

# TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón)

TRAZADO GEOMÉTRICO Y FIRMES

Autor: David Jiménez Serrano De La Cruz

Tutor: Francisco Javier Camacho Torregrosa

Cotutor: José Manuel Campoy Ungría

Curso 2013-2014

Junio de 2014



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS  
CANALES Y PUERTOS



## MEMORIA GENERAL DEL TRABAJO DEL GRUPO

### Índice

• <b>Antecedentes</b>	<b>2</b>
• <b>Objeto del Estudio</b>	<b>2</b>
• <b>Localización</b>	<b>3</b>
• <b>Recolección de información</b>	<b>3</b>
• <b>Estructuración de los trabajos</b>	<b>4</b>
<b>MEMORIA DEL TRABAJO INDIVIDUAL</b>	<b>5</b>

#### ▪ **Antecedentes**

El primer documento administrativo relacionado con el alcance del presente proyecto lo constituye el Estudio Informativo E12-CS-07: “Acondicionamiento de la CN-232 entre el Barranco de la Bota y Morella Sur, entre los P.K. 43+100 al 59+100, redactado por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, el cual fue aprobado provisionalmente en junio de 1999.

En mayo de 2005, la Dirección General de Carreteras autorizó la redacción del Proyecto de Trazado del “Acondicionamiento y reordenación de accesos. Carretera N-232. Tramo: Masía de la Torreta-Morella Sur”, incluyendo la actuación en los siguientes tramos:

- Tramo entre los P.K. 54+900 y 59+100: acondicionamiento de la carretera y reordenación de accesos de acuerdo con el estudio original E12-CS-07.
- Tramo entre los P.K. 59+100 y 62+400: mejora d la seguridad vial mediante la reordenación de los accesos existentes.

En noviembre de 2007 la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana informa de la dificultad de la ordenación de accesos desde el P.K. 60+860, donde existe una intersección con la CV-12, y comienza la zona de suelo urbano de Morella, con el agravante del acceso a un polígono industrial y la presencia de múltiples edificaciones y calles, del barrio Hostal Nou, que acceden de forma casi directa a la nacional.

Ello genera la modificación de la orden de estudio del Proyecto de Trazado indicado, en el sentido de excluir de su alcance el último tramo del ámbito del mismo y llevando a cabo la reordenación de accesos hasta el P.K: 60+210 aproximadamente.

Dicha modificación resulta el antecedente más directo del presente trabajo final de grado denominado como Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón). Por el motivo expresado con anterioridad, se pretende proyectar un nuevo trazado alternativo como variante para el tráfico de largo recorrido, suponiendo una sustancial mejora de la seguridad vial del mencionado tramo.

#### ▪ **Objeto del estudio**

El presente Trabajo Final de Grado “Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella” consiste en la definición del proyecto constructivo de una variante a la carretera N-232 a su paso por Morella, concretamente entre el P.K. 59+500 y el 64+500 para eliminar o mitigar los problemas que se dan actualmente en dicho tramo.

Los principales problemas que se presentan en este tramo son la disminución de la seguridad vial y tiempos de recorrido debido al aumento de accesos a la vía. Además, como problema adicional destaca la afección que suponen las edificaciones contiguas a la carretera en el barrio de Hostal Nou y el polígono industrial *Les Casetes*

haciendo que empeore o se elimine en algunos tramos la percepción visual que se tiene de Morella desde la propia carretera.

Ante este problema y a la vista de una posible expansión de estas dos zonas y ante la posible creación de nuevas zonas residenciales e industriales entorno a Morella, se hace necesario el desarrollo del presente trabajo de manera que se mejore la velocidad de desplazamiento, aumente la seguridad vial y además haya una mejora de la visual de Morella, haciéndola más atractiva al turismo.

### ▪ Localización

El tramo de estudio de la carretera N-232 de aproximadamente 5.000 metros de longitud se encuadra dentro del término municipal de Morella (capital de la comarca dels Ports) localidad situada al noroeste de la Provincia de Castellón, con una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>.

Dentro de la zona de estudio encontramos 2 carreteras autonómicas: la CV-12 que conectan con la N-232 en el P.K 60+800 y la CV-14 en el P.K 61+400. La CV-14 comunica los núcleos de Morella, Forcall y Ortells, y la longitud dentro del término municipal de Morella es de 15,35 km. La CV-12 comunica Morella con Ares del Maestre con una longitud dentro del término municipal de Morella de 4 km.

Además encontramos una serie de carreteras provinciales. Nos interesa destacar la CV-1170 que transcurre por dentro del recinto amurallado y que conecta Morella con Xiva de Morella, con una longitud dentro del término municipal de 8 km.

De las carreteras locales, la más importante y la que más influencia podría tener en este proyecto es el acceso desde la carretera N-232 hasta la Puerta de San Miguel, con una longitud de 2,1 km.

En cuanto a superficies se refiere, dentro del término municipal encontramos las siguientes:

Término municipal.....	386.016.050 m <sup>2</sup>
Suelo urbano.....	360.400 m <sup>2</sup>
• Morella.....	275.000 m <sup>2</sup>
• Hostal Nou.....	121.400 m <sup>2</sup>
• Puritat.....	10.650 m <sup>2</sup>
• Ortells.....	22.800 m <sup>2</sup>
• Xiva de Morella.....	25.350 m <sup>2</sup>
• Herbeset.....	3.900 m <sup>2</sup>
• Pobla D'Alcolea.....	2.800 m <sup>2</sup>
• Fábrica Giner.....	148.900 m <sup>2</sup>
Suelo no urbanizable.....	385.520.652 m <sup>2</sup>
Suelo urbanizable.....	135.000 m <sup>2</sup>

### ▪ Recolección de información

Para el desarrollo conjunto del presente Trabajo Final de Grado, los miembros componentes del grupo reunieron la información general que a continuación se detalla.

En primera instancia se procedió a la reunión del material cartográfico imprescindible para la elaboración de las distintas partes. Las fuentes principales a estos efectos fueron:

- L' Institut Cartogràfic Valencià, del que se obtuvieron las ortofotos necesarias para la modelización de la carretera N-232 existente, a fin de poder determinar gráficamente la situación actual y trabajar gráficamente sobre ella.
- El Instituto Geográfico Nacional, del que fue descargada la Hoja 545 MTN50, compuesta por líneas de nivel a escala 1:5000, resultando indispensable el desarrollo de los trabajos.
- La Conselleria de Infraestructuras, Transporte y Medio Ambiente, de la que se tomó la información cartográfica relativa a zonas de especial interés medioambiental y protección urbanística, así como gráficos de zonas inundables.

Pese a que el presente Trabajo Fin de Grado no contiene una parte que desarrolle los aspectos relativos a la Geología y Geotecnia, los alumnos componentes del grupo han necesitado, en ocasiones, información y datos de esta índole para el desarrollo de sus propios trabajos.

A estos efectos, la fuente de información necesaria ha venido de la mano del "Estudio Informativo de la Variante de Morella de la Carretera N-232 en el Término Municipal de Morella, Provincia de Castellón". Este estudio contiene un anejo geológico y geotécnico, con arreglo al que se realizaron una serie de catas y sondeos cuyos resultados los componentes del grupo han utilizado en sus respectivos trabajos.

Por otra parte, el día 16 de enero de 2014 todos los integrantes del grupo realizaron una visita a la localidad de Morella.

El objetivo del viaje fue en primera instancia dar lugar a una toma de contacto con el entorno, inspeccionando visualmente los taludes naturales del terreno así como las características básicas del mismo. En segundo lugar se acudió al Ayuntamiento de la localidad, donde amablemente se nos permitió acceder a cartografía en formato papel relativa a zonas de protección urbanística y forestal, así como a las ordenanzas municipales reguladoras en la materia.

Dado que se accedió a Morella por la carretera existente N-232, se aprovechó el viaje para realizar una grabación de la misma mediante cámara VIRB Elite GPS de alta resolución cedida por la unidad de Caminos de

la ETSICCP (UPV), a fin de realizar un análisis preliminar del estado de la carretera –firme, número de accesos, velocidades de vehículos circulantes, presencia de peatones o movimientos realizados por vehículos.

Se volvieron a realizar posteriormente otras visitas con el objetivo de realizar aforos manuales de las principales zonas de interés de la carretera. Una vez recopilada la información necesaria, se procesó en gabinete y se obtuvieron los valores de la IMD en los tramos analizados.

#### ▪ Estructuración de los trabajos.

En el presente trabajo, ‘**Trazado geométrico y firmes**’, se ha llevado a cabo el trazado geométrico y firmes de la variante.

Para ello, se ha desarrollado y justificado la solución geométrica adoptada para la Variante de la N-232 a su paso por Morella, incluyendo los listados y planos que definen completamente el trazado en planta y en alzado, así como la sección transversal. El documento además consta de una propuesta de balizamiento, defensas, señalización vertical y señalización horizontal basada en las normas y recomendaciones españolas.

Además, en base a las especificaciones de la norma vigente, se recoge el tipo de explanada y paquete de firme seleccionado en función de las características de tráfico pesado y de otros condicionantes, quedando gráficamente definido en el plano de sección tipo.

Complementando a esta parte existen otros cuatro trabajos destinados a desarrollar cada una de las partes en las que se divide el proyecto general. Vicente Almendros Castillo, ha desarrollado un **Estudio de alternativas**. El objetivo será el análisis de diferentes soluciones de trazado teniendo en cuenta aspectos medioambientales, económicos, funcionales y territoriales. Con esto, se pretende sintetizar la información, tanto cualitativa como cuantitativa, de las alternativas planteadas, comparándolas entre sí e identificando, mediante herramientas específicas para ello, la más ventajosa.

De esta manera se obtendrá una solución a partir de la cual se desarrollará el resto del trabajo. Además de lo comentado anteriormente, se incluye un análisis de rentabilidad de cada una de las alternativas y de la situación actual, de manera que se obtengan unos ratios que se usarán también como criterio de evaluación.

Antonio Pellicer Pous se ha encargado de llevar a cabo la **Evaluación de la situación actual** del tramo de la carretera N-232 a su paso por Morella, estableciendo propuestas de mejora para solventar los problemas localizados, garantizando la seguridad y comodidad de todos los usuarios. En dicho trabajo se realizará el análisis del comportamiento del tráfico en la vía y en su entorno, estudiando tanto su capacidad como nivel de servicio.

Junto a esto, se planteará una propuesta para la reordenación de accesos basado en la incorporación de glorietas y vías de servicio y se implantarán una serie de medidas que permitan moderar el tráfico en el entorno urbano, protegiendo la seguridad tanto de viandantes como conductores. Además, se estudiará el estado del firme proponiendo medidas para su rehabilitación, y se incluirá dimensionamiento de las nuevas vías de servicio proyectadas.

Se ha realizado, por parte de Ana Belén Terol Serrano, un **Dimensionamiento estructural** de aquellas obras necesarias para la realización de la variante. Por un lado, con el fin de evitar la excavación de grandes volúmenes de desmontes, ha sido necesaria la realización de un muro de escollera. La tipología se ha elegido en base a la protección paisajística que enmarca al municipio y busca la uniformidad en las construcciones realizadas en el recorrido de la actual N-232.

Por otro lado, siguiendo el trazado de la carretera propuesta, surge la necesidad de proyectar un viaducto que permita salvar una vaguada consiguiendo así unir la variante con la nacional. El puente, poco invasivo en el entorno, se predimensiona con un tablero de canto variable y dos pilas. Además, se describe el modo de apoyo del tablero sobre las pilas y los estribos, la forma de estos últimos y los equipamientos necesarios.

Por último, Pablo Jiménez Bayo, se ha encargado de realizar el **Presupuesto y Plan de obra**. Por lo que respecta al Plan de obra, la duración aproximada de las obras, en base a los rendimientos utilizados, es de aproximadamente 24 meses. Para determinar dicho periodo, se ha realizado un diagrama de Gantt con las actividades principales de las obras, teniéndose en cuenta el orden cronológico de las actividades. Además de esto, se ha realizado un documento con los desvíos provisionales a efectuar durante la ejecución de las obras.

En cuanto al presupuesto, ha sido dividido en capítulos en los que se han recogido todas las unidades de obra que han sido necesarias para realizar el trazado geométrico de la variante proyectada incluyendo listados de mediciones y cálculos manuales que han sido necesarios realizar.

REFERENCIAS	
TFG: Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón)	
AUTOR	PARTE
Vicente Almendros Castillo	Estudio de soluciones
Pablo Jiménez Bayo	Presupuesto y plan de obra
David Jiménez Serrano De la cruz	Trazado geométrico y firmes
Antonio Pellicer Pous	Evaluación de la situación actual
Ana Belén Terol Serrano	Dimensionamiento estructural

# MEMORIA DE TRABAJO INDIVIDUAL

## Índice del trabajo

- **Memoria del trabajo**

- **Introducción** 6
- **Trazado geométrico** 6
- **Firmes** 7

- **Documentos**

- 1 de 3 **Trazado geométrico**
- 2 de 3 **Señalización, balizamiento y defensas**
- 3 de 3 **Firmes**

- **Planos**

### 1. Planta General

Hoja 1	Plano conjunto
Hoja 2	Tramos T1 y T4
Hoja 3	Tramo T2
Hoja 4	Tramos T3 y T5

## 2. Perfiles transversales

Hojas 1 a 19	Tramos T1, T2, T3
Hojas 20 y 21	Tramo T4
Hojas 22 Y 23	Tramo T5
Hojas 24 y 25	Ramal 1 (T5)
Hojas 26 y 27	Ramal 2 (T5)
Hojas 28 y 29	Ramal 3 (T4)
Hoja 30	Ramal 4 (T4)

## 3. Perfiles longitudinales

Hoja 1	Perfil General Variante (Tramos T1, T2, T3)
Hoja 2	Tramo T1
Hoja 3	Tramo T2
Hoja 4	Tramo T3
Hoja 5	Ramales 1 y 2 (T4)
Hoja 6	Ramales 3 y 4 (T5)
Hoja 7	Tramos T4 y T5

## 4. Señalización

Hoja 1	Distribución de hojas
Hoja 2	
Hoja 3	
Hoja 4	
Hoja 5	
Hoja 6	
Hoja 7	
Hoja 8	
Hoja 9	
Hoja 10	
Hoja 11	

## 5. Sección tipo

Hoja 1	Sección transversal tipo
--------	--------------------------

## MEMORIA DEL TRABAJO

### Introducción

El subtítulo del presente trabajo '**Trazado Geométrico y Firmes**' fue aprobado el 30 de abril de 2014, y ha sido dirigido por D. Francisco Javier Camacho Torregrosa y D. José Manuel Campoy Ungría. Dicho trabajo ha sido realizado íntegra y exclusivamente por el alumno David Jiménez Serrano de la Cruz.

El desarrollo íntegro y detallado de los trabajos, con las respectivas medidas adoptadas y sus justificaciones, puede encontrarse en los documentos adicionales adjuntos a esta memoria. Por tanto, se remite a ellos para un análisis en profundidad de las características de diseño.

Para la realización de los mismos el autor se ha basado en todo momento en la normativa española vigente relativa a cada materia en cuestión, quedando perfectamente reflejada en los apartados introductorios de los documentos a los que se ha hecho referencia.

### Trazado geométrico

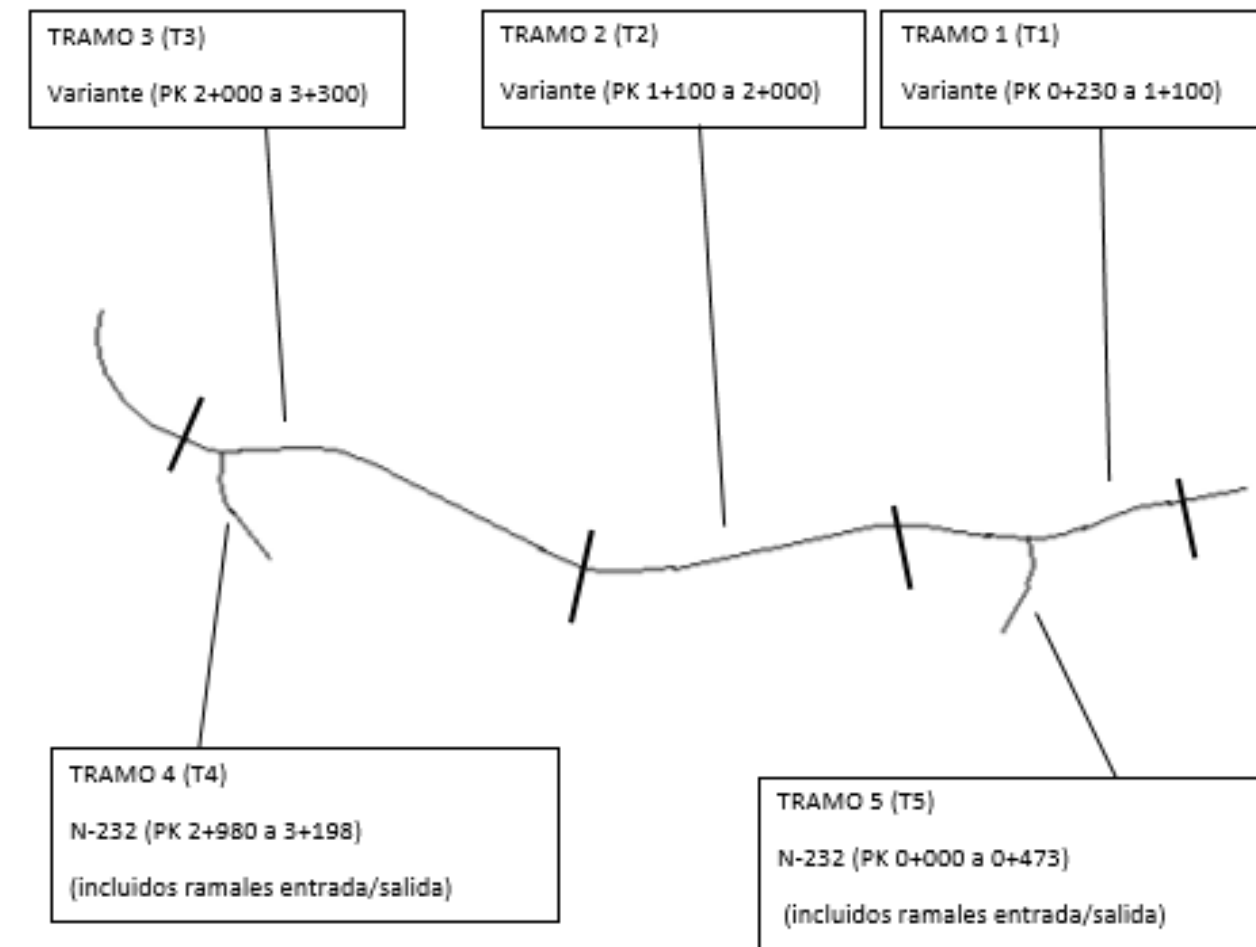
El diseño de la planta, alzado y sección transversal de la nueva carretera se ha llevado a cabo mediante la herramienta informática CLIP. Parte del estudio de visibilidad de parada y la edición y cálculo de tablas gráficas se ha llevado a cabo mediante Microsoft Office Excel 2013. El perfilado y ordenamiento de los planos adjuntos a esta memoria ha sido realizado mediante la herramienta AutoCad 2013.

El trazado de la vía proyectada ha sido dividido en cinco tramos. Los tres primeros conforman el eje principal de la variante a la N-232 mientras que los tramos T4 y T5 son los que serán acondicionados de la carretera existente para entroncar con la nueva vía.

A continuación se muestra un croquis y una tabla a fin de un entendimiento más visual.

	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TRAMO 4	TRAMO 5
<b>Velocidad proyecto (km/h)</b>	80	80	60	40	40
<b>Radio mínimo (m)</b>	300	300	186	89	60
<b>Pendiente máxima (%)</b>	4,52 %	4,52%	7,71%	7,86%	7,65%

### Esquema de ejes



Las pendientes de los tramos T3, T4 y T5 justifican su alto valor debido a las fuertes pendientes existentes en la carretera actual debido a una orografía muy accidentada. Con todo, estos valores no sobrepasan los límites excepcionales que establece la normativa para este tipo de casos.

Para el diseño del trazado en planta se han utilizado tres tipos de alineaciones: la recta, la curva circular y la clotoide como curva de transición. Los parámetros mínimos de estas clotoides vienen definidos en función de las siguientes condiciones:

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.
- Limitación de la variación de pendiente transversal por unidad de tiempo.
- Limitación del ángulo girado en la transición.
- Limitación del retranqueo mínimo.

En todo momento la carretera se define como convencional de doble sentido de circulación. La sección transversal se compone de carriles de 3,5 metros, arcenes de 1,5 metros y bermas de 1 metro.

La pendiente transversal es la correspondiente a la velocidad de proyecto. Dado que las intersecciones proyectadas se encuentran en alineaciones curvas de la variante, ha sido necesario disponer en ellas de unos ramales con la longitud suficiente para que la transición de peralte de las vías que se intersectan se efectúe de manera segura y cómoda para el conductor. Además se ha dotado a las mismas de carriles de entrada y salida con la longitud pertinente en función de las características de los tramos en cuestión.

Los terraplenes presentan una pendiente transversal de 3H:2V y los taludes en desmonte tendrán una pendiente 1H:1V.

Adjuntos a esta memoria existe un documento adicional (doc. 2 de 3) con la propuesta de señalización, balizamiento y defensas de la vía proyectada, así como un conjunto de planos –referenciados en el índice– que muestran el estado final de la carretera.

### ▪ Firmes

Para el diseño del paquete de firmes del que se compondrá la variante se ha utilizado la normativa española vigente al respecto, quedando perfectamente definida en el documento relativo al apartado de Firmes anexo a esta memoria (doc. 3 de 3).

El condicionante fundamental de diseño a estos efectos ha sido el porcentaje de tráfico pesado previsto para la nueva obra. Este valor se ha obtenido en base a los aforos realizados por el Ministerio de Fomento en 2010 cuyos resultados están publicados en las páginas web oficiales de este organismo. Así mismo se ha estimado la evolución del tráfico para el año de puesta en servicio en base a los incrementos porcentuales estimados mediante diversos estudios llevados a cabo por el Ministerio de Fomento para la red de carreteras españolas.

Como resultado se ha obtenido una categoría de tráfico pesado T32, dato que ha permitido seleccionar –mediante justificaciones explicitadas en el documento al que se ha hecho referencia– las siguientes características del firme:

Tipo de Explanada:	E1
Composición de la Explanada:	60 cm de Suelo Adecuado
Composición del firme:	40 cm de Zahorra artificial 18 cm de Mezcla bituminosa en Caliente
Composición de la mezcla bituminosa:	7 cm de AC22 base S 6 cm de AC22 bin S 5 cm de AC16 surf S

Para una mejor comprensión visual se muestra el detalle de la sección tipo proyectada para la carretera:

