



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

***PROYECTO DE
CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA
JAÉN A CÓRDOBA. TRAMO:
PORCUNA – LÍMITE DE
PROVINCIA DE JAÉN –
CÓRDOBA***

Alumno: Miguel Gómez Palacín

Tutor: Prof. D. Antonio Montañés López
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Octubre, 2017

DOCUMENTO N°1: MEMORIA.

ÍNDICE

1.- Antecedentes administrativos	3
2.- Bases del proyecto. Normativa.....	4
3.- Objeto y descripción del proyecto	6
3.1. Objeto:.....	6
3.2. Descripción del proyecto:.....	6
3.2.1. Descripción general de las obras:	6
3.2.2. Cartografía y topografía:.....	7
3.2.3. Geología y geotécnica:	7
3.2.4. Estudio de tráfico:.....	9
3.2.5. Trazado geométrico:	9
3.2.6. Estudio hidrológico y planteamiento de drenaje:	10
3.2.7. Firmes y pavimento:.....	12
3.2.8. Drenaje:	13
3.2.9. Movimiento de tierras:	14
3.2.10. Efectos sísmicos:.....	15
3.2.11. Estudio de impacto ambiental:	16
3.2.12. Señalización, balizamiento y defensas:	16
3.2.13. Expropiaciones:	16
3.2.14. Gestión de residuos:	16
3.2.15. Plan de obra:.....	17
3.2.16. Justificación de precios:	17
3.2.17. Estudio de seguridad y salud:	17
4.- Resumen de presupuesto.....	18
5.- Documento del proyecto	19
6.- Declaración de obra completa.....	21
7.- Conclusión	22

1 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

El Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre, modificado por el Real Decreto 861/2010 de 2 de julio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales indica, en los apartados 3 y 7 del artículo 12, respecto del diseño de los títulos de Grado, que *“Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa de un trabajo de Fin de Grado”. “El Trabajo de Fin de Grado tendrá entre 6 y 30 créditos, deberá realizarse en la fase final del plan de estudios y estar orientada a la evaluación de competencias asociadas al título.”*

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente y con el fin de concluir los estudios de Grado en Ingeniería Civil, vamos a realizar este Trabajo de Fin de Grado, con un valor de 12 créditos, con el título *“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN A CÓRDOBA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.”* por parte del alumno Miguel Gómez Palacín y tutelado por el profesor D. Antonio M. Montañés López, del departamento de Ingeniería Mecánica y Minera.

Este TFG es de tipo Proyecto de Ingeniería, por lo que se estructurará como tal, con sus principales cuatro documentos que debe llevar un proyecto, que serán la memoria y sus correspondientes anejos, los planos, el pliego de prescripciones técnicas particulares y el presupuesto.

La finalidad de este proyecto es la de construir una autovía que comunique Jaén y Córdoba, sin necesidad de tener que desplazarse hasta el cruce entre autovías que hay en Bailén, facilitando este trayecto al transporte a vehículos ligeros y pesados. Las obras a proyectar son:

- Diseño de la nueva autovía en todas sus fases.
- Adecuación de los caminos rurales que sean intersectados por el nuevo trazado.

En los anejos adjuntos a la memoria se desarrollan los antecedentes y todos los procesos de diseño de los distintos elementos.

2 BASES DEL PROYECTO. NORMATIVA:

Para la redacción de este proyecto se han aplicado las siguientes normativas, reglamentos, recomendaciones, etc., las cuales se indican a continuación:

- Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía (ICAFIR).
- Norma 6.1-I.C. de Secciones de Firme.
- Norma 3.1-I.C. de Trazado de Carreteras.
- Instrucción 5.2-I.C. de Drenaje Superficial.
- Orden Circular 17/2003 de Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera.
- “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” Publicación del Ministerio de Fomento.
- Mapas de tráfico del Ministerio de Fomento y de la Junta de Andalucía.
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) (Real Decreto 997/2002)
- Criterios a tener en cuenta en el proyecto y construcción de puentes con elementos prefabricados de hormigón estructural (OC 11/2002)
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental de la Junta de Andalucía (GICA)
- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos (RD 1/2008 de 11 de enero)
- Instrucción 8.1-I.C. de Señalización Vertical.
- Instrucción 8.2-I.C. sobre Marcas Viales.
- Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras.
- Ley de 16 de diciembre de 1954 sobre expropiación forzosa.
- Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición.
- Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero en la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

- Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre)
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)
- Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Carreteras (BOE de 23 de septiembre de 1994)
- Instrucción para la recepción de cementos, RC-08, estableciendo criterios para la utilización de los cementos del Pliego.
- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.
- Recomendaciones para el control de calidad de obras de carreteras.
- Orden Circular 5/2001 sobre Riegos auxiliares, mezclas bituminosas y pavimentos de hormigón.
- Orden Circular 20/2006 sobre Recepción de obras de carreteras que incluyan firmes y pavimentos.
- Plan General de Ordenación Urbana de Porcuna.

3 OBJETO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

3.1. Objeto:

El objetivo de nuestro proyecto es la construcción de una autovía en el término municipal de Porcuna (Jaén). Con ello se busca conectar de una manera más directa Jaén y Córdoba y a su vez reducir el tráfico que ello implica a través del enlace por la zona de Bailén.

Actualmente la comunicación entre ambas provincias se realiza a través de la autovía que viene desde Granada y va hacia Despeñaperros y la autovía que va desde Bailén hacia Córdoba, lo que supone un recorrido más largo y un añadido al tráfico que ya soportan esas vías.

Debido a lo expuesto con anterioridad, se justifica la realización del presente proyecto.

Todos los antecedentes estudiados en la zona de proyecto se desarrollan detenidamente en el Anejo 1 *Antecedentes*.

3.2. Descripción del proyecto:

3.2.1. Descripción general de las obras:

3.2.1.1. Ejecución de la nueva carretera:

Debido a que nuestra autovía se proyecta sobre terreno natural, se realizarán labores de desbroce y limpieza de terreno antes de realizar el movimiento de tierras necesario. A continuación se realiza el movimiento de tierras para conseguir el plano de explanada determinado para nuestra autovía y sobre ella se ejecutará el firme.

A lo largo de su trazado, nuestra autovía intersecta dos carreteras convencionales, a las cuales se les dará paso bajo nuestro trazado para no cortarlas. También intersecta a dos caminos rurales que dan acceso a distintas parcelas agrarias, por lo que es necesario darles continuidad, y no cortarlos.

3.2.1.2. Obras de drenaje:

El conjunto de elementos de drenaje que completarán nuestro proyecto estará formado por una serie de cunetas longitudinales en los márgenes de nuestra vía o de sus taludes o terraplenes donde se produzca una recogida de aguas de escorrentía. Las

cunetas serán revestidas por hormigón proyectado y tendrán las dimensiones descritas en el anejo correspondiente.

Toda el agua que se recoja en este conjunto de cunetas, será drenado al margen derecho de nuestro trazado, siguiendo su flujo natural a través de ocho obras transversales de drenaje longitudinal. Los colectores estarán contruidos por piezas prefabricadas de hormigón en disposición de zanja terraplenada.

Las zanjas se excavarán tras haber ejecutado la plataforma para la disposición en zanja terraplenada.

3.2.1.3. Señalización:

Una vez ejecutada la infraestructura completa se procederá a la situación de los distintos elementos de señalización, tantos horizontales como verticales.

También se instalarán los sistemas de contención de vehículos.

3.2.1.4. Ejecución de los desvíos:

Aunque no formará parte de este proyecto, se refleja en esta memoria la necesidad de realizar un desvío a la altura de Porcuna y que enlace con la JV-4401.

3.2.2. Cartografía y topografía:

Para la obtención de nuestra cartografía no se han realizado trabajos topográficos o cartográficos, estando esto fuera del presente Trabajo de Fin de Grado.

Para obtener un modelo digital del terreno (MDT) aproximado, hemos usado el programa AutoCAD Civil 3D junto a unos modelos digitales ya en formato CAD, disponibles en los servidores de la Junta de Andalucía, para su empleo en el programa. La realización de ello se describe en el anejo correspondiente de cartografía y topografía.

3.2.3. Geología y geotécnica:

En el Anejo de geología y geotecnia desarrollaremos de manera holgada la geología y la geotecnia del terreno sobre el que discurrirá nuestro corredor en base a información obtenida del Instituto Geológico y Minero de España y a un estudio geotécnico de la zona que se ha tomado como válido para el presente proyecto.

3.2.3.1. Geología:

La zona objeto del proyecto se encuentra principalmente en ámbito de macizo hespérico. En el Mapa Geológico de la Serie Magna se observa cómo el trazado atraviesa una franja de margas y areniscas hasta el final del proyecto. Ambas pertenecen al Mioceno superior. También podremos hallar alguna zona de calizas.

En conclusión la zona presenta grupos margosos, calcáreos y detríticos, tapizados por un recubrimiento arcillo-arenoso. Su resistencia a la erosión es deficiente presentando por tanto una morfología de formas alomadas. Toda el área se considera estable y sus materiales son, en pequeño, impermeables, admitiendo en grande cierta permeabilidad; el drenaje, aceptable, se efectúa por percolación y escorrentía. Es normal la existencia de niveles acuíferos en profundidad. Las características mecánicas son de tipo medio, pudiendo aparecer problemas de capacidad de carga como consecuencia del bajo grado de cimentación.

Por tanto es importante conocer la capacidad portante del suelo. Es necesario caracterizar los primeros estratos del terreno para determinar el saneo y las capas necesarias para la ejecución de terraplenes.

3.2.3.2. Geotecnia del corredor:

Para caracterizar los materiales presentes en nuestra zona se va a usar como referencia un estudio geotécnico realizado para la mejora de la A-306 entre Porcuna y Bujalance. Este estudio está muy próximo a la zona donde se va a ubicar nuestro corredor.

Con los resultados, que se presentan en las tablas del Anejo 3, se concluye que el tipo de suelo predominante en la zona es de tipo suelo tolerable, según el artículo 330 del PG-3. En resumen, el suelo cumple las siguientes especificaciones:

Contenido en Materia Orgánica	< 2 %
Contenido en Yeso	< 5 %
Contenido en Sales Solubles	< 1 %
Límite Líquido	< 65
Índice plástico	si $LL > 40 \rightarrow IP > 0,73 \cdot (LL-30)$
Ensayo de colapso	< 1 %
Hinchamiento libre	< 3 %
CBR	> 3

Tabla 1. Características suelos tolerables por PG-3

Según el artículo 330 del PG-3, el material se puede emplear tanto para formar el cimiento como el núcleo del terraplén. Para la coronación sí será necesaria la estabilización del suelo.

El terreno es fácilmente excavable y ripable por medios mecánicos habituales. Para la ejecución de desmontes y terraplenes será adecuado un talud de 3H/1V.

3.2.3.3. Yacimientos y canteras. Vertederos:

En el Anejo 3 se añade una relación de las diferentes canteras que se encuentran próximas a nuestra obra y de las que podremos adquirir los materiales necesarios. En cuanto a vertederos, Porcuna ya no dispone de vertedero, siendo el más cerca el de Jaén.

3.2.4. Estudio de tráfico:

Este estudio se realiza para evaluar la evolución del tráfico en el futuro para poder definir la estructura de nuestro firme.

Este estudio se realiza con la ayuda de los datos que aportan los mapas de tráfico de que dispone el Ministerio de Fomento y la Junta de Andalucía. Para el cálculo de la categoría del tráfico se ha empleado el método que propone la Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía (ICAFIR).

Tras la realización del estudio, nuestro tráfico será de categoría T3A ($100 < \text{IMD}_{PA} < 200$). Esta categoría es equivalente a la T31 de la Norma 6.1-I.C. de secciones de firme, que ha sido la usada para la estructura del mismo.

El desarrollo de los cálculos está en el Anejo 4 *Estudio de tráfico*.

3.2.5. Trazado geométrico:

Todo nuestro trazado, tanto en planta como en alzado, así como la sección transversal escogida, se han realizado atendiendo a todas las especificaciones de la Norma de Trazado 3.1-I.C. Todos los parámetros adoptados para calcular nuestro trazado obedecen a la elección de una velocidad de proyecto de 120 km/h y la adopción de autovía.

3.2.5.1. Trazado en planta:

Para este trazado se ha cumplido todo lo especificado en el capítulo 4 de la norma de trazado.

Las tablas de trazado en alzado se encuentran en el anejo de trazado geométrico.

3.2.5.2. Trazado en alzado:

En este caso se ha seguido lo estipulado en el capítulo 5 de la norma 3.1-I.C. La autovía trata de mantener pendientes inferiores al 4%, pero en ningún caso supera el 6%.

3.2.5.3. Sección transversal:

Para su definición se ha seguido el capítulo 7 de la 3.1-I.C. para la nueva carretera.

Para nuestra autovía, la velocidad de proyecto será de 120 km/h, y se realiza con doble calzada de doble carril, dos por sentido. Los carriles serán de 3,5 m de anchura, el arcén será de 1,5 m y la berma tendrá una anchura de 0,75 m. El nivel de servicio en la hora de proyecto del año horizonte debe ser B, como se muestra en el anexo 1 del anejo de trazado geométrico.

3.2.6. Estudio hidrológico y planteamiento de drenaje:

3.2.6.1. Climatología:

El término municipal de Porcuna se encuentra en un clima mediterráneo continentalizado. Éste clima es templado con características de los climas mediterráneo y continental. Este clima se da en lugares alejados considerablemente del mar con clima mediterráneo.

Las precipitaciones siguen un patrón muy parecido al del clima mediterráneo típico y están entre los 400 y 650 mm, con un máximo durante el otoño y la primavera. La menor influencia del mar, no obstante, hace que sea un clima más seco que el típico.

Nuestra información ha sido extraída de los datos obtenidos por la estación meteorológica de Higuera de Arjona, la cual pertenece a la red de estaciones agroclimáticas de la Junta de Andalucía. Estos datos se pueden consultarse en la página web de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Se ha elegido la estación de Higuera de Arjona por ser la más cercana a la zona de proyecto, a una distancia de unos 35 km.

Los datos de precipitación y de temperaturas máximas y mínimas se resumen en la siguiente tabla:

	Datos
Precipitación media anual (mm)	458.05
Tª media anual (°C)	17.83
Precipitación máxima diaria (mm)	70.6
Tª. Máxima (°C)	44.78
Tª. mínima (°C)	-6.65
Tª. media Máxima (°C)	35.74
Tª. media mínima (°C)	-1.39

Tabla 2. Datos generales de climatología.

En base a los datos anteriores vemos que la precipitación media anual es de unos 458,05 mm. La precipitación máxima registrada en un día fue de 70,6 mm el 20 de noviembre de 2007. La temperatura media anual es de 17,83 oC. Los meses más cálidos son de junio a agosto, y los más fríos de diciembre a febrero.

3.2.6.2. Estudio hidrológico:

Para determinar los caudales de cada cuenca vertiente a los elementos de drenaje se ha aplicado el método racional que describe la Instrucción 5.2-I.C. de Drenaje Superficial.

La definición de cada uno de los elementos de drenaje, así como el proceso de cálculo de caudales de cada uno de ellos se desarrolla detalladamente en el Anejo de estudio hidrológico.

Tras esto, se han definido tres tipos de cuencas: de desmonte, de borde de terraplén y de guarda. Se ha tomado la máxima cuenca para cada una, poniéndonos del lado de la seguridad respecto al cálculo de las cunetas. Las cunetas de nuestra autovía se sitúan al lado izquierdo que es por donde discurre el agua de escorrentía.

El único cauce que corta nuestra autovía es salvado por un viaducto, que será estudiado por otro proyecto. Por lo tanto no es necesario disponer de obras de drenaje transversal. El desagüe del drenaje longitudinal se realizará mediante colectores, catalogados por la norma como obras transversales de drenaje longitudinal. Se plantean 8 OTDL.

En la siguiente tabla se resumen los caudales de cálculo para el dimensionamiento de cada uno de los elementos de drenaje:

CAUDALES DE DISEÑO		
Elemento de drenaje	Periodo de retorno (años)	Caudal de diseño (m ³ /s)
Cunetas de guarda	25	0,219
Cunetas borde de terraplén	25	2,156
Cunetas de desmonte	25	0,933
OTDL 1	25	2,156
OTDL 2	25	0,200
OTDL 3	25	1,942
OTDL 4	25	0,435
OTDL 5	25	0,392
OTDL 6	25	0,300
OTDL 7	25	0,933
OTDL 8	25	0,157

Tabla 3. Caudales de diseño.

3.2.7. Firmes y pavimento:

Los firmes y pavimentos previstos para la ejecución del firme han sido proyectados de acuerdo con la Norma 6.1-I.C. La definición de este apartado se desarrolla con detalle en el Anejo 7 *Firmes y pavimento*. A modo de resumen, en la siguiente tabla se representan las diferentes capas de la obra:

CAPA	CARRIL	ARCÉN	ARTÍCULO DEL PG-3
Firme	AC 22 surf S (7 cm)	AC 22 surf S (6 cm)	542
	Riego de adherencia		531
	AC22 bin S (10+8 cm)		542
	Riego de imprimación	Riego de imprimación	530
	Zahorra artificial (25 cm)	Zahorra artificial (50 cm)	510
Explanada	S-EST3 (25 cm)	S-EST3 (25 cm)	512
	S-EST1 (25 cm)	S-EST1 (25 cm)	512
	Suelo tolerable	Suelo tolerable	330

Tabla 4. Resumen de las capas de explanada y firme.

3.2.8. Drenaje:

Para el diseño de los elementos de drenaje se han utilizado los caudales anteriormente calculados en el Anejo 05 *Estudio hidrológico y planteamiento*.

El cálculo para su dimensionamiento se desarrolla en el Anejo de Drenaje, siguiendo el desarrollo de la Instrucción 5.2-I.C. de Drenaje Superficial.

El drenaje longitudinal estará compuesto de cunetas triangulares que, en las zonas de desmonte tendrán una anchura de 1,8 m y una profundidad de 0,45 m; las cunetas de terraplén tendrán una anchura de 2,8 m y una profundidad de 0,70 m; y de guarda tienen una anchura 1,2 metros y una profundidad de 0,3 metros. Las cunetas de guarda desaguarán en las cunetas de desmonte mediante bajantes prefabricados cada 30 metros aproximadamente.

En los planos de drenaje quedan reflejados donde se disponen los distintos elementos de drenaje.

Las ocho obras transversales de drenaje longitudinal recogerán esa agua de escorrentía de las cunetas del lado izquierdo para su desagüe al otro margen de la autovía.

Las dimensiones de las OTDL se resumen en la siguiente tabla:

	Caudal de proyecto (m ³ /s)	Diámetro nominal (mm)
OTDL 1	2,156	1000
OTDL 2	0,200	500
OTDL 3	1,942	1000
OTDL 4	0,435	600
OTDL 5	0,392	600
OTDL 6	0,300	600
OTDL 7	0,933	800
OTDL 8	0,157	400

Tabla 5. Dimensiones de las OTDL.

Los distintos elementos que conforman las obras transversales de drenaje longitudinal serán construidos por medio de elementos prefabricados. La elección de los distintos elementos se desarrolla en el Anejo de Estructuras.

3.2.9. Movimiento de tierras:

El cálculo de movimientos de tierras se desarrollará en el Anejo de Movimiento de tierras. El volumen de todo el material se calcula con el programa AutoCAD Civil 3D, que emplea el método del área final media.

Una vez que conocemos los volúmenes gracias a Civil 3D, con los datos de densidades de compactación y en estado natural, se calculan los diferentes volúmenes de desmonte y de terraplén. En las siguientes tablas se va a resumir los datos de movimiento de tierras y volúmenes de materiales:

Tipo de volumen	m ³
Volumen total desmonte	2.036.714,70
Volumen NO reutilizable	407.342,94
Volumen REUTILIZABLE	1.629.371,76
Volumen terraplén	1.107.098,23
Volumen sobrante	522.273,29

Tabla 6. Resumen de movimiento de tierras

MATERIAL	m ³
Volumen suelo estabilizado	56.500,00
Volumen sobrante tras estabilización	465.773,29
Volumen de zahorras	49.437,50
Volumen mezcla bituminosa	49.400,00
Volumen de retirada con esponjamiento	605.505,28

Tabla 7. Volumen de materiales.

3.2.10. Efectos sísmicos:

En el caso de los cruces con otras carreteras o caminos rurales, cuyo trazado se considera necesario y no se contempla su interrupción, se realizará pasos a nivel, ya sean superiores para el camino rural intermedio o inferiores para las dos carreteras y el primer camino rural. La diferencia de altura de la rasante de la nueva carretera con respecto al camino pone de manifiesto la necesidad de la construcción de un puente ante la imposibilidad de poder realizar los accesos a nivel. El cálculo de dichos puentes queda fuera del ámbito del presente Trabajo Fin de Grado, no obstante, en el Anejo estructuras se ha comprobado la necesidad de calcularlo de manera sismorresistente.

Los efectos sísmicos se calculan con la Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP-07)

Según esta norma, no será necesaria la consideración de las acciones sísmicas cuando la aceleración sísmica horizontal básica del emplazamiento cumpla:

$$a_b < 0,04 \text{ g}$$

Tampoco será necesaria la consideración de las acciones sísmicas en las situaciones en que la aceleración sísmica horizontal de cálculo cumpla:

$$a_c < 0,04 \text{ g}$$

Para el término municipal de Porcuna, en el Anejo 1 se recoge que la aceleración básica tiene un valor de:

$$a_b = 0,06 \text{ g} > 0,04 \text{ g}$$

También es superada la aceleración sísmica horizontal de cálculo:

$$a_c = 0,0768 \text{ g} > 0,04 \text{ g}$$

Por estos dos condicionantes, es obligatorio considerar las acciones sísmicas en el cálculo estructural del puente.

3.2.11. Estudio de impacto ambiental:

En cumplimiento de la Ley GICA y del Real Decreto Legislativo 1/2008 de Ley de Evaluación Ambiental de proyectos, será obligatorio redactar un Estudio de Impacto Ambiental.

Aunque la redacción del mismo queda fuera de este trabajo Fin de Grado, al tener entidad suficiente para serlo por sí mismo, se realizará el Anejo de evaluación ambiental con un análisis de la interacción entre el entorno y el proyecto, describiendo las principales acciones de impacto y los elementos a los que afecta. También se propondrán algunas medidas correctoras.

En la evaluación ambiental realizada se representa una matriz de identificación de impactos, que sería el punto de partida para el Estudio de Impacto Ambiental.

3.2.12. Señalización, balizamiento y defensas:

Para la elección y colocación de los distintos elementos de señalización y defensa se han tenido en cuenta las siguientes normas:

- Norma 8.1-IC para señalización vertical.
- Norma 8.2-IC para la disposición de las marcas viales.
- Orden Circular 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.

Todo esto se ha desarrollado y reflejado en el Anejo 11 Señalización, balizamiento y defensas. La disposición de todos los elementos se representan en los planos de señalización del Documento Nº2 Planos.

3.2.13. Expropiaciones:

Todo el terreno afectado por nuestro trazado pertenece al término de Porcuna.

La superficie que se va a expropiar de manera permanente está limitada por la línea paralela exterior situada a 8 metros respecto al borde de la explanación.

La valoración del suelo rústico es de 6€/m² y el urbano industrial de 30€/m².

Todo lo referente a expropiaciones está desarrollado por completo en el Anejo 14 *Expropiaciones e indemnizaciones*. En dicho Anejo también se encuentran los planos de expropiación y la relación de los informes catastrales de todas las parcelas afectadas.

3.2.14. Gestión de residuos:

Se redacta el Anejo 17 *Estudio de gestión de residuos* en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición.

En su respectivo anejo, se resumen los diversos residuos generados y su posterior tratamiento. También enumeraremos una serie de medidas para la prevención de residuos en la obra.

3.2.15. Plan de obra:

La duración estimada para nuestra obra es de 26 meses.

En el Anejo 15 *Plan de obra*, se realiza un diagrama de Gantt acorde a la duración estimada de nuestro proyecto y sus actividades, calculada en base a su medición.

3.2.16. Justificación de precios:

Para el cálculo del importe del Presupuesto de Ejecución Material se calculan los precios de las diversas unidades, que una vez aplicadas las mediciones obtenidas con anterioridad, permitirá obtener el presupuesto final de cada capítulo, en función de cada partida que lo compone.

Dentro del Anejo 16 *Justificación de precios*, se detallan los precios unitarios y descompuestos. Se han justificado los costes indirectos, que corresponden al 7% del acumulado por los distintos componentes de cada unidad.

3.2.17. Estudio de seguridad y salud:

El Anejo 18 *Estudio de seguridad y salud* se redacta en cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, teniendo como objetivos la prevención de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros que las actividades desarrolladas y medios materiales empleados puedan ocasionar durante la ejecución del proyecto de construcción.

El Estudio consta de cuatro partes:

- I.- Memoria
- II.- Planos
- III.- Pliego de prescripciones.
- IV.- Presupuesto.

4 RESUMEN DE PRESUPUESTOS

El Presupuesto de Ejecución material asciende a la cantidad de CATORCE MILLONES SEISCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE MIL SEISCIENTOS SESENTA Y UNO CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO (14.659.661,69 €).

El Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de VEINTIUN MILLONES CIENTO OCHO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO (21.108.446,87 €).

El presupuesto para conocimiento de la administración, que incluye la valoración de expropiaciones, asciende a TRES MILLONES CIENTO CUARENTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS (3.147.888 €)

5.- DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Documento nº 1 – Memoria

Memoria descriptiva.

Anejos a la memoria.

Anejo 1.- Antecedentes.

Anejo 2.- Cartografía y topografía.

Anejo 3.- Geología y geotecnia.

Anejo 4.- Estudio de tráfico.

Anejo 5.- Trazado geométrico

Anejo 6.- Estudio hidrológico y planteamiento de drenaje.

Anejo 7.- Firmes y pavimento.

Anejo 8.- Drenaje.

Anejo 9.- Movimiento de tierras.

Anejo 10.- Estructuras.

Anejo 11.- Evaluación ambiental.

Anejo 12.- Señalización, balizamiento y defensas.

Anejo 13.- Expropiaciones e indemnizaciones.

Anejo 14.- Estudio de gestión de residuos.

Anejo 15.- Plan de obra.

Anejo 16.- Justificación de precios.

Anejo 17.- Estudio de seguridad y salud.

Anejo 18.- Presupuesto para conocimiento de la administración.

Documento nº2 – Planos

Documento nº3 – Pliego de prescripciones técnicas particulares

Capítulo 1.- Disposiciones generales.

Capítulo 2.- Descripción de las obras.

Capítulo 3.- Unidades de obra.

Capítulo 4.- Condiciones generales.

Documento nº4 – Presupuesto

4.1.- Mediciones

4.1.1.- Mediciones auxiliares.

4.1.2.- Mediciones generales.

4.2.- Cuadros de precios

4.2.1.- Cuadro de precios nº 1.

4.2.2.- Cuadro de precios nº 2.

4.3.- Presupuestos

4.3.1.- Presupuestos parciales.

4.3.2.- Resumen de presupuestos.

6 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Se hace constar que las obras contenidas en este Proyecto cumplen IO exigida en el artículo 125 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas "Proyectos de Obra", ya que se trata de obras completas, susceptibles de ser entregadas al uso en el momento de su terminación.

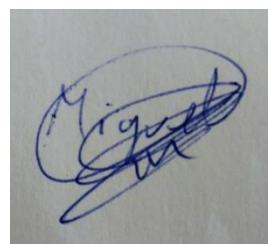
Igualmente se cumple lo dispuesto en los Artículos 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, y 133 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, de forma que las obras que nos ocupan constituyen una "obra completa" en el sentido expresado en el Art. 125 del citado Reglamento.

7 CONCLUSIÓN:

Considerando haber realizado el presente Trabajo de Fin de Grado con suficiente detalle para poder ser calificado satisfactoriamente, se firma la presente Memoria y se somete a la consideración del tribunal pertinente para su evaluación.

Úbeda, agosto de 2017

ALUMNO AUTOR DEL PROYECTO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Gómez Palacín', enclosed within a circular flourish.

Fdo.: Miguel Gómez Palacín

ANEJO 1: ANTECEDENTES.

Indice

1.1. Introducción	3
1.2. Vías pecuarias	3
1.3. Protección arqueológica.....	5
1.4. Calificación del suelo	5
1.5. Servicios afectados.....	6
1.5.1. Gas natural.....	6
1.5.2. Caminos rurales	7
1.5.3. Tendidos eléctricos.....	7

1.1. Introducción

La nueva carretera diseñada en este proyecto se construirá en la provincia de Jaén, en el término municipal de Porcuna. El fin de la construcción de dicha carretera es el de conectar las provincias de Jaén y Córdoba.

La nueva carretera de unión de ambas provincias irá próxima a la A-306, dándole descongestión a esta última y mejorando la comunicación entre las provincias.

También se tiene en cuenta que la carretera A-306 es el acceso principal a Porcuna por el norte. La nueva autovía facilitaría el acceso desde la misma y reducirá el tráfico en la carretera A-306, evitando así su congestión habitual en la época de aceituna a causa de la circulación de tractores y demás maquinaria pesada utilizada para su desarrollo.

En la Figura A1.1 se muestra el IMD de la carretera A-306.

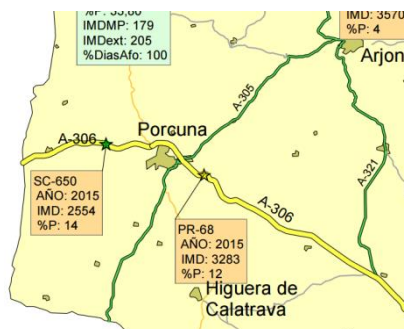


Imagen A1.1. IMD de A-403.

1.2. Vías pecuarias

Es importante prestar atención a las vías pecuarias, ya que con ellas se evita la destrucción o pérdida. Hay que tener en consideración especial a las vías pecuarias de la zona ya que es preciso evitar la pérdida o destrucción de estos elementos que estructuran el medio rural, ya que son fundamentales para el aprovechamiento de los recursos territoriales y para facilitar la relación entre el medio urbano y las actividades rurales.

En el PGOU de Porcuna, en su CAPÍTULO V. NORMAS DE PROTECCIÓN DE LOS BIENES DEMANIALES. En el artículo 337. Protección de las vías pecuarias y caminos rurales. establece lo siguiente en su apartado A):

La legislación aplicable al conjunto de vías pecuarias que discurren por el término municipal de Porcuna es: Ley 3/1995, de 23 de marzo y Decreto 155/1998 de

21 de julio de Defensa y Protección de la Red de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

En la zona de actuación existen tres vías pecuarias,

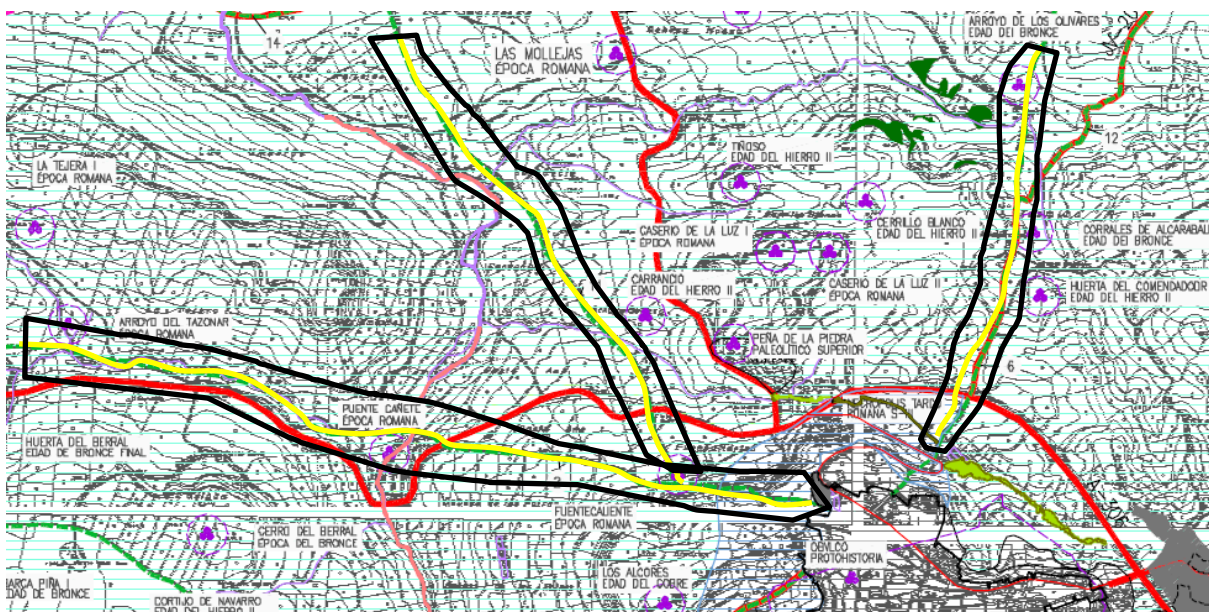
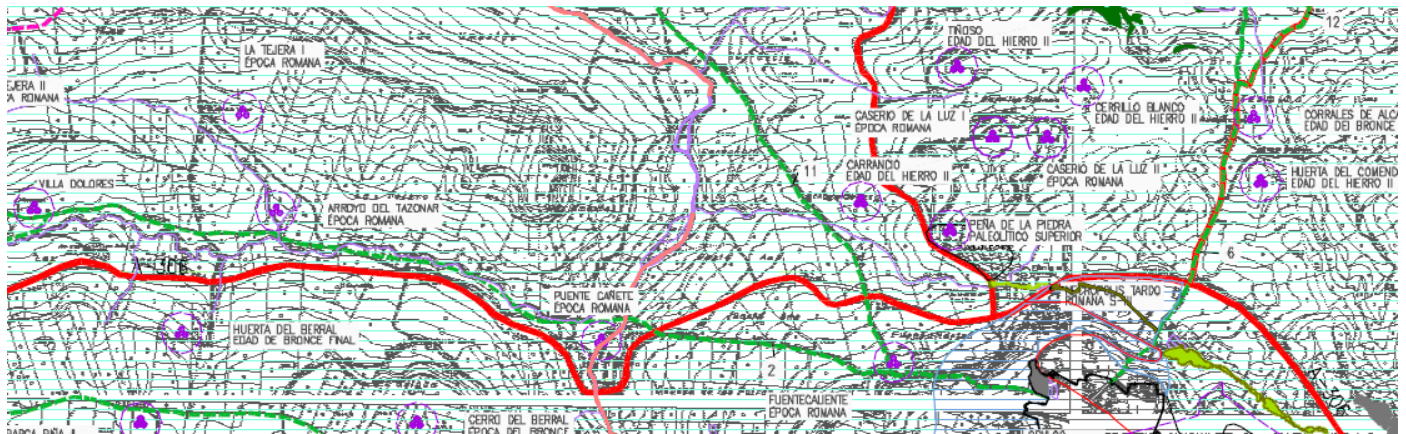


Imagen A1.2. Vías pecuarias.

La Ley 3/1995, de 23 de marzo, de vías pecuarias, en el Artículo 13 *Modificaciones por la realización de obras públicas sobre terrenos de vías pecuarias*, dentro del Capítulo III *Desafectaciones y modificaciones del trazado* dice que “cuando se proyecte una obra pública sobre el terreno por el que discurra una vía pecuaria, la Administración actuante deberá asegurar que el trazado alternativo de la vía pecuaria garantice el mantenimiento de sus características y la continuidad del tránsito ganadero y de su itinerario, así como los demás usos compatibles y complementarios de aquél”.

Para cualquier vía pecuaria que cruce a nuestra nueva carretera, se tiene que cumplir el punto dos del Artículo 13 de la ley que dice que “En los cruces de las vías pecuarias con líneas férreas o carreteras se deberán habilitar suficientes pasos al mismo o distinto nivel que garanticen el tránsito en condiciones de rapidez y comodidad para los ganados.



SUELO URBANO-URANIZABLE	
	SUELO URBANO-URANIZABLE
SUELO NO URBANIZABLE	
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ZONA DE EXPLOSIVOS
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ÁREAS ESTERIASAS, ZAE
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR LEGISLACIÓN ESPECÍFICA VEGETACIÓN FORESTAL
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR LEGISLACIÓN ESPECÍFICA WAS PEGUABAS
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR PLANTACIÓN URBANÍSTICA PROTECCIÓN ARQUEOLÓGICA
	ESPECIAL PROTECCIÓN POR PLANTACIÓN URBANÍSTICA PROTECCIÓN
	SUELO NO URBANIZABLE DE CARÁCTER NATURAL O RURAL

	SUELO NO URBANIZABLE DE CARÁCTER NATURAL O RURAL
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA MAGAS AGUAS INTERIORES
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ZONA INUNDABLE
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ZONAS FRÍAS HEMISFIO
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ZONAS DE INTERÉS COMUNITARIO VARIAS NO CULTIVADAS Y NO PRODUCTIVAS
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ÁREAS PRIORITARIAS ASES
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA SPA
	SUELO NO URBANIZABLE DE ESPECIAL PROTECCIÓN LEGISLACIÓN ESPECÍFICA ZONA SALVAGUARDIA

Imagen A1.4. Calificación del suelo.

1.5. Servicios afectados

1.5.1. Líneas de abastecimiento

El abastecimiento de agua del municipio se encuentra afectado por la obra a realizar, concretamente seá una canalización de fundición de $\varnothing=1575$.

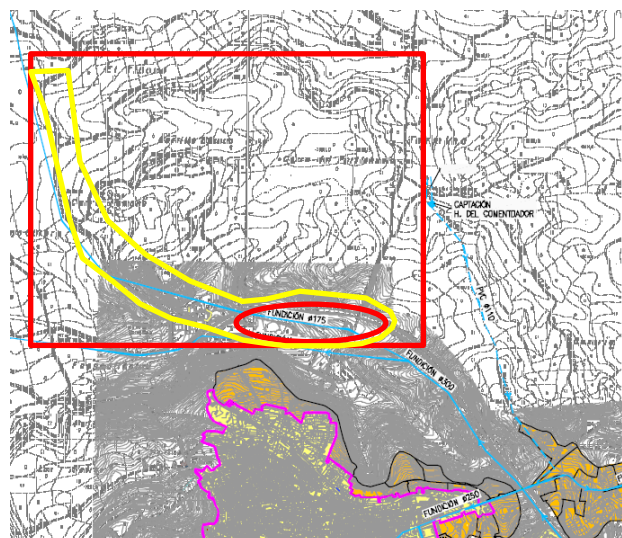


Imagen A1.5.1. Línea de abastecimiento.

1.5.2. Caminos rurales

En la zona en la que se va a construir la carretera existen dos caminos que dan acceso a las parcelas de uso agropecuario. No se pueden cortar ya que permiten el normal acceso y funcionamiento a las parcelas de producción agrícola. Se deben de disponer de los sistemas necesarios para la ejecución de la nueva carretera sin interrumpir el tráfico de dichos caminos, ya sea mediante pasos inferiores o superiores.

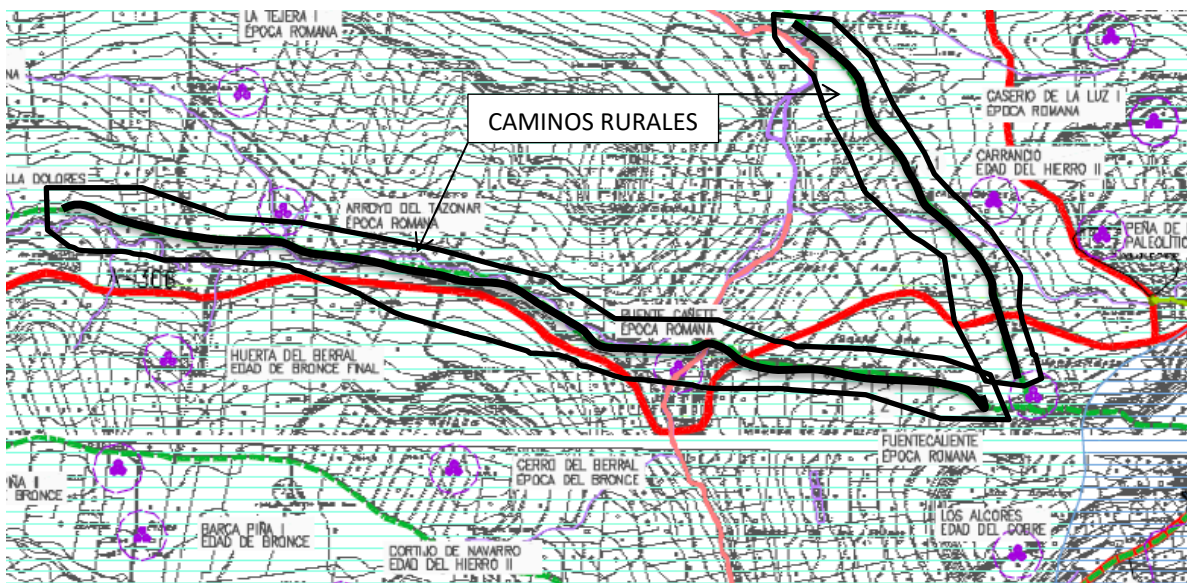


Imagen A1.5.2.. Caminos agrarios.

1.5.3. Tendidos eléctricos:

Atendiendo al plano del PGOU de Porcuna de infraestructuras de energía, en la dirección de la carretera A-6175 hay un tendido eléctrico. Habrá que contactar con la empresa encargada del servicio para evaluar y ejecutar la solución pertinente, si fuera necesario.

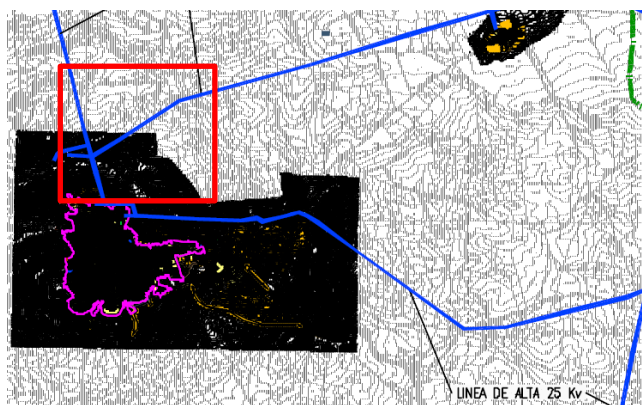


Imagen A1.5.3. Tendido eléctrico de la zona según plano PGOU

ANEJO 2: CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA.

Indice

2.1. Introducción	3
2.2. Método de obtención de superficie.....	3

2.1. Introducción:

Para la realización del proyecto se ha usado cartografía digitalizada a escala 1:10.000, con curvas de nivel equidistantes 10 m.

En este anejo se va a describir la obtención del modelo digital del terreno a través de Civil3D sobre el que se va a construir la carretera. Para ello se ha realizado completamente a través de software, careciendo de ningún tipo de trabajo cartográfico y/o topográfico de campo, ya que queda fuera del objeto del presente Trabajo de Fin de Grado y se carece de los medios necesarios para su realización.

2.2. Método de obtención de superficie:

Para la realización de nuestra superficie de trabajo solo es necesario crear la superficie con el programa Civil3D a partir de un archivo DWG disponible en la cartografía de la Junta de Andalucía y que contiene todas las curvas de nivel, carreteras, caminos y demás detalles de la zona con sus coordenadas y elevación correspondientes.

El método empleado para la creación de la superficie, se realiza con la ayuda de las curvas de nivel ya disponibles en el archivo DWG mencionado anteriormente.

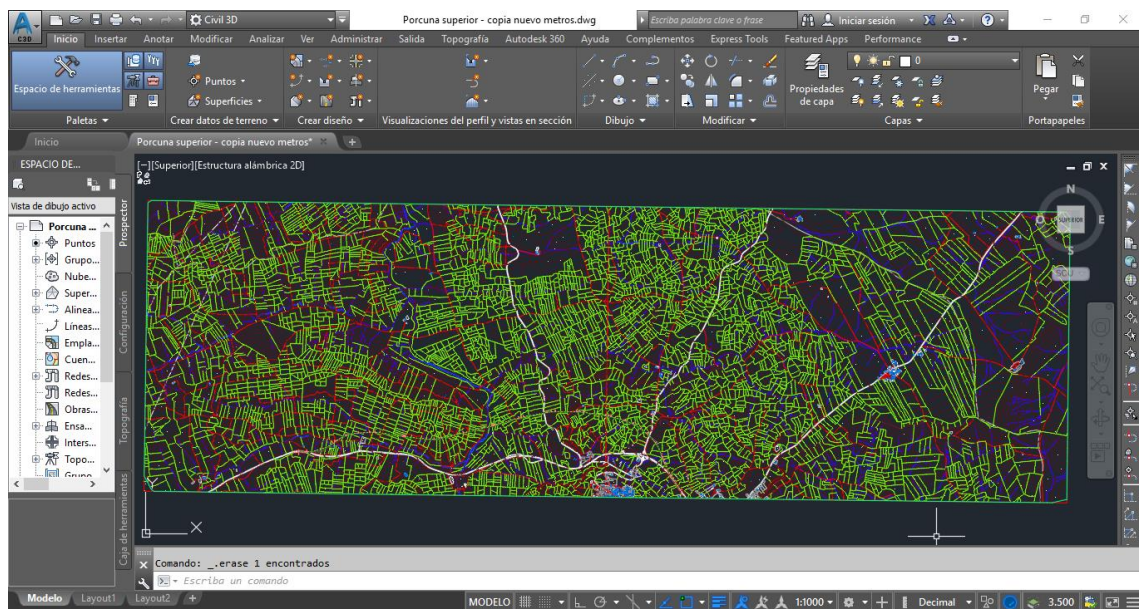


Imagen A2.1. Porcuna en .dwg.

El huso en la proyección UTM de la zona de estudio es el huso 30 norte. Como sistema de coordenadas geográficas mundial se usa el WGS84 que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas.

ANEJO 3: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.

Indice

3.1. Introducción	3
3.2. Marco geológico general. Estratigrafía.....	3
3.3. Geotecnia del corredor.....	5
3.4. Yacimientos y canteras. Vertederos.....	9
3.4.1. Yacimientos de arcillas.....	9
3.4.2. Yacimientos de areniscas.....	10
3.4.3. Yacimientos de yeso	10
3.4.4. Yacimientos de calizas	10
3.4.5. Yacimientos de gravas	11
3.4.5. Yacimientos de tripoli	11
3.4.5. Vertederos.....	12

3.1. Introducción

En el presente anejo se incluye el estudio geológico de la zona donde se desarrolla el proyecto. En éste se contempla una descripción general del entorno geológico y otros aspectos relacionados. Asimismo, se realiza el estudio de materiales con una relación de yacimientos, canteras, instalaciones de suministro y vertederos que pudieran ser necesarios para la obra.

Para la definición del marco geológico general se ha consultado la siguiente bibliografía procedente del Instituto Geológico y Minero de España:

- Mapa Geotécnico General. E1:200.000. Hoja 5-10, 77. Jaén.
- Mapa Hidrogeológico de España. E1:200.000. Hoja 5-10, 77. Jaén.
- Mapa Geológico de España. Serie Magna E1:50.000. Hoja 925, 18-37. Porcuna y Hoja 924, 17-37. Bujalance.

Para el reconocimiento geotécnico del corredor no se ha podido realizar un estudio adecuado al carecer de medios y quedar fuera del ámbito del presente Trabajo de Fin de Grado. Para dicho reconocimiento se va a basar el presente anejo en un estudio geotécnico realizado para un proyecto de mejora de la carretera A-306 entre los PK 16 y 34. Dicho estudio es correspondiente a la carretera que queremos darle mejora y por consiguiente es muy adecuado ya que está orientado a nuestro trabajo.

Por último, para la localización de los posibles yacimientos y canteras se ha usado el Mapa de Rocas Industriales. E1:200.000. Hoja 5-10, 77. Jaén.

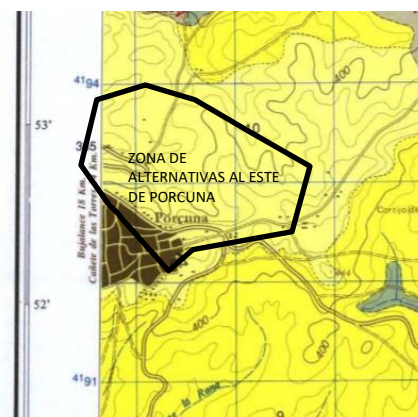
3.2. Marco geológico general. Estratigrafía

La zona objeto del proyecto se encuentra principalmente en ámbito de macizo hespérico. En el Mapa Geológico de la Serie Magna se observa cómo el trazado atraviesa una franja de margas y areniscas hasta el final del proyecto. Ambas pertenecen al Mioceno superior. También podremos hallar alguna zona de calizas.

LEYENDA

UNIDADES DE LA DEPRESION DEL GUADALQUIVIR Y DE LAS ZONAS EXTERNAS DE LAS CORDILLERAS BETICAS

CUATERNARIO		13	13 Aluvial y/o coluvial.
TERCIARIO	MIOCEN	12	12 Fondos de valle (suelos hidromorfos).
		11	11 Areniscas calizas bioclásticas y margas arenosas.
		10	10 Areniscas calizas bioclásticas y margas arenosas.
		9	9 Margas verdes-amarillentas con niveles de limos amarillos.
MIOCEN	SERRAVALLEN.	8	8 Calcarentas blancas y/o arenas silíceas.
		7	7 Formación blanca. Margas blancas arenosas (albarizas).
		6	6
		5	5



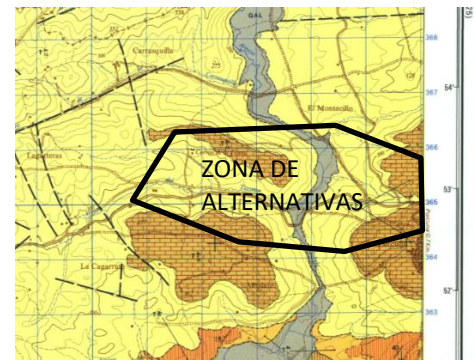
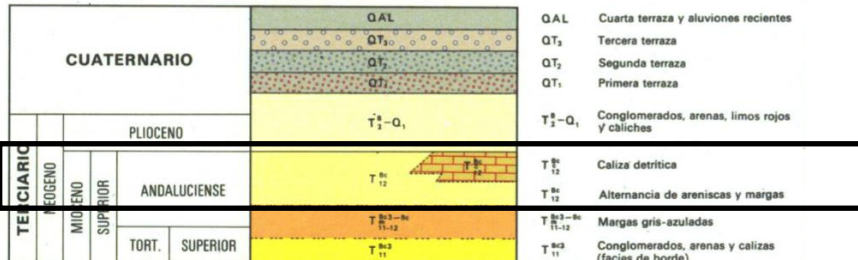


Imagen A3.2.1. Mapa Geológico de España. Serie MAGNA.

Por tanto, a lo largo del trazado predominan principalmente las margas y areniscas y también hay presencia de calizas. En su conjunto forman un terreno bastante impermeable, como se extrae del Mapa Hidrogeológico de España. El terreno presenta unas condiciones constructivas desfavorables con problemas de tipo geomorfológico, hidrológico y geotécnico.

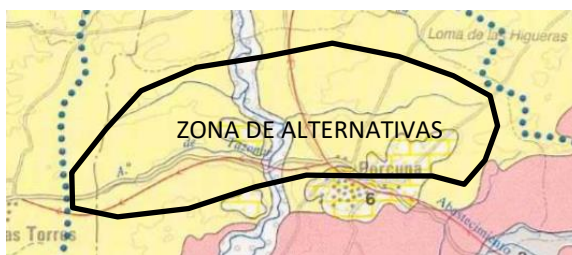


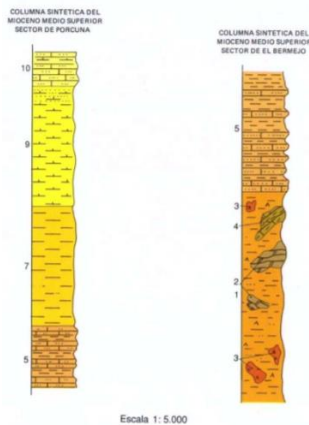
Imagen A3.2.2. Mapa Geológico de España. Serie MAGNA.

En conclusión la zona presenta grupos margosos, calcáreos y detríticos, tapizados por un recubrimiento arcillo-arenoso. Su resistencia a la erosión es deficiente presentando por tanto una morfología de formas alomadas. Toda el área se considera estable y sus materiales son, en pequeño, impermeables, admitiendo en grande cierta permeabilidad; el drenaje, aceptable, se efectúa por percolación y escorrentía. Es normal la existencia de niveles acuíferos en profundidad. Las características mecánicas son de

tipo medio, pudiendo aparecer problemas de capacidad de carga como consecuencia del bajo grado de cimentación.

Por tanto es importante conocer la capacidad portante del suelo. Es necesario caracterizar los primeros estratos del terreno para determinar el saneo y las capas necesarias para la ejecución de terraplenes.

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



Escala 1:5,000

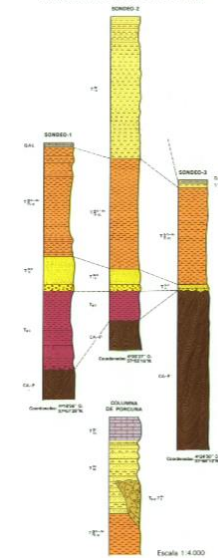
LEYENDA

UNIDADES DE LA DEPRESION DEL GUADALQUIVIR Y DE LAS ZONAS EXTERNAS DE LAS CORDILLERAS BETICAS



Imagen A3.2.3. Mapa Geológico de España. Serie MAGNA.

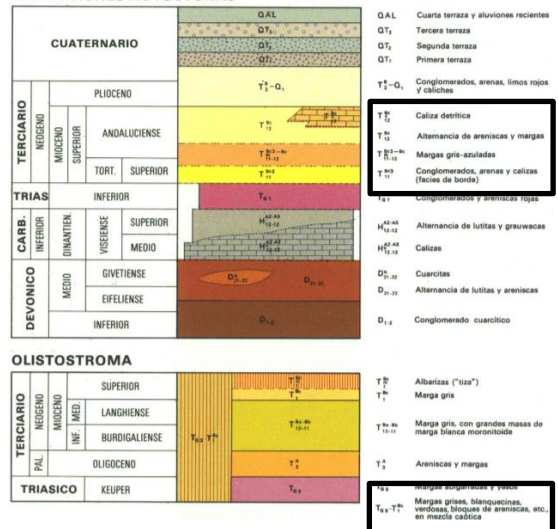
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN LAS PRINCIPALES UNIDADES O ZONAS



Escala 1:4,000

LEYENDA

FORMACIONES AUTOCTONAS



3.3. Geotecnia del corredor

Como se mencionaba en la introducción de este anejo, un estudio geotécnico real de la zona de nuestro corredor no forma parte del ámbito y posibilidades de nuestro Trabajo de Fin de Grado. Para caracterizar los materiales presentes en nuestra zona se va a usar como referencia un estudio geotécnico realizado para la mejora de la A-306

entre Porcuna y Bujalance. Este estudio está muy próximo a la zona donde se va a ubicar nuestro corredor.



Imagen A3.3. Situación del estudio geotécnico.

En dicho estudio geotécnico se realizó una toma de muestras y posteriormente se procedió a su ensayo en laboratorio.

En todos los casos, y en función de los resultados disponibles se clasifican los suelos según la Clasificación AASHTO.

Sobre las muestras se realizaron fundamentalmente ensayos de identificación (granulometrías, límites de Atterberg, químicos), ensayos Proctor Normal y CBR, orientados principalmente a la previsible utilización de los materiales en la ejecución de terraplenes y para la caracterización de la explanada.

A continuación se muestran los resultados más significativos que se han obtenido del estudio comentado anteriormente.

Ensayos de catas:

Cata	Descripción	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO		Límites de Atterberg			Sales solubles (%)	Sulfatos solubles (%)	Mat. orgánica (M.O%)	Yesos (%)	Densidad máx (gr/cm ³)	Humedad opt. (%)	CBR	Hinchamiento libre (%)	Índice de colapso
			Suelo	Índice de grupo	L.L	L.P	I.P									
1	Arcilla arenosa	CL	A-6	75	29,00	14,30	14,70	0,32	<0,01	0,37		1,76	13,20	3,58	1,10	0,75
2	Arcilla alta plasticidad	CH	A-7	107	56,00	21,90	34,10	0,33	14,51	0,14		1,59	19,80	3,36	2,40	0,85
3	Arcillas poco	CL	A-7	103	49,60	18,70	30,90	0,39	<0,01	0,55		1,65	19,40	3,14	2,60	0,80
4	Arcillas alta plasticidad	CH	A-7	113	62,70	20,40	42,30	0,38	1,31	0,11		1,58	18,50	3,25	2,80	0,90
5	Arcillas alta plasticidad	CH	A-7	112	59,80	21,40	38,40	0,32	7,63	0,15		1,44	16,10	3,05	2,50	0,85

Ensayos sondeos:

Sondeo	Profundidad	R.Comp Simple (Kp/cm ²)	Deform.en rotura E (%)	Densidad húmeda (gr/cm ³)	Densidad seca (gr/cm ³)	Humedad natural (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASTHO		Límites de Atterberg		
								Suelo	Índice de grupo	L.L	L.P	I.P
SR-1	2,10-2,40	2,97	3,60	2,19	1,92	14,2	CL	A-6	75	35,0	18,2	16,8
	3,30-3,60	3,03	1,80	2,27	1,97	16,3	CL	A-6	75	35,1	18,6	16,6
	6,30-6,70	2,19	2,71	2,09	1,78	17,5	CH	A-7	103	43,3	17,4	25,8
SR-2	6,00-6,30	1,59	3,53	2,16	1,83	17,5	CH	A-7	103	37,0	16,7	20,4
SR-3	14,40-14,70	2,62	3,39	2,07	1,83	12,8	CH	A-7	112	38,4	15,8	22,6

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento..3. Tablas estudio geotécnico.

Atendiendo nuestros datos expuestos anteriormente, concluiremos que el tipo de suelo predominante en la zona de nuestro proyecto será de tipo tolerables según el artículo 330 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Este artículo establece que un suelo tolerable ha de cumplir las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento ($MO < 2 \%$), según la norma UNE103204.
- Contenido en yeso inferior al cinco por ciento ($yeso < 5 \%$), según la norma NLT 115.
- *Contenido en otras sales solubles distintas del yeso inferior al uno por ciento ($SS < 1 \%$), según la norma NLT-114.*
- *Límite líquido inferior a sesenta y cinco ($LL < 65$), según la norma UNE 103103.*
- *Si el límite líquido (LL) es $LL > 40$, el índice de plasticidad (IP) será $IP > 0,73 (LL-20)$.*
- *Los asentos en los ensayos de colapso serán inferiores al uno por ciento (1%), según la norma NLT-254, para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal de la norma UNE 103500, y presión de ensayo de dos décimas de megapascal ($0,2 \text{ MPa}$).*
- *El hinchamiento libre según la norma UNE 103601 será inferior al tres por ciento (3%), para muestra remoldeada según el ensayo Próctor normal de la norma UNE 103500.*

Atendiendo a lo expuesto en el artículo 330 del PG-3, entre otras características, el material a emplear para formar el cimientado y/o el núcleo debe tener un CBR igual o superior a 3. En los ensayos realizados se supera el valor anteriormente mencionado de 3, por lo que el terreno se considerará definitivamente un suelo tolerable y por consiguiente no será necesario recurrir a materiales de préstamo para formar la cimentación del firme, ni mejorar del terreno, aunque sí para la coronación.

Nuestro estudio geotécnico de referencia, habla de un terreno fácilmente ripable y excavable por medios mecánicos habituales.

De nuestro estudio también se desprende que los demontes para ese terreno tendrán en líneas generales una estabilidad aceptable en taludes de relación 3H/1V. Como medida genérica, cabe indicar complementariamente, la necesidad de proceder a la conveniente limpieza y desbroce del terreno de apoyo (tierra vegetal y/o de labor, rellenos y vertidos en su caso, etc.) en un espesor medio general que se podría estimar entorno a los 30 cm.

3.4. Yacimientos y canteras. Vertederos

La información necesaria para el estudio de los yacimientos de la zona se extrae el Mapa de Rocas Industriales, E1:200.000, hoja 5-10, 77, Jaén; y la memoria correspondiente a dicha hoja.

Como se puede observar en la imagen A3.5, en la cercanía de la zona de proyecto existen diversos yacimientos y canteras de los cuales se pueden extraer los materiales necesarios para la construcción de la carretera.

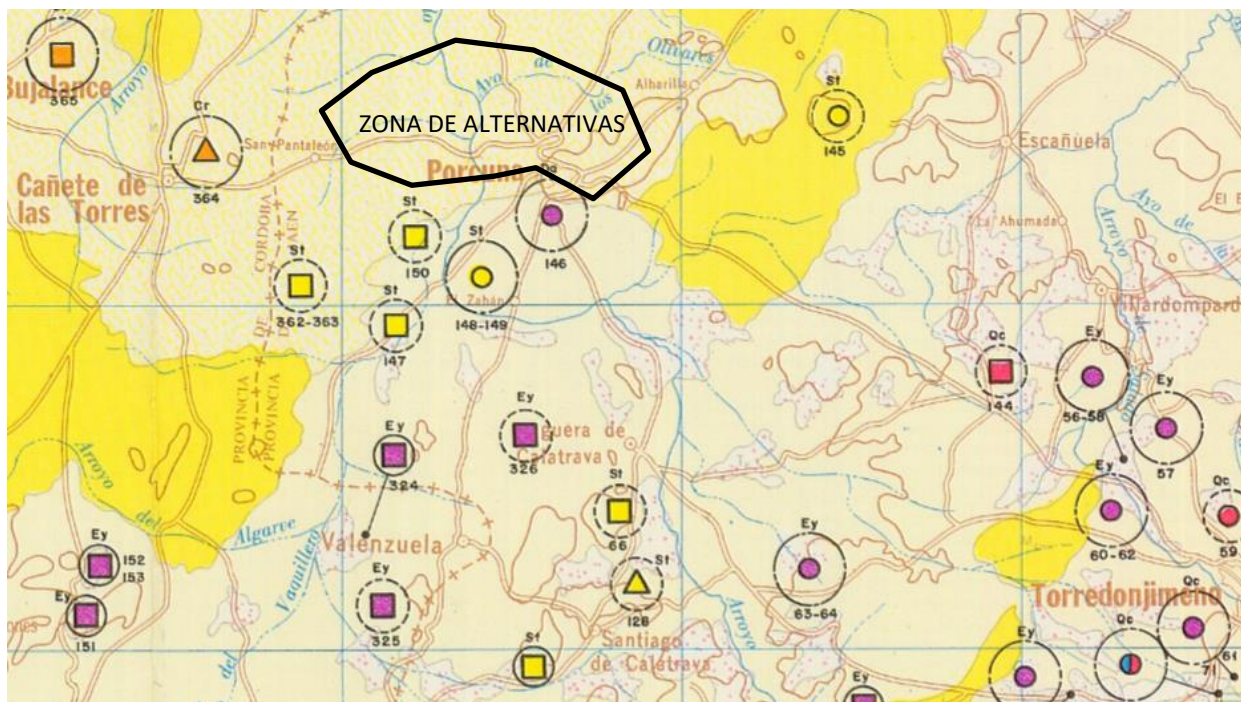


Imagen A3.4. Mapa de Rocas Industriales. Alcalá la Real.

A continuación se va a redactar las características de los materiales que se exponen en la memoria correspondiente a dicha hoja 77.

3.4.1. Yacimientos de arcillas

El suelo que se puede extraer de los yacimientos número 365 y 364 se clasifica como tierra limo arcillosa según la clasificación de Publics Roads Administration, teniendo en cuenta los datos que hay para la zona de Martos, que es la más cercana con registros a nuestra zona. En esta zona hay presencia de sulfatos y el porcentaje de carbonato cálcico es del 9,10 %.

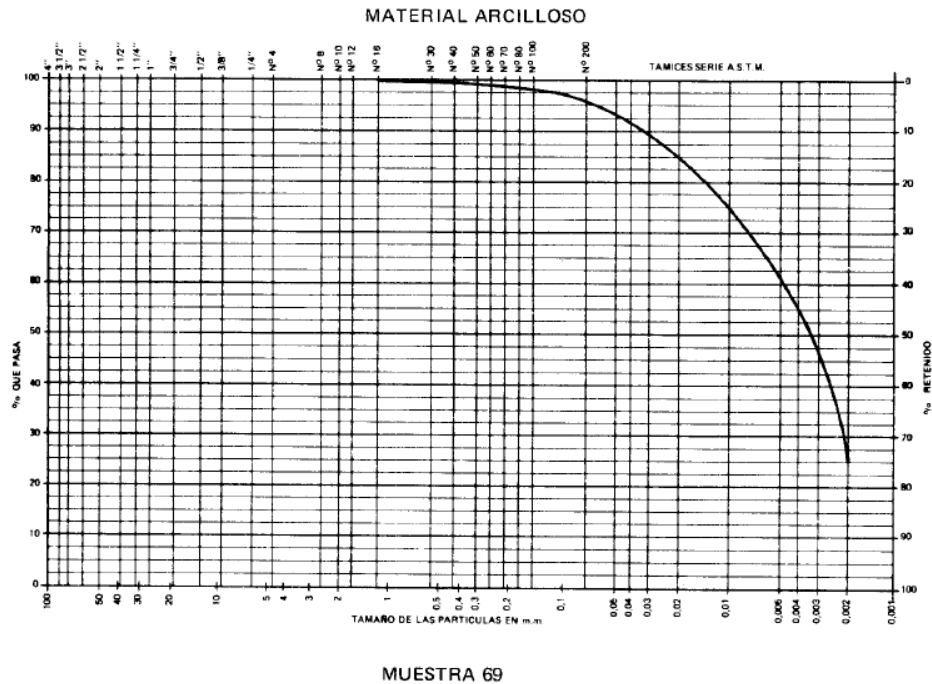


Imagen A3.4.1. Curva granulométrica de una muestra del yacimiento 69.

3.4.2. Yacimientos de areniscas

El yacimiento 146 es de este tipo. En este caso no se dispone de curvas granulométricas.

3.4.3. Yacimientos de yeso

Los yacimientos 324, 325 y 326 son de este tipo. En este caso no se dispone de curvas granulométricas.

3.4.4. Yacimientos de calizas

Son de este tipo los yacimientos 144 y 59. Las calizas de la zona proporcionan por machaqueo áridos de muy buena calidad que se utilizan en toda la zona para carreteras y otras obras. Hay que tener en cuenta que los áridos de mejor calidad son los obtenidos del machaqueo de las calizas triásicas, que tienen mayor peso específico, un coeficiente de desgaste medio y baja absorción. Las calizas cretácicas, presentan un coeficiente de desgaste bajo y proporcionan áridos de buena calidad para hormigones.

El uso de áridos de machaqueo es más beneficioso dado que tiene mejores características que los obtenidos con los áridos rodados. Al presentar los granos

3.4.7. Vertederos

La población de Porcuna ya no dispone de vertedero, por lo que atendiendo al mapa de la web de RESUR SA que gestiona los residuos de la provincia, el vertedero más cercano sería el de Jaén.

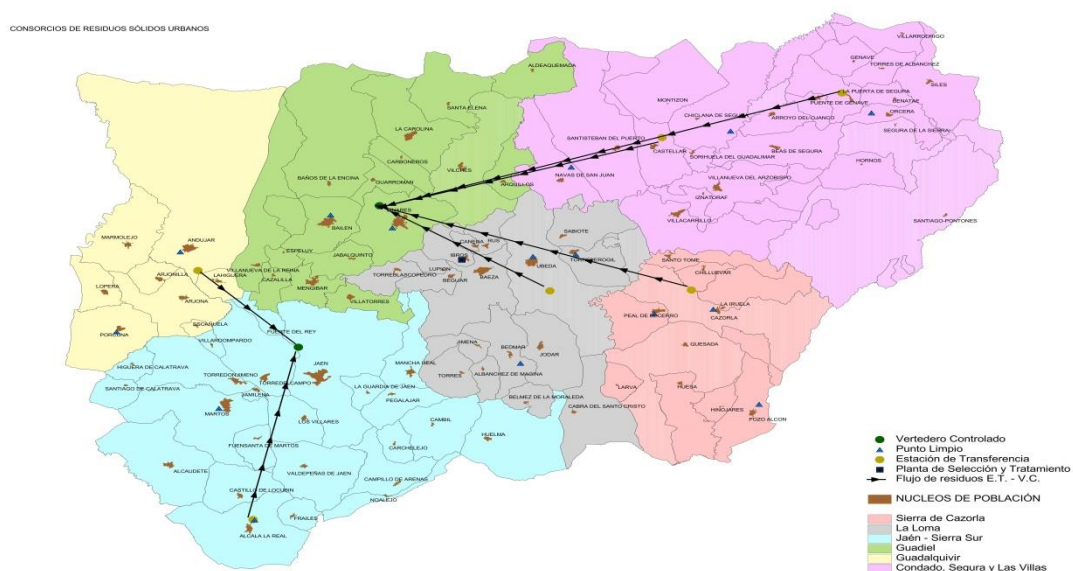


Imagen A3.4.7. Mapa Geológico de España. Serie MAGNA.

ANEJO 4: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Indice

4.1.	Introducción y antecedentes	3
4.2.	Desarrollo de las alternativas de trazado.....	4
4.2.1.	Alternativa 1	4
4.2.2.	Alternativa 2	6
4.2.3.	Alternativa 3	8
4.3.	Resumen de alternativas	10
4.4.	Matriz de decisión: Elección de la alternativa.....	11
	Anexo 1: Planos de alternativas no elegidas.....	25

4.1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Porcuna es una ciudad y municipio español situado al suroeste de la provincia de Jaén, a 42 km de la capital de la provincia y que se sitúa en la comarca de la Campiña de Jaén. En el año 2014 contaba con una población empadronada de 6.630 habitantes.

Está ubicada en una zona de tierra fértil, en la que en gran medida no existen accidentes geográficos importantes y en un cruce de caminos que pone en contacto las tierras de Jaén con la campiña cordobesa.

El término municipal limita al norte con Lopera, al noroeste con Bujalance, al noreste con Arjona, al oeste con Cañete de las Torres, al este con Arjona y Torredonjimeno, al suroeste con Baena, al sur con Valenzuela y al sureste con Higuera de Calatrava. Se encuentra bastante vinculado a Jaén por su proximidad y buena comunicación.

La red de carreteras cercanas a Porcuna son la A-306, que une Jaén con Córdoba, y la A-305 que va de Andújar a Baena. Como carreteras cercanas de menor importancia tenemos la A-6175, JV-4401 y JV-2932.

En torno a la red de carreteras que engloba a Porcuna se desarrolla un gran número de desplazamientos, sobre todo en la campaña de la aceituna y la posteriormente en la distribución del aceite y demás derivados de la aceituna, por lo que el numeroso tránsito de vehículos agrícolas genera una gran congestión del trazado actual de las carreteras. Por este motivo y entre otros de peso, como es el de unir directamente la capital jienense con la capital cordobesa, se genera este estudio de viabilidad de las diferentes alternativas propuestas.

El presente “Análisis de alternativas del planteamiento de la continuación de la A-316” pretende la búsqueda de la mejor solución de las variantes de trazado para su posterior desarrollo en futuros documentos con mayor nivel de detalle.

4.2. Desarrollo de las alternativas de trazado:

La alternativa cero se ha tenido en cuenta para la elaboración de este estudio. Ésta consistía en el desdoblamiento de la carretera A-306. Pero para esta alternativa habría que tener en cuenta la construcción de una vía de servicio paralela al actual trazado para dar servicio a todos los usuarios que no estuvieran autorizados a usar una vía de las características de la nuestra. Este desdoblamiento sumado a la realización de una nueva vía de servicio conllevaría una alternativa económicamente menos viable para la resolución del problema que plantea eliminar o mitigar este proyecto.

A continuación, explicaremos las alternativas que se proponen para el trazado de la autovía-316, viendo las características que presentan cada una para posteriormente elaborar la matriz de decisión que decidirá la más apropiada para la realización de este proyecto.

4.2.1. Alternativa 1

La realización de la alternativa 1 se ha diseñado mediante la Norma 3.1-IC siguiendo los valores mínimos para la composición del trazado en planta (FOTO 1) y el trazado en alzado para la confección de la rasante (FOTO 2), con lo que podemos visualizar como quedaría planteada esta alternativa:

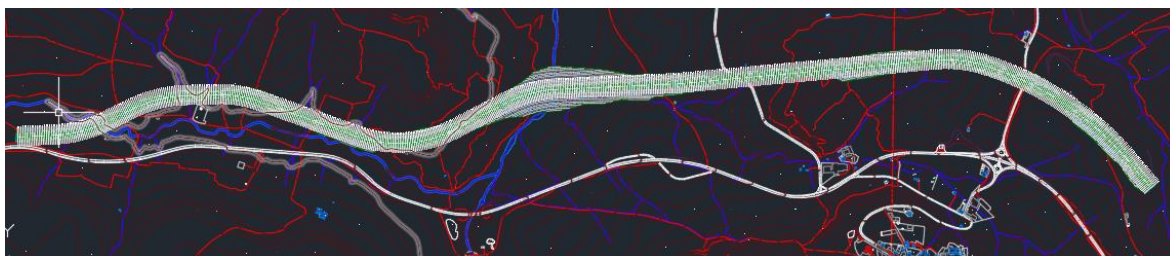


FOTO 1 – TRAZADO

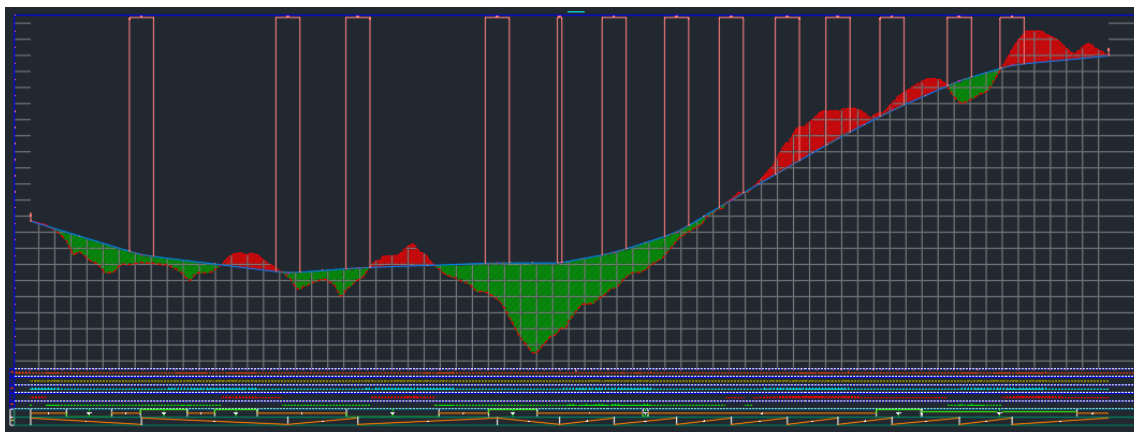


FOTO 2 - RASANTE

Este trazado posee una longitud de 6+662,10m. Se caracteriza por un trazado que debe salvaguardar dos cotas, entre las cuales se denota una clara depresión entre nuestros dos puntos. A pesar de ello, se ha conseguido diseñar un trazado con una elevada pendiente, aunque dentro de ese $\pm 6\%$. Las pendientes obtenidas del trazado se verifican mediante la normativa (3.1-IC) y se establece que cumple con la velocidad de proyecto prevista ($v_p = 120\text{km/h}$).

Este trazado no afecta a líneas de alta intensidad u otros servicios públicos que requieran de su reposición inmediata por lo que este punto no afectará a la valoración de la alternativa si se diera el mismo caso en las demás. De lo contrario este hecho será claramente positivo a la hora de la valoración.

Nuestro nuevo trazado si repercute en el catastro agrario, el cual nos muestra que el trazado discurre por terrenos del olivar. Puesto que la extensión a expropiar sería influenciada por el precio del olivar, este apartado no tendrá peso a la hora de comparar las alternativas expuestas, salvo a tener en cuenta de manera tenue la diferencia producto de una mayor o menor longitud del trazado. En este apartado, sí habrá que prestar mucha atención en el caso de existir alguna edificación que requiera de expropiación. En nuestro caso, esta alternativa está influenciada por la superficie de olivar que se requiera expropiar.

Las actuaciones a realizar sobre el terreno para la ejecución de la obra se calculan mediante el movimiento de tierras, calculado mediante el programa de la siguiente manera:

Terraplén (m^3)	1.107.098,23
Desmante (m^3)	2.036.714,70

Tabla 1

Con los datos obtenidos en el movimiento de tierras, podemos determinar que cantidad de material de relleno necesitaríamos o cuanto material nos sobraría. En nuestro caso nos sobra $929.616,47 m^3$ de material.

Los taludes de nuestro proyecto, tanto en terraplén como en desmante, se han planteado como 3/2 debida a la geología que tenemos (arcillas arenosas). Atendiendo a los taludes que generemos según nuestro trazado y la orografía del terreno, habrá que tener en cuenta si será necesaria la realización de muros de contención para los mismos. Este factor se tendrá en cuenta según los metros lineales que se tendrán que disponer de muro para contención del talud. Esta alternativa necesitará de 2875 metros de muro.

Este trazado requiere de varias obras estructurales, que habría que considerar puesto que puede incrementar la valoración presupuestaria del mismo. Las obras estructurales que habría que considerar, corresponden con un pasos para salvaguardar las vías pecuarias, una obra de viaducto para superar el arroyo del Salado, que se encuentran en la zona y dos pasos inferiores para evitar la confluencia de nuestra autovía con dos carreteras ya existentes (A-6175 y JA-4401). En esto

último habría que prever un corte sobre las carreteras ya construidas según el procedimiento de ejecución a realizar para llevar a cabo la obra estructural u optar por desplazar el paso a nivel unos metros respecto al trazado original de nuestras carreteras y posteriormente conectarlo a esa carretera, evitando así el corte de tráfico y por consiguiente el desvío del mismo por otro trazado.

4.2.2. Alternativa 2

La realización de la alternativa 2 se ha diseñado mediante la Norma 3.1-IC siguiendo los valores mínimos para la composición del trazado en planta (FOTO 3) y el trazado en alzado para la confección de la rasante (FOTO 4), con lo que podemos visualizar como quedaría planteada esta alternativa:



FOTO 3 – TRAZADO

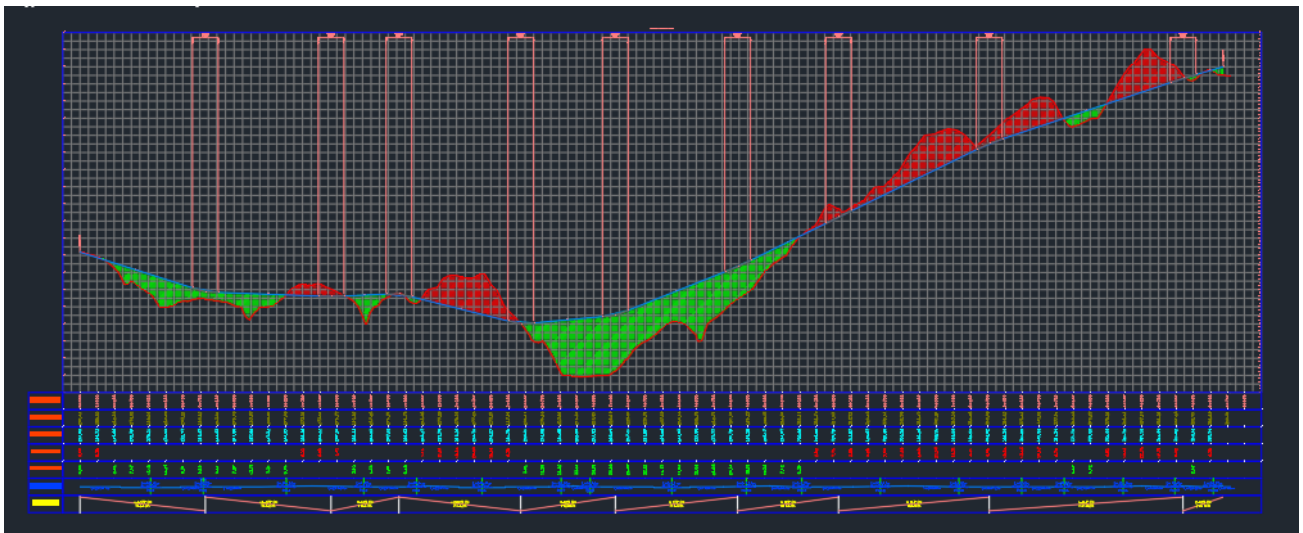


FOTO 4 - RASANTE

Este trazado posee una longitud de 6+719,90m. Se caracteriza por un trazado que debe salvaguardar dos cotas, entre las cuales se denota una clara depresión entre nuestros dos puntos. A pesar de ello, se ha conseguido diseñar un trazado con una elevada pendiente, aunque dentro de ese $\pm 6\%$. Las pendientes obtenidas del trazado

se verifican mediante la normativa (3.1-IC) y se establece que cumple con la velocidad de proyecto prevista ($v_p = 120 \text{ km/h}$).

Este trazado no afecta a líneas de alta intensidad u otros servicios públicos que requieran de su reposición inmediata por lo que este punto no afectará a la valoración de la alternativa si se diera el mismo caso en las demás. De lo contrario este hecho será claramente positivo a la hora de la valoración.

Nuestro nuevo trazado si repercute en el catastro agrario, el cual nos muestra que el trazado discurre por terrenos del olivar. Puesto que la extensión a expropiar sería influenciada por el precio del olivar, este apartado no tendrá peso a la hora de comparar las alternativas expuestas, salvo a tener en cuenta de manera tenue la diferencia producto de una mayor o menor longitud del trazado. En este apartado, sí habrá que prestar mucha atención en el caso de existir alguna edificación que requiera de expropiación. En nuestro caso, esta alternativa está influenciada por la superficie de olivar que se requiera expropiar.

Las actuaciones a realizar sobre el terreno para la ejecución de la obra se calculan mediante el movimiento de tierras, calculado mediante el programa de la siguiente manera:

Terraplén (m^3)	1.245.682,43
Desmante (m^3)	2.256.483,27

Tabla 1

Con los datos obtenidos en el movimiento de tierras, podemos determinar que cantidad de material de relleno necesitaríamos o cuanto material nos sobraría. En nuestro caso nos falta/sobra $1.010.800,84 \text{ m}^3$ de material.

Los taludes de nuestro proyecto, tanto en terraplén como en desmante, se han planteado como 3/2 debida a la geología que tenemos (arcillas arenosas). Atendiendo a los taludes que generemos según nuestro trazado y la orografía del terreno, habrá que tener en cuenta si será necesaria la realización de muros de contención para los mismos. Este factor se tendrá en cuenta según los metros lineales que se tendrán que disponer de muro para contención del talud. Esta alternativa necesitará de 3125 metros de muro.

Este trazado requiere de varias obras estructurales, que habría que considerar puesto que puede incrementar la valoración presupuestaria del mismo. Las obras estructurales que habría que considerar, corresponden con un pasos para salvaguardar las vías pecuarias, una obra de viaducto para superar el arroyo del Salado, que se encuentran en la zona y dos pasos inferiores para evitar la confluencia de nuestra autovía con dos carreteras ya existentes (A-6175 y JA-4401). En esto último habría que prever un corte sobre las carreteras ya construidas según el procedimiento de ejecución a realizar para llevar a cabo la obra estructural u optar por desplazar el paso a nivel unos metros respecto al trazado original de nuestras carreteras y posteriormente conectarlo a esa carretera, evitando así el corte de tráfico y por consiguiente el desvío del mismo por otro trazado.

4.2.3. Alternativa 3

La realización de la alternativa 3 se ha diseñado mediante la Norma 3.1-IC siguiendo los valores mínimos para la composición del trazado en planta (FOTO 5) y el trazado en alzado para la confección de la rasante (FOTO 6), con lo que podemos visualizar como quedaría planteada esta alternativa:



FOTO 5 – TRAZADO

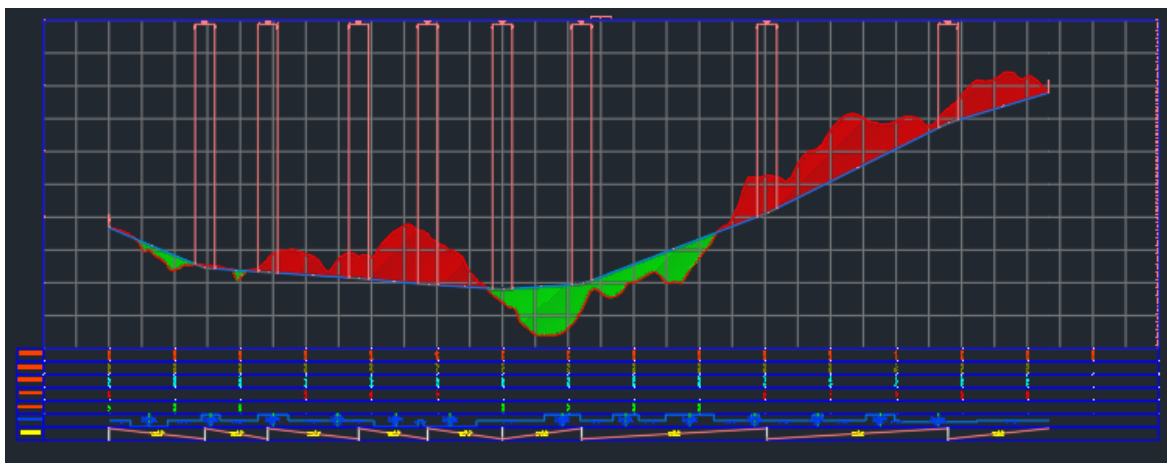


FOTO 6 - RASANTE

Este trazado posee una longitud de 7+161m. Se caracteriza por un trazado que debe salvaguardar dos cotas, entre las cuales se denota una clara depresión entre nuestros dos puntos. A pesar de ello, se ha conseguido diseñar un trazado con una elevada pendiente, aunque dentro de ese $\pm 6\%$. Las pendientes obtenidas del trazado se verifican mediante la normativa (3.1-IC) y se establece que cumple con la velocidad de proyecto prevista ($v_p = 120\text{km/h}$).

Este trazado no afecta a líneas de alta intensidad u otros servicios públicos que requieran de su reposición inmediata por lo que este punto no afectará a la valoración de la alternativa si se diera el mismo caso en las demás. De lo contrario este hecho será claramente positivo a la hora de la valoración.

Nuestro nuevo trazado si repercute en el catastro agrario, el cual nos muestra que el trazado discurre por terrenos del olivar. Puesto que la extensión a expropiar sería influenciada por el precio del olivar, este apartado no tendrá peso a la hora de comparar las alternativas expuestas, salvo a tener en cuenta de manera tenue la diferencia producto de una mayor o menor longitud del trazado. En este apartado, sí habrá que prestar mucha atención en el caso de existir alguna edificación que requiera de expropiación. En nuestro caso, esta alternativa está influenciada por la superficie de olivar que se requiera expropiar.

Las actuaciones a realizar sobre el terreno para la ejecución de la obra se calculan mediante el movimiento de tierras, calculado mediante el programa de la siguiente manera:

Terraplén (m^3)	1.573.561,68
Desmante (m^3)	2.864.297,38

Tabla 1

Con los datos obtenidos en el movimiento de tierras, podemos determinar que cantidad de material de relleno necesitaríamos o cuanto material nos sobraría. En nuestro caso nos falta/sobra 1.290.735,70 m^3 de material.

Los taludes de nuestro proyecto, tanto en terraplén como en desmante, se han planteado como 3/2 debida a la geología que tenemos (arcillas arenosas). Atendiendo a los taludes que generemos según nuestro trazado y la orografía del terreno, habrá que tener en cuenta si será necesaria la realización de muros de contención para los mismos. Este factor se tendrá en cuenta según los metros lineales que se tendrán que disponer de muro para contención del talud. Esta alternativa necesitará de 3420 metros de muro.

Este trazado requiere de varias obras estructurales, que habría que considerar puesto que puede incrementar la valoración presupuestaria del mismo. Las obras estructurales que habría que considerar, corresponden con un pasos para salvaguardar las vías pecuarias, una obra de viaducto para superar el arroyo del Salado, que se encuentran en la zona y dos pasos inferiores para evitar la confluencia de nuestra autovía con dos carreteras ya existentes (A-6175 y JA-4401). En esto último habría que prever un corte sobre las carreteras ya construidas según el procedimiento de ejecución a realizar para llevar a cabo la obra estructural u optar por desplazar el paso a nivel unos metros respecto al trazado original de nuestras carreteras y posteriormente conectarlo a esa carretera, evitando así el corte de tráfico y por consiguiente el desvío del mismo por otro trazado.

4.3. Resumen de alternativas

Una vez que hemos descrito cada una de nuestras alternativas, para determinar el trazado más idóneo de la vía es conveniente comparar las características más esenciales con el siguiente cuadro resumen:

Características	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Longitud del trazado	6+662,10m	6+719,90m	7+161m
Pendiente máxima	+5.95%	+5.94%	+5.97%
Estructuras M.T.	ml	ml	ml
Servicios afectados	NINGUNO	NINGUNO	NINGUNO
Obras estructurales	4	4	4
Expropiaciones (Edf.)	0	0	0

Tabla 4

Estas características serán de suma importancia a la hora de realizar nuestras matrices de decisiones, con las que podremos determinar cual es la mejor alternativa de las tres que estamos planteando. Además de otras características menos determinantes que se añadirán a la hora de construir la matriz que pasaremos a comentar a continuación.

En este resumen de alternativas, también se contemplará el diseño planteado, que aunque lo hemos comentado anteriormente, pero se desglosara de forma más técnica en el apartado de este documento correspondiente al Anejo de Planos, donde se visualizaran el planteamiento seguido para cada alternativa.

4.4. Matriz de decisión: elección de la alternativa

Inicialmente para el desarrollo de este apartado vamos a aplicar el Método AHP, el cual es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios. Estos criterios se pueden resumir en los siguientes:

- Funcionalidad: mejora de tráfico y niveles de servicio. Mide la reducción del tiempo de paso por un tramo, disminuyendo con ellos los accidentes, la polución, etc. Por lo que el parámetro que se medirá en este apartado será la longitud del trazado planteado.
- Afecciones al planeamiento urbano: mide el efecto al planeamiento urbano previsto para la zona, en la que se plantean las alternativas en sus normas subsidiarias o PGOU, determina el ámbito territorial de cada una de las distintas clases de suelo, ordena el suelo urbano, fija la regulación general del suelo urbanizable y establece las normas de protección del suelo no urbanizable. Para nuestro caso, no se ha tenido en cuenta puesto que el suelo caracterizado por donde pasan los trazados es urbanizable, luego no será un factor determinante que marque la diferencia entre alternativas.
- Impacto ambiental: efecto causado por una actividad humana sobre el medio ambiente. En nuestro caso, determinar la potencialidad del efecto de la carretera sobre el medio que gira alrededor del trazado proyectado.
- Estudio geológico: descripción de los accidentes geográficos más representativos, que afectan de manera concreta al trazado. Este factor no está introducido como tal sobre la matriz que vamos a realizar, pero si se encuentra de forma indirecta, ya que el trazado ha sido marcado por los accidentes geográficos característicos de la zona donde hemos planteado dichas alternativas.
- Definición geométrica: elaboración de la geometría del trazado de una vía tanto en planta, alzado y sección transversal. Un buen trazado en una vía es muy importante a la hora de la realización del proyecto, de esta dependerá la comodidad y seguridad del usuario de la vía. Estas premisas están influenciadas por la pendiente de dichos trazados.
- Movimiento de tierras: cantidad de tierras que habrá que mover o colocar dependiendo de las características del terreno y de donde vayamos a ejecutar el trazado de la vía. El movimiento de tierras va a depender, a parte del terreno, de la de definición geométrica que se realice. También influirá a este apartado,

el volumen de relleno a comprar para la terminación del movimiento de tierras adecuadamente.

- Servicios afectados: reposición de todos los servicios que intercedan sobre el trazado y se tengan que trasladar por consiguiente de su posición original a otra debido al paso del trazado de una vía. Estos servicios pueden ser de todo tipo: eléctricos, tuberías, arquetas, obras de fábrica, etc. También se pueden ver afectadas otras vías de comunicación que se vean intersectadas por el trazado planteado.

- Expropiaciones: ocupación de fincas colindantes. Al proceder a una selección del trazado de una vía, debemos pensar que el suelo por donde va a pasar no es nuestro, sino que es de otro propietario, por lo que se tendrá que proceder a hacer las convenientes expropiaciones de las parcelas afectadas.

- Duración de obra: tiempo estimado para la ejecución de la obra según lo planteado en cada caso y los inconvenientes que determinaran una ejecución más tardía de las alternativas planteadas.

- Obras estructurales: este factor determina si requiere de la necesidad de una obra estructural (túneles, puentes o pasos inferiores o a nivel) porque se necesite salvaguardar dos puntos conflictivos del trazado planteado.

- Obras de contención de tierras: este factor evalúa la cuantía de metros lineales necesarios para construir un muro en los taludes más pronunciados a nivel de altura que puedan producir un deslizamiento hacia la carretera. Con la construcción de estos muros de contención se guardaría la seguridad de la carretera frente a los movimientos de tierras que pueden influir en el trascurso operático de la misma.

- Evaluación económica: rentabilidad del proyecto del trazado de una vía al cabo de los años de construcción. Habrá que preguntarse si es necesario y rentable realizar esta vía, debido al gasto económico que se tiene que invertir.

El Método AHP señala una preferencia o prioridad con respecto a cada alternativa de decisión en términos de la medida en la que contribuya a cada criterio. Teniendo la información sobre la importancia relativa y las preferencias, se utiliza el proceso matemático denominado síntesis para resumir la información y para

proporcionar una jerarquización de prioridades de las alternativas, en términos de la preferencia global.

Las comparaciones pareadas son bases fundamentales de este método. Se utiliza una escala subyacente con valores de 1 a 9 para calificar las preferencias relativas de las alternativas. En el siguiente cuadro se presentan las calificaciones numéricas seguidas para evaluarlas:

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objeto
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es fuertemente favorecido
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro	Un elemento es muy dominante
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre los dos juicios adyacentes	Se usan como compromiso entre juicios
Incremento de 0.1	Valores intermedios de incrementos	Utilización para graduación más fina de juicios

Tabla 5

La matriz de comparaciones que se aplica en este método es una matriz cuadrada que contiene las comparaciones de los criterios frente a cada alternativa propuesta.

Sea A una matriz $n \times n$ donde $n \in \mathbb{Z}^+$. Sea a_{ij} el elemento (i,j) de A para $i=1,2,\dots,n$ y $j=1,2,\dots,n$. Decimos que A es una matriz de comparaciones pareadas de n criterios, si a_{ij} es la medida de la preferencia de la alternativa en el reglón i cuando se le compara con la alternativa de la columna j . cuando $i=j$, el valor de a_{ij} será igual a 1, pues se está comparando la alternativa consigo misma.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Además se cumple que: $a_{ij} \cdot a_{ji}=1$; es decir:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

El método AHP sustenta esto con los siguientes axiomas:

- Axioma 1: referido a la condición de juicios recíprocos: Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que $a_{ij}=1/ a_{ji}$.
- Axioma 2: referido a la condición de homogeneidad de los elementos, los cuales se comparan si son del mismo orden, magnitud o jerarquía.
- Axioma 3: referido a la condijo de estructura jerárquica o estructura dependiente. Existe dependencia jerárquica en los elementos de dos niveles consecutivos.
- Axioma 4: referido a la condición de expectativas de orden de rango: las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

Una vez que se elabora la matriz de comparaciones pareadas, se puede calcular lo que se denomina prioridad de cada uno de los elementos que se comparan. A esta parte del AHP se le conoce como sintetización. El proceso matemático preciso que se requiere para realizar tal sintetización implica el cálculo de valores y vectores característicos. El siguiente procedimiento de tres pasos, proporciona una buena aproximación de las prioridades sintetizadas:

- 1) Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparaciones pareadas.
- 2) Dividir cada elemento de tal matriz entre el total de su columna; a la matriz resultante se le denomina matriz de comparaciones pareadas normalizada.
- 3) Calcular el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas de los elementos que se comparan.

Se considera las prioridades de cada criterio en términos de la meta global:

$$\begin{array}{c} \text{Meta} \\ \text{Global} \\ \text{Criterio 1} \\ \text{Criterio 2} \\ \dots \\ \text{Criterio m} \end{array} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix}$$

Donde m es el número de criterios y P'_j es la prioridad del criterio i con respecto a la meta global, para $i=1,2,\dots,m$.

Se denomina matriz de prioridades a la que resume las prioridades para cada alternativa en términos de cada criterio. Para m criterios y n alternativas tenemos:

$$\begin{array}{c} \text{Criterio 1} \quad \text{Criterio 2} \quad \dots \quad \text{Criterio m} \\ \text{Alternativa 1} \\ \text{Alternativa 2} \\ \dots \\ \text{Alternativa n} \end{array} \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix}$$

Donde P_{ij} es la prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j, para $i=1,2,\dots,n$; y $j=1,2,\dots,m$.

La prioridad global para cada alternativa de decisión se resume en el vector columna que resulta del producto de la matriz de prioridades con el vector de prioridades de los criterios.

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Donde Pg_i es la prioridad global (respecto a la meta global de la alternativa i ($i=1,2,\dots,n$)).

El AHP ofrece un método para medir el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el decisor. Si el grado de consistencia es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión. Si el grado de consistencia es inaceptable, quien toma las decisiones debe reconsiderar y posiblemente modificar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

De forma matemática, decimos que una matriz de comparación A $n \times n$ es consistente si: $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$, para $i,j,k=1,2,\dots,n$. Esta matriz debe tener la propiedad de ser linealmente dependiente.

Para determinar si un nivel de consistencia es o no razonable, necesitamos desarrollar una medida cuantificable para la matriz de comparación A $n \times n$ (donde n es el número de alternativas a comparadas). Se sabe que si la matriz A es perfectamente consistente produce una matriz N $n \times n$ normalizada, de elementos w_j (para $i, j=1, 2, \dots, n$), tal que:

$$N = \begin{pmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{pmatrix}$$

Se concluye entonces que la matriz de comparación correspondiente A , se puede determinar a partir de N , dividiendo los elementos de la columna i entre w_j (que es el proceso inverso de determinación de N a partir de A). Entonces tenemos:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

De la definición dada de A , tenemos:

$$\begin{pmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

De forma más compacta, decimos que A es consistente si y sólo si,

$$AW = nW$$

Donde W es un vector columna de pesos relativos w_j ($j=1, 2, \dots, n$) se aproxima con el promedio de los n elementos del reglón en la matriz normalizada N . Haciendo W el estimado calculado, se puede mostrar que:

$$AW = n_{max}W$$

Donde $n_{max} \geq n$. En este caso, entre más cercana sea n_{max} a n , más consistente será la matriz de comparación A . como resultado, el AHP calcula la razón de consistencia (RC) como el cociente entre el índice de consistencia de A y el índice de consistencia aleatorio

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde IC es el índice de consistencia de A y se calcula como sigue:

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

El valor de n_{max} se calcula de $A \bar{W} = n_{max} \bar{W}$ observando que la i -ésima ecuación es:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{W}_j = n_{max} \bar{W}_i, i = 1, 2, \dots, n$$

Dado que $\sum_{i=1}^n \bar{W}_i = 1$, obtenemos:

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{W}_j \right) = n_{max} \sum_{i=1}^n \bar{W}_i$$

Esto significa que el valor de n_{max} se determina al calcular primero el vector columna A y después sumando sus elementos.

IA es el índice de consistencia aleatoria de A, es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generadas en forma aleatoria. Se puede mostrar que el IA depende del número de elementos que se comparan, y asume los siguientes valores:

N° de Elementos que se comparan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio de Consistencia (IA)	0	0	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

Tabla 6

Algunos autores sugieren la siguiente estimación para el IA:

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n}$$

Se calcula la razón de consistencia (RC) (o CR, de Consistency Ratio). Esta razón o cociente está diseñado de manera que los valores que exceden de 0.10 son señal de juicios inconsistentes; es probable que en estos casos el tomador de decisiones desde reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Se considera que los valores de la razón de consistencia de 0.10 o menos son señal de un nivel razonable de consistencia en las comparaciones pareadas:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

$RC \leq 0.10$: Consistencia Razonable

$RC > 0.10$: Inconsistencia

Para finalizar, se aplicaría el método TOPSIS, el cual es un método para múltiples atributos, que identifica soluciones a partir de un conjunto finito de

alternativas. El principio básico es que la alternativa elegida debe tener la distancia más corta a la solución ideal y la distancia más lejana a la solución no ideal. Esta elección se determina por el planteamiento anterior, cuando se compara cada alternativa mediante la razón de consistencia y se elige el valor mayor.

Por tanto, siguiendo el planteamiento desarrollado anteriormente vamos a utilizar un programa que propone lo comentado. Este programa se llama BPMSG AHP priority calculator (http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php?) y lo podemos encontrar gratuitamente y trabajar online con el mismo.

Con las características obtenidas de cada alternativa, se ha plasmado para cada criterio cual sería la más desfavorable con el siguiente cuadro:

Indicadores	Más desfavorable → Menos desfavorable
Longitud del trazado	$A3 > A2 > A1$
Movimiento de tierra	$A3 > A2 > A1$
Pendiente máxima	$A3 > A1 > A2$
Expropiaciones	$A3 \geq A2 = A1$
Servicios afectados	$A1 = A2 = A3$
Pasos inferiores	$A1 = A3 = A2$
Obras de contención	$A2 > A1 > A3$
Afección a la carretera primaria	$A1 = A3 = A2$
Impacto ambiental	$A2 = A3 = A1$
Evaluación económica	$A3 > A2 = A1$

Tabla 7

Estos resultados se han trasladado al programa BPMSG AHP priority calculator para el cual de una forma subjetiva y teniendo en cuenta el cuadro anterior podemos comparar para cada alternativa unos indicadores frente a otros, según la importancia de estos, se obtendrá así una razón de consistencia para las alternativas planteadas, la cual determinará la alternativa más idónea para desarrollar en este proyecto como una resolución viable:

Más adelante se verán los resultados de cada alternativa detenidamente, pero la óptima será la alternativa 1.

Alternativa 1:

A - Importance - or B?			Equal	How much more?								
1	☐ Longitud del trazado	or ☒ Movimiento de tierras	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
2	☒ Longitud del trazado	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
3	☒ Longitud del trazado	or ☐ Expropiaciones	☒ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
4	☒ Longitud del trazado	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
5	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
6	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
7	☒ Longitud del trazado	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
8	☒ Longitud del trazado	or ☐ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
9	☐ Longitud del trazado	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
10	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
11	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
12	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
13	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
14	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
15	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
16	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Impacto ambiental	☒ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
17	☐ Movimiento de tierras	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
18	☐ Pendiente máxima	or ☒ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
19	☒ Pendiente máxima	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
20	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
21	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
22	☒ Pendiente máxima	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
23	☐ Pendiente máxima	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
24	☐ Pendiente máxima	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
25	☒ Expropiaciones	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
26	☒ Expropiaciones	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
27	☐ Expropiaciones	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
28	☒ Expropiaciones	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
29	☐ Expropiaciones	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
30	☐ Expropiaciones	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
31	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
32	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
33	☒ Servicios afectados	or ☐ Afección carretera primaria	☒ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
34	☐ Servicios afectados	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
35	☐ Servicios afectados	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
36	☐ Obras estructurales	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
37	☒ Obras estructurales	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
38	☐ Obras estructurales	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
39	☐ Obras estructurales	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
40	☒ Obras de contención	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
41	☐ Obras de contención	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☒ 2	☐ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
42	☐ Obras de contención	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☒ 3	☐ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
43	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
44	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☒ 4	☐ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	
45	☐ Impacto ambiental	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4	☒ 5	☐ 6	☐ 7	☐ 8	☐ 9	

En la siguiente tabla se desglosará el peso que tiene en esta alternativa cada criterio frente a lo evaluado en el cuadro anterior:

Priorities

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons

Category	Priority	Rank
1 Longitud del trazado	12.7%	3
2 Movimiento de tierras	17.7%	2
3 Pendiente máxima	3.7%	8
4 Expropiaciones	8.0%	6
5 Servicios afectados	3.3%	9
6 Obras estructurales	4.8%	7
7 Obras de contención	9.8%	5
8 Afección carretera primaria	2.8%	10
9 Impacto ambiental	12.6%	4
10 Evaluación económica	24.7%	1

La matriz comparativa de los criterios para esta alternativa se corresponde con:

Decision Matrix

The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.25	3.00	1.00	4.00	3.00	2.00	4.00	3.00	0.33
2	4.00	1	5.00	3.00	4.00	4.00	2.00	3.00	1.00	0.50
3	0.33	0.20	1	0.25	2.00	0.50	0.25	3.00	0.20	0.20
4	1.00	0.33	4.00	1	3.00	2.00	0.50	4.00	0.33	0.33
5	0.25	0.25	0.50	0.33	1	0.50	0.33	1.00	0.33	0.33
6	0.33	0.25	2.00	0.50	2.00	1	0.33	3.00	0.33	0.25
7	0.50	0.50	4.00	2.00	3.00	3.00	1	5.00	0.50	0.33
8	0.25	0.33	0.33	0.25	1.00	0.33	0.20	1	0.20	0.25
9	0.33	1.00	5.00	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	1	0.20
10	3.00	2.00	5.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	5.00	1

Los datos representativos de esta alternativa se corresponden a los siguientes dados por el programa:

Principal eigen value = 11.071

Eigenvector solution: 6 iterations, delta = 4.6E-8

Number of comparisons = 45

Consistency Ratio CR = 8.00 < 10% → Alternativa consistente

Alternativa 2:

A - Importance - or B?			Equal	How much more?
1	☐ Longitud del trazado	or ☒ Movimiento de tierras	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
2	☒ Longitud del trazado	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
3	☒ Longitud del trazado	or ☐ Expropiaciones	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
4	☒ Longitud del trazado	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
5	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
6	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
7	☒ Longitud del trazado	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
8	☒ Longitud del trazado	or ☐ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
9	☐ Longitud del trazado	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
10	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
11	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
12	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
13	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
14	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
15	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
16	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Impacto ambiental	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
17	☐ Movimiento de tierras	or ☒ Evaluación económica	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
18	☐ Pendiente máxima	or ☒ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
19	☒ Pendiente máxima	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
20	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
21	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
22	☒ Pendiente máxima	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
23	☐ Pendiente máxima	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
24	☐ Pendiente máxima	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
25	☒ Expropiaciones	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
26	☒ Expropiaciones	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
27	☐ Expropiaciones	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
28	☒ Expropiaciones	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
29	☐ Expropiaciones	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
30	☐ Expropiaciones	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
31	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
32	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
33	☒ Servicios afectados	or ☐ Afección carretera primaria	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
34	☐ Servicios afectados	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
35	☐ Servicios afectados	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
36	☐ Obras estructurales	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
37	☒ Obras estructurales	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
38	☐ Obras estructurales	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
39	☐ Obras estructurales	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
40	☒ Obras de contención	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
41	☐ Obras de contención	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
42	☐ Obras de contención	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
43	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
44	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
45	☐ Impacto ambiental	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9

En la siguiente tabla se desglosará el peso que tiene en esta alternativa cada criterio frente a lo evaluado en el cuadro anterior:

Priorities

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons

Category	Priority	Rank
1 Longitud del trazado	13.2%	3
2 Movimiento de tierras	19.8%	2
3 Pendiente máxima	3.6%	8
4 Expropiaciones	7.9%	6
5 Servicios afectados	3.2%	9
6 Obras estructurales	4.7%	7
7 Obras de contención	9.4%	5
8 Afección carretera primaria	2.7%	10
9 Impacto ambiental	12.5%	4
10 Evaluación económica	22.8%	1

La matriz comparativa de los criterios para esta alternativa se corresponde con:

Decision Matrix

The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.20	3.00	1.00	4.00	3.00	3.00	4.00	3.00	0.33
2	5.00	1	5.00	3.00	4.00	4.00	2.00	3.00	1.00	1.00
3	0.33	0.20	1	0.25	2.00	0.50	0.25	3.00	0.20	0.20
4	1.00	0.33	4.00	1	3.00	2.00	0.50	4.00	0.33	0.33
5	0.25	0.25	0.50	0.33	1	0.50	0.33	1.00	0.33	0.33
6	0.33	0.25	2.00	0.50	2.00	1	0.33	3.00	0.33	0.25
7	0.33	0.50	4.00	2.00	3.00	3.00	1	5.00	0.50	0.33
8	0.25	0.33	0.33	0.25	1.00	0.33	0.20	1	0.20	0.25
9	0.33	1.00	5.00	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	1	0.20
10	3.00	1.00	5.00	3.00	3.00	4.00	3.00	4.00	5.00	1

Los datos representativos de esta alternativa se corresponden a los siguientes dados por el programa:

Principal eigen value = 11.179

Eigenvector solution: 6 iterations, delta = 4.6E-8

Number of comparisons = 45

Consistency Ratio CR = 8.80 < 10% → Alternativa consistente

Alternativa3:

A - Importance - or B?			Equal	How much more?
1	☐ Longitud del trazado	or ☒ Movimiento de tierras	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
2	☒ Longitud del trazado	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
3	☒ Longitud del trazado	or ☐ Expropiaciones	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
4	☒ Longitud del trazado	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
5	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
6	☒ Longitud del trazado	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
7	☒ Longitud del trazado	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
8	☒ Longitud del trazado	or ☐ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
9	☐ Longitud del trazado	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
10	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Pendiente máxima	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
11	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
12	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
13	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
14	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
15	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
16	☒ Movimiento de tierras	or ☐ Impacto ambiental	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
17	☐ Movimiento de tierras	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
18	☐ Pendiente máxima	or ☒ Expropiaciones	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
19	☒ Pendiente máxima	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
20	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
21	☐ Pendiente máxima	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
22	☒ Pendiente máxima	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
23	☐ Pendiente máxima	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
24	☐ Pendiente máxima	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
25	☒ Expropiaciones	or ☐ Servicios afectados	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
26	☒ Expropiaciones	or ☐ Obras estructurales	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
27	☐ Expropiaciones	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
28	☒ Expropiaciones	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
29	☐ Expropiaciones	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
30	☐ Expropiaciones	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
31	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras estructurales	☐ 1	☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
32	☐ Servicios afectados	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
33	☒ Servicios afectados	or ☐ Afección carretera primaria	☒ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
34	☐ Servicios afectados	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
35	☐ Servicios afectados	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
36	☐ Obras estructurales	or ☒ Obras de contención	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
37	☒ Obras estructurales	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
38	☐ Obras estructurales	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
39	☐ Obras estructurales	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
40	☒ Obras de contención	or ☐ Afección carretera primaria	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
41	☐ Obras de contención	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
42	☐ Obras de contención	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
43	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Impacto ambiental	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
44	☐ Afección carretera primaria	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9
45	☐ Impacto ambiental	or ☒ Evaluación económica	☐ 1	☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9

En la siguiente tabla se desglosará el peso que tiene en esta alternativa cada criterio frente a lo evaluado en el cuadro anterior:

Priorities

These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons

Category		Priority	Rank
1	Longitud del trazado	13.8%	3
2	Movimiento de tierras	20.3%	2
3	Pendiente máxima	2.8%	8
4	Expropiaciones	6.8%	6
5	Servicios afectados	2.5%	9
6	Obras estructurales	3.6%	7
7	Obras de contención	8.0%	5
8	Afección carretera primaria	2.2%	10
9	Impacto ambiental	12.4%	4
10	Evaluación económica	27.5%	1

La matriz comparativa de los criterios para esta alternativa se corresponde con:

Decision Matrix

The resulting weights are based on the principal eigenvector of the decision matrix

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.17	4.00	2.00	4.00	3.00	4.00	4.00	4.00	0.25
2	6.00	1	6.00	4.00	5.00	5.00	3.00	4.00	1.00	0.50
3	0.25	0.17	1	0.20	2.00	0.50	0.20	3.00	0.17	0.17
4	0.50	0.25	5.00	1	4.00	3.00	0.50	5.00	0.25	0.25
5	0.25	0.20	0.50	0.25	1	0.50	0.25	1.00	0.25	0.25
6	0.33	0.20	2.00	0.33	2.00	1	0.25	3.00	0.25	0.20
7	0.25	0.33	5.00	2.00	4.00	4.00	1	6.00	0.33	0.20
8	0.25	0.25	0.33	0.20	1.00	0.33	0.17	1	0.20	0.20
9	0.25	1.00	6.00	4.00	4.00	4.00	3.00	5.00	1	0.17
10	4.00	2.00	6.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00	6.00	1

Los datos representativos de esta alternativa se corresponden a los siguientes dados por el programa:

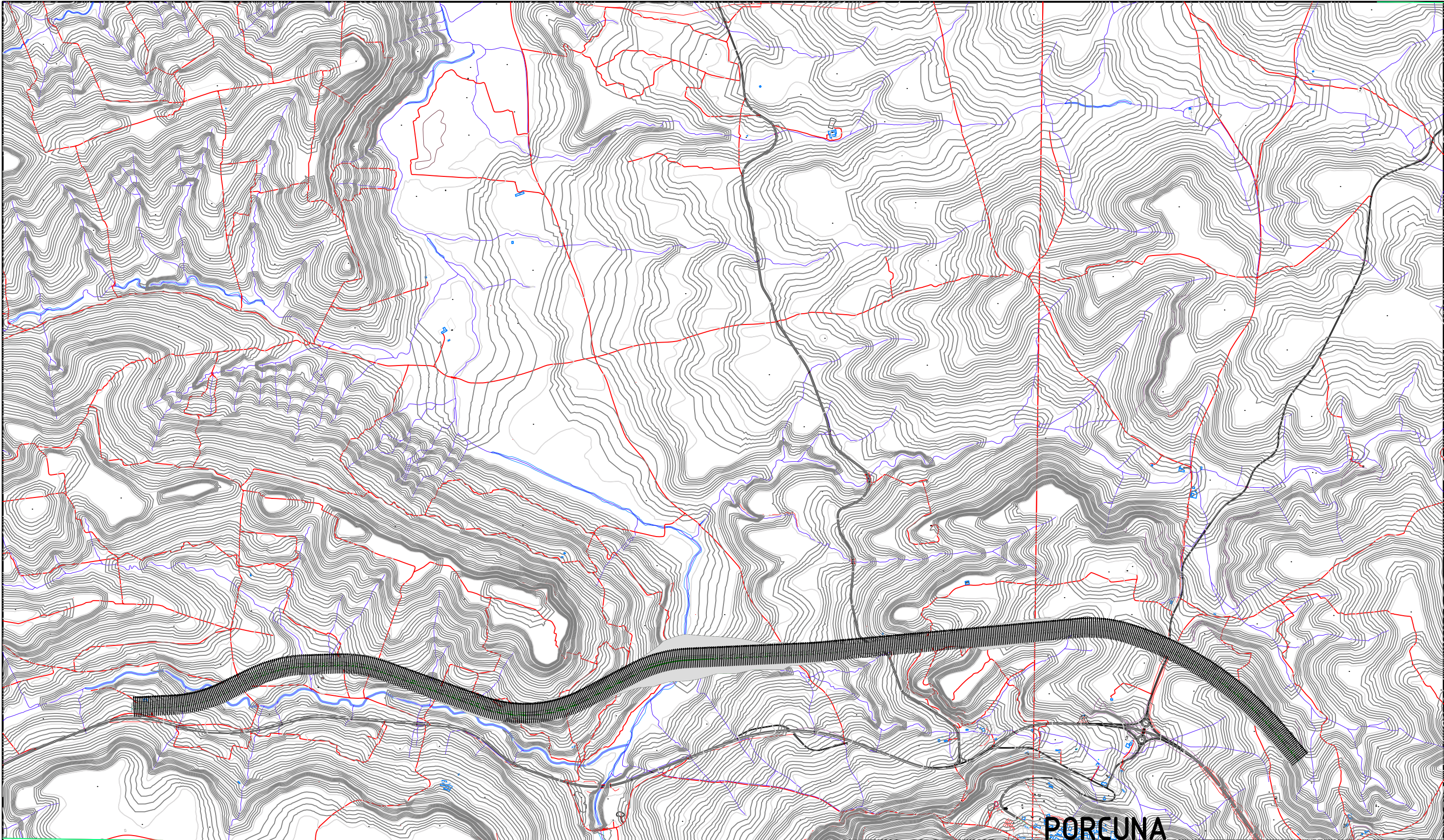
Principal eigen value = 11.657

Eigenvector solution: 7 iterations, delta = 4.6E-8

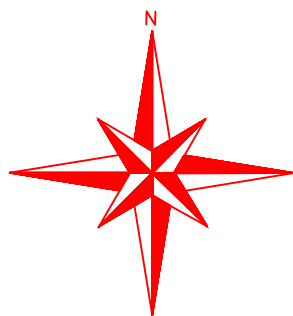
Number of comparisons = 45

Consistency Ratio CR = 12.40 > 10% → Alternativa inconsistente

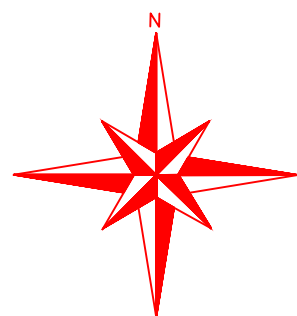
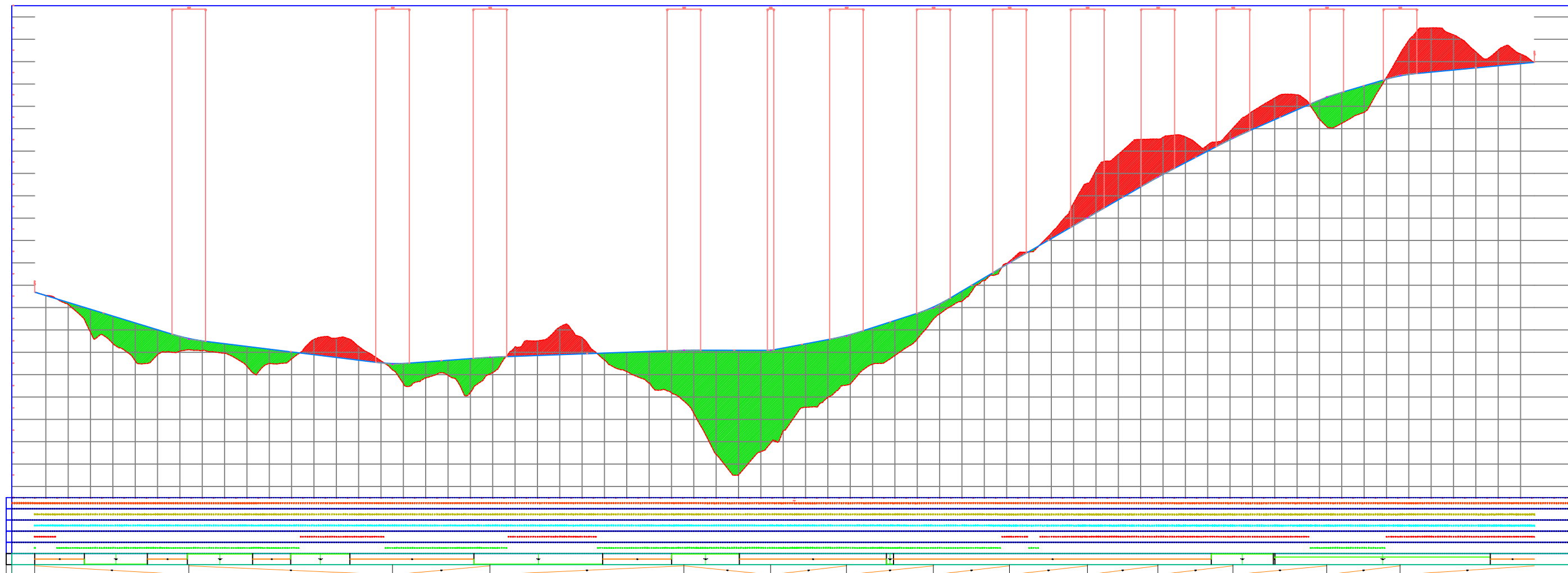
Anexo 1: Planos de alternativas



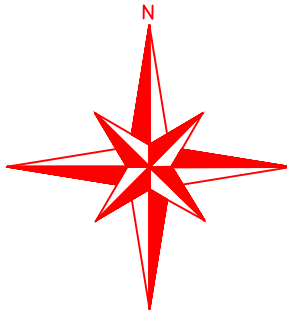
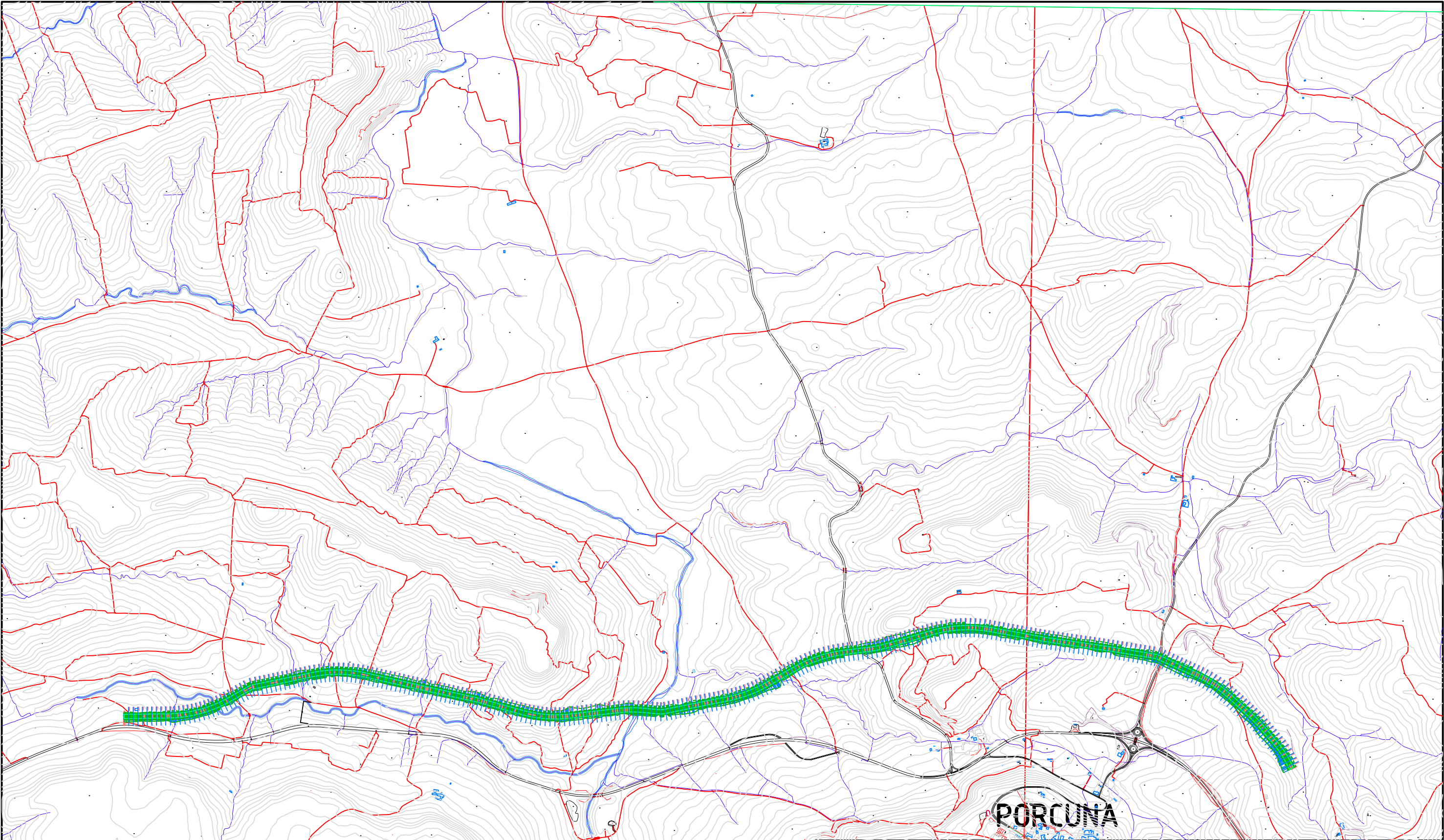
PORCUNA



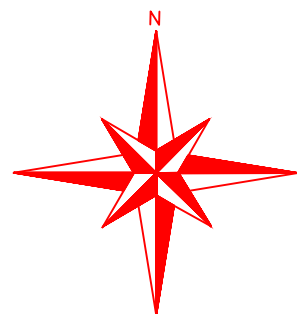
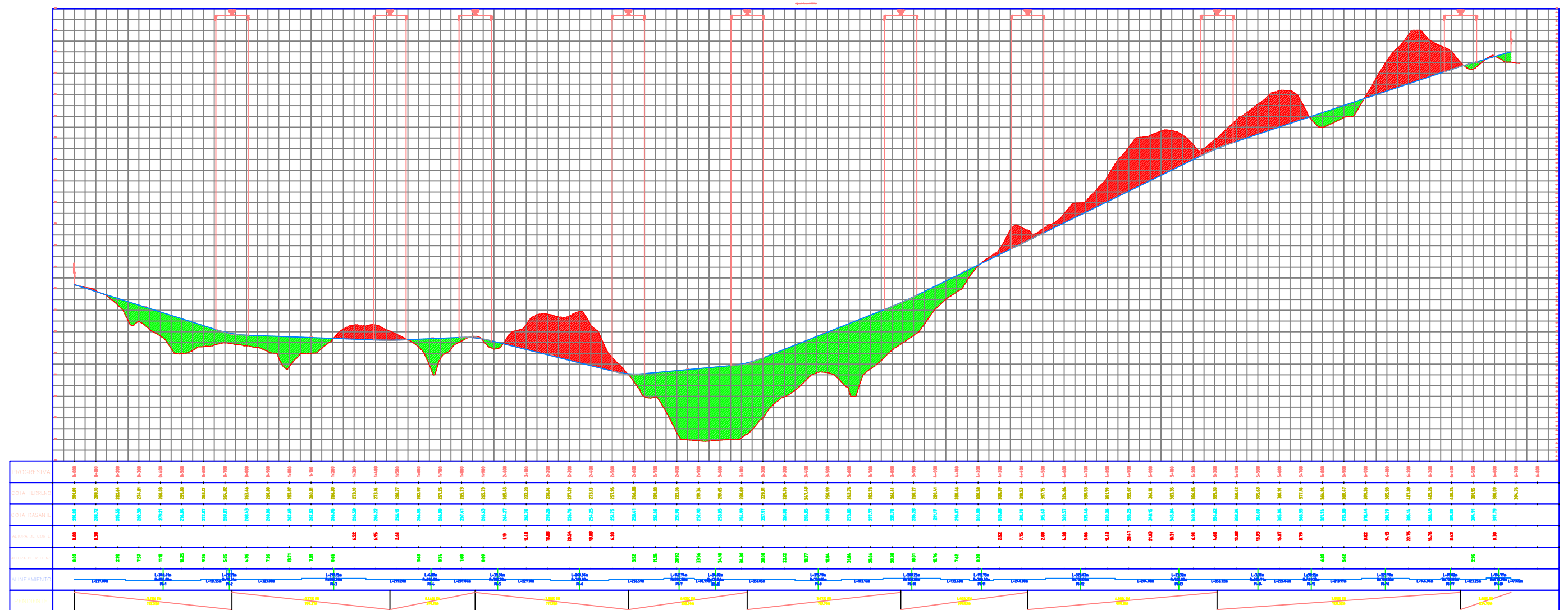
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	julio, 2017	MIGUEL			
COMPROBADO		GÓMEZ			
		PALACÍN			
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO	
1:50000				Anejo 04 hoja 1 de 6	
				PLANTA DE LA ALTERNATIVA 1	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



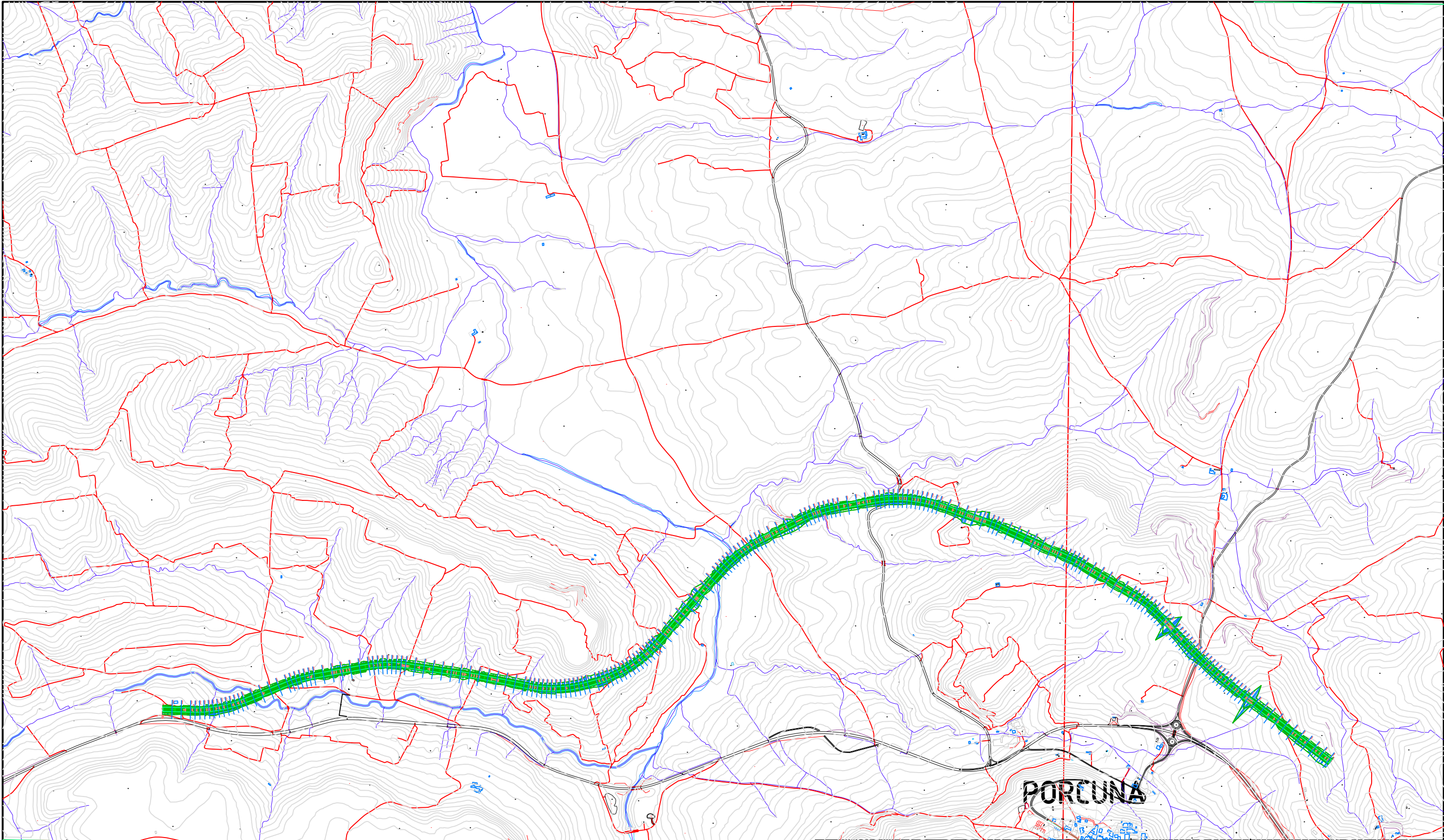
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	julio, 2017	MIGUEL		
COMPROBADO		GÓMEZ		
		PALACÍN		
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO Anejo 04 hoja 2 de 6
	LONGITUDINAL ALTERNATIVA 1			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:

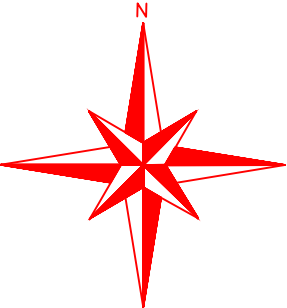


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	julio, 2017	MIGUEL			
COMPROBADO		GÓMEZ			
		PALACÍN			
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO	
1:50000	PLANTA DE LA ALTERNATIVA 2			Anejo 04 hoja 3 de 6	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

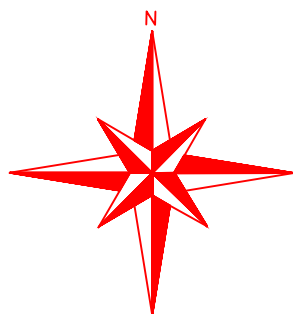
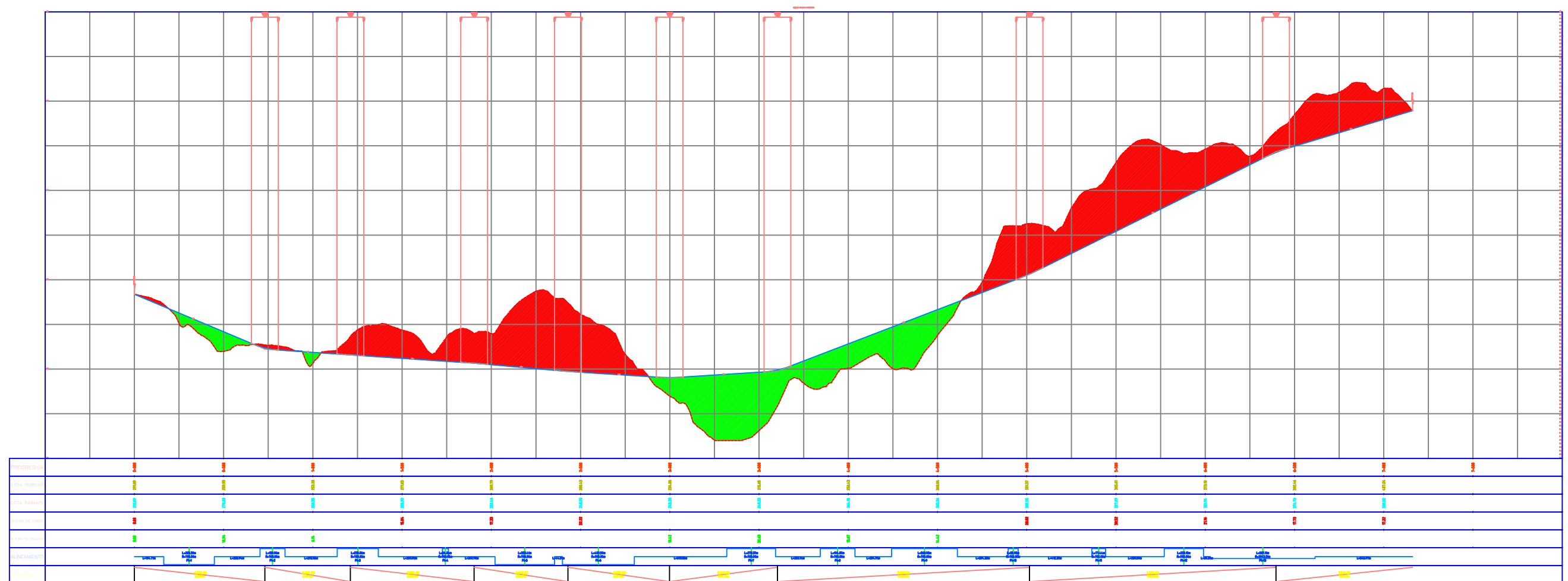


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	Julio, 2017	MIGUEL		
COMPROBADO		GÓMEZ		
		PALACÍN		
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO Anejo 04 hoja 4 de 6
	LONGITUDINAL ALTERNATIVA 2			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	julio, 2017	MIGUEL			
COMPROBADO		GÓMEZ PALACÍN			
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO	
1:50000	PLANTA DE LA ALTERNATIVA 3			Anejo 04 hoja 5 de 6	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	Julio, 2017	MIGUEL		
COMPROBADO		GÓMEZ		
		PALACÍN		
ESCALA:	PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN. AUTOVÍA JAÉN ACONDICIONAMIENTO DE LA CARRETERA JA-4302 A VÍA URBANA. TRAMO: PORCUNA – LÍMITE DE PROVINCIA DE JAÉN – CÓRDOBA.			Nº PLANO Anejo 04 hoja 6 de 6
	LONGITUDINAL ALTERNATIVA 3			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR: