



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

MÁSTER UNIVERSITARIO EN TRANSPORTE,  
TERRITORIO Y URBANISMO

## **Estudio de rehabilitación estructural del firme de la Carretera N-332, tramo PK 220+500 al PK 226+000 (Variante de Gandía), Provincia de Valencia.**

Trabajo Final de Máster  
Tipo Profesional

Alumno:

**Adniloet Sosa Ricardo**

Tutor:

**Álvaro Cuadrado Tarodo**

Valencia, mayo 2015

---

**DOCUMENTO N° 1:  
MEMORIA Y ANEJOS**

---

**MEMORIA**

---

## ÍNDICE

1-	OBJETO Y METODOLOGÍA .....	6
2-	ÁMBITO DE ESTUDIO .....	6
3-	ANTECEDENTES.....	8
3.1-	DATOS GENERALES .....	8
3.2-	MODIFICACIONES A LA VÍA.....	9
3.3-	ESTUDIO DE DETERIOROS.....	9
4-	SITUACIÓN ACTUAL .....	10
4.1-	TRÁFICO .....	10
4.2-	FIRME.....	11
4.3-	INSPECCIÓN VISUAL.....	11
4.4-	DEFLEXIONES .....	12
5-	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
5.1-	ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	13
5.1.1-	Solución alternativa 1.....	13
5.1.2-	Solución alternativa 2.....	14
5.1.3-	Solución adoptada .....	14
5.2-	PROGRAMA DE TRABAJOS.....	15
5.3-	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS .....	15
5.4-	PLAZO DE GARANTÍA .....	16
5.5-	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	16
5.6-	PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	16
5.7-	REVISIÓN DE PRECIOS.....	16
5.8-	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN .....	17

6-	NORMAS Y REFERENCIAS.....	17
6.1-	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS .....	17
6.2-	BIBLIOGRAFÍA .....	18
7-	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.....	19
8-	CONCLUSIÓN .....	20

## 1- OBJETIVO Y METODOLOGÍA

El objeto de este estudio es analizar las características y condiciones del firme del tramo de la carretera N-332, desde el PK 220+500 hasta el PK 226+000 (Variante de Gandía), con el propósito de detectar las deficiencias que esta presenta y proponer actuaciones de rehabilitación superficial y/o estructural con el fin de alargar la vida útil de la carretera.



Una vez seleccionada la actuación adecuada, se procederá a estimar los costes de su ejecución, los residuos a generar, planos y otros documentos que establece la NOTA DE SERVICIO 3/2011 *sobre criterios a tener en cuenta en la redacción de los proyectos de rehabilitación estructural y/o superficial de firmes*.

Los datos utilizados han sido obtenidos mediante investigación sobre la carretera y datos suministrados por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana.

## 2- ÁMBITO DE ESTUDIO

De los 26.073 km de carreteras del Estado, se encuentra la carretera a estudiar, la Carretera Nacional 332, con una longitud total de 386 km, de calzada única y dos carriles para doble sentido prácticamente en su totalidad.

La carretera comunica a las provincias del Sureste de España: Almería (de la Comunidad Autónoma de Andalucía), Cartagena (de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia), Alicante y Valencia (ambas de la Comunidad Valenciana).



Tiene su origen en la A-7, en la salida 537, junto a la población de Vera en Almería como carretera autonómica RM-332, hasta la región de Murcia, y continúa desde la población de Águilas en Murcia como N-332 hasta llegar a la provincia de Valencia.



El estudio se realizará al tramo de la Carretera N-332 perteneciente a la Comunidad Valenciana, que bordea específicamente al municipio de Gandía (Variante de Gandía), en la provincia de Valencia. Dicho tramo se encuentra comprendido entre el PK-220+500 y el PK-226+000, con una longitud de 7,94 km.



### 3- ANTECEDENTES

#### 3.1- DATOS GENERALES

La Variante de Gandía fue un proyecto de carretera aprobado el 15 de julio de 1993 y su construcción fue iniciada el 27 de enero de 1994. La carretera presenta las siguientes características:

- 2 carriles de sentidos opuestos.
- Cada carril de 3,5 metros.
- Arcén de 2,5 metros.
- Berma de 1 m.



### 3.2- MODIFICACIONES A LA VÍA

El 26 de junio de 1995 fue aprobada la redacción de un proyecto de modificación por la Dirección General de Carreteras, para la realización de diversos cambios en la carretera en búsqueda de mejorar la seguridad, agilidad, capacidad, visibilidad, entre otros aspectos. Algunas de estas modificaciones fueron:

1. Mejora del trazado.
2. Prolongación de ramales.
3. Construcción de rotonda en intersección.
4. Ensanche de la curva y elevación de rasante del Acceso Norte a Gandía, mejorando la visibilidad de la curva.
5. Prolongación de carril de aceleración de ramales.
6. Aumento de radios en lazos.
7. Modificaciones de estructuras.
8. Cambios en la sección del interior del túnel.

### 3.3- ESTUDIO DE DETERIOROS

En el año 1994 la Dirección General de Carreteras inició diversas campañas sistemáticas de auscultación del firme para la obtención de las deflexiones y el radio de curvatura del cuenco de deflexiones en toda la Red de Carreteras del Estado mediante el Curviómetro MT.

El Curviómetro MT consiste en un equipo de medida que se encuentra montado sobre un camión de dos ejes, cuyo eje gemelo trasero contiene una carga que se puede ajustar a voluntad entre 80 y 130 kN. En España se utiliza con una carga de 127,53 kN, con una distancia entre ejes de 5 metros.

La adquisición de datos mediante el curviómetro es de cada 5 metros a una velocidad de 5m/s (18 km/h). En cada punto se determina la deformada del firme sobre una longitud de cuatro metros.



Una de las características principales del Curviámetro MT es que dispone de una sonda de temperatura y un termómetro de infrarrojos para la toma de la temperatura ambiente y de la superficie del firme en cada punto de medida. Esto permite que las medidas puedan corregirse por temperatura del pavimento, como lo indica el Anejo 3 de la Norma 6.3 IC de Rehabilitación de Firmes.

Las medidas obtenidas se visualizan en tiempo real y se almacenan en soporte magnético.

En el mes de abril de 2012 se tomaron las deflexiones de las carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la provincia de Valencia. Con estos datos se realizó un informe que contiene las siguientes informaciones:

- Base de datos de la campaña en formato Access.
- Imágenes de los tramos auscultados.
- Aplicación informática para visualizar los gráficos correspondientes a la base registrados simultáneamente a las imágenes de la carretera.
- Manual de la aplicación informática de visualización en formato PDF.

Con el informe se pudo analizar los datos de las deflexiones tomadas por el Curviámetro, con la utilización de una aplicación informática para la visualización de los gráficos de los parámetros que incluye un modelo estadístico que facilita el tratamiento de los datos.

## **4- SITUACIÓN ACTUAL**

### **4.1- TRÁFICO**

El tráfico que circula por la carretera fue obtenida mediante la estación de aforo primaria V-88/1 ubicada en el PK 222,56 y es el siguiente:

- Intensidad Media Diaria (IMD): 18.830 veh/día
- Intensidad Media Diaria de Pesados (IMDp): 2.417 veh/día



- Categoría de tráfico pesado: T1

En el anejo 2: *Firmes* se detalla la composición del tráfico, así como la estimación de su evolución para el año de finalización y puesta en servicio del proyecto.

#### 4.2- FIRME

La carretera N-332 presenta las siguientes características en su firme:

##### ➤ Calzada y arcén

- Capa de rodadura: Mezcla bituminosa PA 12 y espesor de 4 cm.
- Capa intermedia: Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin D y espesor de 8cm.
- Capa base: Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 base G y espesor de 18 cm distribuidos en dos capas.
- Capa base granular: Zahorra artificial tipo ZA-25 y espesor de 25 cm.

##### ➤ Explanada E3

- Capa de explanada: S-EST 3 y espesor de 30 cm.
- Capa inferior de explanada: Suelo adecuado.

#### 4.3- INSPECCIÓN VISUAL

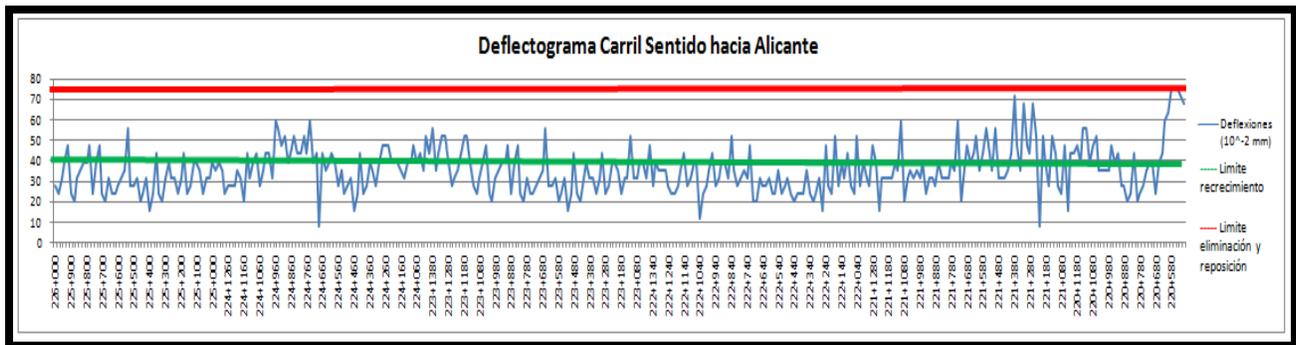
La inspección visual ha sido realizada a todo el ancho de la calzada del tramo de carretera, observándose deterioros como:

- Grieta transversal: Línea de rotura transversal o sensiblemente perpendicular al eje de la carretera.
- Grieta longitudinal: Línea de rotura paralela al eje y próxima al borde de la calzada.
- Descarnadura: La superficie de rodadura aparece parcialmente descarnada por arranque de gravilla.

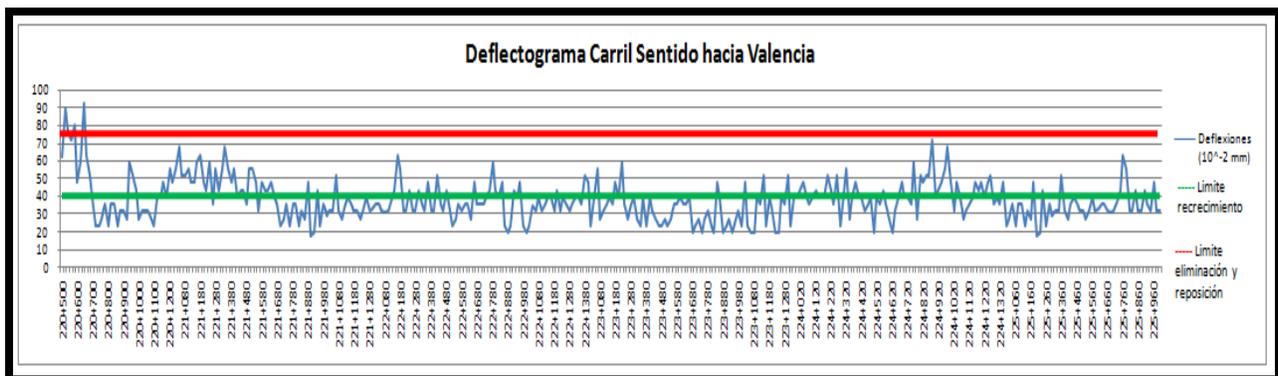
- Peladura: Zona localizada en la que la capa de rodadura se ha desprendido del firme.

#### 4.4- DEFLEXIONES

El tramo de carretera Variante de Gandía muestra defectos superficiales, que con la utilización del Curviómetro, se ha detectado y localizado agotamiento estructural del firme, siguiendo los parámetros indicados en la Norma 6.3 IC “Rehabilitación de Firmes”. Para una carretera con categoría de tráfico T1, la Norma define las actuaciones a considerar según el deterioro que presente, mediante parámetros establecidos en tablas.



Gráfica 2: Deflectograma carril de sentido hacia Alicante con umbrales que reflejan la necesidad de actuación en el firme.



Gráfica 1: Deflectograma carril de sentido hacia Valencia con umbrales que reflejan la necesidad de actuación en el firme.

Con los gráficos se puede observar agotamiento estructural, lo cual refleja la necesidad de una rehabilitación estructural en casi todo el tramo de carretera. Aquellos tramos cuya deflexión no se encuentra en los umbrales de agotamiento estructural definidos en la Norma, según el Índice de Deterioro Estructural de la carretera, requerirán de una actuación preventiva. El análisis para el diagnóstico se encuentra ampliado en el Anejo 2: *Firmes*.

## 5- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 5.1- ANÁLISIS DE SOLUCIONES

En cumplimiento de la Norma 6.3 IC “Rehabilitación de Firmes”, se ha considerado dos posibles soluciones:

#### 5.1.1- Solución alternativa 1

La alternativa 1 contempla las siguientes actuaciones:

- a) En aquellas zonas donde exista deterioro estructural siendo la deflexión patrón mayor a  $75 \times 10^{-2}$  mm, se realizará eliminación y reposición del firme de la siguiente manera:
  - Fresado de capa de rodadura y capa intermedia, con espesor total de 12 cm.
  - Riego de adherencia termoadherente C60B4 TER.
  - Reposición de capas eliminadas con un espesor de 12 cm de mezcla bituminosa en caliente de AC22 base B40/50 G.
- b) En el resto de zonas donde no hay necesidad de eliminación y reposición del firme, se deberá realizar un sellado de grietas en la superficie del pavimento.
- c) Debido a la necesidad de una actuación preventiva, ya que el Índice de Deterioro Estructural es mayor al parámetro definido en la Norma, se realizará un recrecimiento del firme a lo largo de toda la vía. Para cumplir con el espesor mínimo de mezcla bituminosa, establecido en la misma Norma, se realizará lo siguiente:
  - Riego de adherencia termoadherente C60B4 TER.
  - Extendido de capa intermedia AC22 bin B40/50 S de 5 cm en calzada y arcén.



- Riego de adherencia termoadherente C60BP4 ADH.
  - Extendido de capa de rodadura BBTM 11B BM-3b de 3 cm en calzada y arcén.
- d) Recrecido de bordillo, en consecuencia del recrecimiento del firme.
- e) Señalización horizontal:
- Flechas.
  - Líneas continuas.
  - Líneas discontinuas.
  - Cebreado.

### 5.1.2- Solución alternativa 2

La alternativa 2 contempla las siguientes acciones y características:

- a) Eliminación y reposición de la calzada completa del tramo de carretera.
- Fresado de capas con un espesor total de 12 cm.
  - Reposición de capas eliminadas con mezcla bituminosa en caliente:
    - Riego de adherencia termoadherente tipo C60B4 TER.
    - Una capa intermedia de 9 cm de AC22 bin B40/50 S.
    - Riego de adherencia termoadherente C60BP4 ADH.
    - Una capa de rodadura de 3 cm de BBTM 11B BM-3b.
- b) Señalización horizontal:
- Flechas.
  - Líneas continuas.
  - Líneas discontinuas.

### 5.1.3- Solución adoptada

Mediante la realización de un análisis multicriterio en el Anejo 2: *Firmes*, donde se tomaron en consideración criterios como la economía, estética, duración de las obras, durabilidad, entre otros, la opción más beneficiosa fue la alternativa 2 sobre la alternativa



1 debido a la obtención de mayor puntuación en los criterios con mayor peso, los cuales son:

- Menor coste en su ejecución, ya que la alternativa 1 considera un mayor número de trabajos y mayor área de asfaltado que elevan el coste final.
- Menor complejidad de las obras, puesto que se realizan en esta alternativa menor número de trabajos.
- Mayor durabilidad, puesto que la alternativa 2 contempla una actuación estructural en toda la calzada lo que evitará que se deba realizar algún tipo de rehabilitación en un futuro próximo.

## 5.2- PROGRAMA DE TRABAJOS

En el anejo 6: *Programa de trabajos*, se encuentra una estimación de la duración de cada actividad del proyecto.

## 5.3- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD EN LAS OBRAS

El correspondiente Estudio de Seguridad y Salud para el presente proyecto de rehabilitación, se encuentra en el Documento Nº5 “Estudio de Seguridad y Salud”. En dicho documento se establecen disposiciones mínimas para garantizar la salud y la seguridad en la ejecución de los trabajos. Estas disposiciones cumplen lo definido en el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, *sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción* y sigue como guía las “Recomendaciones para la elaboración del estudio de seguridad y salud en obras de carretera” de la Dirección General de Carreteras.



#### 5.4- PLAZO DE GARANTÍA

Se considerará de 1 año desde la fecha del acta de recepción de las obras, a no ser que se establezca otro diferente en el Pliego de Clausulas Administrativas Particulares, en cuyo caso prevalecerá este último.

#### 5.5- JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Los precios que figuran en el Documento nº 4 han sido obtenidos de acuerdo a la Justificación de Precios del Anejo 7 de esta Memoria.

#### 5.6- PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Una vez concretadas las medidas y los precios de cada unidad de obra, se ha obtenido un Presupuesto de Ejecución Material que asciende a 579.536,05€ (QUINIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con CINCO CÉNTIMOS), que agregándole a este valor el 13% de Gastos Generales, el 6% de Beneficio Industrial y el 21% de IVA se obtiene un Presupuesto Base de Licitación que asciende a **827.171,80€** (OCHOCIENTOS VEINTISIETE MIL CIENTO SETENTA Y UNO con OCHENTA CÉNTIMOS).

#### 5.7- REVISIÓN DE PRECIOS

Puesto que la Nota de Servicio 3/2011 *sobre criterios a tener en cuenta en la redacción de los proyectos de rehabilitación estructural y/o superficial de firmes* establece que sin importar la duración del proyecto, se debe proponer una fórmula de revisión de precios. Para este fin se fijará una fórmula de las establecidas según el Real Decreto 1359/2011 de 7 de octubre, por el que se aprueba *la relación de materiales básicos y las fórmulas tipo generales de previsión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas*.



La fórmula que más se adecua a las características del proyecto es la *Fórmula 152. Revisión de precios para rehabilitación de firmes con mezclas bituminosas con preponderancia alta de materiales bituminosos (sin incluir barreras y señalización)*. La fórmula se encuentra descrita en el Anejo 8: *Fórmula de Revisión de Precios* de esta Memoria.

## 5.8- PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

En cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 58 del Real Decreto 111/1986 de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, se le añadirá el 1% del Presupuesto de Ejecución Material al Presupuesto Base Licitación para conservación o enriquecimiento del Patrimonio Histórico Español, obteniéndose un Presupuesto de Inversión igual a **832.967,16€** (OCHOCIENTOS TREINTA Y DOS MIL NOVECIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS con DIÉCISEIS CÉNTIMOS).

## 6- NORMAS Y REFERENCIAS

### 6.1- DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Las siguientes disposiciones legales y normas han sido los documentos utilizados para la redacción de este proyecto:

- Nota de Servicio 3/2011 sobre criterios a tener en cuenta en la redacción de los proyectos de rehabilitación estructural y/o superficial de firmes.
- Norma 6.1 IC “Secciones de Firme” de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 6.3 IC “Rehabilitación de Firmes” de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 8.2 IC “Marcas Viales” de la Instrucción de Carreteras.
- Norma 8.3 IC “Señalización de obras” de la Dirección General de Carreteras.
- “Manual de Ejemplos de Señalización de Obras Fijas” de la Dirección General de Carreteras.
- Catálogo de Deteriores en Firmes de la Administración Estatal Española de 1989.



- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Base de Precios Dirección General de Carreteras 2014.
- Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre, por el que se aprueba la relación de materiales básicos y las fórmulas-tipo generales de revisión de precios de los contratos de obras y de contratos de suministro de fabricación de armamento y equipamiento de las Administraciones Públicas.
- ORDEN de 12 de junio de 1968 por la que se dictan normas complementarias de aplicación al Ministerio de Obras Públicas de los artículos 67 y 68 del Reglamento General de Contratación del Estado.
- Orden FOM/1824/2013, de 30 de septiembre, por la que se fija el porcentaje a que se refiere el artículo 131 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, a aplicar en el Ministerio de Fomento.
- REAL DECRETO 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985 de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.
- Acuerdo de 5 de junio de 2009, del Consell, de ampliación de la Red de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de la Comunitat Valenciana.
- PG-3 “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes”

## 6.2- BIBLIOGRAFÍA

- Sánchez Izquierdo, Javier. Estudio de alternativas de la reordenación de accesos y mejora de la seguridad vial en la N-332 entre los PK 194+300 y 196+200 en el T.M. de Pedreguer (Alicante) (2010).
- Página web del Ministerio de Fomento: [www.fomento.es](http://www.fomento.es)



- Página web del Ayuntamiento de Gandía: [www.gandia.org](http://www.gandia.org)
- Página web de la Consellería de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente: [www.citma.gva.es](http://www.citma.gva.es)

## 7- DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

### Documento Nº 1: Memoria y Anejos.

- 1.1. Memoria
- 1.2. Anejos
  - 1.2.1. Anejo nº 1: Tráfico
  - 1.2.2. Anejo nº 2: Firmes
  - 1.2.3. Anejo nº 3: Afecciones y costes medioambientales
  - 1.2.4. Anejo nº 4: Estudio de gestión de residuos
  - 1.2.5. Anejo nº 5: Soluciones propuestas al tráfico durante la ejecución de las obras
  - 1.2.6. Anejo nº 6: Programa de trabajos
  - 1.2.7. Anejo nº 7: Justificación de precios
  - 1.2.8. Anejo nº 8: Fórmula de revisión de precios
  - 1.2.9. Anejo nº 9: Presupuesto de inversión

### Documento nº 2: Planos

- 2.1. Situación
- 2.2. Planta general
- 2.3. Plano de actuación
- 2.4. Sección del firme.
- 2.5. Soluciones propuestas al tráfico.

### Documento nº 3: Pliego y prescripciones técnicas particulares.

### Documento nº 4: Presupuesto

- 4.1. Mediciones
- 4.2. Cuadro de precios.



#### 4.3. Presupuesto

**Documento nº5: Estudio de seguridad y salud.**

## **8- CONCLUSIÓN**

El presente Trabajo Final de Máster contiene todos los documentos exigidos por la Dirección General de Carreteras, considerando las Normas y disposiciones legales exigidas.

Estudiante autor del proyecto:

Adniloet Sosa Ricardo