57				6.573,57			
							6.573,57	5,01	32.933,59
01.03	m3 Suelo seleccionado Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de cantera clasificado como seleccionado para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.	15745				15.745,00			
							15.745,00	11,29	177.761,05
TOTAL CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									349.746,07

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 1

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 FIRME									
02.01	m2 Paquete de firme 4221 Firme constituido por: 5 cm de Mezcla Bituminosa semidensa en rodadura. 25 cm de Zahorra Artificial. Extendido y compactación de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf B50/70 S con árido calizo, con un rendimiento de 150-300 t/día, sin incluir el transporte de la mezcla al punto de vertido. Riego de imprimación realizado con emulsión catiónica C60BF4 IMP con una dotación de 500 g/m2 de betún residual, compuesto por un 60% de betún y un contenido menor o igual de 8% de fluidificante, sin incluir transporte de material. Extendido y compactado de zahorra artificial realizado con equipo medio, incluso humectación y/o desecación, sin incluir el transporte de material.	1	2.152,98	13,50			29.065,23		
							29.065,23	19,48	566.190,68
02.02	t Transporte de mezcla bituminosa Transporte de mezcla bituminosa hasta 50 km.	2,4	2.152,98	13,50	0,05		3.487,83		
							3.487,83	7,23	25.217,01
02.03	t Transporte de árido Transporte de árido hasta 50 km.	1,7	2.152,98	13,50	0,25		12.352,72		
							12.352,72	6,30	77.822,14
TOTAL CAPÍTULO 02 FIRME									669.229,83
TOTAL									1.018.975,90

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 2

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
01.01	m3 Desmonte de terreno Excavación a cielo abierto en tierras para desmonte de terreno realizada con medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10 km.					66097,47	66.097,47		
							66.097,47	5,66	374.111,68
01.02	m3 Formación de terraplén Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de excavación propia clasificado como adecuado en zona de cimient, núcleo o espaldones para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.					63756,03	63.756,03		
							63.756,03	5,01	319.417,71
01.03	m3 Suelo seleccionado Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de cantera clasificado como seleccionado para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.					14204,34	14.204,34		
							14.204,34	11,29	160.367,00
TOTAL CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									853.896,39

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 2

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 FIRME									
02.01	m2 Paquete de firme 4221 Firme constituido por: 5 cm de Mezcla Bituminosa semidensa en rodadura. 25 cm de Zahorra Artificial. Extendido y compactación de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf B50/70 S con árido calizo, con un rendimiento de 150-300 t/día, sin incluir el transporte de la mezcla al punto de vertido. Riego de imprimación realizado con emulsión catiónica C60BF4 IMP con una dotación de 500 g/m2 de betún residual, compuesto por un 60% de betún y un contenido menor o igual de 8% de fluidificante, sin incluir transporte de material. Extendido y compactado de zahorra artificial realizado con equipo medio, incluso humectación y/o desecación, sin incluir el transporte de material.	1	1.929,71	13,50		26.051,09			
							26.051,09	19,48	507.475,23
02.02	t Transporte de mezcla bituminosa Transporte de mezcla bituminosa hasta 50 km.	2,4	1.929,71	13,50	0,05	3.126,13			
							3.126,13	7,23	22.601,92
02.03	t Transporte de árido Transporte de árido hasta 50 km.	1,7	1.929,71	13,50	0,25	11.071,71			
							11.071,71	6,30	69.751,77
TOTAL CAPÍTULO 02 FIRME									599.828,92

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 2

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 ESTRUCTURAS									
03.01	m Doble marco prefabricado 3x2 m								
	Suministro e instalación de marco prefabricado de hormigón armado de 200 cm de alto y 300 cm de ancho de dimensiones interiores, recibido sobre solera de hormigón en masa HM-20 de 15 cm de espesor y una capa de arena de nivelación de 10 cm.								
		78,5				78,50			
							78,50	2.334,88	183.288,08
	TOTAL CAPÍTULO 03 ESTRUCTURAS								183.288,08
	TOTAL								1.637.013,39

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 3

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									
01.01	m3 Desmonte de terreno Excavación a cielo abierto en tierras para desmonte de terreno realizada con medios mecánicos, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10 km.					42.974,22			
							42.974,22		
								5,66	243.234,09
01.02	m3 Formación de terraplén Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de excavación propia clasificado como adecuado en zona de cimient, núcleo o espaldones para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.					10.772,87			
							10.772,87		
								5,01	53.972,08
01.03	m3 Suelo seleccionado Suministro, extendido y compactado de suelo procedente de cantera clasificado como seleccionado para la formación de terraplén, extendido con un espesor no superior a 30cm, compactado hasta conseguir una densidad del 95% del Proctor modificado, incluso humectación y/o desecación.					12.523,94			
							12.523,94		
								11,29	141.395,28
TOTAL CAPÍTULO 01 MOVIMIENTO DE TIERRAS									438.601,45

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 3

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 FIRME									
02.01	m2 Paquete de firme 4221 Firme constituido por: 5 cm de Mezcla Bituminosa semidensa en rodadura. 25 cm de Zahorra Artificial. Extendido y compactación de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf B50/70 S con árido calizo, con un rendimiento de 150-300 t/día, sin incluir el transporte de la mezcla al punto de vertido. Riego de imprimación realizado con emulsión catiónica C60BF4 IMP con una dotación de 500 g/m2 de betún residual, compuesto por un 60% de betún y un contenido menor o igual de 8% de fluidificante, sin incluir transporte de material. Extendido y compactado de zahorra artificial realizado con equipo medio, incluso humectación y/o desecación, sin incluir el transporte de material.	1	1.929,71	13,50			26.051,09		
							26.051,09	19,48	507.475,23
02.02	t Transporte de mezcla bituminosa Transporte de mezcla bituminosa hasta 50 km.	2,4	1.929,71	13,50	0,05		3.126,13		
							3.126,13	7,23	22.601,92
02.03	t Transporte de árido Transporte de árido hasta 50 km.	1,7	1.702,71	13,50	0,25		9.769,30		
							9.769,30	6,30	61.546,59
TOTAL CAPÍTULO 02 FIRME									591.623,74

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 3

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 ESTRUCTURAS									
03.01	m3 Zapatas de hormigón armado Zapatas de hormigón armado HA-30/F/20 preparado en central vertido mediante bomba, con una cuantía media de acero B 500 S de 40 kg suministrados en jaulas y colocado en obra, incluido vertido, vibrado y curado del hormigón según Código Estructura, DB SE-C del CTE y NTE-CS.	4	4,00	2,00	1,00	32,00			
							32,00	232,34	7.434,88
03.02	m2 Encofrado trepante para pila Encofrado y desencofrado trepante plano en alzados de pilas, con acabado visto exterior y ordinario interior, mediante tablas de madera machihembrada de primera calidad, incluyendo sistemas de arriostamientos del panel encofrante, consolas, andamios, escaleras y grúas torre, así como todos los medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la unidad de obra.								
	Pila 1	31,87				31,87			
	Pila 2	41,7				41,70			
	Pila 3	39,94				39,94			
	Pila 4	23,44				23,44			
							136,95	53,66	7.348,74
03.03	kg Suministro y colocación acero corrugado Suministro de jaulas montadas en taller de acero corrugado B 500 SD en distintos diámetros y colocación como armado en tablero y pilas de puente de hormigón, incluido el atado de solapes, la colocación de separadores, cortes y despuntes, totalmente montada y lista para hormigonar, según Código Estructural, DB SE-C del CTE y NTE-CS.								
	Considerando una estimación de 130 kg por m3	186648				186.648,00			
							186.648,00	1,98	369.563,04
03.04	m3 Vertido hormigón en pilas, tablero y estribos Suministro y vertido de hormigón armado de resistencia característica 30 N/mm2 (HA-30/F/20), consistencia fluida, con tamaño máximo del árido 20 mm, clase general de exposición no agresiva, vertido mediante bomba en pilas, estribos y tablero de puente, incluido el vibrado y el curado según Código Estructural y DB SE-C del CTE.								
	Pila 1	3,32				3,32			
	Pila 2	5,73				5,73			
	Pila 3	5,99				5,99			
	Pila 4	4,55				4,55			
	Estribo 1	124,43				124,43			
	Estribo 2	124,43				124,43			
	Tablero	1167,31				1.167,31			
							1.435,76	184,53	264.940,79
03.05	m Viga pretensada Artesa Suministro y colocación de viga pretensada prefabricada tipo Artesa de 160 cm de canto, incluyendo el transporte y todos los materiales y medios necesarios para su correcta ejecución.								
		227				227,00			
							227,00	1.535,88	348.644,76
03.06	m2 Prelosa pretensada Suministro y colocación de prelosa pretensada prefabricada de hormigón HA-25 armado con celosía de 8 cm de canto, incluyendo el transporte y todos los materiales y medios necesarios para su correcta ejecución.								
		1	227,00	10,00		2.270,00			
							2.270,00	107,93	245.001,10
03.07	m2 Impermeabilización tablero puente bicapa Impermeabilización de tableros de puentes, con solución bicapa constituida por: líquido de caucho sintético y betún polimerizado, placas de protección preformadas de 3 mm de espesor y cinta autoadhesiva para juntas, totalmente instalada.								
		1	227,00	10,00		2.270,00			

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

ALTERNATIVA 3

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							2.270,00	43,28	98.245,60
	TOTAL CAPÍTULO 03 ESTRUCTURAS								1.341.178,91
	TOTAL								2.371.404,10

Por lo tanto, a modo de resumen, los presupuestos que se han estimado para cada alternativa y se han valorado en el análisis multicriterio son:

	Importe
Alternativa 1	1.018.975,90 €
Alternativa 2	1.637.013,39 €
Alternativa 3	2.371.404,10 €

4. Conclusiones

Una vez analizadas las tres alternativas, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La alternativa 1 de repavimentar el trazado de la carretera resulta la más económica, la que menos impacto ambiental genera y menor tiempo de ejecución tiene, pero no resuelve el principal problema que se pretende solucionar en el punto crítico.
- La alternativa 2 y 3, si resuelven la problemática principal con un nuevo trazado en ese punto.
- La alternativa 2, es la que presenta un presupuesto más equilibrado pero genera cierto impacto ambiental, debido a lo que conlleva todo el movimiento de tierra para generar el terraplén.
- La alternativa 3, debido a lo que supone la ejecución de un puente, resulta ser la opción de mayor importe económico y además la que mayor impacto ambiental genera.

Por lo tanto, partiendo del análisis multicriterio realizado, la alternativa 2 de realizar un terraplén, es la opción que mejor encaja en lo que demanda el objeto del estudio planteado y la que finalmente se ha seleccionado como más favorable.

Apéndice 1. Análisis multicriterio. Método AHP

N	4	CONST	0,9
---	---	-------	-----

CRITERIOS	CRITERIOS			
	Funcionalidad	Coste	Impacto Ambiental	Tiempo de ejecución
Funcionalidad	1	4	3	6
Coste	0,25	1	2	5
Impacto Ambiental	0,33	0,5	1	5
Tiempo de ejecución	0,17	0,2	0,20	1
suma de columnas	1,75	5,70	6,20	17,00

matriz/ suma columnas			
0,5714	0,7018	0,4839	0,3529
0,1429	0,1754	0,3226	0,2941
0,1905	0,0877	0,1613	0,2941
0,0952	0,0351	0,0323	0,0588
1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Suma filas	Media suma filas/n
2,1100	0,5275
0,9350	0,2337
0,7336	0,1834
0,2214	0,0554

mmult matriz y media suma filas

2,3448
1,0092
0,7529
0,2267

mmult/ media suma filas/n

4,4451
4,3174
4,1050
4,0956
4,2408

PROMEDIO= λ_{max}

Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

CI	0,080263
CR	0,089181074

8,92% < 9% para ser consistente

VALOR PROPIO

ult matriz y matriz

4	10,7	15,2	47
2	4	5,75	21,5
1,625	3,333333333	4	14,5
0,45	1,166666667	1,3	4

suma fila	suma fila/suma total
76,9000	0,54723
33,2500	0,23661
23,4583	0,16693
6,9167	0,04922
suma total	140,5250
	1,0000

ult matriz y matriz

83,25	191,1	244,225	826,45
35,01875	81,65	104,35	349,375
26,19166667	60,97083333	78,71666667	264,0416667
8,045833333	18,48166667	23,94833333	81,08333333

suma fila	suma fila/suma total
1345,0250	0,5430
570,3938	0,2303
429,9208	0,1736
131,5592	0,0531
suma total	2476,8988
	1,0000

ult matriz y matriz

26668,78438	61677,16519	79289,69425	267064,4219
11318,70531	26178,14438	33653,66484	113348,9522
8501,734557	19662,84688	25278,63771	85141,64615
2596,65024	6005,291813	7720,499229	26004,37604

suma fila	suma fila/suma total
434700,0657	0,5433
184499,4667	0,2306
138584,8653	0,1732
42326,8173	0,0529
suma total	800111,2150
	1,0000

ult matriz y matriz

2776902546	6422309657	8256428523	27809024274
1178600922	2725821293	3504276480	11802985926
885284238,7	2047450144	2632172330	8865594125
270383538,1	625332282,5	803918149,6	2707730016

suma fila	suma fila/suma total
45264664999,8305	0,5433
19211684621,4662	0,2306
14430500837,5440	0,1732
4407363986,5414	0,0529
suma total	83314214445,3820
	1,0000

PONDERACIÓN	CRITERIOS			
	Funcionalidad	Coste	Impacto Ambiental	Tiempo de ejecución
	0,5433	0,2306	0,1732	0,0529

Saaty 1980

ANÁLISIS MULTICRITERIO

N	3	CONST	0,58
----------	---	--------------	------

vs

FUNCIONALIDAD

		ALTERNATIVAS		
		1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
ALTERNATIVAS	Trazado actual	1	0,11	0,11
	Terraplén	9,00	1	1
	Puente	9,00	1	1
	suma de columnas	19,00	2,11	2,11

matriz/ suma columnas		
0,0526	0,0526	0,0526
0,4737	0,4737	0,4737
0,4737	0,4737	0,4737
1,0000	1,0000	1,0000

Suma filas	Media suma filas/n
0,1579	0,0526
1,4211	0,4737
1,4211	0,4737

mmult matriz y media suma filas

0,1579
1,4211
1,4211

mmult/ media suma filas/n

3,0000
3,0000
3,0000
3,0000

PROMEDIO=

λ_{max}

CI	0,000000
CR	0,0

0,00% < 5% para ser consistente

Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

VALOR PROPIO

ult matriz y matriz

3	0,333333333	0,333333333
27	3	3
27	3	3

suma fila	suma fila/suma total
3,6667	0,0526
33,0000	0,4737
33,0000	0,4737
suma total	1,0000
69,6667	

ult matriz y matriz

27	3	3
243	27	27
243	27	27

suma fila	suma fila/suma total
33,0000	0,0526
297,0000	0,4737
297,0000	0,4737
suma total	1,0000
627,0000	

	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
PONDERACIÓN	0,0526	0,4737	0,4737

Saaty 1980

ANÁLISIS MULTICRITERIO

N	3	CONST	0,58
----------	---	--------------	------

vs

COSTE

	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
Trazado actual	1	3	6
Terraplén	0,33	1	4
Puente	0,17	0,25	1
suma de columnas	1,50	4,25	11,00

matriz/ suma columnas		
0,6667	0,7059	0,5455
0,2222	0,2353	0,3636
0,1111	0,0588	0,0909
1,0000	1,0000	1,0000

Suma filas	Media suma filas/n
1,9180	0,6393
0,8212	0,2737
0,2608	0,0869

mmult matriz y media suma filas

1,9822
0,8346
0,2619

mmult/ media suma filas/n

3,1004
3,0492
3,0125
3,0540

PROMEDIO= λ_{max}

Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

CI	0,027017
CR	0,046582

4,66% < 5% para ser consistente

VALOR PROPIO

ult matriz y matriz

3	7,5	24
1,333333333	3	10
0,416666667	1	3

suma fila	suma fila/suma total
34,5000	0,6479
14,3333	0,2692
4,4167	0,0829
suma total	1,0000

ult matriz y matriz

29	69	219
12,16666667	29	92
3,833333333	9,125	29

suma fila	suma fila/suma total
317,0000	0,6441
133,1667	0,2706
41,9583	0,0853
suma total	1,0000

ult matriz y matriz

2520	6000,375	19050
1058,333333	2520	8000,5
333,3541667	793,75	2520

suma fila	suma fila/suma total
27570,3750	0,6442
11578,8333	0,2706
3647,1042	0,0852
suma total	1,0000

ult matriz y matriz

19051193,75	45362827,5	144018000,2
8001000,01	19051193,75	60483770
2520157,083	6000750,008	19051193,75

suma fila	suma fila/suma total
208432021,4375	0,6442
87535963,7604	0,2706
27572100,8411	0,0852
suma total	1,0000

	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
PONDERACIÓN	0,6442	0,2706	0,0852

Saaty 1980

ANÁLISIS MULTICRITERIO

vs

IMPACTO AMBIENTAL

N	3	CONST	0,58
----------	---	--------------	------

ALTERNATIVAS	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
Trazado actual	1	3	7
Terraplén	0,33	1	4
Puente	0,14	0,25	1
suma de columnas	1,48	4,25	12,00

matriz/ suma columnas		
0,6774	0,7059	0,5833
0,2258	0,2353	0,3333
0,0968	0,0588	0,0833
1,0000	1,0000	1,0000

Suma filas	Media suma filas/n
1,9666	0,6555
0,7944	0,2648
0,2389	0,0796

mmult matriz y media suma filas

2,0075
0,8019
0,2395

mmult/ media suma filas/n

3,0623
3,0282
3,0071
3,0325

PROMEDIO= λ_{max}

Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

CI	0,016267
CR	0,028047

2,80% < 5% para ser consistente

VALOR PROPIO

ult matriz y matriz

3	7,75	26
1,238095238	3	10,33333333
0,369047619	0,928571429	3

suma fila	suma fila/suma total
36,7500	0,6607
14,5714	0,2620
4,2976	0,0773
suma total	1,0000

ult matriz y matriz

28,19047619	70,64285714	236,0833333
11,24206349	28,19047619	94,19047619
3,363945578	8,431547619	28,19047619

suma fila	suma fila/suma total
334,9167	0,6586
133,6230	0,2628
39,9860	0,0786
suma total	1,0000

ult matriz y matriz

2383,045918	5973,459432	19964,48753
950,6898823	2383,045918	7964,612576
284,4504491	713,0174117	2383,045918

suma fila	suma fila/suma total
28320,9929	0,6586
11298,3484	0,2628
3380,5138	0,0786
suma total	1,0000

PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
	0,6586	0,2628	0,0786

Saaty 1980

ANÁLISIS MULTICRITERIO

N	3	CONST	0,58
----------	---	--------------	------

vs

TIEMPO EJECUCIÓN

		ALTERNATIVAS		
		1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
ALTERNATIVAS	Trazado actual	1	4	6
	Terraplén	0,25	1	3
	Puente	0,17	0,333333333	1
	suma de columnas	1,42	5,33	10,00

matriz/ suma columnas		
0,7059	0,7500	0,6000
0,1765	0,1875	0,3000
0,1176	0,0625	0,1000
1,0000	1,0000	1,0000

Suma filas	Media suma filas/n
2,0559	0,6853
0,6640	0,2213
0,2801	0,0934

mmult matriz y media suma filas

2,1309
0,6728
0,2814

mmult/ media suma filas/n

3,1094
3,0399
3,0131
3,0541

PROMEDIO= λ_{max}

Porcentajes máximos del ratio de consistencia

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

CI	0,027072
CR	0,046676

4,67% < 5% para ser consistente

VALOR PROPIO

ult matriz y matriz

3	10	24
1	3	7,5
0,416666667	1,333333333	3

suma fila	suma fila/suma total
37,0000	0,6948
11,5000	0,2160
4,7500	0,0892
suma total	53,2500
	1,0000

ult matriz y matriz

29	92	219
9,125	29	69
3,833333333	12,166666667	29

suma fila	suma fila/suma total
340,0000	0,6909
107,1250	0,2177
45,0000	0,0914
suma total	492,1250
	1,0000

ult matriz y matriz

2520	8000,5	19050
793,75	2520	6000,375
333,3541667	1058,333333	2520

suma fila	suma fila/suma total
29570,5000	0,6910
9314,1250	0,2176
3911,6875	0,0914
suma total	42796,3125
	1,0000

	ALTERNATIVAS		
	1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
PONDERACIÓN	0,6910	0,2176	0,0914

PESO TOTAL

Funcionalidad	0,5433	1. Trazado actual	0,0526
		2. Terraplén	0,4737
		3. Puente	0,4737
Coste	0,2306	1. Trazado actual	0,6442
		2. Terraplén	0,2706
		3. Puente	0,0852
Impacto Ambiental	0,1732	1. Trazado actual	0,6586
		2. Terraplén	0,2628
		3. Puente	0,0786
Tiempo ejecución	0,0529	1. Trazado actual	0,6910
		2. Terraplén	0,2176
		3. Puente	0,0914

1. Trazado actual	2. Terraplén	3. Puente
0,3278	0,3768	0,2955



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ANEJO 2. TRAZADO GEOMÉTRICO

Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500 implementando la metodología BIM. Teruel

Alberto Martín Arbelo



Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. CONSIDERACIONES DE DISEÑO	3
2.1. VELOCIDAD DE PROYECTO.....	3
2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EJES	3
3. TRAZADO EN PLANTA	4
3.1. ALINEACIONES RECTAS.....	4
3.2. CURVAS CIRCULARES	4
3.3. CURVAS DE ACUERDO.....	5
4. TRAZADO EN ALZADO	6
4.1. INCLINACIÓN DE LAS RASANTES	6
4.2. ACUERDOS VERTICALES	6
5. COORDINACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO	8
6. SECCIÓN TRANSVERSAL	10
APÉNDICE 1. LISTADO DEL TRAZADO EN PLANTA	11
APÉNDICE 2. LISTADO DEL TRAZADO EN ALZADO	13

1. Introducción

El presente anejo desarrolla el análisis del trazado geométrico de la alternativa seleccionada para el estudio del proyecto, desde el punto de vista de la normativa de trazado vigente. Es decir, la caracterización de los distintos ejes que definen las plataformas de proyecto.

Cada eje proyectado se define por sus elementos de trazado en planta y alzado, además de por su sección transversal.

La normativa empleada ha sido la Instrucción de Carreteras. Norma 3.1-IC Trazado, aprobada por la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero de 2016.

El diseño del trazado, tanto en planta como en alzado, ha sido elaborado mediante el programa ISTRAM, centralizando toda información en el modelo BIM.

2. Consideraciones de diseño

Para la definición del nuevo trazado se ha tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- En el trazado en planta, solucionar el principal problema descrito en el P.K. 10+460 de la carretera actual, el cual presenta un gran índice de peligrosidad. Para el resto, se ha tratado de aprovechar al máximo el trazado de la carretera existente, motivo por el cual en algunos casos, por ejemplo, no se cumple la distancia mínima en rectas, quedando justificado por este motivo y así no generar mayores movimientos de tierras, que encarecerían la obra.
- En el trazado en alzado, adaptar la rasante a pendientes que cumplan la normativa vigente. Generando, además, los desmontes necesarios para compensar el terraplén que hay que ejecutar.

2.1. Velocidad de proyecto

La velocidad de proyecto es la velocidad para la cual se definen las características geométricas del trazado de un tramo de carretera en condiciones de comodidad y seguridad.

Se ha establecido una velocidad de proyecto de 60 km/h.

2.2. Descripción de los ejes

Se ha generado un único eje:

P.K. inicial: 0+000,00

P.K. final: 1+916,89

3. Trazado en planta

El trazado en planta de una carretera se compone de la adecuada combinación de alineaciones rectas, alineaciones circulares y curvas de acuerdo.

La definición del trazado en planta se ha referido a un eje, que fija un punto en cada sección transversal. El eje coincide con el centro de la calzada.

3.1. Alineaciones rectas

La alineación recta es un elemento de trazado que está indicado en carreteras convencionales para obtener suficientes oportunidades de adelantamiento y en cualquier tipo de carretera para adaptarse a condicionamientos externos obligados.

Las longitudes se limitan a partir de las siguientes expresiones:

$$L_{min,s}=1,39*Vp$$

$$L_{min,o}=2,78*Vp$$

$$L_{max}=16,70*Vp$$

Siendo:

$L_{min,s}$ = Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{min,o}$ = Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

L_{max} = Longitud máxima (m).

Vp = Velocidad de proyecto del tramo (km/h).

Por tanto, para una velocidad de proyecto de 60 km/h, se tienen las siguientes longitudes de rectas:

$$L_{min,s}=83 \text{ m}$$

$$L_{min,o}=167 \text{ m}$$

$$L_{max}=1002 \text{ m}$$

3.2. Curvas circulares

La Norma 3.1-IC establece en la siguiente tabla las relaciones entre radio y peralte según el grupo al que pertenezca la carretera.

GRUPO	DENOMINACIÓN	RADIO (m)	PERALTE (%)
1	Autopistas y autovías A-140 y A-130	$850 \leq R \leq 1050$	8
		$1050 \leq R \leq 5000$	$8 - 7,96 \cdot (1 - 1050/R)^{1,2}$
		$5000 \leq R < 7500$	2
		$7500 \leq R$	Bombeo
2	Autopistas y autovías A-120, A-110, A-100, A-90 y A-80, carreteras multicamión C-100 y carreteras convencionales C-100	$250 \leq R \leq 700$	8
		$700 \leq R \leq 5000$	$8 - 7,3 \cdot (1 - 700/R)^{1,3}$
		$5000 \leq R < 7500$	2
		$7500 \leq R$	Bombeo
3	Carreteras multicamión C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40 y carreteras convencionales C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	$50 \leq R \leq 350$	7
		$350 \leq R \leq 2500$	$7 - 6,65 \cdot (1 - 350/R)^{1,3}$
		$2500 \leq R < 3500$	2
		$3500 \leq R$	Bombeo

Tabla 1. Relación radio y peralte
Fuente: Tabla 4.5. de la Norma 3.1-IC Trazado.

Como la carretera proyectada pertenece al grupo 3 y los radios oscilan entre 50 y 350 metros, el peralte será del 7%.

3.3. Curvas de acuerdo

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.

Por lo tanto se adoptará una clotoide como forma de la curva en todos los casos, cuya expresión es la siguiente:

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

Siendo:

R = Radio de curvatura en un punto cualquiera.

L = Longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R.

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

4. Trazado en alzado

El trazado en alzado de una carretera se compone de la adecuada combinación de la rasante con inclinación uniforme (recta) y curva de acuerdo vertical (parábola).

Para la definición del trazado en alzado se ha tomado como eje el centro de la calzada (centro de la marca vial de separación de sentidos).

4.1. Inclinación de las rasantes

Los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes en carreteras convencionales en función de la velocidad de proyecto, se pueden observar en la siguiente tabla:

VELOCIDAD DE PROYECTO (v_p) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Tabla 2. Valores máximos de inclinación de las rasantes.
Fuente: Tabla 5.2. de la Norma 3.1-IC Trazado.

El valor mínimo de inclinación de la rasante no será menor al 0.5 %. Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior al 0.2 %. La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que el 0.5 %.

4.2. Acuerdos verticales

El acuerdo vertical es una curva que busca dar continuidad a dos rasantes uniforme con diferentes pendientes. Se adopta en todos los casos como forma de la curva de acuerdo una parábola simétrica de eje vertical de ecuación:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$$

Siendo:

- y Distancia entre la alineación y la parábola (m).
- x Distancia desde la tangente al punto de la parábola (m).

Kv Parámetro de la parábola del acuerdo vertical (m).

El valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes viene dado por la siguiente expresión:

$$\theta = |i_2 - i_1|$$

Siendo:

θ Valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones de las rasantes (m/m).

i_2 Pendiente de la rasante de salida (m/m).

i_1 Pendiente de la rasante de entrada (m/m).

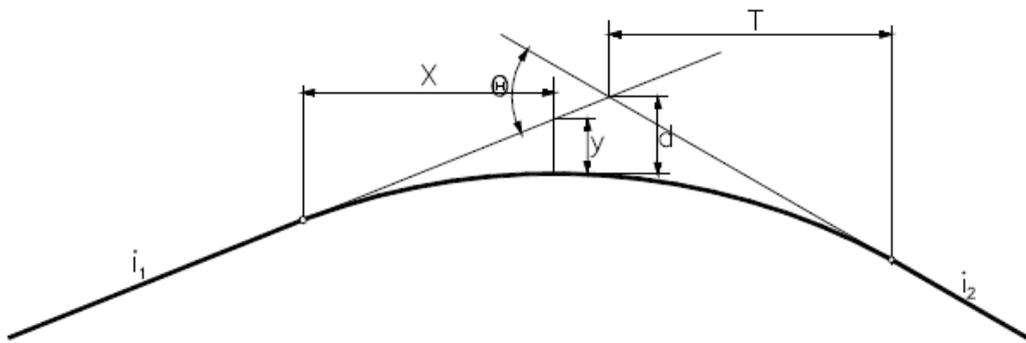


Figura 1. Acuerdo convexo.
Fuente: Figura 5.1. de la Norma 3.1-IC Trazado.

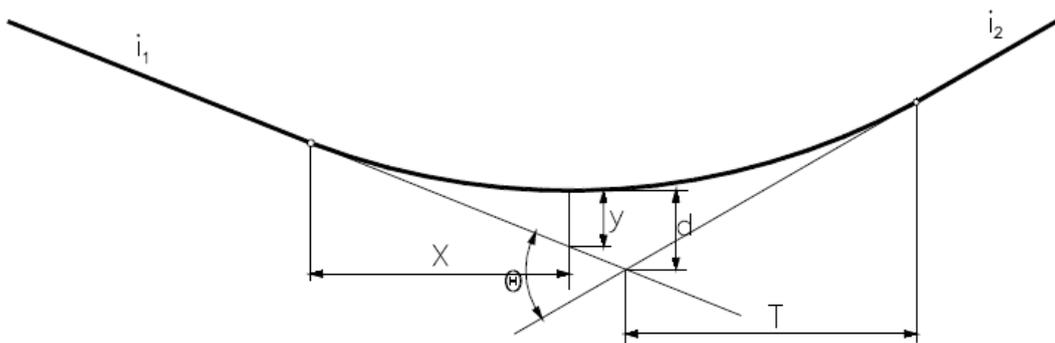


Figura 2. Acuerdo cóncavo.
Fuente: Figura 5.1. de la Norma 3.1-IC Trazado.

Los parámetros mínimos de los acuerdos verticales se obtendrán por los dispuesto en la siguiente tabla para carreteras del Grupo 3.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Tabla 3. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en carreteras convencionales.

Fuente: Tabla 5.3. de la Norma 3.1-IC Trazado.

5. Coordinación del trazado en planta y alzado

Los trazados en planta de una carretera deben de estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura.

El diseño del trazado se ha realizado de manera que no se produzcan las siguientes situaciones:

- Pérdida de trazado. Consiste en la desaparición de un tramo de la plataforma en una alineación recta del campo visual del conductor.

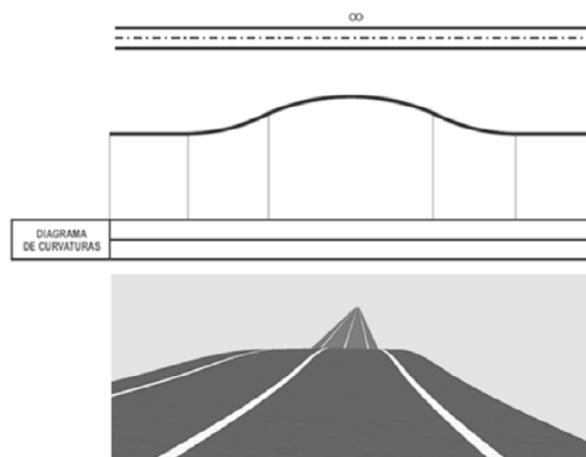


Figura 3. Ejemplo de pérdida de trazado.

Fuente: Figura 6.1. de la Norma 3.1-IC Trazado.

- Pérdida de orientación. Consiste en la desaparición total de la plataforma del campo visual del conductor con incertidumbre sobre la posible trayectoria a seguir.

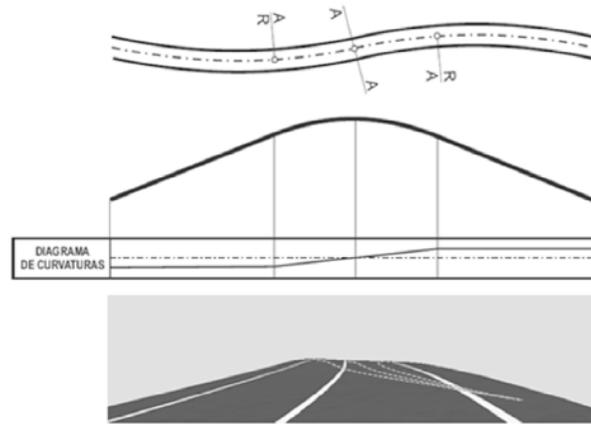


Figura 4. Ejemplo de pérdida de orientación.
Fuente: Figura 6.2. de la Norma 3.1-IC Trazado.

- Pérdida dinámica. Consiste en la desaparición parcial de la plataforma y en particular de alguna de sus características que permiten al conductor el guiado del vehículo (peralte, longitud de elementos, etc.).

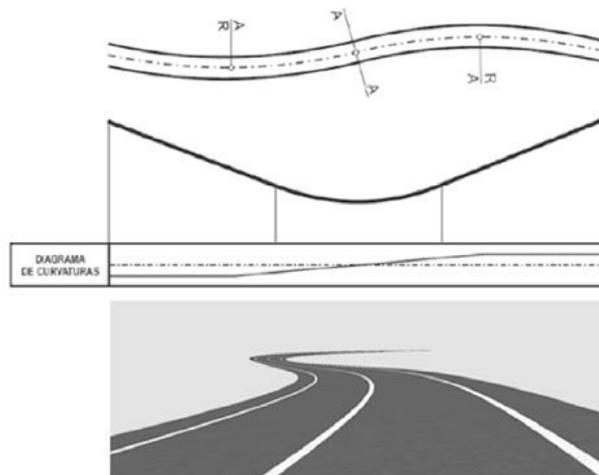


Figura 5. Ejemplo de pérdida dinámica.
Fuente: Figura 6.3. de la Norma 3.1-IC Trazado.



6. Sección transversal

El eje que se ha trazado está formado por dos carriles de circulación, uno para cada sentido. Con un ancho de 3,5 metros cada uno y un arcén de 2,5 metros. Además en las secciones en desmante, se ha proyectado una cuneta para derivar los caudales al propio terreno natural.



Apéndice 1. Listado del trazado en planta

DATO	TIPO	LONGITUD	P.K.	X TANGENCIA	Y TANGENCIA	RADIO	AZIMUT
1	RECTA	129,09	0,00	666507,61	4547070,92		366,26
	CLOT.	25,00	129,09	666442,36	4547182,30		366,26
2	CIRC.	11,80	154,09	666428,85	4547203,31	-100	358,30
	CLOT.	25,00	165,89	666421,12	4547212,22		350,79
3	RECTA	35,64	190,89	666402,25	4547228,59		342,83
	CLOT.	50,14	226,52	666374,38	4547250,80		342,83
4	CIRC.	2,70	276,66	666333,80	4547280,17	-180	333,97
	CLOT.	50,14	279,36	666331,46	4547281,52		333,01
5	RECTA	14,09	329,50	666285,84	4547302,21		324,15
	CLOT.	8,89	343,59	666272,75	4547307,43		324,15
6	CIRC.	27,35	352,48	666264,39	4547310,44	-45	317,86
	CLOT.	8,89	379,83	666237,46	4547309,81		279,16
7	RECTA	71,85	388,72	666229,26	4547306,41		272,87
	CLOT.	42,67	460,57	666163,83	4547276,71		272,87
8	CIRC.	10,46	503,24	666124,22	4547260,95	150	281,93
	CLOT.	42,67	513,70	666114,08	4547258,37		286,37
9	RECTA	98,87	556,37	666071,76	4547253,29		295,42
	CLOT.	32,00	655,24	665973,14	4547246,19		295,42
10	CIRC.	41,04	687,24	665941,31	4547247,29	50	315,79
	CLOT.	32,00	728,28	665909,75	4547271,71		368,05
11	RECTA	6,82	760,28	665900,69	4547302,25		388,42
	CLOT.	32,00	767,10	665899,46	4547308,95		388,42
12	CIRC.	3,80	799,10	665890,40	4547339,49	-50	368,05
	CLOT.	32,00	802,89	665888,44	4547342,75		363,22
13	RECTA	21,85	834,89	665865,79	4547365,14		342,84
	CLOT.	31,25	856,75	665848,70	4547378,76		342,84
14	CIRC.	12,17	888,00	665825,62	4547399,75	80	355,28
	CLOT.	31,25	900,17	665818,50	4547409,60		364,96
15	RECTA	34,70	931,42	665805,77	4547438,08		377,40
	CLOT.	55,58	966,11	665793,71	4547470,62		377,40
16	CIRC.	5,28	1021,69	665770,78	4547521,12	-130	363,79
	CLOT.	55,58	1026,96	665767,84	4547525,50		361,20
17	RECTA	8,47	1082,54	665729,96	4547566,01		347,60
	CLOT.	55,58	1091,02	665723,74	4547571,77		347,60
18	CIRC.	95,83	1146,59	665685,86	4547612,28	130	361,20
	CLOT.	55,58	1242,42	665663,52	4547703,25		8,13
19	RECTA	337,28	1298,00	665678,33	4547756,70		21,74
	CLOT.	11,43	1635,27	665791,28	4548074,50		21,74
20	CIRC.	21,23	1646,70	665794,51	4548085,45	-35	11,35
	CLOT.	11,43	1667,93	665791,90	4548106,19		372,73
21	RECTA	4,49	1679,36	665786,06	4548116,00		362,34
	CLOT.	45,71	1683,85	665783,56	4548119,73		362,34
22	CIRC.	22,91	1729,56	665756,07	4548156,19	-140	351,95
	CLOT.	45,71	1752,47	665739,08	4548171,52		341,53
23	RECTA	6,37	1798,18	665700,00	4548195,13		331,14
	CLOT.	35,56	1804,55	665694,38	4548198,12		331,14
24	CIRC.	28,40	1840,11	665663,57	4548215,84	180	337,42
	CLOT.	35,56	1868,51	665641,28	4548233,38		347,47
25	RECTA	25,65	1904,06	665616,81	4548259,16		353,75
			1929,71	665599,77	4548278,34		353,75

Fuente: Elaboración propia a partir de informes generados en Istram



Apéndice 2. Listado del trazado en alzado

PENDIENTE (%)	LONGITUD (m)	PARAMETRO (kv)	VÉRTICE		ENTRADA AL ACUERDO		SALIDA DEL ACUERDO		BISECT. (m)
					PK	Z	PK	Z	
			0,000	1011,590	PK	Z			
-6,96	119,02	3600	142,036	1001,700	82,527	1005,843	201,545	999,524	0,49
-3,66	51,66	3604	370,611	993,341	344,780	994,286	396,441	992,026	0,09
-5,09	83,37	4311	710,229	976,053	668,545	978,175	751,912	973,125	0,20
-7,02	452,27	3600	1094,330	949,074	868,197	964,957	1320,464	961,599	7,10
5,54	223,03	7874	1436,182	968,008	1324,669	961,832	1547,695	971,026	0,79
2,71							1929,71	981,365	

Fuente: Elaboración propia a partir de informes generados en Istram



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

ANEJO 3. ESTUDIO HIDRÁULICO

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CÁLCULO DE CAUDAL	3
2.1. PRECIPITACIÓN DIARIA	3
2.2. MÉTODO RACIONAL	3
2.3. CAUDAL OBTENIDO.....	8
3. DRENAJE LONGITUDINAL	8
4. DRENAJE TRANSVERSAL.....	9
APÉNDICE 1. INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL (CAUMAX)	11

1. Introducción

Es objeto del presente anejo estudiar las condiciones hidrológicas de la zona de actuación, debido a que en el P.K. 1+047,55 del tramo estudiado nos encontramos con el cauce del Río de Santa María, al cual se le daba continuidad con un marco rectangular.

2. Cálculo de caudal

En primer lugar, se procede al estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño, con los cuales, posteriormente se proyectan los elementos de drenaje.

Para calcular el caudal se ha empleado la aplicación CAUMAX, un mapa de caudales máximos en régimen natural asociados a distintos periodos de retorno para los cauces de las cuencas del territorio español peninsular.

Además, para corroborar los resultados, también se han calculado manualmente por el método racional.

2.1. Precipitación diaria

Para la obtención de la precipitación se ha acudido a los datos que nos ofrecía la aplicación CAUMAX al seleccionar la cuenca, el cual para un periodo de retorno de 100 años, se obtiene un valor de $P_d = 106,52$ mm.

En el apéndice 1, se detalla el informe de cálculo emitido por la aplicación.

2.2. Método racional

Para realizar el cálculo de los aportes de agua, se emplea el Método Racional expuesto y descrito en la Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”.

El caudal máximo anual, correspondiente a un periodo de retorno, se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Siendo:

Q_t Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca en (m^3/s).

$I(T, t_c)$ Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca (mm/h).

C Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

- A Área de la cuenca o superficie considerada (Km^2).
- Ki Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

2.2.1. Cuenca

La cuenca de la zona de actuación tiene una superficie considerada de 30,75 Km^2 .



Figura 1. Cuenca considerada.
Fuente: CAUMAX

2.2.2. Tiempo de concentración

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

$$t_c = 0,3 \cdot L^{0,76} \cdot J^{-0,19}$$

Siendo:

- tc Tiempo de concentración (seg).
- L Longitud del tramo de vía a determinar (Km).
- J Pendiente longitudinal de la vía (m/m).

2.2.3. Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno y a una duración del aguacero, a emplear en la estimación de caudal por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente expresión:

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

Siendo:

$I(T, t)$ Intensidad de precipitación correspondiente a un periodo de retorno y a una duración de aguacero (mm/h).

I_d Intensidad media diaria de precipitación corregida, correspondiente al periodo de retorno considerado (mm/h).

F_{int} Factor de intensidad (adimensional).

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el periodo de retorno, en el punto de desagüe de la cuenca, es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de dicha cuenca.

La intensidad media diaria de precipitación corregida, I_d , se obtiene mediante la fórmula:

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

Siendo:

I_d Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno considerado (mm/h).

P_d Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno considerado (mm).

K_A Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

El factor de intensidad, F_{int} , introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende de:

- La duración del aguacero.
- El periodo de retorno T , si se dispone de curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) aceptadas por la Dirección General de Carreteras, en un pluviógrafo situado en el entorno de la zona de estudio que pueda considerarse representativo.

Se considera como factor de intensidad, el factor obtenido a partir del índice de torrencialidad expresado como:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t_c^{0,1}}$$

Siendo:

- Fa Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad.
- (I₁/I_d) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica.
- t Tiempo de duración del aguacero, igual al tiempo de concentración (h).

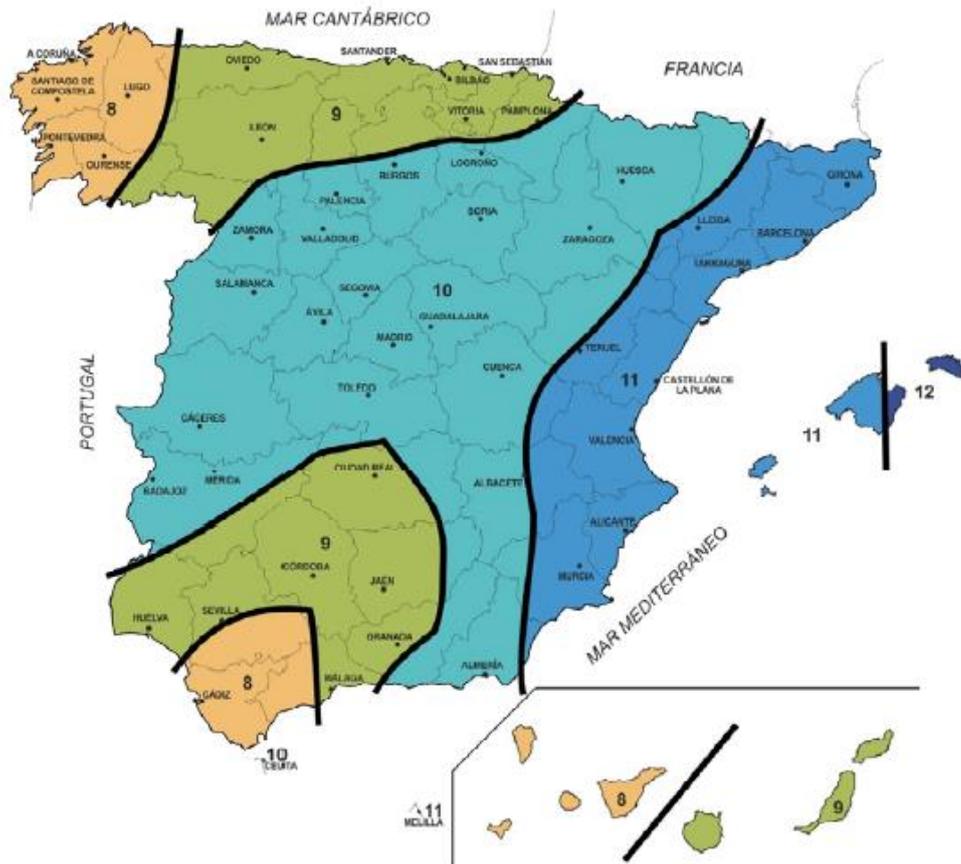


Figura 2. Mapa índice de torrencialidad
Fuente: Norma 5.2-IC de la Instrucción de Carreteras “Drenaje superficial”.

La zona de estudio se sitúa en la región de índice de torrencialidad igual a 10.

2.2.4. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía, C, define la parte de la precipitación de intensidad que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

$$C = \begin{cases} \frac{(P_d \cdot K_A - P_0) \cdot (P_d \cdot K_A + 23P_0)}{(P_d \cdot K_A + 11P_0)^2}, & P_d \cdot K_A > P_0 \\ 0, & P_d \cdot K_A \leq P_0 \end{cases}$$

Siendo:

- C Coeficiente de escorrentía
- P_d Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno (mm).
- K_A Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.
- P₀ Umbral de escorrentía (mm).

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

$$P_0 = P_0^{inicial} \cdot \beta$$

Siendo:

- P₀ Umbral de escorrentía (mm).
- P_{0i} Valor inicial del umbral de escorrentía (mm). Atendiendo a la Tabla 2.3 de la Norma 5.2-IC “Drenaje superficial”, se toma un valor igual a 1 mm tras considerar el uso de suelo como tejido urbano continuo.
- β Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

2.2.5. Coeficiente de uniformidad

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

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

Siendo:

- K_t Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación
- t_c Tiempo de concentración de la cuenca (h).

2.3. Caudal obtenido

El caudal que se ha obtenido a partir de los cálculos desarrollados a través del método racional es de 25,43 m³/s. Prácticamente igual a los 25 m³/s que resultaban a través de la aplicación CAUMAX.

A continuación, se adjunta unas tablas de los cálculos realizados en una hoja Excel:

DATOS PROBLEMA:				
Area (km2)	Longitud (km)	Cota min (m)	Cota max (m)	Pendiente
30,75	12,828	947	1242	2,300%

I1/Id	10
-------	----

CÁLCULOS PARA HALLAR I (tc;100):

Ka	0,9008
Pd (mm)	106,52
tc (h)	4,272

Fa	4,026
Fint	4,026

I (tc;100) (mm/h)	16,09
-------------------	-------

Id (mm/h)	3,998
-----------	-------

CÁLCULOS PARA HALLAR EL CAUDAL Q:

beta	1,7
NC	80
S (mm)	63,5
PO_inicial (mm)	28,9

C (%)	14,174%
-------	---------

Kt	1,305
----	-------

PO (mm)	49,13
---------	-------

Q (m3/s)	25,4
----------	------

Tablas para cálculo del Caudal.
Fuente: Elaboración propia

3. Drenaje longitudinal

El drenaje longitudinal comprende la recogida, conducción y desagüe de los caudales de escorrentía procedentes de las cuencas secundarias, con el periodo de retorno indicado.

Para el drenaje longitudinal, sólo se ha considerado ejecutar unas pequeñas cunetas en los extremos de la calzada en las zonas de desmonte. Las cuales conducirán los caudales al propio terreno natural.

4. Drenaje transversal

El drenaje transversal tiene por objeto restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal de proyecto.

El caudal de proyecto a considerar es el correspondiente a la cuenca con el periodo de retorno establecido, siendo de 100 años.

La zona de actuación del presente proyecto se ve afectada en el P.K. 1+047,55 por la existencia de una obra de drenaje transversal (ODT) para dar continuidad al Río de Santa María, a partir de un marco rectangular.

Debido a que se va a modificar el trazado y ejecutar un terraplén, habrá que dimensionar otra ODT. Para ello se ha considerado el caudal obtenido anteriormente y se han realizado las comprobaciones hidráulicas correspondientes.

Desarrollando los cálculos para que el régimen del caudal a la entrada de la ODT sea “No sumergida”, se ha resuelto con dos marcos rectangulares de 3 metros de ancho y 2 metros de altura, con disposición de aletas en la embocadura y desagüe.

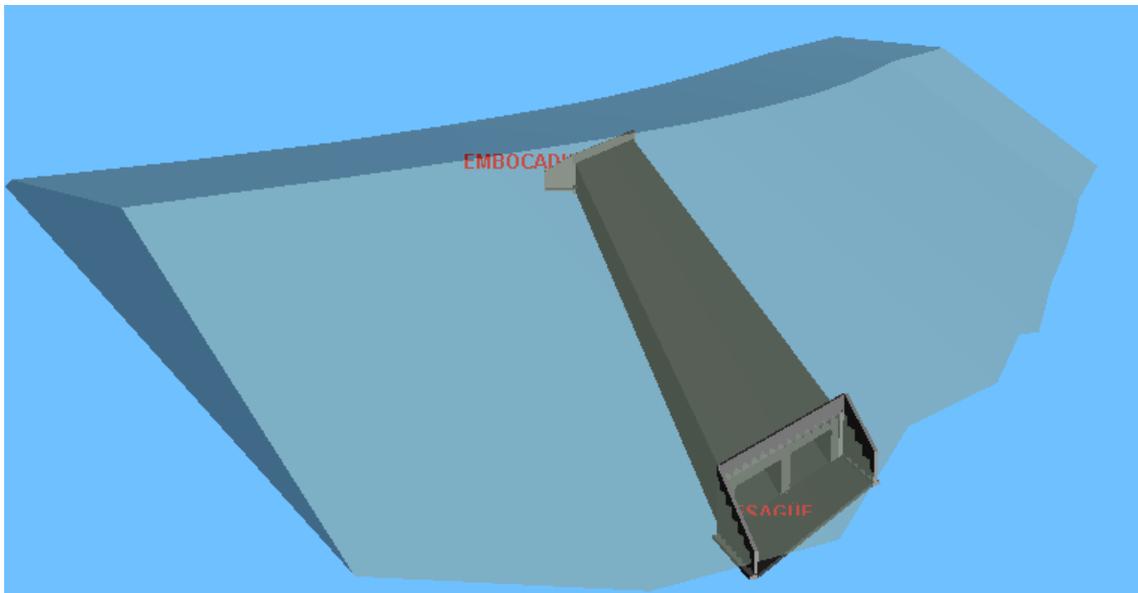


Figura 3. Visualización 3D de la ODT proyectada
Fuente: Elaboración propia en ISTRAM

También se ha comprobado el calado de agua a la entrada de la ODT con control a la entrada, resultando una altura favorable de 1,59 metros. No se considera control a la salida puesto que se encuentra totalmente desahogada.

A continuación, se adjuntan los cálculos desarrollados en una hoja Excel:

n_Manning	0,014
Q (m3/s)	25

S (m/m)	0,0100	1,00%
---------	--------	-------

MARCO RECTANGULAR			
SI		USC	
D (m)	2	D (pie)	6,56
Luz (m)	3	Luz (pie)	9,84
L (m)	87,0	L (pie)	285,43
nº conductos	2		
Qconducto (m3/s)	12,5	Q conducto (pie3/s)	441,43
		A (pie2)	64,58
		Q/(A*RAIZ(D))	2,67

Entrada	NO SUMERGIDA
---------	---------------------

CONTROL A LA ENTRADA			
SI		USC	
K	0,026	yc (pie)	3,97
M	1	vc (pie/s)	11,30
c	0,0347	Hc (pie)	5,95
Y	0,81		
HW (m)	1,59	HW (pie)	6,38

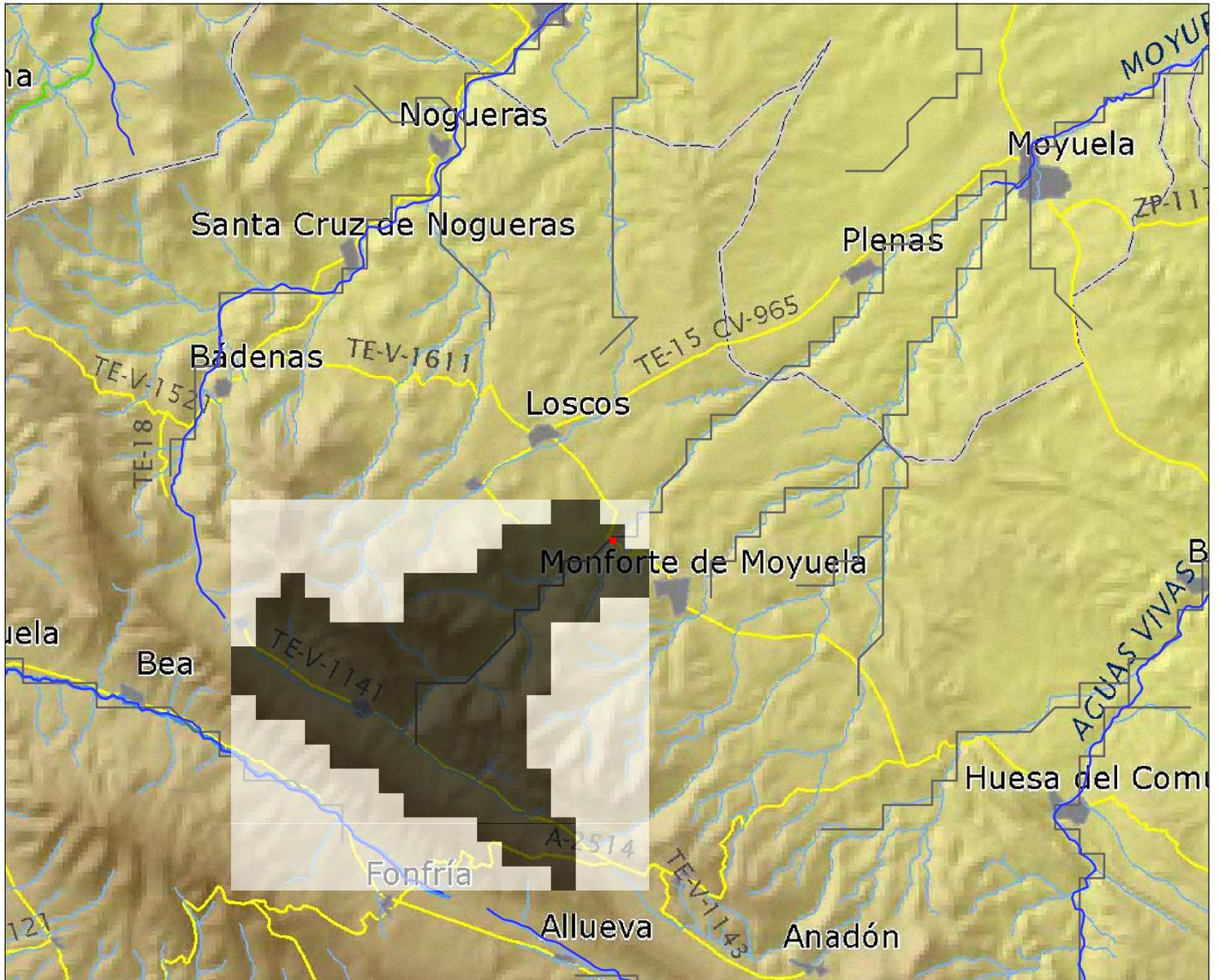
Tablas para comprobaciones hidráulicas.
Fuente: Elaboración propia



Apéndice 1. Informe cálculo con Método Racional (CAUMAX)



Demarcación hidrográfica del Ebro



INFORME CÁLCULO CON MÉTODO RACIONAL

PARÁMETROS GENERALES

X utm : 665813.4 Y utm : 4547711.5

Área (km²) : 30.75

Distancia al punto mas alejado (m) : 12828.0

Cota del punto mas alejado (msnm) : 1242.0

Cota del punto de cálculo (msnm) : 947.0

Tiempo de concentración (h) : 4.27

Precipitación (mm) : 106.52

Factor corrector del área : 0.9

Precipitación corregida (mm) : 95.95

Factor de torrencialidad (I1/I_d) : 10.0

Intensidad (I) (mm/h) : 16.1

P₀ (mm) : 28.9

Coefficiente corrector del P₀ : 1.7

Corrección P₀ en funcion del periodo de retorno : 1.0

P₀ corregido (mm) : 49.13

Coefficiente de escorrentía (C): 0.14

Coefficiente de uniformidad (K) : 1.3

LEYENDA

■ punto

cuenca

□ Demarcación

~ Ríos

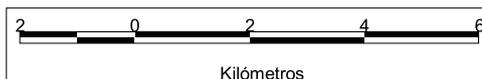
~ Red 10 km

cartografia.ecw

RESULTADO

Periodo de retorno (años): 100

Caudal (m³/s) : 25



Fecha : 06.08.2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

ANEJO 4. ESTUDIO DE TRÁFICO Y FIRME

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo



Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ESTUDIO DEL TRÁFICO.....	3
2.1. METODOLOGÍA.....	3
2.2. ANÁLISIS A CORTO PLAZO.....	3
2.3. DATOS DE PARTIDA.....	4
2.4. RESULTADOS.....	5
3. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.....	6
3.1. CATEGORÍA DEL TRÁFICO PESADO.....	6
3.2. CATEGORÍA DE LA EXPLANADA	7
3.3. SECCIONES DE FIRME	7
3.4. MATERIALES	8
3.5. SECCIÓN DE FIRME SELECCIONADO	10

1. Introducción

El presente anejo tiene por objeto analizar las características del tráfico, con la finalidad de estimar la demanda de tráfico que va a tener que soportar la zona de actuación del proyecto. Para posteriormente efectuar una correcta elección y dimensionamiento del firme a proyectar, de acuerdo a lo establecido en la norma 6.1-IC “Secciones de firme” de la Instrucción de Carreteras.

2. Estudio del tráfico

2.1. Metodología

El tráfico que debe soportar una carretera es fundamental para el diseño y dimensionamiento de todos sus elementos. Para ello, es necesario obtener valores de intensidad media diaria de vehículos (IMD) e intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp).

El tráfico se estimará por medio de una prognosis, para los años siguientes:

- Año de puesta en servicio: año para cuyo tráfico debe ser dimensionado el firme de la carretera.
- Año horizonte: año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera.

Por lo tanto, la estimación de la demanda de tráfico se emplea para determinar el tráfico del año de puesta en servicio realizada mediante un análisis a corto plazo, y para determinar el tráfico en el año horizonte con un análisis a largo plazo.

Los métodos de previsión de tráfico a largo plazo poseen una precisión relativa, debido a que la demanda de tráfico depende de un gran número de factores, muchos de ellos independientes de la red de carreteras

2.2. Análisis a corto plazo

Se ha realizado un análisis a corto plazo con el objetivo de obtener el tráfico del año de puesta en servicio.

Para la obtención de la IMD en el año de puesta en servicio es necesario calcular:

- Tasa evolutiva: Se define como el aumento, en porcentaje, del tráfico con respecto al año anterior.

$$T = \frac{V_{a+1} - V_a}{V_a} \cdot 100$$

Siendo:

T Tasa evolutiva (%).

V_a Valor de la IMD del año anterior [veh/día].

V_{a+1} Valor de la IMD del año considerado [veh/día].

- Tasa evolutiva acumulada:

$$T_a = \left(\sqrt[n]{\frac{V_a}{V_i}} - 1 \right) \cdot 100$$

Siendo:

T_a Tasa evolutiva acumulada a determinar en el año considerado
 n Diferencia entre el año considerado y el inicial del estudio [años]
 V_a Valor de la IMD en el año considerado [veh/día].
 V_i Valor de la IMD en el año inicial del estudio [veh/día].

- Valor del tráfico futuro:

$$V_f = V_i \cdot (1 + a)^n$$

Siendo:

V_f Valor futuro de la IMD en el año considerado [veh/día].
 V_i Valor de la IMD en el último año del estudio [veh/día].
 n Diferencia entre el año considerado y el último año del estudio [años]
 a Tasa de crecimiento anual de la IMD.

2.3. Datos de partida

Los datos de las IMD's se han extraído de la página web de los mapas de tráfico del Gobierno de Aragón.

Debido a que la carretera objeto de este proyecto, TE-V-1611, no presenta información de aforos, por proximidad se ha optado por realizar el análisis con los aforos realizados en la carretera A-2514, concretamente por la Estación 0710. La cual se trata de una estación permanente, por lo tanto obtiene datos de IMD a partir de medidas de paso de vehículos en periodos de 24 horas.

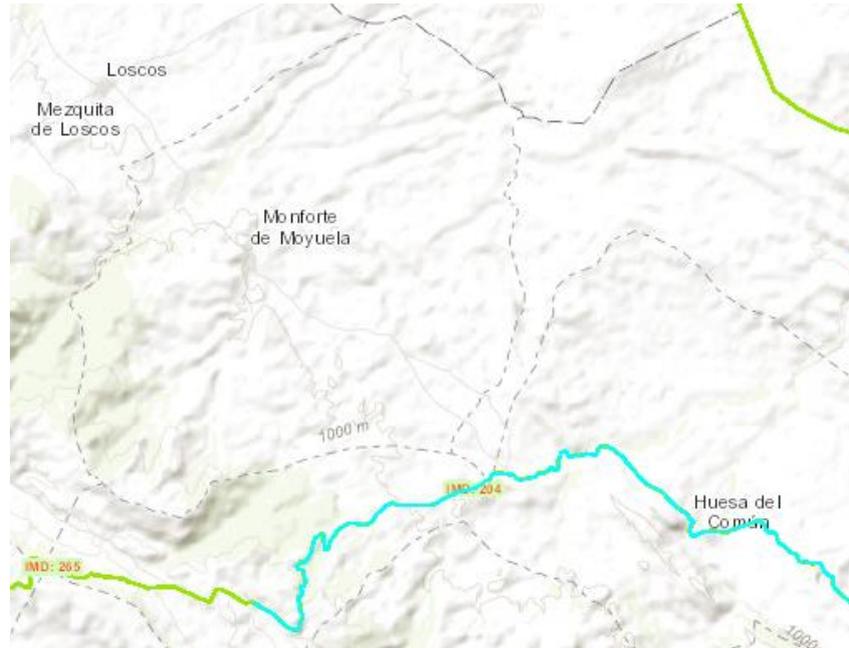


Figura 1. Tramo de aforo de la estación 0710 (color azul).
Fuente: Mapa de tráfico de Aragón (DGA)

En la siguiente tabla se recogen los datos de la IMD e IMDp de los últimos seis años en los que hay información registrada:

AÑO	IMD (veh/d)	IMDp (veh/d)
2015	215	74
2016	120	36
2017	172	27
2018	193	40
2019	204	43
2020	152	52

Tabla 1. IMD e IMDp (2015-2020).
Fuente: Mapas de tráfico de Aragón (DGA)

2.4. Resultados

Para la obtención de la IMD e IMDp se ha considerado el año 2024 como el de puesta en servicio de la carretera obteniéndose los siguientes resultados.

AÑO	IMD			IMDp		
	T (%)	Ta (%)	a (%)	T (%)	Ta (%)	a (%)
2015	-	-	-	-	-	-
2016	-44,19	-44,2	-	-51,35	-51,4	-
2017	43,33	-10,6	-	-25,00	-39,6	-
2018	12,21	-3,5	-	48,15	-18,5	-

2019	5,70	-1,3	-	7,50	-12,7	-
2020	-25,49	-6,7	-6,7	20,93	-6,8	-6,8

Tabla 2. Valores de tasa evolutiva, tasa evolutiva acumulativa y tasa de crecimiento anual

AÑO	IMD (veh/d)	IMDp (veh/d)
2021	142	48
2022	132	45
2023	123	42
2024	115	39

Tabla 3. Valores futuros de IMD e IMDp

De los resultados se concluye que para el año 2024 la IMD estará en torno a los 115 vehículos diarios y la IMDp en unos 39 vehículos pesados al día. Con estos datos se dimensionará la estructura del firme, de manera que este se adecue a la acción del tráfico prevista en el futuro.

3. Dimensionamiento del firme

3.1. Categoría del tráfico pesado

La estructura del firme debe ser la adecuada para soportar la acción prevista del tráfico, principalmente del más pesado, durante su vida útil. Por lo tanto, la sección estructural del firme depende de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se hayan estimado en el año de puesta en servicio, el año 2024.

Como se analizaba anteriormente, se ha obtenido una intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) de 39 vehículos pesados/día. Siendo una carretera de calzada única, se reparte el tráfico al 50% en cada carril de circulación, obteniéndose un total de 19,5 vehículos pesados/día en el año de puesta en servicio.

La Norma define ocho categorías del tráfico pesado, definidas en las siguientes tablas.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

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

Categorías de tráfico pesado (Tablas 1.A. y 1.B. Norma 6.1-IC)

Por ello, la categoría de tráfico correspondiente es un **T42**, cuyos valores están en menos de 25 vehículos pesados/día.

3.2. Categoría de la explanada

A efectos de definir la estructura del firme, la Norma 6.1-IC establece tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de comprensibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357 “Ensayo de carga con placa”. Estas categorías son:

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Módulo de comprensibilidad en el segundo ciclo de carga (Tabla 2. Norma 6.1-IC)

El ensayo de carga con placa o placa de carga es un ensayo “in situ” que se emplea para determinar la capacidad portante de una explanada utilizando una placa de diámetro 30, 45 o 60 cm y aplicando tensiones reducidas, sin llegar a la rotura.

La formación de la explanada de las distintas categorías se recoge en la Figura 1 de la Norma 6.1-IC, dependiendo del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles.

Debido a que no se dispone de la capacidad ni de los medios para la realización de los diferentes ensayos que permitirían definir la formación de la explanada, se ha optado por establecer una capa de 50 cm de suelo seleccionado.

Por lo que, se adopta la categoría de explanada **E2**.

3.3. Secciones de firme

Una vez determinada la categoría de tráfico pesado (T42) y el tipo de explanada (E2), se selecciona la sección de firme según la tabla mostrada a continuación:

		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 ^{II} ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ^{II} 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 ^{II} ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5^{II} 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 ^{II} ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 ^{II} ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

Secciones de firme (Figura 2.1. Norma 6.1-IC)

Los espesores de las capas indicados en la figura son los mínimos en cualquier punto de la sección transversal, medidos en centímetros.

Por lo tanto, se dispone de tres tipos de secciones:

- Sección 4221: Compuesta por una capa base de zahorra artificial de 25 centímetros y en la parte superior una capa de mezcla bituminosa de 5 centímetros. Este tipo de sección es de tipo semiflexible.
- Sección 4222: Compuesta por una capa base de suelo cemento de 22 centímetros de espesor, seguida de una capa de mezcla bituminosa de 5 centímetros de espesor. Este tipo de sección es de tipo semirrígida.
- Sección 4224: Compuesta por una única capa de 18 centímetros de espesor de hormigón para firmes.

Debido a que la zahorra artificial es un material de construcción relativamente económico, frente al suelocemento, y que además posee unas características positivas como subbase, se ha optado por seleccionar la sección 4221 para la carretera a proyectar.

3.4. Materiales

3.4.1. Mezcla bituminosa

Las mezclas bituminosas en caliente vienen definidas en el Artículo 542, sobre Mezclas Bituminosas en Caliente Tipo Hormigón Bituminosas, del Pliego de Prescripciones

Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), aprobado por la ORDEN FOM 2523/2014, de 12 de diciembre.

La designación de las mezclas bituminosas tipo hormigón bituminoso se realiza según la nomenclatura establecida en la UNE-EN 13108-1, siguiendo el esquema siguiente:

AC | D | Surf/bin/base | Ligante | Granulometría

Siendo:

AC	Indica que la mezcla es de tipo hormigón bituminoso.
D	Es el tamaño máximo del árido, expresado como la abertura del tamiz que deja pasar entre un 90 y un 100 % del total del árido.
Surf/bin/base	Se indica con estas abreviaturas si la mezcla se va a emplear en capa de rodadura, intermedia o base, respectivamente.
Ligante	Se debe incluir la designación del tipo de ligante hidrocarbonado utilizado.
Granulometría	Se indica con la letra D, S o G si el tipo de granulometría corresponde a una mezcla densa (D), semidensa (S) o gruesa (G) respectivamente.

Espesor de las capas de mezclas bituminosas

El tipo de mezcla bituminosa en caliente a emplear en función del tipo y del espesor de la capa del firme, se define según la siguiente tabla:

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (cm)
	DENOMINACIÓN NORMA UNE-EN 13108-1 (*)	
Rodadura	AC16 surf D AC16 surf S	4 - 5
	AC22 surf D AC22 surf S	>5
Intermedia	AC22 bin D AC22 bin S AC32 bin S AC22 bin S MAM (**)	5 - 10
Base	AC32 base S AC22 base G AC32 base G AC22 base S MAM (***)	7 - 15
Arcenes (****)	AC16 surf D	4 - 6

Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de la capa (Tabla 542.9 PG-3)

Elección del ligante

Para la elección del tipo de ligante hidrocarbonatado, así como para la relación entre su dosificación en masa y la del polvo mineral, se tiene en cuenta la zona térmica estival definida en la siguiente figura, la cual clasifica las zonas en cálida, media y templada.

La zona de actuación se encuentra en la zona térmica media.

El ligante hidrocarbonatado a emplear, además de lo anterior, será seleccionado en función a la capa a que se destine la mezcla bituminosa en caliente y la categoría del tráfico pesado, entre los que se indican en la tabla 542.1 del PG-3.

Por lo que se ha optado por emplear el betún B50/70 como ligante hidrocarbonatado.

Tipo de granulometría

Las mezclas bituminosas a emplear serán de tipo semidensa (S), debido a que la zona está caracterizada por un régimen de lluvias bajo.

3.4.2. Riego de imprimación

Sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial, deberá efectuarse, previamente, un riego de imprimación. Los riegos de imprimación quedan definidos en el Artículo 530 del PG-3.

Se selecciona la emulsión bituminosa C60BF4 IMP, con una dotación en torno a 0,5 kg/m², para la ejecución de estos riegos de imprimación.

3.4.3. Zahorra artificial

Se denomina zahorra artificial al constituido por partículas total o parcialmente trituradas, en la proporción mínima que se especifique en cada caso.

Las zahorras quedan definidas en el Artículo 510 del PG-3. Lo normal es utilizar, en bases o subbases granulares, zahorras artificiales tipo ZA-0/20 o ZA-0/32.

Las tongadas tendrán un espesor máximo de 30 centímetros, por lo que se podrá ejecutar de una tongada ya que el espesor es de 25 centímetros.

3.5. Sección de firme seleccionado

Por lo tanto la sección del firme estará formada por:

- 5 cm de capa de rodadura de AC 16 surf B50/70 S
- Riego de imprimación C60BF4 IMP (0.5 kg/m²)
- 25 cm de Zahorra artificial ZA-0/20



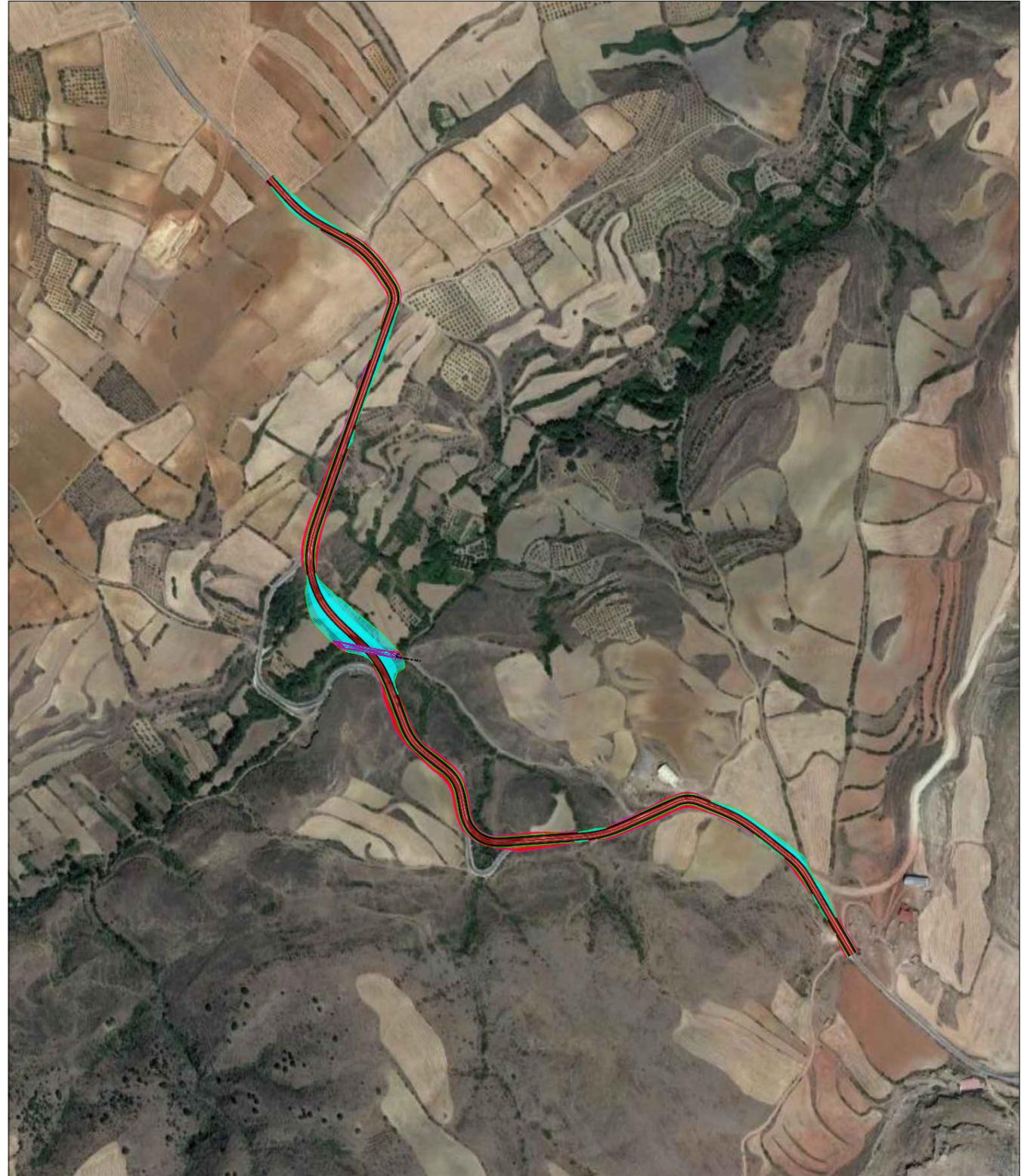
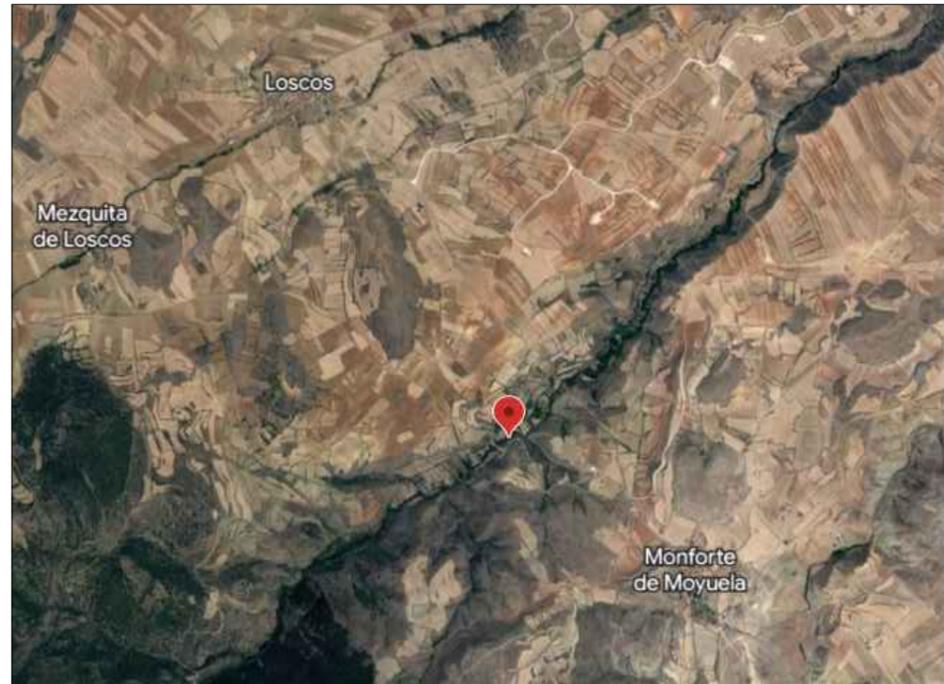
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO N°2 PLANOS

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:

ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:

SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Autor:

ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:

S/E

Fecha:

JUNIO 2023

Nº de plano:

1

Hoja:

1 de 1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:

ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:

PLANTA GENERAL

Autor:

ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:

1:5000

Fecha:

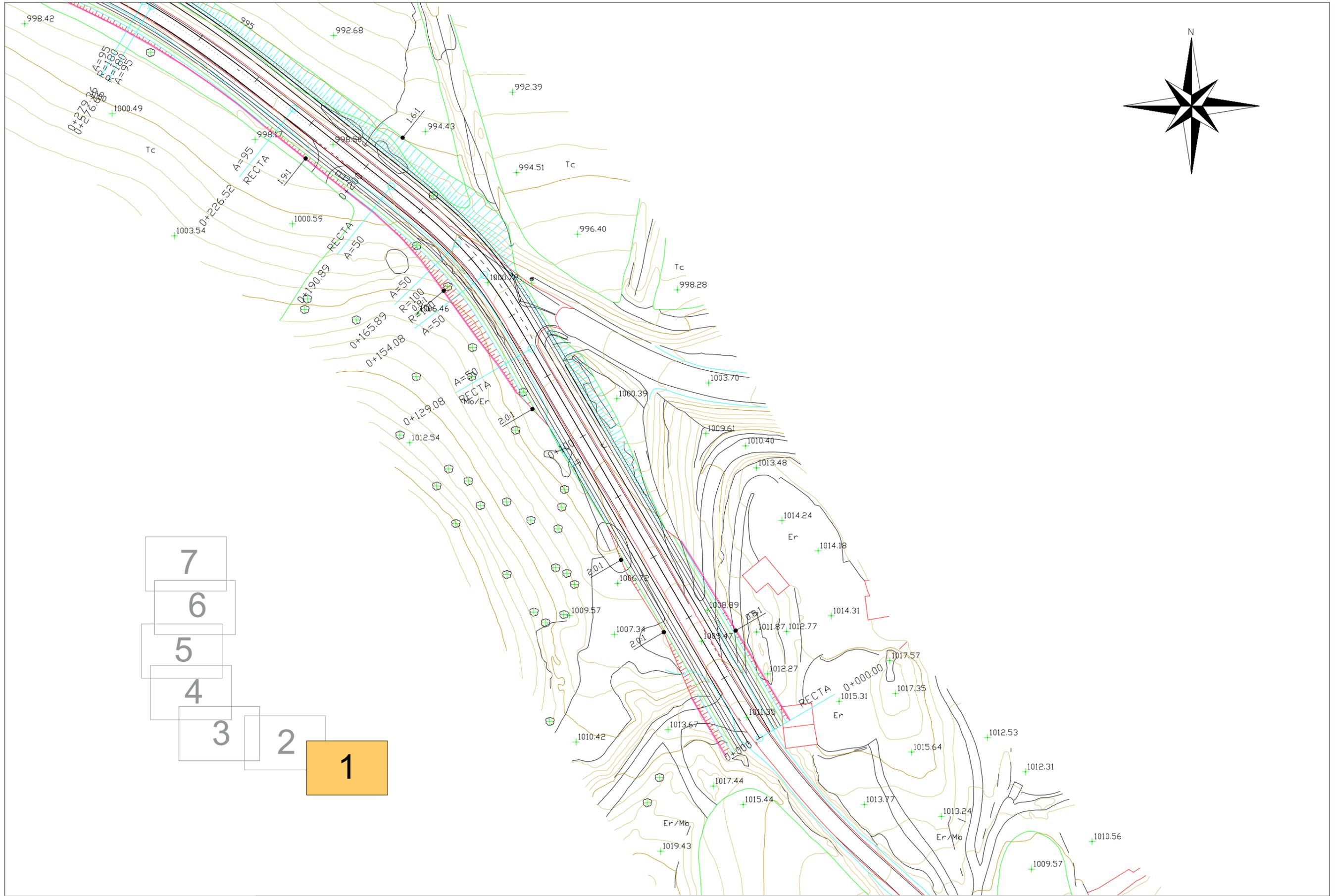
JUNIO 2023

Nº de plano:

2

Hoja:

1 de 1



- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:
TRAZADO Y REPLANTEO

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:1000

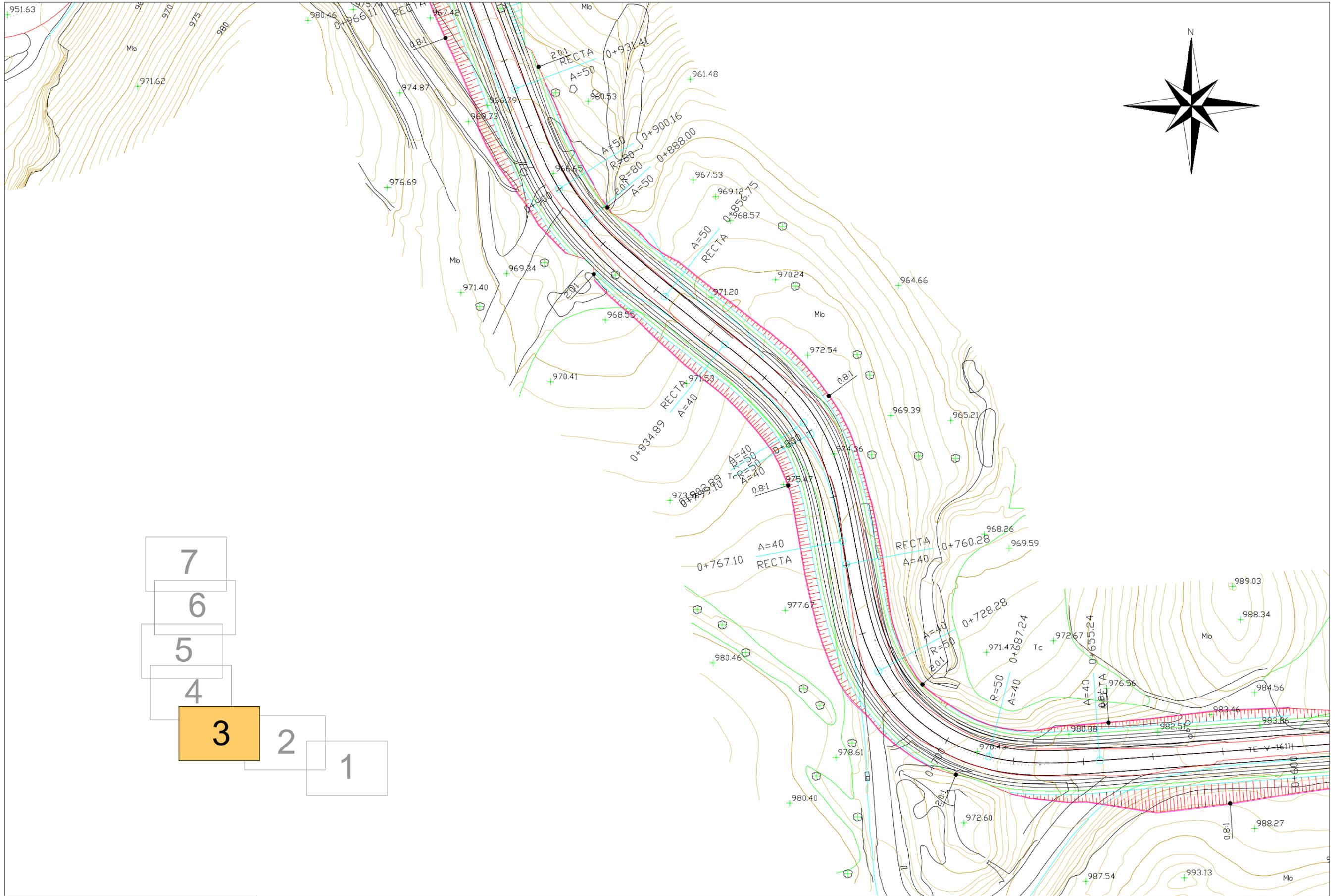
Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano:

3

Hoja:

1 de 7



- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:
TRAZADO Y REPLANTEO

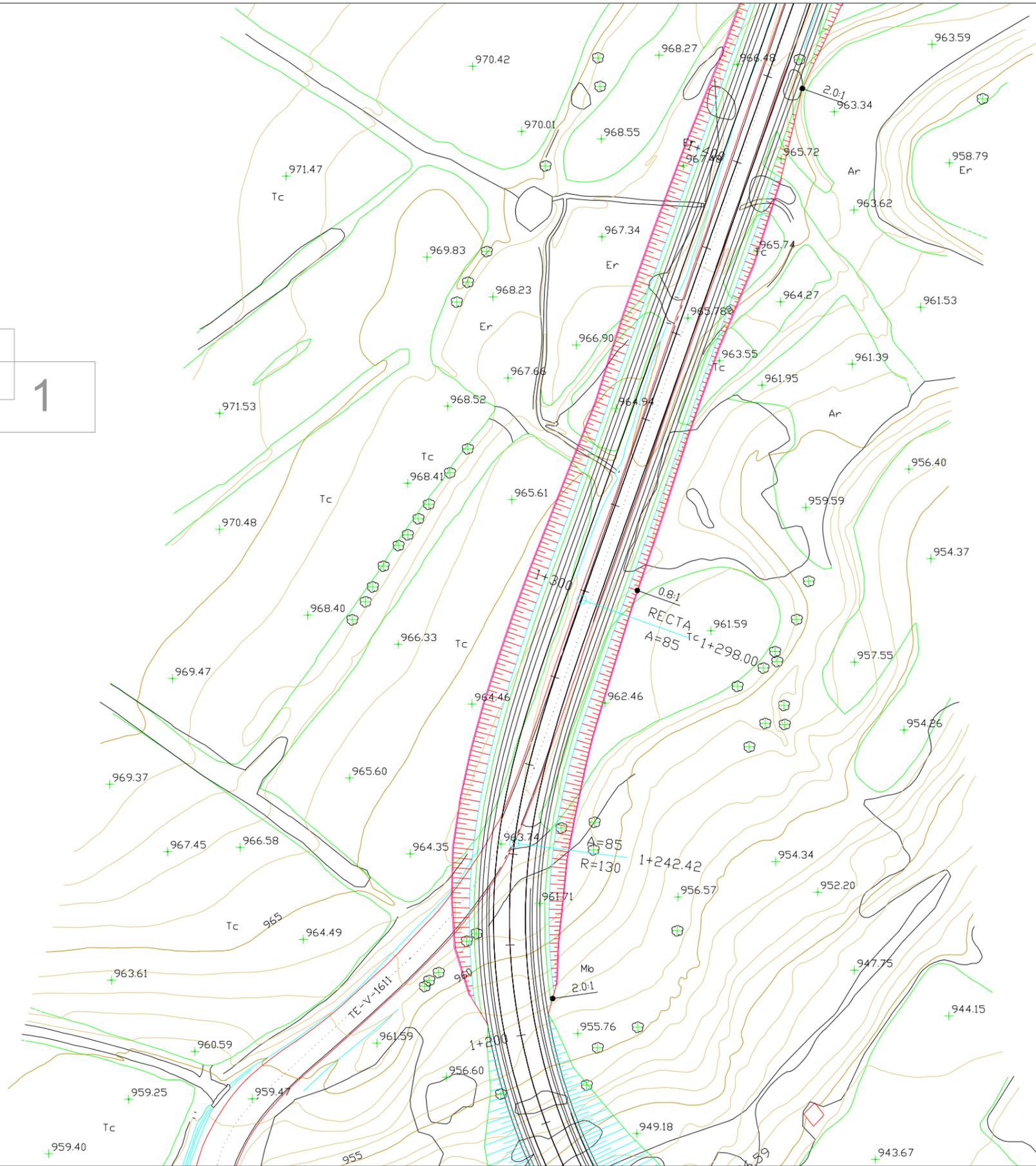
Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:1000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **3**
Hoja: **3 de 7**

- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- 2
- 1



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

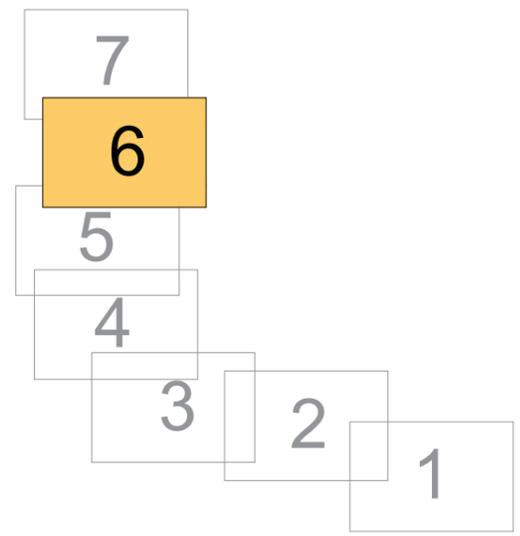
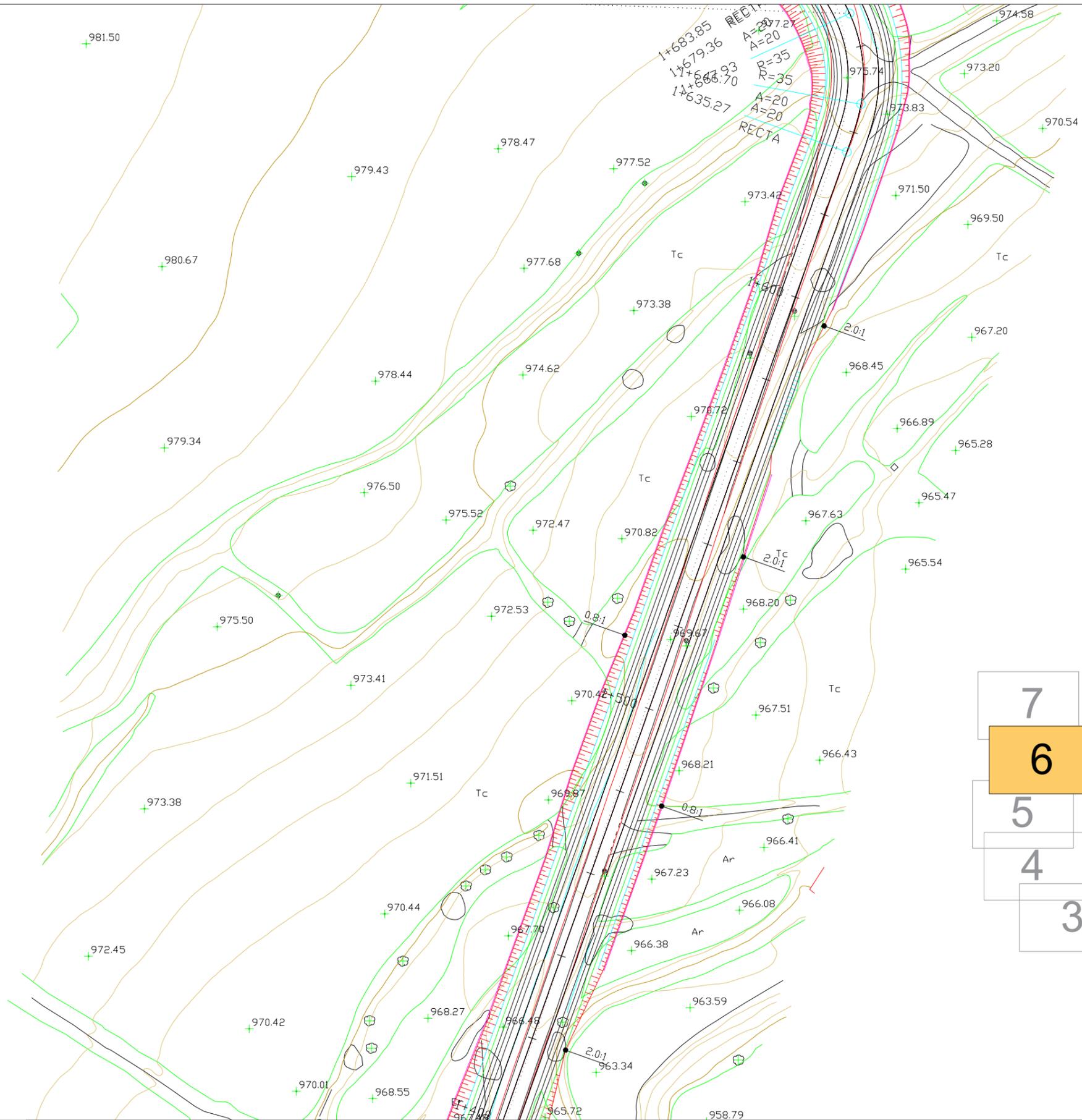
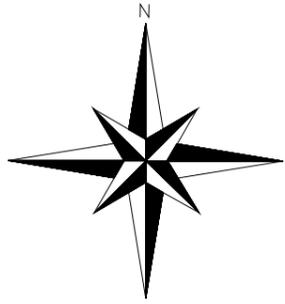
Plano:
TRAZADO Y REPLANTEO

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:1000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **3**
Hoja: **5 de 7**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

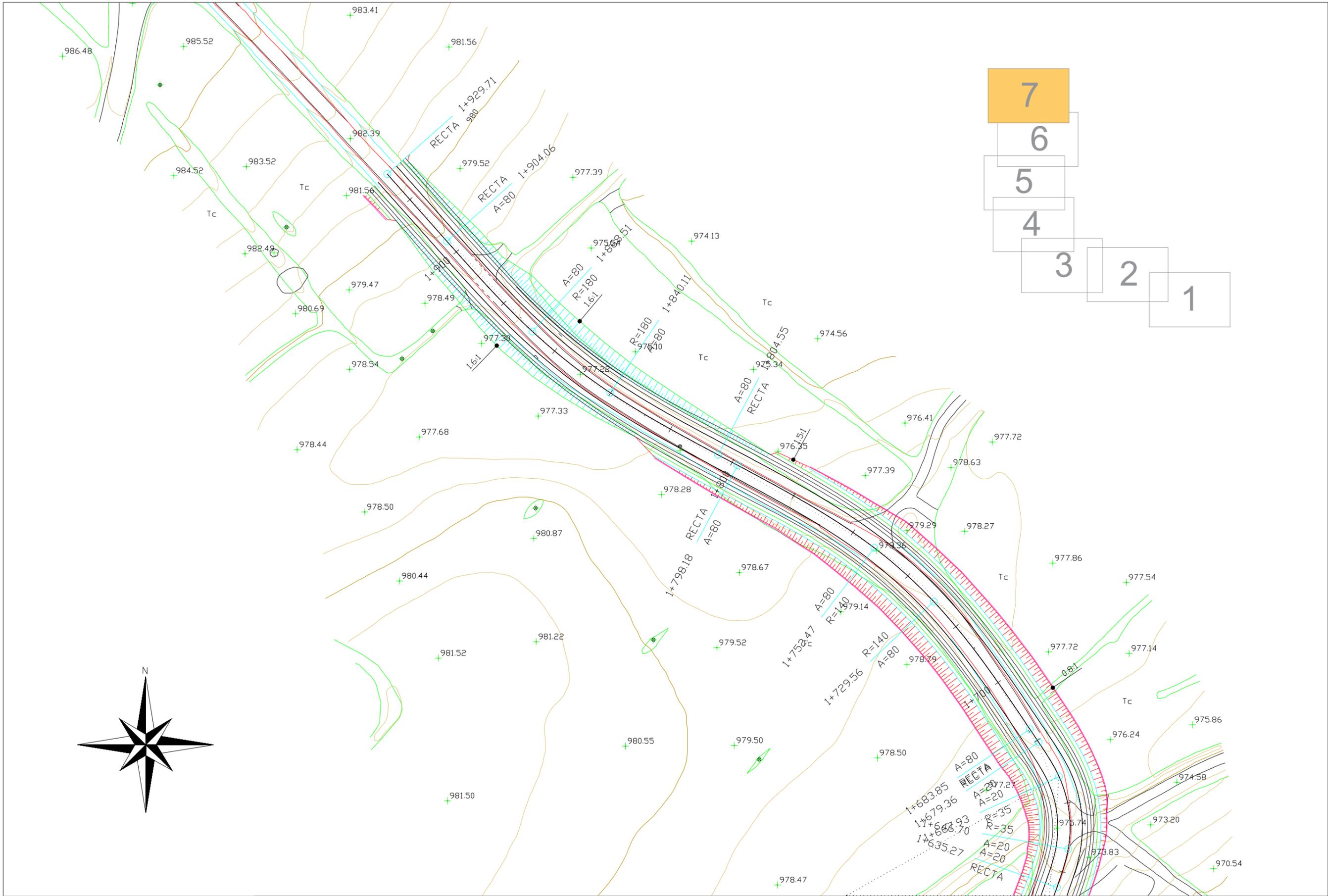
Plano:
TRAZADO Y REPLANTEO

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:1000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **3**
Hoja: **6 de 7**



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Proyecto:
 ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

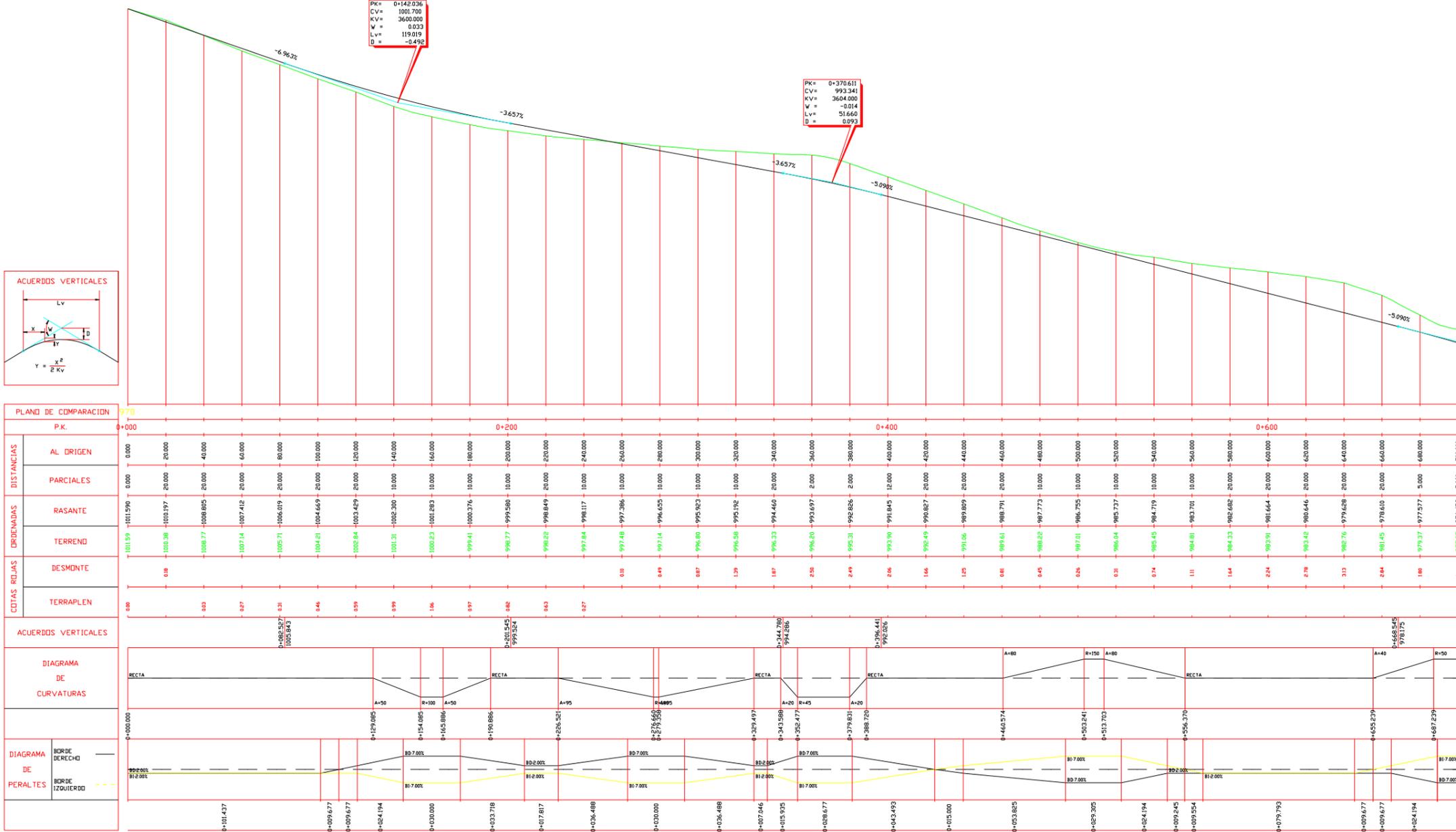
Plano:
TRAZADO Y REPLANTEO

Autor:
 ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
 1:1000

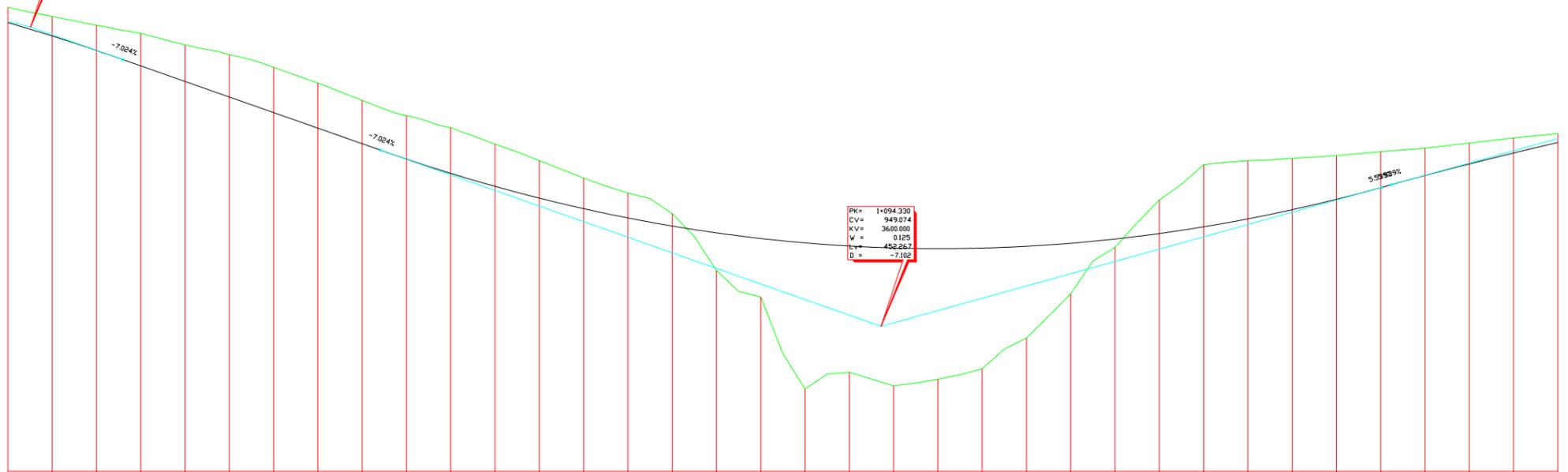
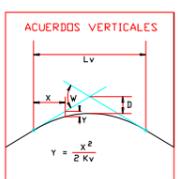
Fecha:
 JUNIO 2023

Nº de plano: **3**
 Hoja: **7 de 7**



PK= 0+710.229
 CV= 976.053
 KV= 4311.000
 W = 0.019
 L= 83.367
 D = 0.202

PK= 1+094.330
 CV= 949.074
 KV= 3600.000
 W = 0.125
 L= 452.267
 D = -7.102



PLANO DE COMPARACION		936	
P.K.		0+800	
DISTANCIAS	AL ORIGEN	700.000	400.000
	PARCIALES	5.000	20.000
DIRECCIONES	RASANTE	976.493	965.644
	TERRENO	977.05	966.00
COTAS ROJAS	DESMONTE	1.29	0.88
	TERRAPLEN	1.77	1.56
ACUERDOS VERTICALES		R=50, A=40, R=50, A=50, R=80, A=50, R=130, A=85	
DIAGRAMA DE CURVATURAS		RECTA, RECTA, RECTA, RECTA, RECTA, RECTA, RECTA, RECTA	
DIAGRAMA DE PERALTES		BORDE DERECHO, BORDE IZQUIERDO	



Proyecto:
 ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

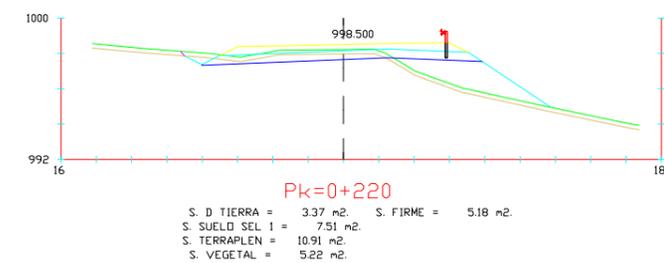
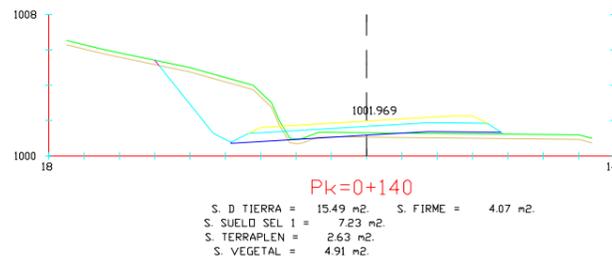
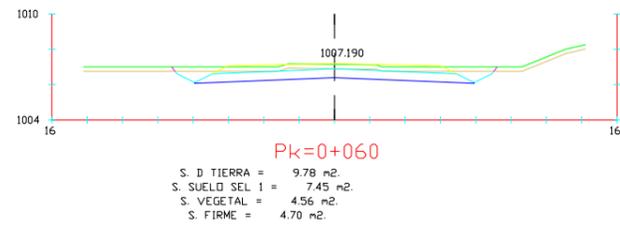
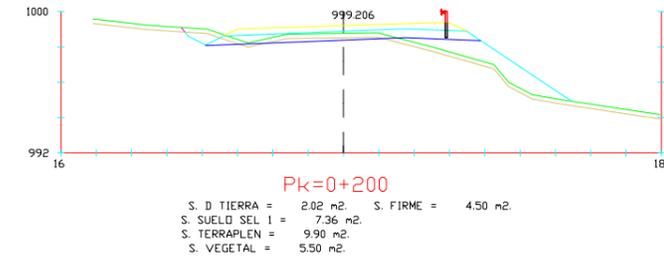
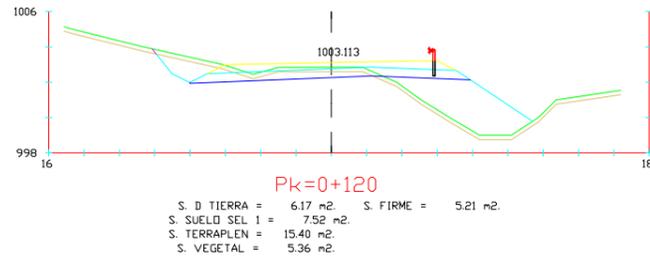
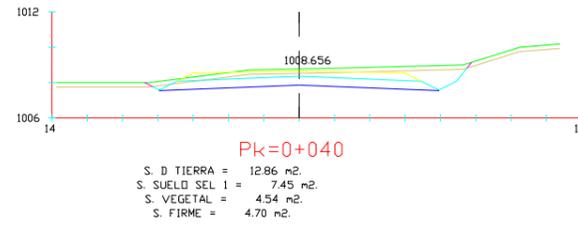
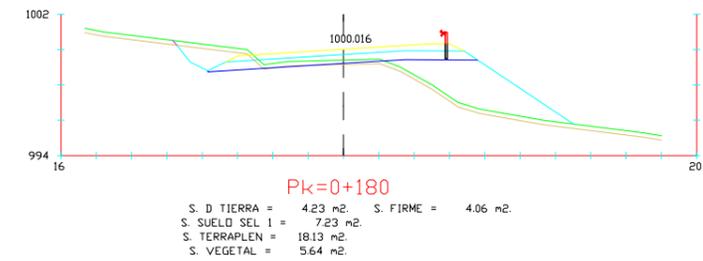
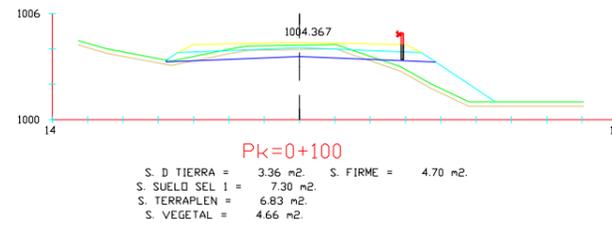
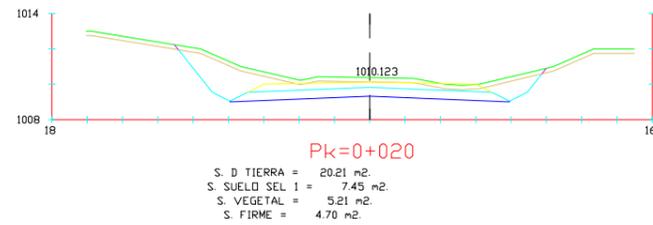
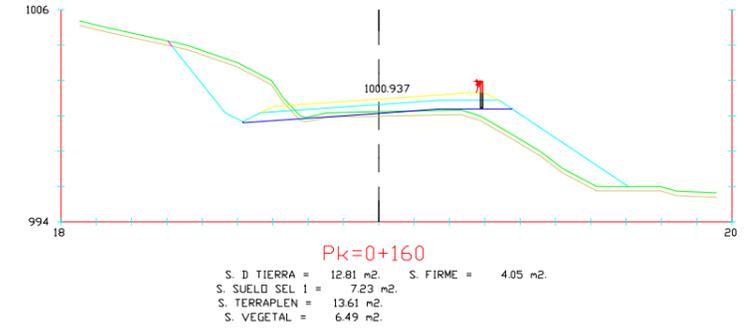
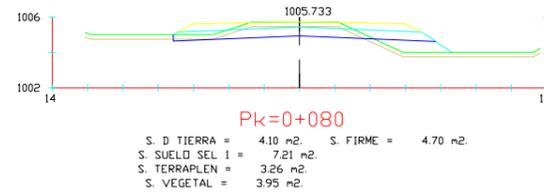
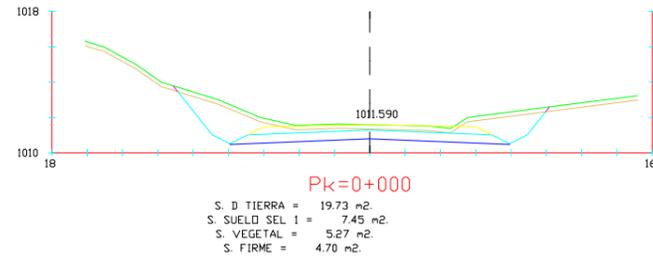
Plano:
PERFIL LONGITUDINAL

Autor:
 ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
 H: 1000
 V: 200

Fecha:
 JUNIO 2023

Nº de plano: **4**
 Hoja: **2 de 3**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

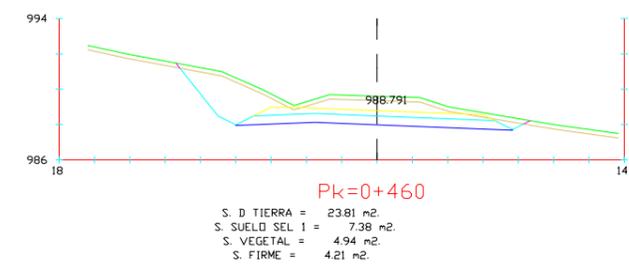
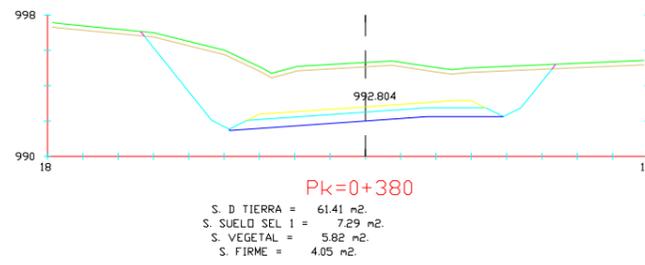
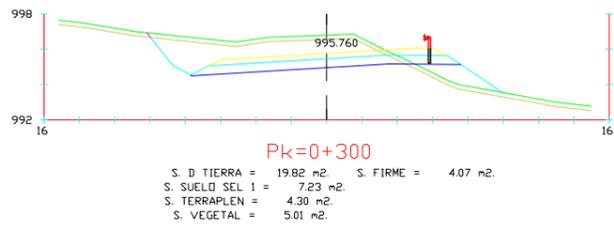
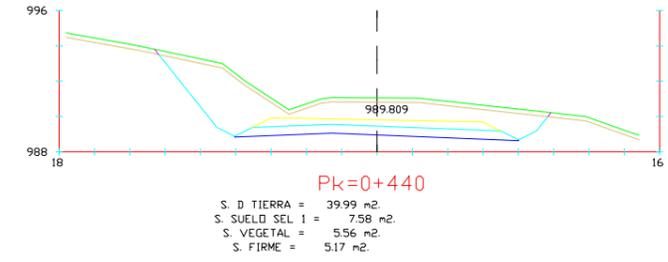
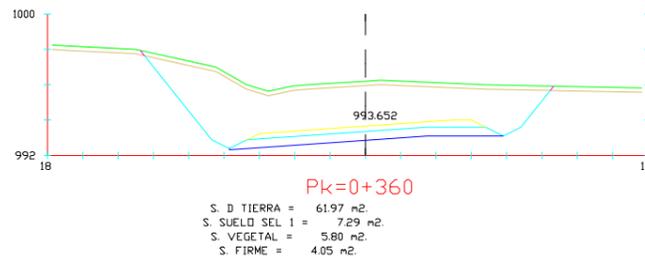
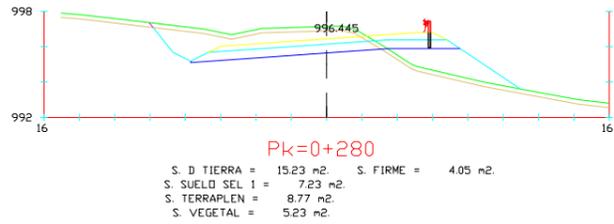
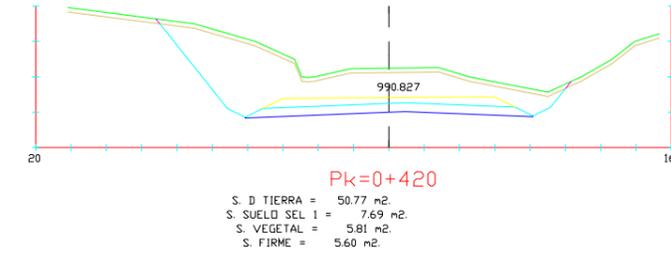
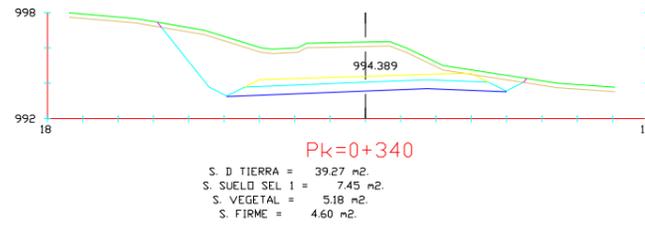
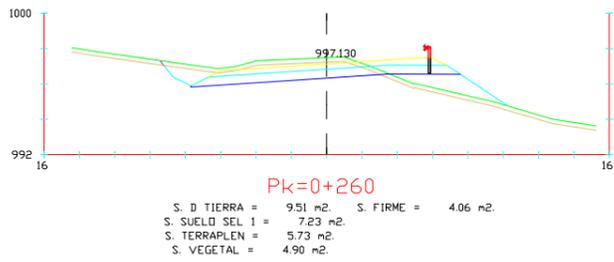
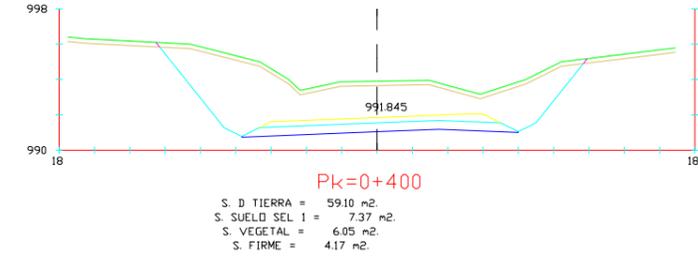
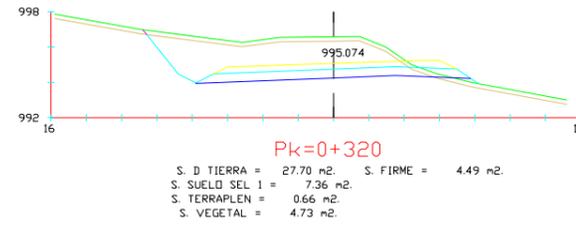
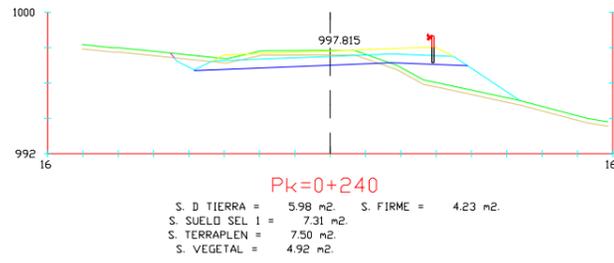
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 1 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

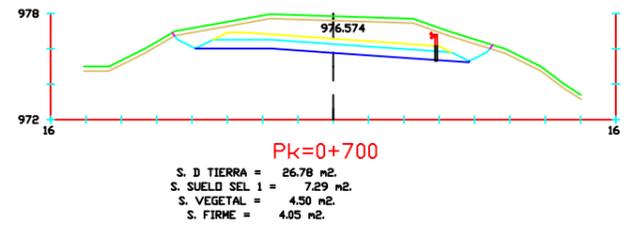
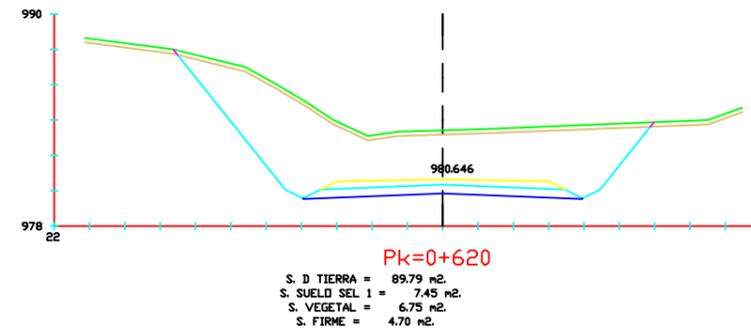
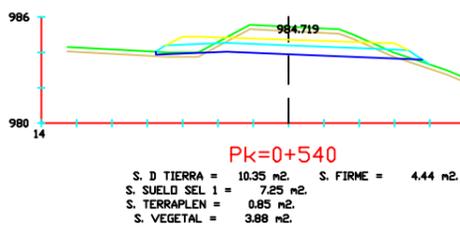
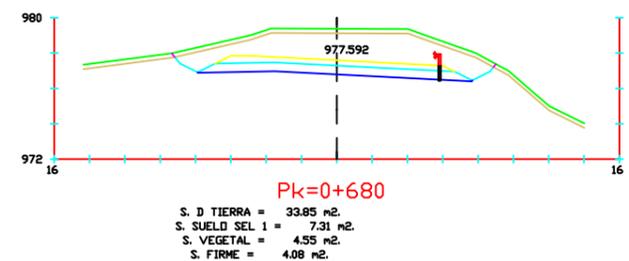
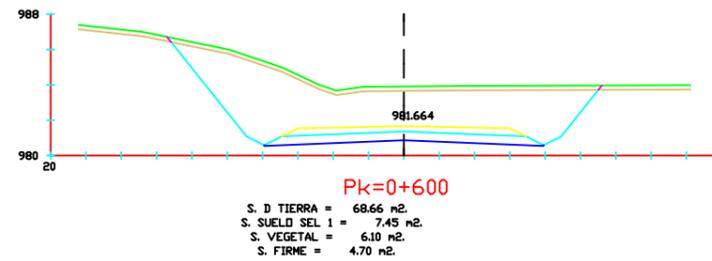
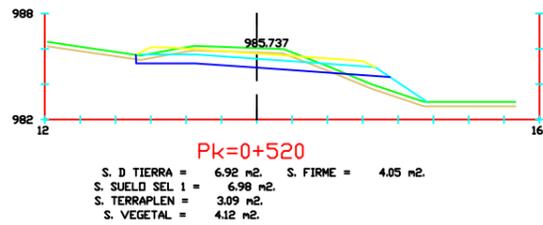
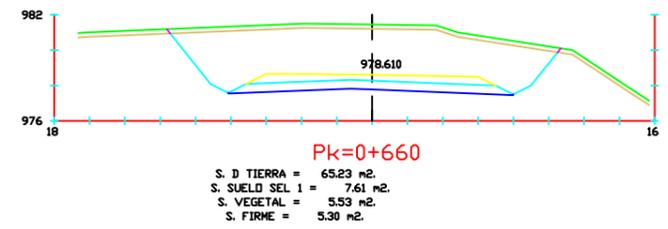
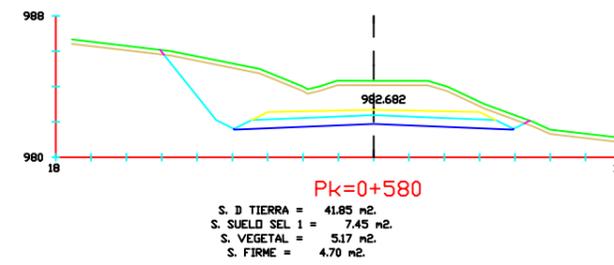
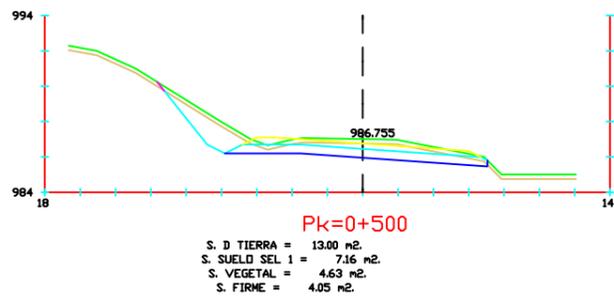
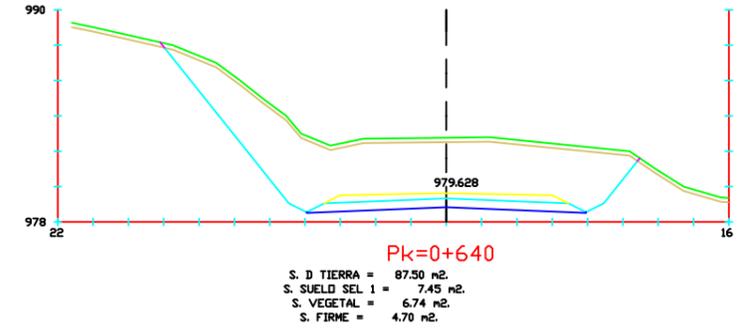
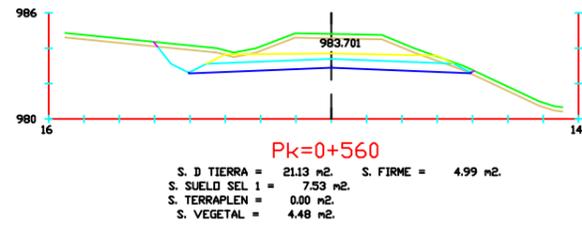
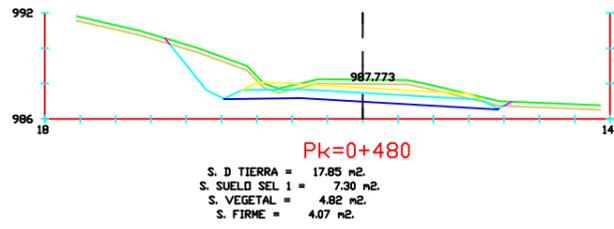
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 2 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

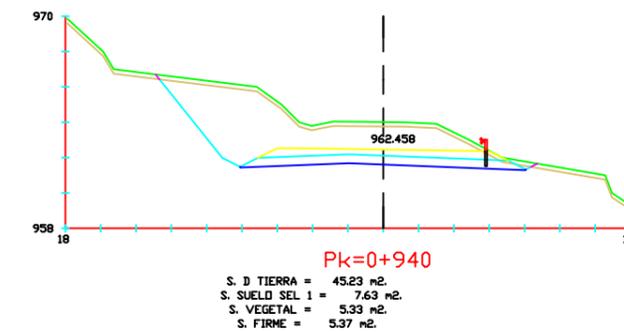
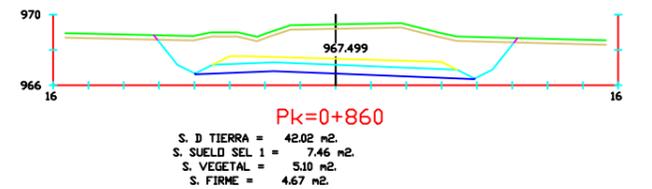
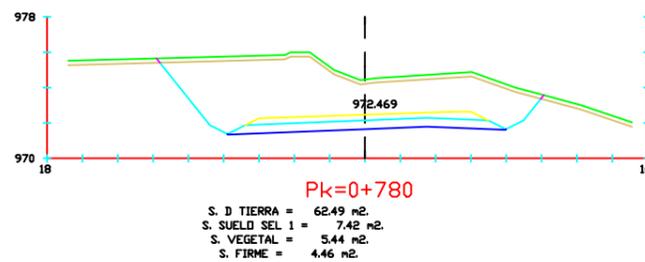
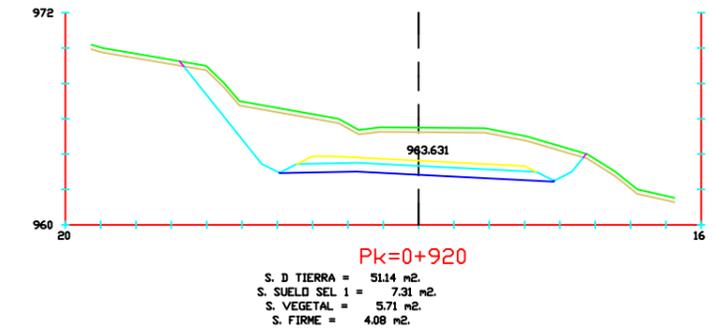
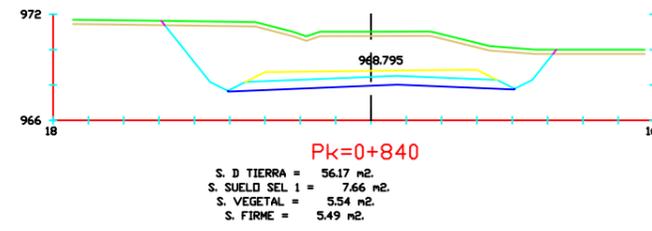
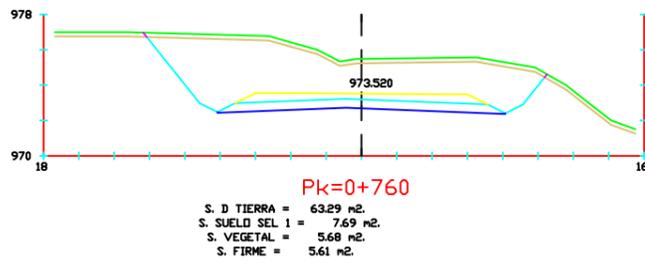
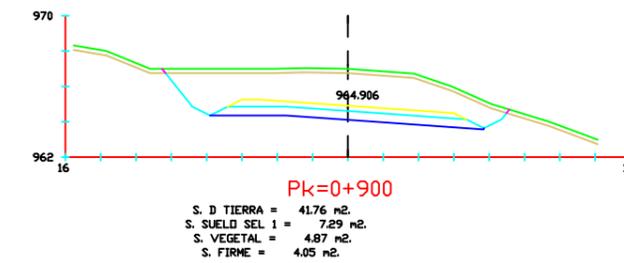
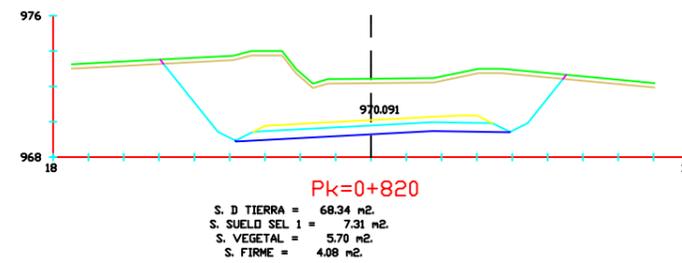
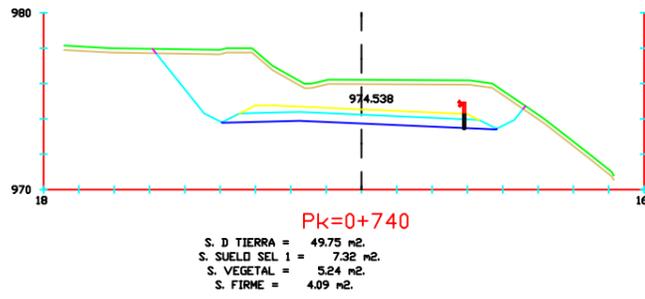
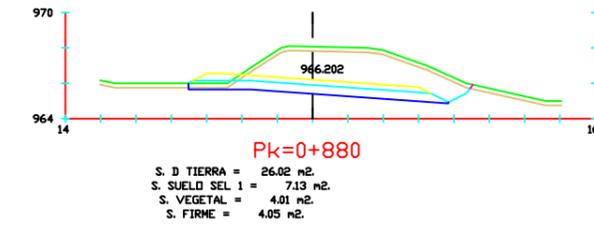
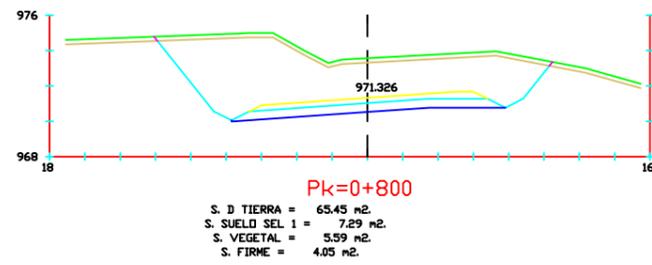
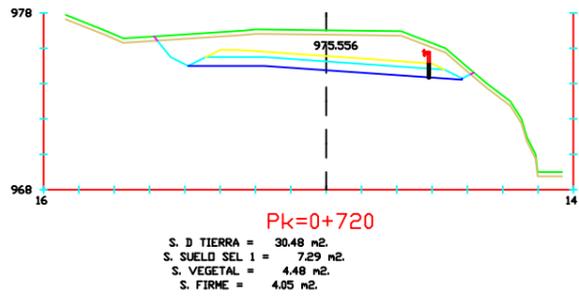
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 3 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

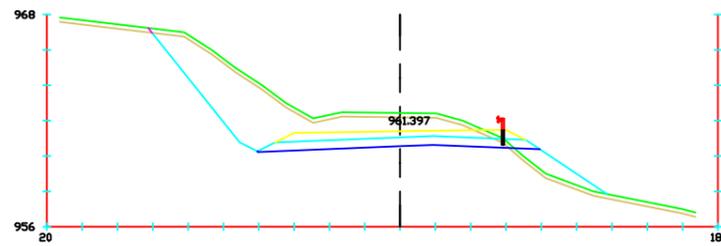
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

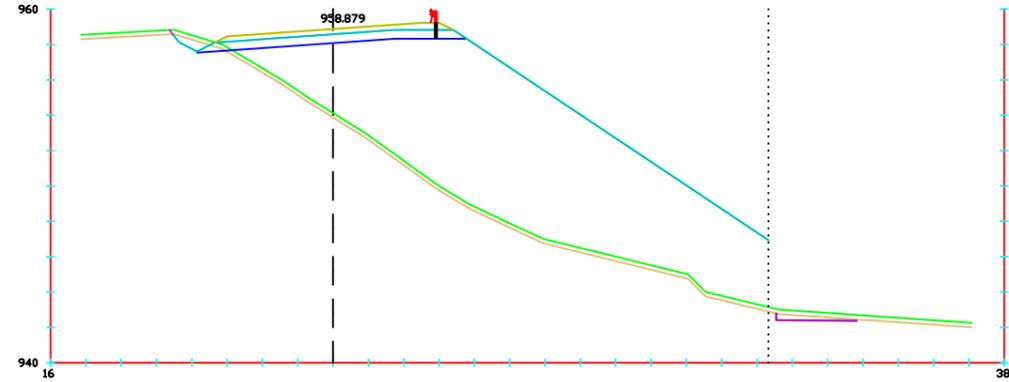
Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 4 de 10



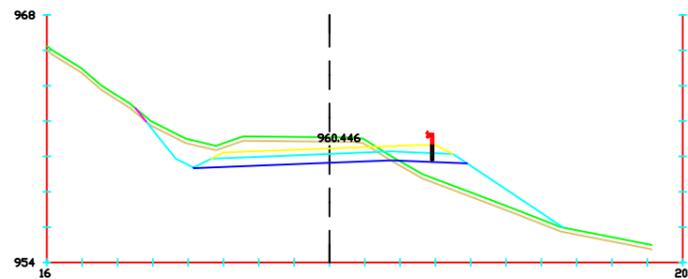
PK=0+960

S. D TIERRA = 38.38 m². S. FIRME = 5.39 m².
 S. SUELO SEL 1 = 7.57 m².
 S. TERRAPLEN = 4.76 m².
 S. VEGETAL = 6.47 m².



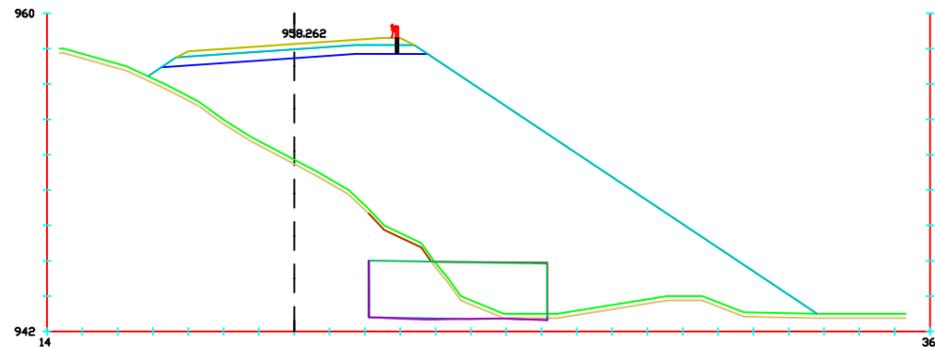
PK=1+020

S. D TIERRA = 1.10 m². S. FIRME = 4.05 m².
 S. SUELO SEL 1 = 7.23 m². S. EXCAVA DF = 0.99 m².
 S. TERRAPLEN = 183.92 m².
 S. VEGETAL = 9.60 m².



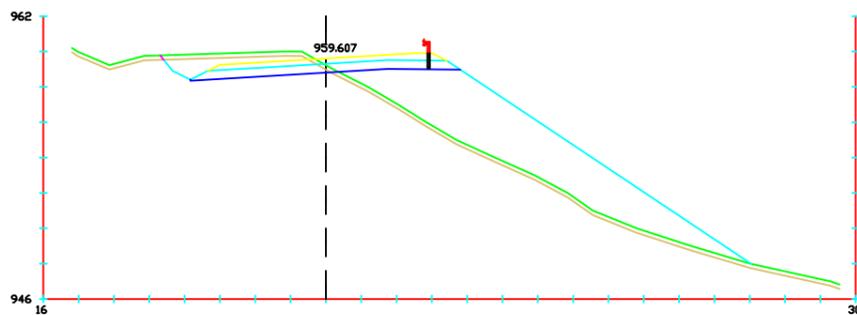
PK=0+980

S. D TIERRA = 14.82 m². S. FIRME = 4.26 m².
 S. SUELO SEL 1 = 7.31 m².
 S. TERRAPLEN = 10.01 m².
 S. VEGETAL = 5.98 m².



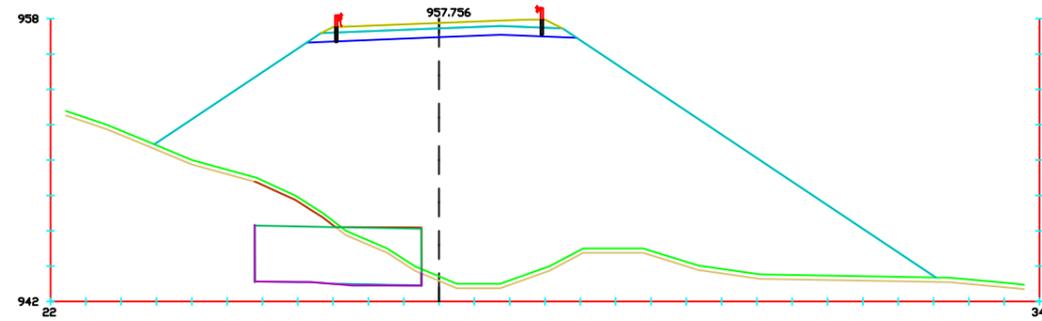
PK=1+040

S. SUELO SEL 1 = 7.15 m². RELL EXC DF = 0.22 m².
 S. TERRAPLEN = 232.24 m². S. FIRME = 4.05 m².
 S. VEGETAL = 9.47 m². S. EXCAVA DF = 21.43 m².
 S. MAT TRANS DF = 5.09 m².



PK=1+000

S. D TIERRA = 9.16 m². S. FIRME = 4.07 m².
 S. SUELO SEL 1 = 7.23 m².
 S. TERRAPLEN = 59.42 m².
 S. VEGETAL = 8.34 m².



PK=1+060

S. SUELO SEL 1 = 7.24 m². RELL EXC DF = 0.26 m².
 S. TERRAPLEN = 359.78 m². S. FIRME = 4.24 m².
 S. VEGETAL = 11.06 m². S. EXCAVA DF = 30.53 m².
 S. MAT TRANS DF = 6.62 m².



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:

ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:

PERFILES TRANSVERSALES

Autor:

ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:

1:2000

Fecha:

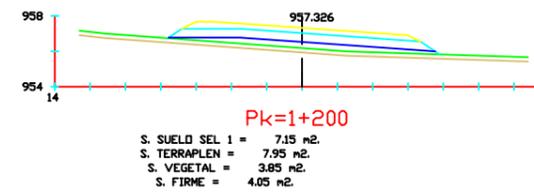
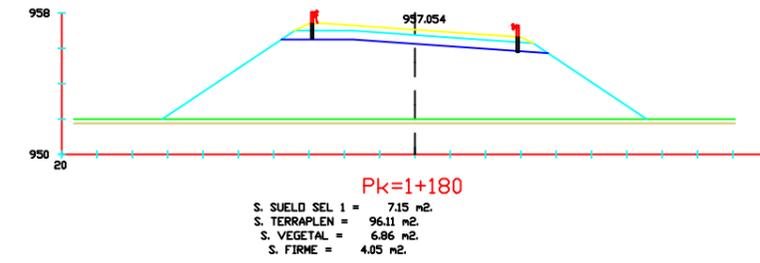
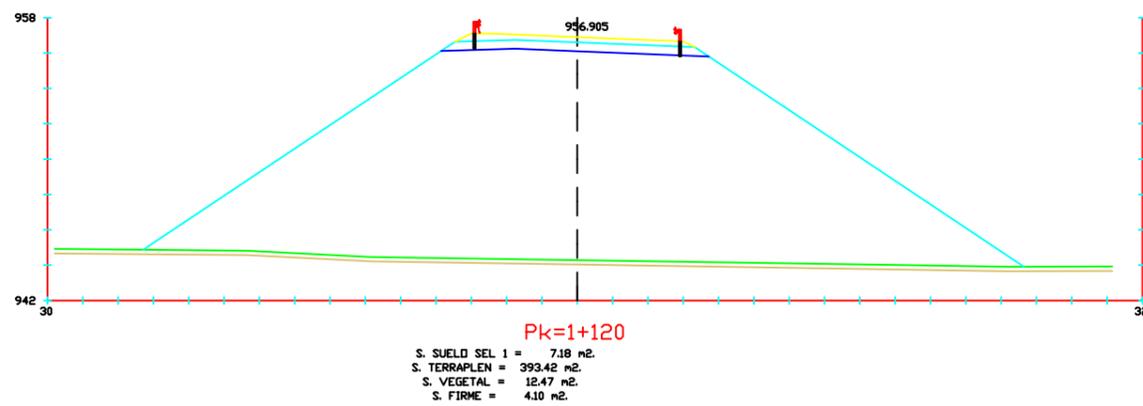
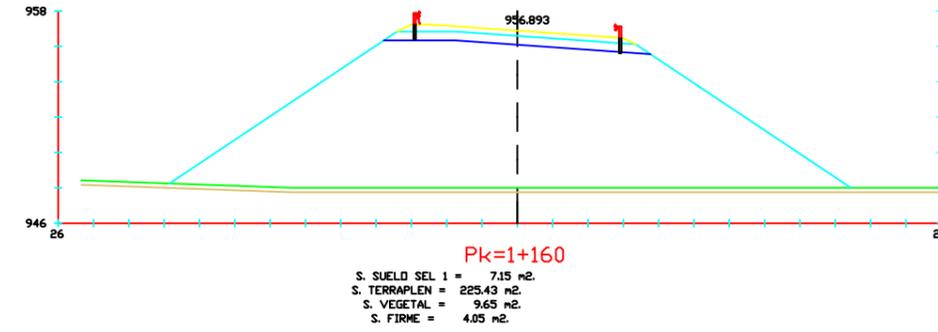
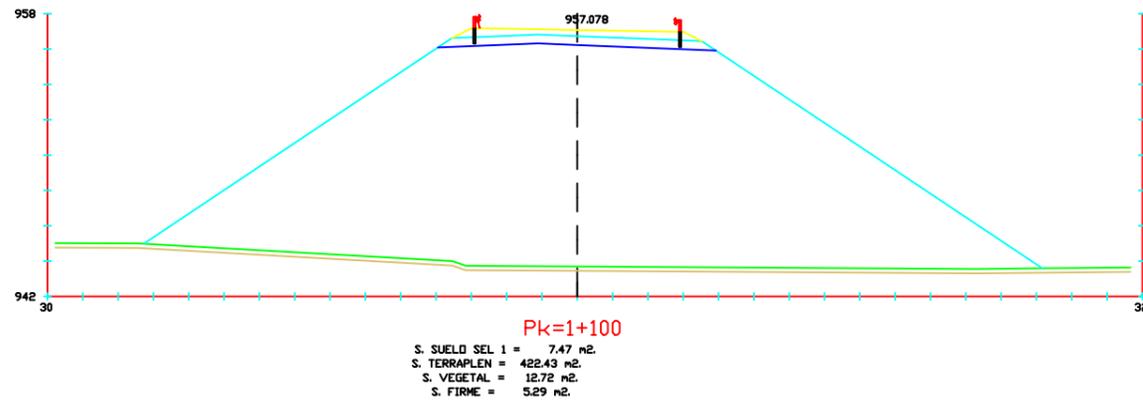
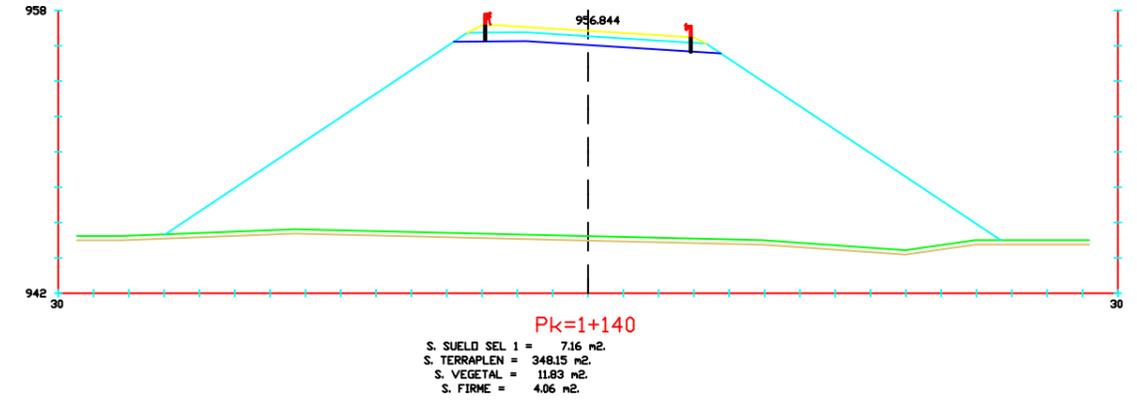
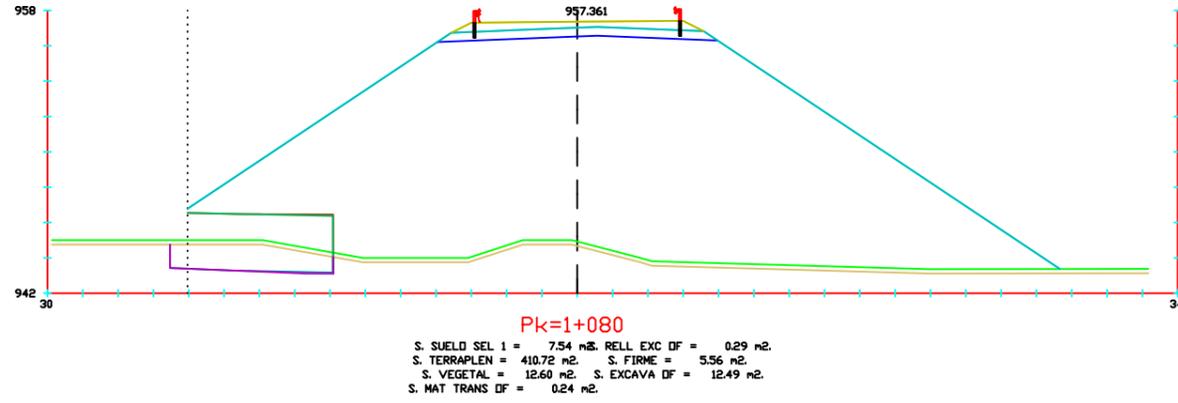
JUNIO 2023

Nº de plano:

5

Hoja:

5 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500 IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

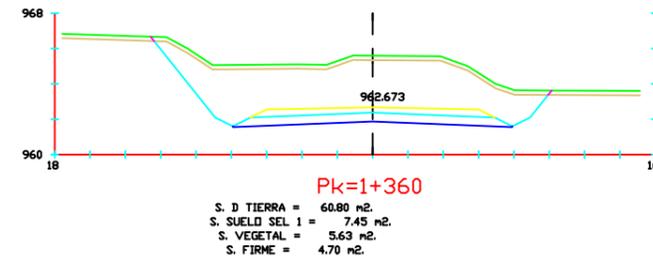
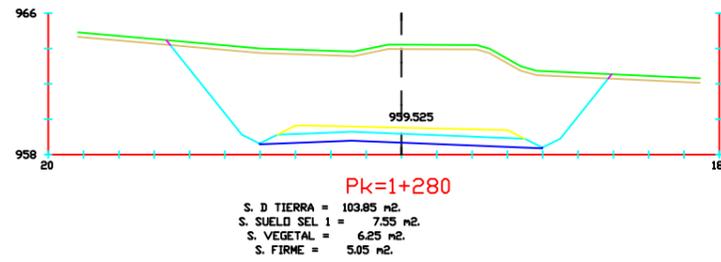
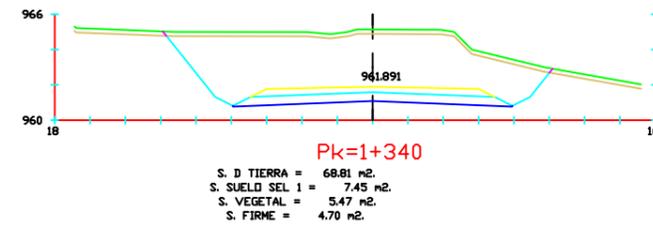
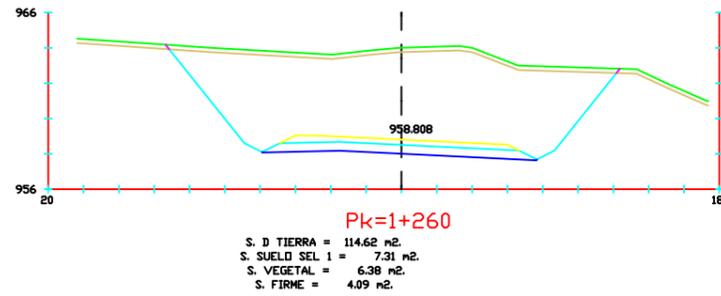
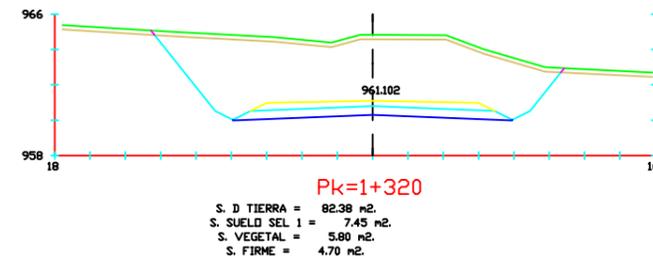
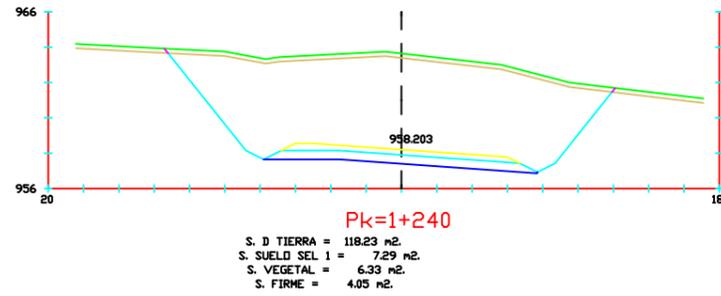
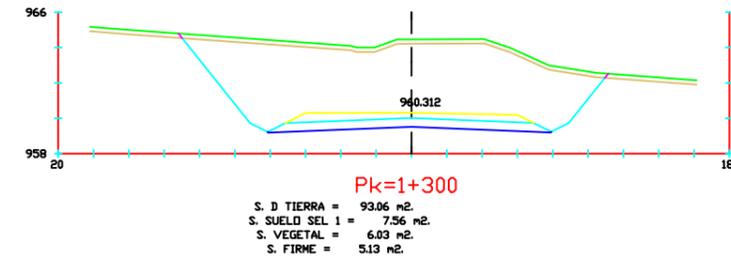
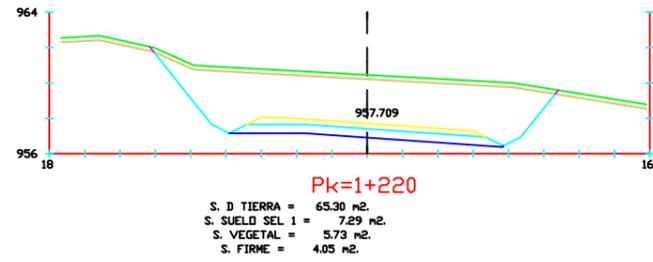
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 6 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

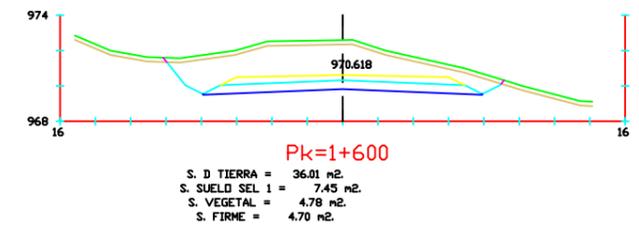
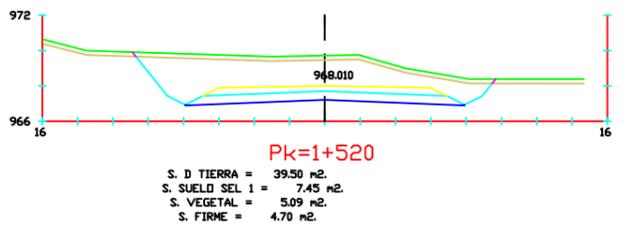
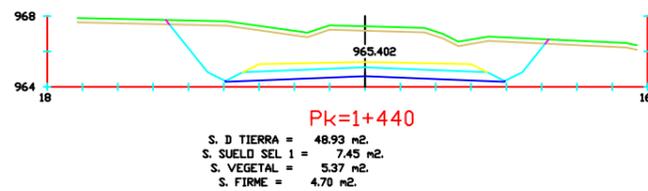
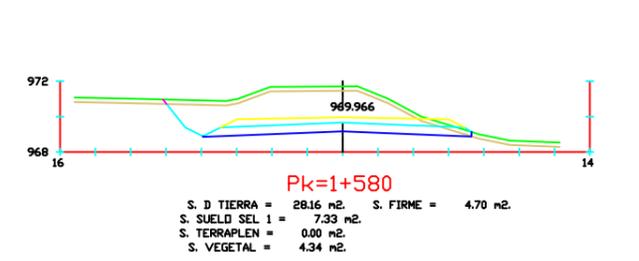
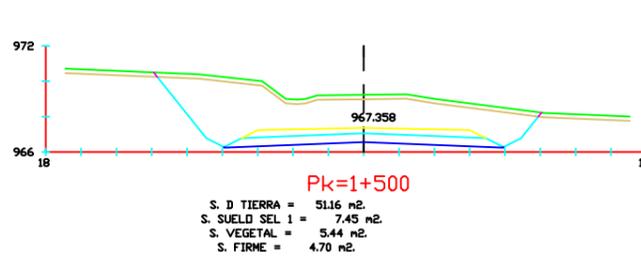
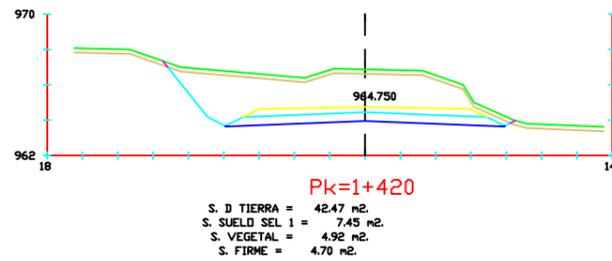
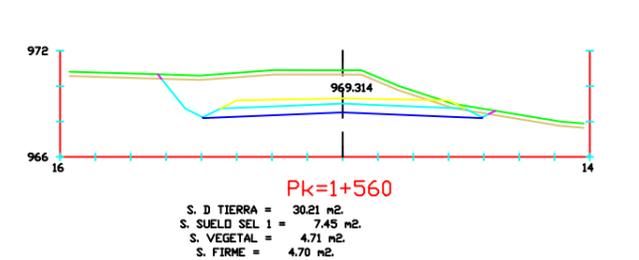
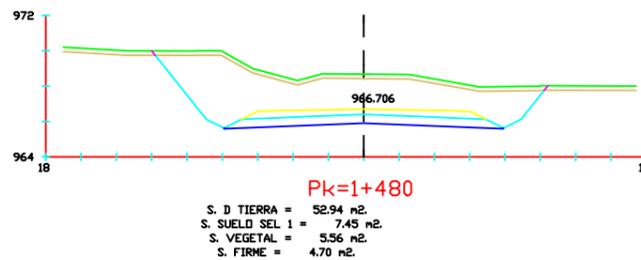
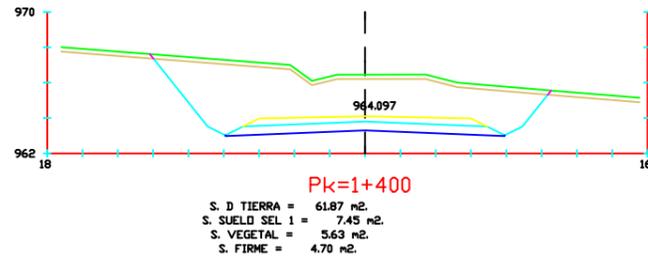
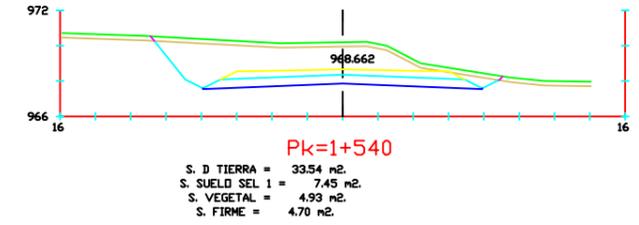
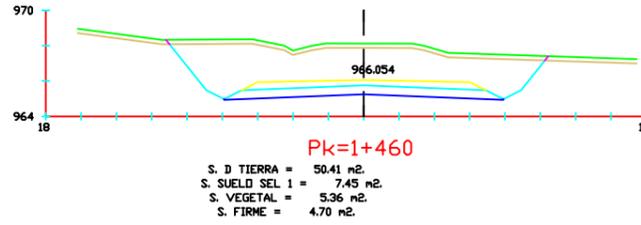
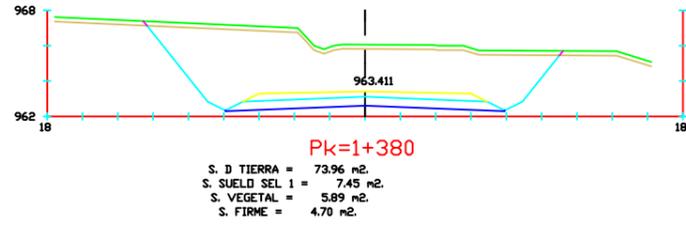
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 7 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

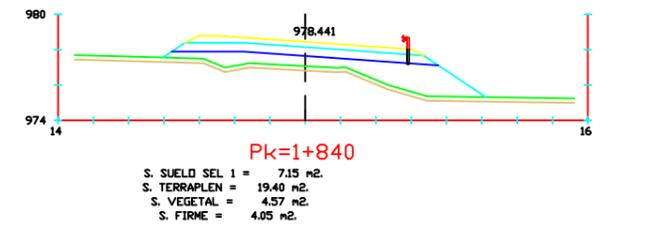
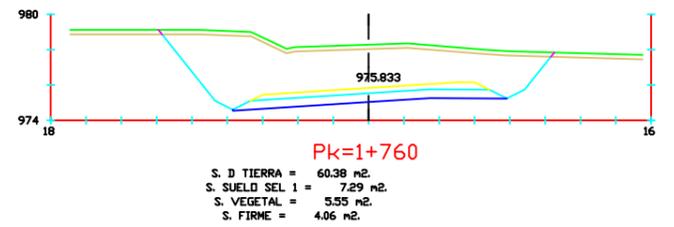
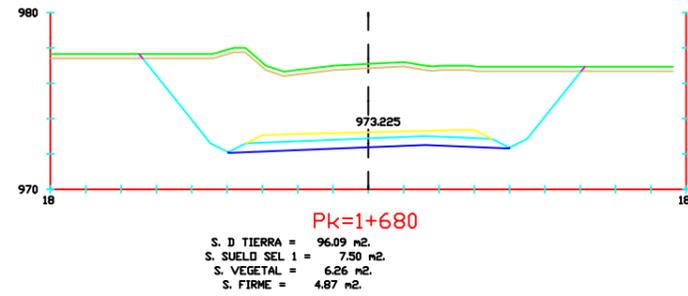
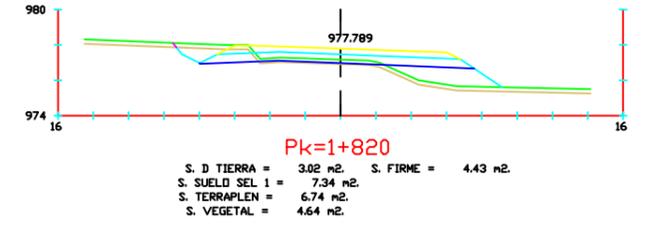
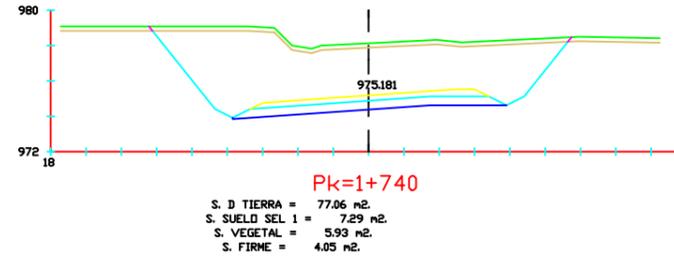
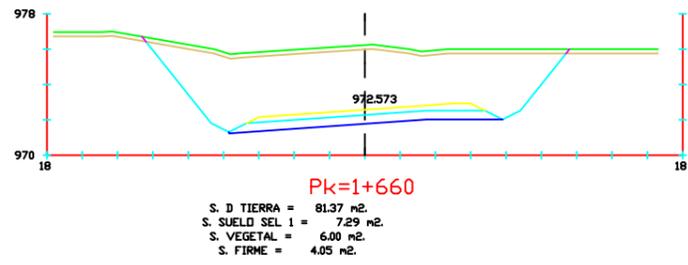
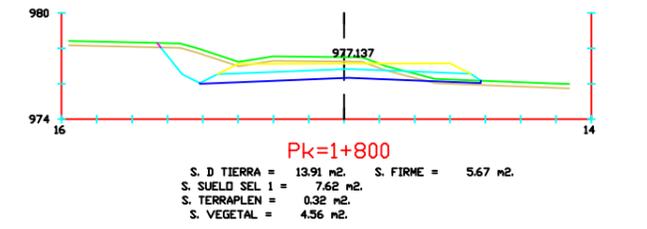
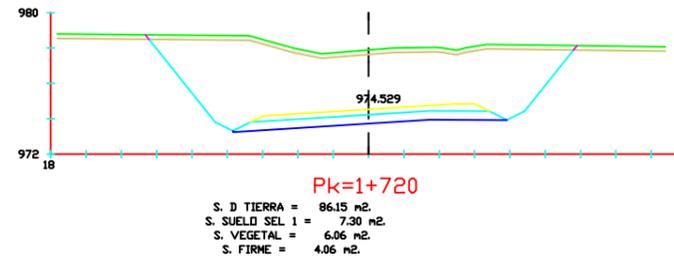
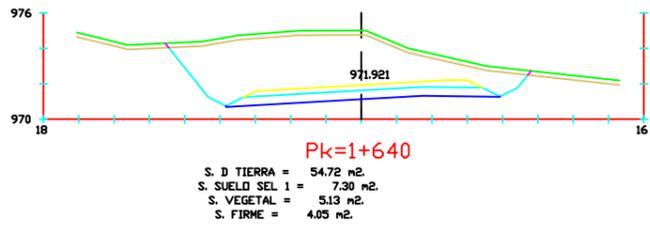
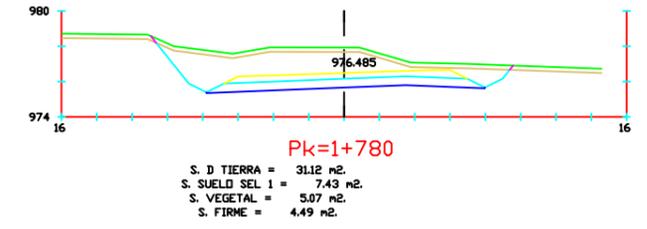
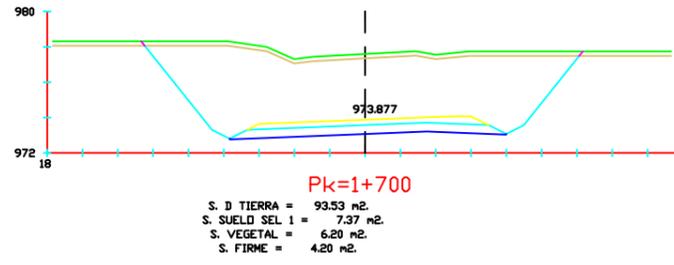
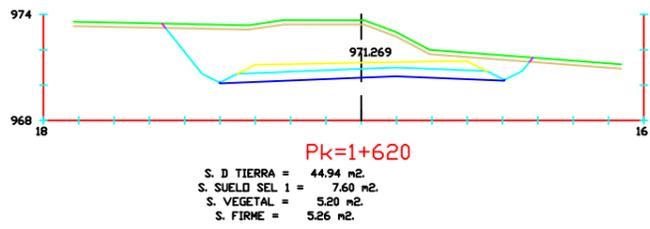
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 8 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

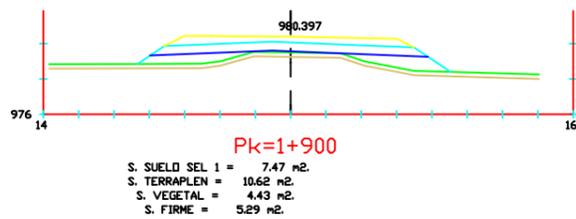
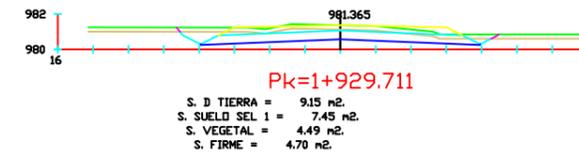
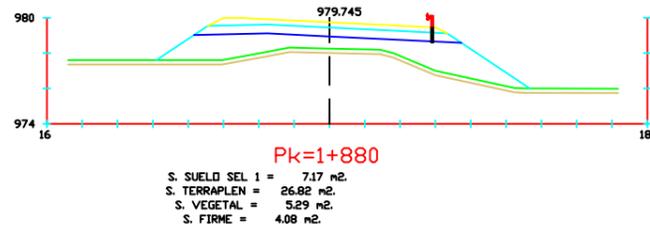
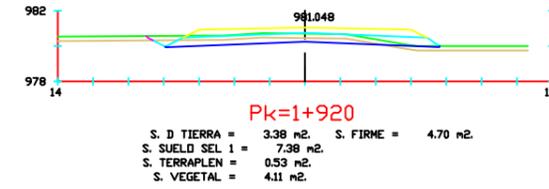
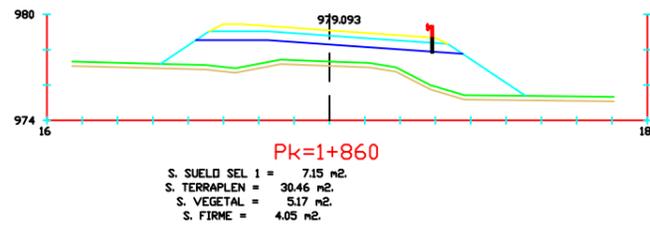
Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 9 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Proyecto:
ANÁLISIS MULTICRITERIO EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL DEL
TRAZADO DE LA CARRETERA TE-V-1611 ENTRE EL PK 9+500 Y PK 11+500
IMPLEMENTANDO LA METODOLOGÍA BIM. TERUEL

Plano:
PERFILES TRANSVERSALES

Autor:
ALBERTO MARTÍN ARBELO

Escala:
1:2000

Fecha:
JUNIO 2023

Nº de plano: **5**
Hoja: 10 de 10



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DOCUMENTO N°3 VALORACIÓN ECONÓMICA

**Análisis multicriterio en la mejora de la seguridad vial del trazado de
la carretera TE-V-1611 entre el PK 9+500 y PK 11+500
implementando la metodología BIM. Teruel**

Alberto Martín Arbelo

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Mejora de seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 ACTUACIONES PREVIAS									
01.01	m2 Despeje y desbroce del terreno								
	Superficie desbrozada i/ arranque de cepas, arbustos, carga y transporte de material al lugar indicado por la D.D. y gestión de RCD'S con transporte a vertedero hasta una distancia de 10 km.								
	Zona terraplén	1	300,00	150,00		45.000,00			
							45.000,00	1,10	49.500,00
01.02	ud Tala árbol y supresión tocón								
	Desmante de árbol con tocón, incluso tala de ramas, troceado con medios mecánicos y la retirada de material, i/ carga y transporte.								
		50				50,00			
							50,00	64,65	3.232,50
TOTAL CAPÍTULO 01 ACTUACIONES PREVIAS									52.732,50

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Mejora de seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 03 FIRME									
03.01	m2 Paquete de firme 4221								
	Firme constituido por: 5 cm de Mezcla Bituminosa semidensa en rodadura. 25 cm de Zahorra Artificial. Extendido y compactación de mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 surf B50/70 S con árido calizo, con un rendimiento de 150-300 t/día, sin incluir el transporte de la mezcla al punto de vertido. Riego de imprimación realizado con emulsión catiónica C60BF4 IMP con una dotación de 500 g/m2 de betún residual, compuesto por un 60% de betún y un contenido menor o igual de 8% de fluidificante, sin incluir transporte de material. Extendido y compactado de zahorra artificial realizado con equipo medio, incluso humectación y/o desecación, sin incluir el transporte de material.	1	1.929,71	13,50		26.051,09			
							26.051,09	19,48	507.475,23
03.02	t Transporte de mezcla bituminosa								
	Transporte de mezcla bituminosa hasta 50 km.	2,4	1.929,71	13,50	0,05	3.126,13			
							3.126,13	7,23	22.601,92
03.03	t Transporte de árido								
	Transporte de árido hasta 50 km.	1,7	1.929,71	13,50	0,25	11.071,71			
							11.071,71	6,30	69.751,77
	TOTAL CAPÍTULO 03 FIRME								599.828,92

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Mejora de seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 04 DRENAJE									
SUBCAPÍTULO 04.01 DRENAJE LONGITUDINAL									
04.01.01	m3 Excavación en formación de cuneta								
	Excavación para la formación de cuneta en tierras, comprendiendo excavación mecánica, el refinado y perfilado i/ carga y transporte.								
		2	602,75	0,50		602,75			
		1	78,45	0,50		39,23			
		2	607,43	0,50		607,43			
		1	275,00	0,50		137,50			
							1.386,91	5,21	7.225,80
04.01.02	m3 Cuneta in situ								
	Formación de cuneta realizada con hormigón en masa HM-20/P/20, incluida la preparación de la superficie de asiento, compactación del terreno, el encofrado, el fratasado y las juntas.								
		2	602,75	2,24	0,10	270,03			
		1	78,45	2,24	0,10	17,57			
		2	607,43	2,24	0,10	272,13			
		1	275,00	2,24	0,10	61,60			
							621,33	146,39	90.956,50
TOTAL SUBCAPÍTULO 04.01 DRENAJE LONGITUDINAL.....									98.182,30
SUBCAPÍTULO 04.02 DRENAJE TRANSVERSAL									
04.02.01	m Doble marco prefabricado 3x2 m								
	Suministro e instalación de marco prefabricado de hormigón armado de 200 cm de alto y 300 cm de ancho de dimensiones interiores, recibido sobre solera de hormigón en masa HM-20 de 15 cm de espesor y una capa de arena de nivelación de 10 cm.								
		78,5				78,50			
							78,50	2.334,88	183.288,08
TOTAL SUBCAPÍTULO 04.02 DRENAJE TRANSVERSAL									183.288,08
TOTAL CAPÍTULO 04 DRENAJE.....									281.470,38

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Mejora de seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 05 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS									
SUBCAPÍTULO 05.01 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL									
05.01.01	m Marca vial continua								
	Marca vial longitudinal permanente, tipo P-RR, de 15 cm de ancho, retrorreflectante en seco, con humedad y con lluvia, no estructurada, ejecutada con pintura blanca termoplástica de aplicación en caliente, aplicada por extrusión, incluso preparación de la superficie y premarcaje, según la Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal del Ministerio de Fomento.	2	1.929,71			3.859,42			
							3.859,42	1,08	4.168,17
05.01.02	m Marca vial discontinua								
	Marca vial longitudinal permanente, tipo P-RR, de 10 cm de ancho, retrorreflectante en seco, con humedad y con lluvia, no estructurada, ejecutada con pintura blanca termoplástica de aplicación en caliente, aplicada por extrusión, incluso preparación de la superficie y premarcaje, según la Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal del Ministerio de Fomento.	1	1.929,71			1.929,71			
							1.929,71	0,81	1.563,07
TOTAL SUBCAPÍTULO 05.01 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL									5.731,24
SUBCAPÍTULO 05.02 SEÑALIZACIÓN VERTICAL									
05.02.01	ud Señal circular R-301								
	Señal circular de 900 mm de diámetro, adecuada para su uso en carretera convencional con arcén, con un nivel de retrorreflexión 1, fijada mecánicamente a poste de sustentación de acero galvanizado de 100x50x3 mm, colocado hormigonado mediante dado de hormigón HM-20/P/20 de 65x65x80 cm, incluso excavación, elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.	2				2,00			
							2,00	258,23	516,46
05.02.02	ud Hito kilométrico								
	Hito kilométrico con designación S-572, formado por una placa de acero galvanizado de 400x600 mm, con un nivel de retrorreflexión 1, fijada mecánicamente a poste de sustentación de acero galvanizado de 80x40x2 mm, colocado hormigonado mediante dado de hormigón HM-20/P/20, incluso excavación, elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.	2				2,00			
							2,00	133,42	266,84
TOTAL SUBCAPÍTULO 05.02 SEÑALIZACIÓN VERTICAL									783,30
SUBCAPÍTULO 05.03 BALIZAMIENTO									
05.03.01	ud Hito de arista								
	Hito de arista para carretera convencional de calzada única (tipo I) de 135 cm de longitud, con un nivel de retrorreflexión 2, montado sobre cimentación de hormigón prefabricado, totalmente colocado.	322				322,00			
							322,00	27,98	9.009,56
05.03.02	ud Panel direccional								
	Panel direccional de 160x40 cm, con nivel de retrorreflexión 1, fijado mecánicamente a dos postes de sustentación de acero galvanizado de 80x40x2 mm, colocado mediante dado de hormigón, incluso excavación, elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.	89				89,00			
							89,00	205,50	18.289,50
TOTAL SUBCAPÍTULO 05.03 BALIZAMIENTO									27.299,06

RESUMEN DE PRESUPUESTO

Mejora de seguridad vial del trazado de la carretera TE-V-1611

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	ACTUACIONES PREVIAS	52.732,50	2,56
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	920.294,29	44,65
03	FIRME	599.828,92	29,10
04	DRENAJE	281.470,38	13,66
05	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS	86.635,15	4,20
06	INTEGRACIÓN AMBIENTAL	100.000,00	4,85
07	SEGURIDAD Y SALUD	20.000,00	0,97
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	2.060.961,24	
	13,00 % Gastos generales	267.924,96	
	6,00 % Beneficio industrial	123.657,67	
	SUMA DE G.G. y B.I.	391.582,63	
	21,00 % I.V.A.	515.034,21	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	2.967.578,08	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	2.967.578,08	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOS MILLONES NOVECIENTOS SESENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS con OCHO CÉNTIMOS