ANEJO 2:

FIRMES

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES III

ÍNDICE DE TABLAS III

ÍNDICE DE GRÁFICAS IV

1- INTRODUCCIÓN 5

2- RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS 5

2.1- INSPECCIÓN VISUAL 5

2.1.1- Descripción general. 5

2.1.2- Deterioros 6

2.2- SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FIRME Y LA EXPLANADA 7

2.3- AUSCULTACIÓN DEL FIRME 9

3- EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL FIRME Y SU NIVEL DE AGOTAMIENTO 15

3.1- TRAMIFICACIÓN HOMOGÉNEA 15

3.2- ESTABLECIMIENTO DEL DIÁGNOSTICO DEL FIRME 18

3.2.1- Análisis del estado del Firme 18

3.2.2- Diagnóstico 20

4- ANÁLISIS DE SOLUCIONES 21

4.1- DETERMINACIÓN DE ACTUACIÓN PREVENTIVA 21

4.2- ÁNALISIS DE SOLUCIONES 22

4.2.1- Solución alternativa 1 23

4.2.2- Solución alternativa 2 27

4.3- ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA 31

4.3.1- Análisis multicriterio 31

4.3.2- Conclusión 33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Grietas longitudinales y transversales. 6
Ilustración 2: Descarnadura. 7
Ilustración 3: Peladuras. 7
Ilustración 4: Sección estructural del firme. 9
Ilustración 5: Corrección de deflexiones por temperatura y humedad 11
Ilustración 6: Precipitaciones en Gandía en el mes de marzo 2012 12
Ilustración 7: Zonas con nivel de precipitación semejante 13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de Corrección para la obtención de la deflexión patrón para equipos de Curviámetros 10
Tabla 2: Zonas con nivel de precipitación anual semejante para estimación de períodos húmedo, intermedio, seco. 13
Tabla 3: Parámetros considerados en la tramificación homogénea del carril derecho. 16
Tabla 4: Parámetros considerados en la tramificación homogénea del carril izquierdo. 17
Tabla 6: Umbrales del valor de la Deflexión Patrón (10-2 mm) para los que se considera agotamiento estructural 19
Tabla 5: Umbrales del valor de la Deflexión Patrón (10^{-2} mm) para los que se considera agotamiento estructural afecta a la explanada 19
Tabla 7: Umbrales de la Deflexión Patrón para el recrecimiento del firme. 20
Tabla 8: Índice de Deterioro Estructural que indican la necesidad de actuación preventiva 22
Tabla 9: Espesor total de mezcla bituminosa nueva 24

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2: Deflectograma carril de sentido hacia Valencia. 14
Gráfica 1: Deflectograma carril de sentido hacia Alicante. 14
Gráfica 3: Deflectograma del carril de sentido hacia Alicante con tramificación realizada según la leyenda de la tabla 3. 16
Gráfica 4: Deflectograma del carril con sentido hacia Valencia con tramificación realizada según la leyenda de la tabla 4. 17
Gráfica 5: Deflectograma carril de sentido hacia Alicante con umbrales que reflejan la necesidad de actuación en el firme. 20
Gráfica 6: Deflectograma carril de sentido hacia Valencia con umbrales que reflejan la necesidad de actuación en el firme. 21

1- INTRODUCCIÓN

El firme inicia su proceso de deterioro desde la puesta en servicio de la carretera, afectado por el tráfico, el ligante, los áridos, agentes atmosféricos, etc. Estos deterioros que se van generando a lo largo de la vida útil conllevan a que la carretera pierda características fundamentales para la comodidad y seguridad de los usuarios. El coste que significa la construcción de una carretera hace imprescindible que se lleven a cabo actuaciones de conservación del firme, ahorrando al Estado altos costes de una necesaria reconstrucción, y les facilita a las personas un uso seguro y efectivo de las vías.

En este anejo se busca analizar las características y el estado del firme del tramo de carretera Variante de Gandía, de manera que se pueda recurrir a una solución de conservación que garantice el buen funcionamiento de la carretera y se pueda prolongar su vida útil. El estudio se realizará siguiendo las especificaciones de la Norma 6.3 IC de "Rehabilitación de Firmes", en donde se definen los criterios a tener en cuenta para la selección de la solución más adecuada para la mejora del firme.

2- RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

2.1- INSPECCIÓN VISUAL

2.1.1- Descripción general.

El tramo de la Carretera N-332 desde el PK 220+500 al PK 226+000, discurre por una orografía generalmente llana, sin existencia de cauces naturales cercanas y sin presencia de grandes precipitaciones a lo largo del año.

El drenaje está constituido por cunetas y alcantarillas que se encuentran en todo el tramo de carretera. Debido a esto y a las bajas precipitaciones que ocurren durante el

año, el drenaje funciona correctamente, sin posibilidad de inundaciones que generen problemas al firme y a la explanada.

En el tramo de carretera se encuentran 2 túneles de 140 m y 160 m de longitud cada uno, y 5 puentes de 89,90 m, 57,20 m, 112,30 m, 27,10 m, y 159, 40 m.

2.1.2- Deterioros

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.

Reportaje fotográfico

Ilustración 1: Grietas longitudinales y transversales.

Ilustración 2: Descarnadura.

Ilustración 3: Peladuras.

2.2- SECCIÓN ESTRUCTURAL DEL FIRME Y LA EXPLANADA

Para la determinación del diagnóstico del estado del firme que proporcione la actuación más apropiada, es necesario estudiar la información disponible sobre la

carretera, y para este fin es importante conocer el firme para que la actuación que se seleccione se ajuste lo más posible al nivel de deterioro que presente.

Por esta razón, se deberá conocer los espesores y los materiales que conforman el firme, para un adecuado análisis de su estado. Junto a esto se podrá determinar el tipo de firme que posee la carretera, que de acuerdo a su composición, se clasifican en flexibles, semiflexibles, semirrígidos (y con pavimento de hormigón, pero estos no serán estudiados en este documento).

- Los flexibles son aquellos que poseen capas granulares no tratadas y materiales bituminosos de espesor inferior a 15 cm.
- Los semiflexibles poseen capas granulares no tratadas y material bituminoso de espesor mayor a 15 cm.
- Los semirrígidos son aquellos que, sin importar el espesor del material bituminoso, posee una o varias capas tratadas con conglomerantes hidráulicos o puzolánicos, con un espesor total igual o superior a 18 cm.

Para determinar el tipo de firme se analizará la sección estructural que contiene la carretera en la actualidad:

- Calzada y arcén
  - Capa de rodadura: Mezcla bituminosa PA-12 y espesor de 4 cm.
  - Capa intermedia: Mezcla bituminosa en caliente tipo D-20 y espesor de 8cm.
  - Capa base: Mezcla bituminosa en caliente tipo G-25 y espesor de 18 cm distribuidos en dos capas.
  - Capa base granular: Zahorra artificial tipo ZA-25 y espesor de 25 cm.

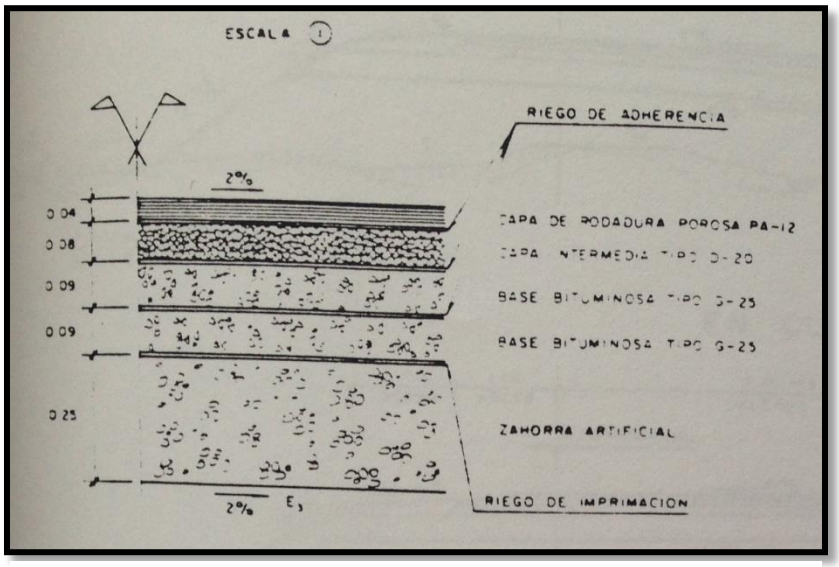


Ilustración 4: Sección estructural del firme.

Según las características de este firme, se puede observar que es de tipo semiflexible.

- Explanada E3
- Capa de explanada: S-EST 3 y espesor de 30 cm.
- Capa inferior de explanada: Suelo adecuado.

2.3- AUSCULTACIÓN DEL FIRME

Las auscultaciones del firme se realizan con el fin de conocer la capacidad resistente del firme mediante los valores de las deflexiones. Estas deflexiones se pueden obtener a partir de la utilización de diferentes equipos, siendo los más comunes:

- Viga Benkelman.
- Curviámetro
- Deflectómetro de impacto

En el caso del tramo de carretera de estudio, las auscultaciones han sido facilitadas por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, por lo que el análisis se realizará a partir de estos. Dichas auscultaciones fueron realizadas siguiendo la norma de ensayo NLT-333, en la cual la toma de deflexiones se realiza con un Curviámetro MT, obteniendo la deflexión máxima, el radio de curvatura y la anchura de la zona deformada. Las deflexiones fueron tomadas en abril de 2012, que para fines del análisis y ejecución de este estudio, se tomarán como válidos para la redacción de la tesina.

La Norma 6.3 IC de Rehabilitación de Firmes indica que en aquellos casos donde las auscultaciones han sido realizadas con un equipo diferente a la Viga Benkelman, los valores de las deflexiones deberán ser ajustadas con unos factores de corrección establecida por la Dirección General de Carreteras para la obtención de la *deflexión patrón*. En la tabla siguiente, se puede observar los factores de corrección que el Ministerio de Fomento detalla para los curviámetros.

Tabla 1: Factores de Corrección para la obtención de la deflexión patrón para equipos de Curviámetros

MARCA Y MODELO	MATRÍCULA	ENTIDAD	FACTOR	Error típico ($\cdot 10^{-2}$ mm)
MT-15	M 7524 NM	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,058
MT-2000	4026 BSG	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,212
MT-3000.1	3281 CSK	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,258
MT-3000.2	3491 DFN	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,356
MT-3000.3	4361 DNF	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,032
MT-4000.1	6292 FZT	GEOCISA	1,00	± 2,073
MT-4000.2	6297 FZT	EUROCONSULT NTS	1,00	± 2,433

(*) Válidos durante 2009 y hasta que sean actualizados en posteriores ensayos de armonización.

Fuente: "Nota Técnica Sobre la Armonización de la Medida de la Deflexión con Equipos del Tipo Curviámetro" del Ministerio de Fomento.

Valorando que el factor de corrección es 1,00, se procederá al análisis de las correcciones por temperatura y humedad, como lo indica la Norma 6.3 IC. En el caso de la corrección por temperatura, el Curviámetro MT realiza la corrección por temperatura del pavimento mediante una sonda de temperatura y un termómetro de infrarrojos. Por otro lado, se ha podido apreciar que el programa también realiza las correcciones por humedad, insertando los datos de acuerdo a lo que especifica el apartado 2.5 del Anejo 3, de la Norma 6.3 IC:

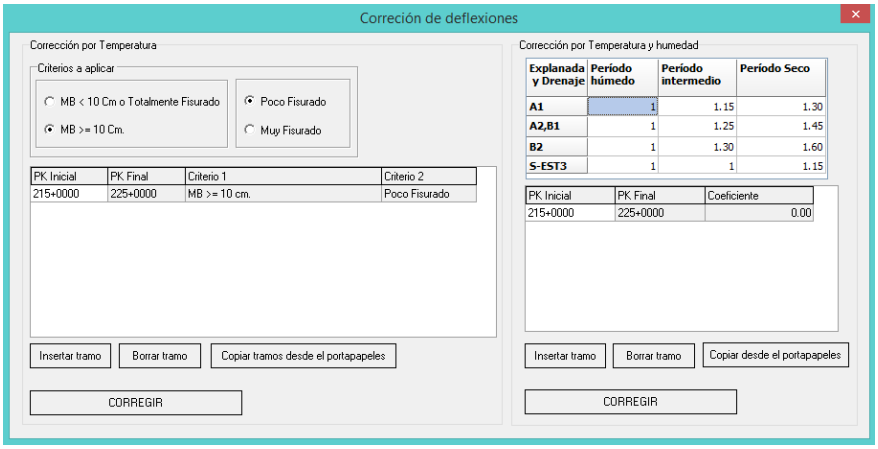


Ilustración 5: Corrección de deflexiones por temperatura y humedad

Para conocer qué parámetros escoger, se ha indagado sobre las precipitaciones del municipio de Gandía en marzo de 2012, lo que equivale a un mes y medio antes de la toma de las deflexiones; de esta forma se puede conocer en qué período de humedad se tomaron las muestras. En la imagen siguiente se pueden ver las precipitaciones de ese mes.

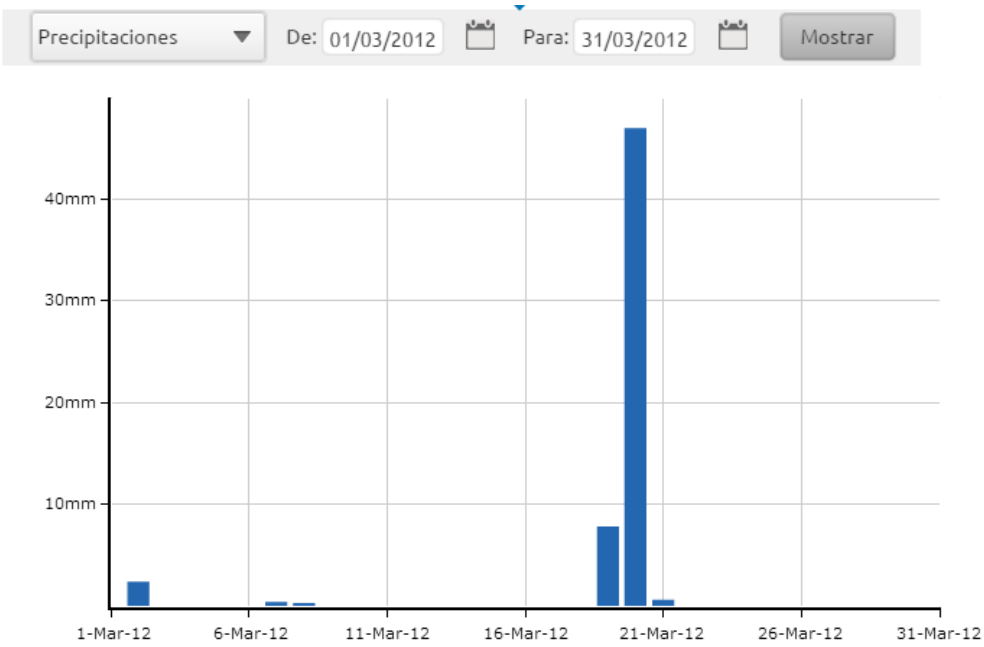


Ilustración 6: Precipitaciones en Gandía en el mes de marzo 2012

Fuente: http://www.eltiempo.es/gandia.html?v=historico

De acuerdo a esta gráfica, en el mes de marzo hubo 57,8 mm de precipitación en total y para conocer a qué período corresponde, se utilizarán la ilustración 5 y la tabla 2 tomadas del Anejo 3 de la Norma 6.3 IC.

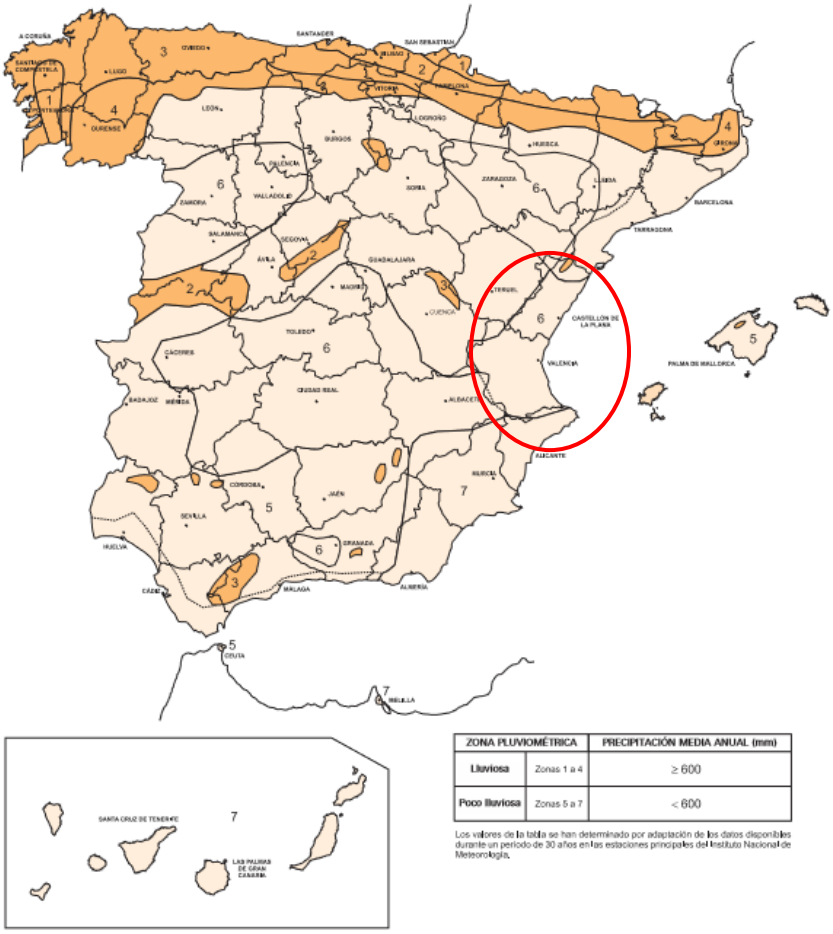


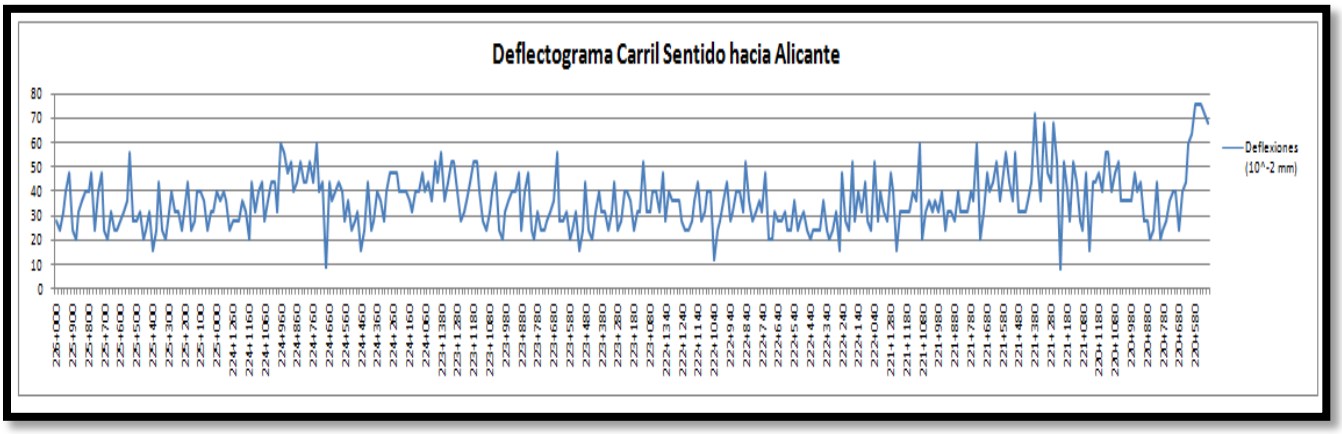
Ilustración 7: Zonas con nivel de precipitación semejante

Tabla 2: Zonas con nivel de precipitación anual semejante para estimación de períodos húmedo, intermedio, seco.

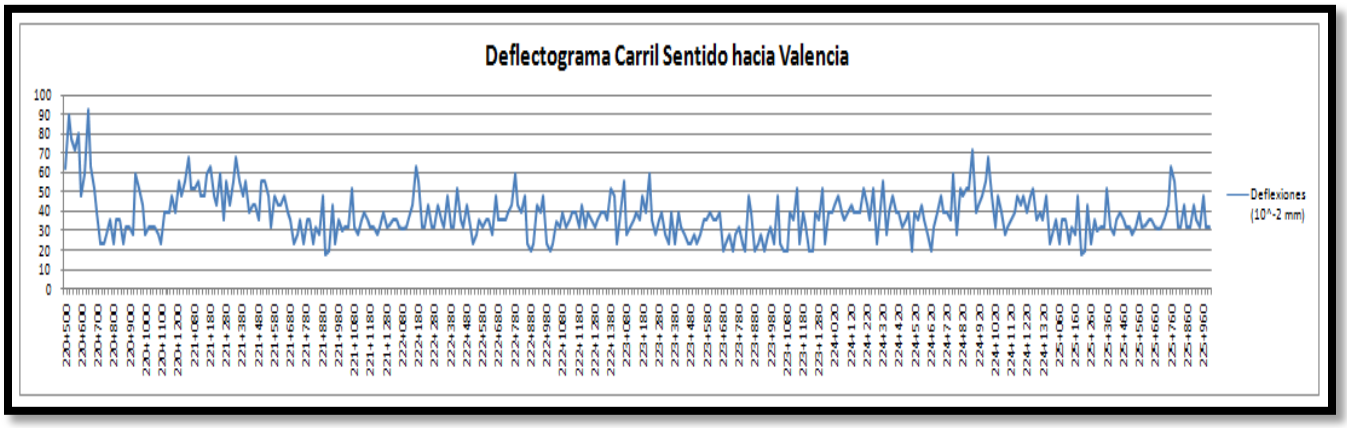
ZONA(**)	PRECIPITACIÓN EN EL MES DE REFERENCIA (mm)		
	PERÍODO HÚMEDO	PERÍODO INTERMEDIO	PERÍODO SECO
1	> 125	90-125	< 90
2	> 100	70-100	< 70
3	> 80	50-80	< 50
4	> 65	45-65	< 45
5	> 45	30-45	< 30
6	> 30	20-30	< 20
7	> 20	10-20	< 10

Así que, para una zona 6, que es donde se encuentra Gandía, y una precipitación mayor a 30 mm en el mes que se ha tomado como referencia, da como resultado un período húmedo. Conociendo entonces que el período es considerado húmedo y que la carretera posee una explanada de S-EST3, la Norma establece para estas características un factor de corrección por humedad igual a 1.

Recopilando todo lo anterior, se han obtenido los siguientes deflectogramas:



Gráfica 2: Deflectograma carril de sentido hacia Alicante.



Gráfica 1: Deflectograma carril de sentido hacia Valencia.

3- EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL FIRME Y SU NIVEL DE AGOTAMIENTO

3.1- TRAMIFICACIÓN HOMOGÉNEA

Ya conseguido los deflectogramas, se puede iniciar la tramificación del tramo de carretera a evaluar. Para esto, la Norma 6.3 IC considera tramos homogéneos los que presenten igualdad en:

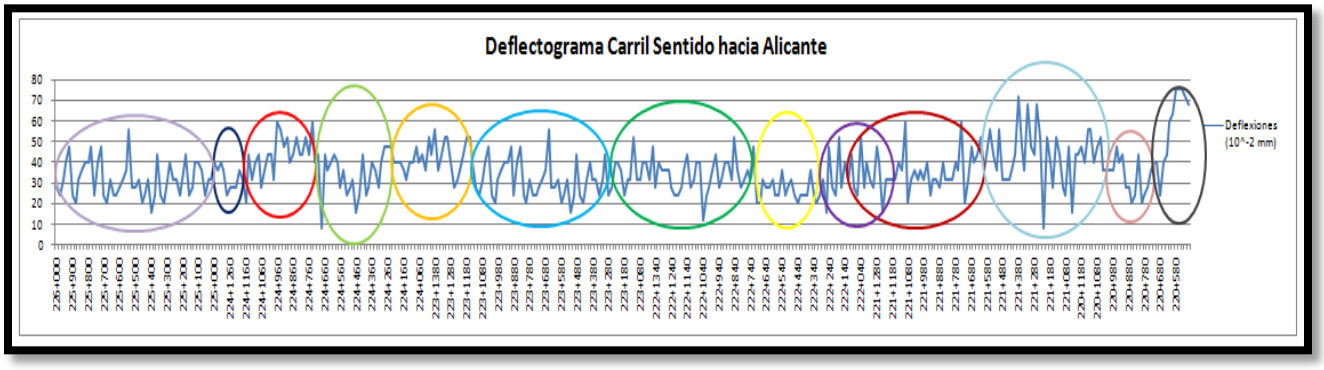
- Número de carriles por calzada.
- Sección estructural del firme.
- Fecha en que se realizó la última actuación de tipos estructural sobre el firme (no tomando en cuenta actuaciones superficiales, y fresado y reposición de capas asfálticas en zonas aisladas y localizadas).
- Categoría de tráfico pesado.

En el caso de la Variante de Gandía, la carretera posee igualdad en estos aspectos, por lo que la tramificación se proseguirá con el análisis de las deflexiones comprobando lo siguiente:

- La uniformidad utilizando los valores de las deflexiones del tramo. La norma 6.1 IC establece que el cociente de la desviación típica muestral y el promedio de las deflexiones debe ser menor a 0,40, y si el cociente resulta un valor mucho mayor no podrá considerarse como homogéneo.
- Los tramos deben estar comprendidos dentro del intervalo cuyo extremo superior sea 1.5 veces el valor medio de las deflexiones, y el extremo inferior la mitad del promedio.
- Son distintos los tramos con valores medios diferentes y con desviación típica muestral diferente.
- La longitud de los tramos debe ser entre 200 y 1000 m.
- Longitud mínima del tramo es 100 m.

Luego de analizado lo anterior, la tramificación homogénea ha quedado de la siguiente manera:

Carril sentido hacia Alicante



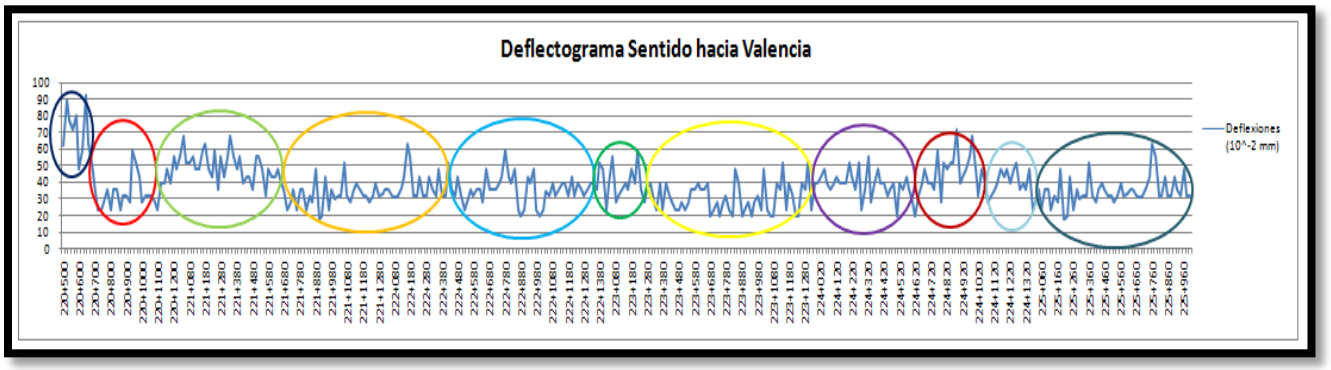
Gráfica 3: Deflectograma del carril de sentido hacia Alicante con tramificación realizada según la leyenda de la tabla 3.

Tabla 3: Parámetros considerados en la tramificación homogénea del carril derecho.

CARRIL SENTIDO HACIA ALICANTE								
Leyenda	Tramo	Pki	PKf	Media (m)	Desviación Típica (s)	s/m	Límite Deflexión Máxima	Límite Deflexión Mínima
	1	226+000	225+000	31.68	8.81	0.28	47.52	15.84
	2	225+000	224+1160	31.64	6.56	0.21	47.45	15.82
	3	224+1160	224+700	44.52	8.29	0.19	66.78	22.26
	4	224+700	224+240	34.09	10.64	0.31	51.13	17.04
	5	224+240	223+1140	42.15	7.26	0.17	63.23	21.08
	6	223+1140	223+220	31.74	9.10	0.29	47.61	15.87
	7	223+220	222+720	34.42	8.65	0.25	51.63	17.21
	8	222+720	222+260	25.91	5.38	0.21	38.87	12.96
	9	222+260	221+1120	34.83	9.32	0.27	52.25	17.42
	10	221+1120	221+380	38.70	11.32	0.29	58.05	19.35
	11	221+380	220+920	42.67	12.64	0.30	64.00	21.33
	12	220+920	220+680	29.67	8.26	0.28	44.50	14.83
	13	220+680	220+500	64.00	13.71	0.21	96.00	32.00

Fuente: Realización propia.

Carril sentido hacia Valencia



Gráfica 4: Deflectograma del carril con sentido hacia Valencia con tramificación realizada según la leyenda de la tabla 4.

Tabla 4: Parámetros considerados en la tramificación homogénea del carril izquierdo.

CARRIL SENTIDO HACIA VALENCIA								
Leyenda	Tramo	Pki	PKf	Deflexión Media (m)	Desviación Típica (s)	s/m	Límite Deflexión Máxima	Límite Deflexión Mínima
	1	220+500	220+700	67.36	17.13	0.25	101.05	33.68
	2	220+700	220+1100	32.80	9.59	0.29	49.20	16.40
	3	220+1100	221+680	48.49	8.78	0.18	72.73	24.24
	4	221+680	222+400	34.69	8.58	0.25	52.03	17.34
	5	222+400	222+1360	36.23	8.17	0.23	54.34	18.11
	6	222+1360	223+280	40.00	10.33	0.26	60.00	20.00
	7	223+280	223+1300	30.84	8.99	0.29	46.26	15.42
	8	223+1300	224+620	38.35	8.53	0.22	57.53	19.18
	9	224+620	224+1060	46.55	11.08	0.24	69.82	23.27
	10	224+1060	225+000	41.14	7.09	0.17	61.71	20.57
	11	225+000	226+000	34.69	8.58	0.25	52.03	17.34

Fuente: Realización propia.

Como se puede verificar en las tablas anteriores, las tramificaciones cumplen con los criterios de homogeneidad descritas en la normativa.

3.2- ESTABLECIMIENTO DEL DIÁGNOSTICO DEL FIRME

3.2.1- Análisis del estado del Firme

Con la inspección visual y las auscultaciones del firme, se puede determinar la necesidad de una rehabilitación. De acuerdo a la Norma 6.3 IC, el firme requerirá de una actuación si presenta alguna de las características siguientes:

- Rehabilitación Estructural

Si presenta:

- Agotamiento estructural del firme.
- Crecimiento importante de la intensidad del tráfico pesado.
- Gastos excesivos de conservación ordinaria.

- Rehabilitación Superficial

Cuando:

- Se haya realizado una rehabilitación estructural.
- El pavimento sea deslizante por pulimento o falta de macrotextura.
- Haya una deformación longitudinal o transversal del pavimento.
- El pavimento se encuentre fisurado, descarnado o en proceso de desintegración superficial.

En la misma normativa, se definen parámetros de las deflexiones que debe tener la carretera para el establecimiento de la necesidad de una rehabilitación estructural. Los diferentes casos son:

a) Agotamiento estructural que afecta a la explanada.

Aquellas zonas donde el agotamiento estructural afecta a la explanada, usualmente se presentan como “zonas singulares”, que son áreas del firme donde se presentan deterioros superficiales de pequeña longitud que afectan a la explanada o tiene su origen en ella. Si dichas zonas singulares son de longitud igual o mayor a 100m, se considerará “zonas de estudio especial”.

Visualmente, las zonas singulares, se muestran como blandones y se pueden comprobar con la categoría del tráfico pesado y los valores de la deflexión patrón de la Norma en la tabla 5.

Tabla 5: Umbrales del valor de la Deflexión Patrón (10^{-2} mm) para los que se considera agotamiento estructural afecta a la explanada

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
T00	T0	T1	T2	T3	T4
100	125	150	200	250 (*)	300 (*)

b) Agotamiento estructural que no afecta a la explanada.

Se considerará que el firme tiene una vida residual insuficiente siempre que el valor de la deflexión patrón en un punto determinado supere los umbrales indicados en la tabla 6. Las zonas de la carretera que contenga deflexiones que se encuentre en estos rangos, requiere de una eliminación y reposición del firme.

Tabla 6: Umbrales del valor de la Deflexión Patrón (10-2 mm) para los que se considera agotamiento estructural

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO				
T00 y T0	T1	T2	T3	T4
50	75	100	125	150 (*) 200 (**)

c) Agotamiento estructural de menor magnitud.

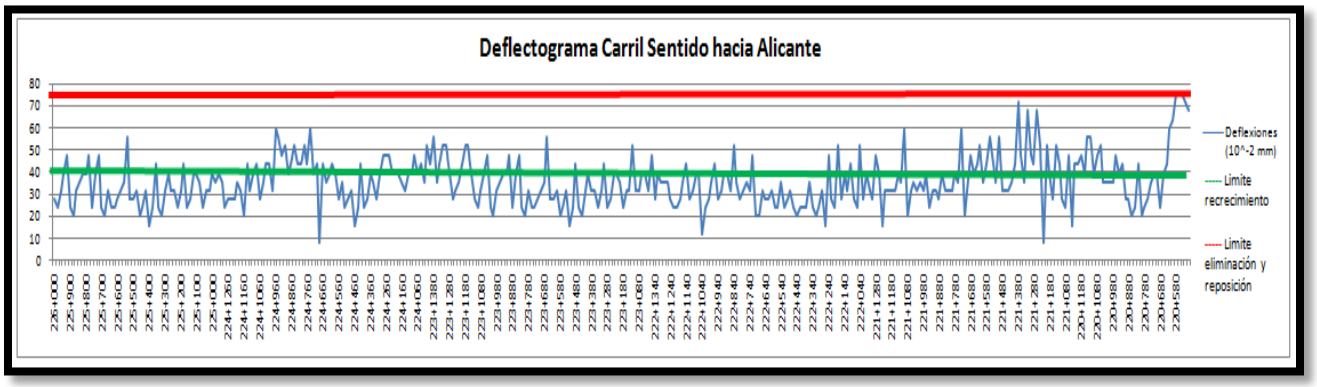
La Norma, de igual manera que los casos anteriores, define los umbrales de la deflexión patrón de la carretera, para que requiera un recrecimiento del firme.

Tabla 7: Umbrales de la Deflexión Patrón para el recrecimiento del firme.

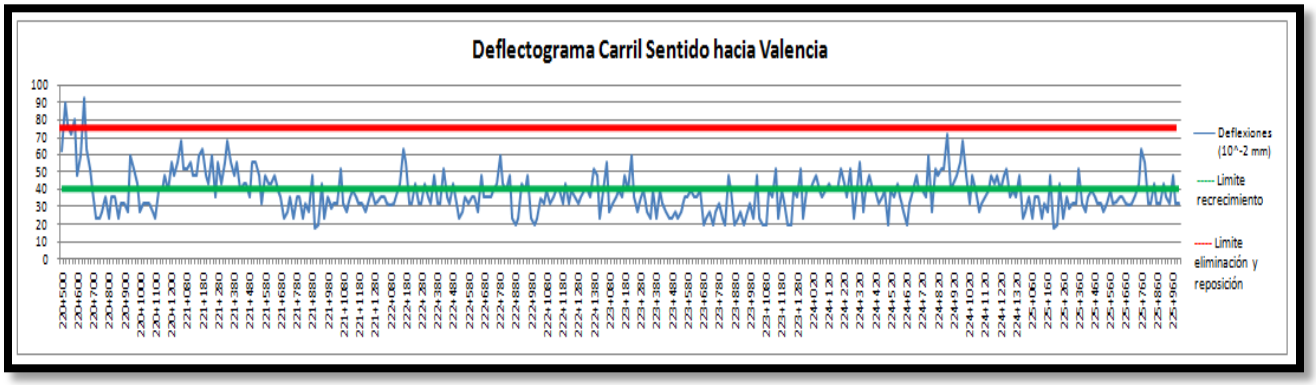
DEFLEXIÓN DE CÁLCULO (d_o) (10^{-2} mm)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
	T00	T0	T1	T2	T3	T4
0-40	10	ZONA DE ACTUACIÓN PREVENTIVA				
40-60	12	10	8			
60-80	15	12	10	8		
80-100	18	15	12	10	5	
100-125		18	15	12	8	5
125-150			18	15	10(**)	6(**)
150-200				18	12(**)	8(**)
> 200	ZONA DE ESTUDIO ESPECIAL					

3.2.2- Diagnóstico

Con el fin de aplicar los umbrales mencionados en el apartado anterior, se delimitarán dichos valores en una gráfica de deflexiones, para un mejor entendimiento.



Gráfica 5: Deflectograma carril de sentido hacia Alicante con umbrales que reflejan la necesidad de actuación en el firme.



Gráfica 6: 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 de la carretera, lo cual refleja la necesidad de una rehabilitación estructural en casi todo el tramo de carretera. No hay existencia de zonas singulares, debido a que ningún valor de las deflexiones llegan los límites descritos por la Norma.

4- ANÁLISIS DE SOLUCIONES

4.1- DETERMINACIÓN DE ACTUACIÓN PREVENTIVA

Existen diferentes tipos de soluciones de acuerdo al nivel de deterioro. Con el análisis del diagnóstico, se ha dejado de manifiesto que la carretera requiere, en algunas áreas, de eliminación y reposición del firme, y en otras, recrecimiento del firme. Pero también existe el caso de que el firme requiera de una actuación preventiva. Esto se da cuando el Índice de Deterioro Estructural (IDE), que se define como *la proporción de longitud de carril con respecto a la total con deterioros por agotamiento estructural,* alcanza ciertos valores establecidos por la Norma.

Tabla 8: Índice de Deterioro Estructural que indican la necesidad de actuación preventiva

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
T00 y T0	T1 y T2	T3 y T4
> 5	> 10	> 15

Para el cálculo del Índice de Deterioro Estructural se ha tomado las longitudes de los deterioros de cada carril y se ha obtenido un total de:

- Carril en sentido hacia Alicante --> 1.970 m
- Carril en sentido hacia Valencia --> 2.370 m

La longitud total de cada carril es de 7.937,20 m, por lo que el IDE es 24,81 para el carril con sentido hacia Alicante y 29,85 para el carril con sentido hacia Valencia. De esta manera, teniendo la categoría de tráfico pesado T1 con un IDE mayor a 10, se debe de realizar una actuación preventiva a todo el largo de la calzada.

4.2- ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Según el diagnóstico obtenido en el apartado anterior, el tramo de carretera cumple con el requerimiento de una rehabilitación estructural. Este tipo de rehabilitación requiere de las siguientes actuaciones:

- ✓ Eliminación parcial y reposición del firme con mezcla bituminosa hasta la misma cota que la superficie original del pavimento existente.
- ✓ Recrecimiento mediante mezclas bituminosas.
- ✓ Combinación de ambas actuaciones.

Tomando en cuenta estas actuaciones, se analizarán las siguientes soluciones:

4.2.1- Solución alternativa 1

- Descripción de la alternativa 1

La alternativa 1 contempla las siguientes actuaciones:

a) En aquellas zonas donde exista deterioro estructural siendo la deflexión patrón mayor a 75 x 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) Extensión a lo largo de toda la vía:
   - 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 C60BP4 ADH.
   - Extendido de capa de rodadura BBTM 11B BM-3b de 3 cm en calzada y arcén.

d) Recrecido de bordillo.

e) Señalización horizontal:
   - Flechas.
   - Líneas continuas.
   - Líneas discontinuas.
   - Cebreado.

- Comprobación de espesor mínimo de mezcla bituminosa nueva

La Norma 6.3 IC especifica el espesor total de mezcla bituminosa nueva que debe de tener la carretera luego de la eliminación y la reposición del firme, como se muestra en la tabla 9:

Tabla 9: Espesor total de mezcla bituminosa nueva

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO					
T00	T0	T1	T2	T3	T4
35	30	25	20	– (*)	– (*)

La misma Norma también indica un coeficiente de equivalencia de 0,75 a la mezcla bituminosa restante si esta se encuentra en buen estado. Para este caso, la capa restante posee 18 cm de mezcla bituminosa, que luego de aplicar el coeficiente resulta equivalente a 13,5 cm. Los 13,5 cm de firme junto a la capa de reposición y la capa de recrecimiento, suman un espesor total de 33,5 cm cumpliendo con los 25 cm mínimos que debe de tener una carretera de Categoría de Tráfico Pesado T1.

- Mediciones y Presupuesto de la alternativa 1

CAPÍTULO 1. FIRME

Unidad	Partida					Cantidad	Precio	Importe
m²	FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO EXISTENTE, 12 CM (CARGA, BARRIDO, RETIRADA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS A LUGAR DE EMPLEO Y/O GESTOR AUTORIZADO)							
	Sentido hacia Valencia PK 220+500 A 220+640	140.00	3.50		490.00			
	Sentido hacia Alicante PK 220+580 A 220+520	60.00	3.50		210.00			
						700.00	0.50 €	346.89 €
t	MBC TIPO AC22 BASE G (G-20 BASE), EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, EXTENDIDA Y COMPACTADA.							
	Sentido hacia Valencia PK 220+500 A 220+640	140.00	3.50	0.012	5.88 *1.3			
	Sentido hacia Alicante PK 220+580 A 220+520	60.00	3.50	0.012	2.52 *1.3			
						10.92	24.97 €	272.67 €

t	**MBC TIPO AC22 BIN S (S-20 INTERMEDIA), EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, EXTENDIDA Y COMPACTADA**								
	Sentido hacia Valencia								
	PK 220+500 A 226+000	7,937.20	6.00	0.05	2381.16	*1.3			
		310.72	2.52	0.05	39.15	*1.3			
		262.11	3.20	0.05	41.91	*1.3			
		224.30	2.76	0.05	30.98	*1.3			
		218.93	3.14	0.05	34.35	*1.3			
		154.68	3.40	0.05	26.30	*1.3			
	Sentido hacia Alicante								
	PK 226+000 A 220+500	7,937.20	6.00	0.05	2381.16	*1.3			
		238.59	3.15	0.05	37.53	*1.3			
		275.01	2.95	0.05	40.53	*1.3			
		392.23	2.98	0.05	58.52	*1.3			
		216.72	2.99	0.05	32.38	*1.3			
		286.50	3.02	0.05	43.32	*1.3			
		161.61	3.60	0.05	29.06	*1.3			
		126.66	9.09	0.05	57.57	*1.3			
		382.92	3.50	0.05	67.01	*1.3			
		160.34	3.31	0.05	26.51	*1.3			
							6,925.67	**22.91 €**	**158,659.82 €**
m2	**MBC TIPO BBTM 11B (M-10) 3 CM DE ESPESOR EN CAPA DE RODADURA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, EXTENDIDA Y COMPACTADA.**								
	Sentido hacia Valencia								
	PK 220+500 A 226+000	7,937.20	6.00		47,623.20				
		310.72	2.52		783.01				
		262.11	3.20		838.23				
		224.30	2.76		619.63				
		218.93	3.14		687.00				
		154.68	3.40		525.91				
	Sentido hacia Alicante								
	PK 226+000 A 220+500	7,937.20	6.00		47,623.20				
		238.59	3.15		750.60				
		275.01	2.95		810.59				
		392.23	2.98		1,170.41				
		216.72	2.99		647.56				
		286.50	3.02		866.38				
		161.61	3.60		581.26				
		126.66	9.09		1,151.34				
		382.92	3.50		1,340.22				
		160.34	3.31		530.19				
							106,548.74	**1.48 €**	**157,301.31 €**
t	**BETÚN ASFÁLTICO B35/50 (B 40/50)**								
%	AC22 Base G	3.65		10.92	0.40				
%	AC22 Bin S	4.00		6,925.67	277.03				
							277.43	**432.63 €**	**120,021.74 €**
t	**BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80 (BM-3b)**								
%	BBTM 11B	4.75		4,155.40	197.38				
							197.38	**521.11 €**	**102,858.33 €**

t	**POLVO MINERAL DE APORTACIÓN UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE.**						
	AC22 Base G	1.00	0.40	0.40			
	AC22 Bin S	1.10	277.03	304.73			
	BBTM 11B	1.20	197.38	236.86			
					541.99	**47.99 €**	**26,007.71 €**
t	**EMULSIÓN TERMOADHERENTE TIPO C60B4 TER PARA RIEGOS DE ADHERENCIA, 0.6 KG/M2, INCLUYENDO PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.**						
	Sentido hacia Valencia						
t/m2	Fresado PK 220+500 A 220+640	0.0006	490.00	0.29			
t/m2	Intermedia PK 220+500 A	0.0006	51,076.99	0.13			
	Sentido hacia Alicante						
t/m2	Fresado PK 220+580 A 220+520	0.0006	210.00	0.13			
t/m2	Intermedia PK 226+000 A	0.0006	55,471.75	33.28			
					33.83	**211.94 €**	**7,169.78 €**
t	**EMULSIÓN DE BETÚN MODIFICADO C60BP4 ADH, EN RIEGO DE ADHERENCIA PARA RODADURA, 0.6 KG/M2, INCLUYENDO PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.**						
	Sentido hacia Valencia						
t/m2	Rodadura PK 220+500 A 226+000	0.0006	51,076.99	30.65			
	Sentido hacia Alicante						
t/m2	Rodadura PK 226+000 A 220+500	0.0006	55,471.75	33.28			
					63.93	**282.56 €**	**18,063.69 €**
m	**CORTE CON DISCO i/DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 KM.**						
	Sentido hacia Valencia						
	Rodadura PK 220+500 A 226+000	28.00					
	Sentido hacia Alicante						
	Rodadura PK 226+000 A 220+500	28.00					
					56.00	**3.25 €**	**182.12 €**
m	**SELLADO DE GRIETAS**						
	Sentido hacia Valencia						
	Rodadura PK 220+500 A	3,458.55					
	Sentido hacia Alicante						
	Rodadura PK 226+000 A	2,963.60					
					6,422.15	**1.33 €**	**8,541.46 €**
	TOTAL FIRMES						**599,425.51 €**

CAPÍTULO 2. SEÑALIZACIÓN						
Unidad	Partida			Cantidad	Precio	Importe
m	MARCA VIAL DE 15 CM DE ANCHURA CON PINTURA TERMOPLÁSTICA EN CALIENTE, INCLUYENDO PREMARCAJE Y PARTE PROPORCIONAL DE ESFERAS EN BLANCO, CONTINUA O DISCONTINUA.					
	Línea continua	20,969.69				
	Línea discontinua	1,359.00				
				22,328.69	0.32 €	7,141.55 €
m2	MARCA VIAL REFLEXIVA CON PINTURA TERMOPLÁSTICA EN CALIENTE EN SÍMBOLOS Y CEBREADO, INCLUYENDO BARRIDO Y PREMARCAJE SOBRE EL PAVIMENTO.					
	Flecha recta	66.60				
	Flecha salida de carril	30.94				
	Flecha mixta	49.50				
	Cebreado	123,729.53				
				123,876.57	3.54 €	438,544.36 €
	TOTAL SEÑALIZACIÓN					445,685.91 €

CAPÍTULO 3. SISTEMA DE DRENAJE						
Unidad	Partida			Cantidad	Precio	Importe
m	RECRECIMIENTO DE BORDILLO.					
	Ambos sentidos					
	PK 220+500 A 226+000	7,199.94	7,199.94			
				7,199.94	29.66 €	213,550.22 €
	TOTAL SISTEMA DE DRENAJE					213,550.22 €
	TOTAL GENERAL					1,258,661.64 €

4.2.2- Solución alternativa 2

La alternativa 2 vislumbra lo siguiente:

a) Eliminación y reposición de la calzada 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 C60B4 TER.
  - Una capa intermedia de 9 cm de AC22 bin B40/50 S.
  - Riego de adherencia C60BP4 ADH.
  - Una capa de rodadura de 3 cm de BBTM 11B BM-3b.

b) Señalización horizontal:

- Flechas.
- Líneas continuas.
- Líneas discontinuas.

Comprobación de espesor mínimo de mezcla bituminosa nueva

Comprobando el mínimo de mezcla bituminosa nueva en la calzada con la eliminación de los 12 cm de espesor:

18 cm existentes * 0,75 = 13,5 cm; 13,5 cm + 12 cm de MB nueva = 25,5 cm

Con esta solución se cumpliría el espesor mínimo de 25 cm de mezcla bituminosa nueva para un tráfico pesado T1, que determina la Norma 6.3 IC mostrada en la tabla 9.

Mediciones y Presupuesto de la alternativa 2

CAPÍTULO 1. FIRME							
Unidad	Partida				Cantidad	Precio	Importe
m²	FRESADO DE PAVIMENTO BITUMINOSO EXISTENTE, 8 CM EN PUENTES Y 12 CM EN RESTO DE CALZADA (INCLUYE CARGA, BARRIDO, RETIRADA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS A LUGAR DE EMPLEO Y/O GESTOR AUTORIZADO)						
	Sentido hacia Valencia						
m	PK 220+500 A 226+000	7,496.90	3.50	26,239.15			
		310.72	2.52	783.01			
		262.11	3.20	838.23			
		224.30	2.76	619.63			
		218.93	3.14	687.00			
		154.68	3.40	525.91			
	Sentido hacia Alicante						
m	PK 226+000 A 220+500	7,496.90	3.50	26,239.15			
		238.59	3.15	750.60			
		275.01	2.95	810.59			
		392.23	2.98	1,170.41			
		216.72	2.99	647.56			
		286.50	3.02	866.38			
		161.61	3.60	581.26			
		126.66	9.09	1,151.34			
		382.92	3.50	1,340.22			
		160.34	3.31	530.19			
m	Puentes	57.23	7.00	400.61			
	PK 226+000 A 220+500	87.83	7.00	614.81			
		112.96	7.00	790.72			
		25.01	7.00	175.07			
		157.27	7.00	1,100.89			
	TOTAL FRESADO DE PAVIMENTO				66,862.74	0.50 €	33,133.96 €

t	**MBC TIPO AC22 BIN S (S-20 INTERMEDIA), EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, EXTENDIDA Y COMPACTADA**							
	Sentido hacia Valencia							
m	PK 220+500 A 226+000	7,496.90	3.50	0.09	2,361.52	*1.3		
		310.72	2.52	0.09	70.47	*1.3		
		262.11	3.20	0.09	75.44	*1.3		
		224.30	2.76	0.09	55.77	*1.3		
		218.93	3.14	0.09	61.83	*1.3		
		154.68	3.40	0.09	47.33	*1.3		
	Sentido hacia Alicante							
m	PK 226+000 A 220+500	7,496.90	3.50	0.09	2,361.52	*1.3		
		238.59	3.15	0.09	67.55	*1.3		
		275.01	2.95	0.09	72.95	*1.3		
		392.23	2.98	0.09	105.34	*1.3		
		216.72	2.99	0.09	58.28	*1.3		
		286.50	3.02	0.09	77.97	*1.3		
		161.61	3.60	0.09	52.31	*1.3		
		126.66	9.09	0.09	103.62	*1.3		
		382.92	3.50	0.09	120.62	*1.3		
		160.34	3.31	0.09	47.72	*1.3		
m	Puentes	57.23	7.00	0.05	20.03	*1.3		
	PK 226+000 A 220+500	87.83	7.00	0.05	30.74	*1.3		
		112.96	7.00	0.05	39.54	*1.3		
		25.01	7.00	0.05	8.75	*1.3		
		157.27	7.00	0.05	55.04	*1.3		
	TOTAL MBC TIPO AC22 BIN S						**7,662.67**	**22.91 €** **175,543.80 €**
m2	**MBC TIPO BBTM 11B (M-10) 3 CM DE ESPESOR EN CAPA DE RODADURA, EXCEPTO BETÚN Y POLVO MINERAL, EXTENDIDA Y COMPACTADA.**							
	Sentido hacia Valencia							
m	PK 220+500 A 226+000	7,937.20	3.50		27,780.20			
		310.72	2.52		783.01			
		262.11	3.20		838.23			
		224.30	2.76		619.63			
		218.93	3.14		687.00			
		154.68	3.40		525.91			
	Sentido hacia Alicante							
m	PK 226+000 A 220+500	7,937.20	3.50		27,780.20			
		238.59	3.15		750.60			
		275.01	2.95		810.59			
		392.23	2.98		1,170.41			
		216.72	2.99		647.56			
		286.50	3.02		866.38			
		161.61	3.60		581.26			
		126.66	9.09		1,151.34			
		382.92	3.50		1,340.22			
		160.34	3.31		530.19			
	TOTAL MBC TIPO BBTM 11B						**66,862.74**	**1.48 €** **98,711.60 €**
t	**BETÚN ASFÁLTICO B35/50 (B 40/50)**							
%	AC22 Bin S	4.00	7,662.67		306.51			
	TOTAL BETÚN ASFÁLTICO B35/50						**306.51**	**432.63 €** **132,603.21 €**

t	**BETÚN MODIFICADO CON POLÍMEROS (CON O SIN CAUCHO) TIPO PMB 45/80 (BM-**						
%	BBTM 11B	4.75	2,607.65	123.86			
	TOTAL BETÚN MOD CON POLÍMEROS				**123.86**	**521.11 €**	**64,546.89 €**
t	**POLVO MINERAL DE APORTACIÓN UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE.**						
	AC22 Bin S	1.10	306.51	337.16			
	BBTM 11B	1.20	123.86	148.64			
	TOTAL POLVO MINERAL				**485.79**	**47.99 €**	**23,311.26 €**
t	**EMULSIÓN TERMOADHERENTE TIPO C60B4 TER PARA RIEGOS DE ADHERENCIA, 0.6 KG/M2, INCLUYENDO PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.**						
	Sentido hacia Valencia Intermedia PK 220+500 A 226+000	0.0006	31,233.99	18.74			
	Sentido hacia Alicante Intermedia PK 226+000 A 220+500	0.0006	35,628.75	21.38			
	TOTAL EMULSIÓN TERMOADHERENTE				**40.12**	**211.94 €**	**8,502.59 €**
t	**EMULSIÓN DE BETÚN MODIFICADO C60BP4 ADH, EN RIEGO DE ADHERENCIA PARA RODADURA, 0.6 KG/M2, INCLUYENDO PREPARACIÓN DE SUPERFICIE.**						
t/m2	Sentido hacia Valencia Rodadura PK 220+500 A 226+000	0.0006	31,233.99	18.74			
t/m2	Sentido hacia Alicante Rodadura PK 226+000 A 220+500	0.0006	35,628.75	21.38			
	TOTAL EMULSIÓN DE BETÚN MOD.				**40.12**	**282.56 €**	**11,335.54 €**
m	**CORTE CON DISCO i/DESESCOMBRO, CARGA Y TRANSPORTE DE MATERIAL DEMOLIDO A GESTOR AUTORIZADO HASTA UNA DISTANCIA DE 60 KM.**						
	Sentido hacia Valencia Rodadura PK 220+500 A 226+000	28.00					
	Sentido hacia Alicante Rodadura PK 226+000 A 220+500	28.00					
	TOTAL CORTE CON DISCO				**56.00**	**3.25 €**	**182.12 €**
	TOTAL FIRMES						**547,870.96 €**

CAPÍTULO 2. SEÑALIZACIÓN					
Unidad	Partida		Cantidad	Precio	Importe
m	MARCA VIAL DE 15 CM DE ANCHURA CON PINTURA TERMOPLÁSTICA EN CALIENTE, INCLUYENDO PREMARCAJE Y PARTE PROPORCIONAL DE ESFERAS EN BLANCO, CONTINUA O DISCONTINUA.				
	Línea continua	15,874.40			
	Línea discontinua	1,197.00			
	TOTAL MARCA VIAL DE 15 CM		17,071.40	0.32 €	5,460.07 €
m2	MARCA VIAL REFLEXIVA CON PINTURA TERMOPLÁSTICA EN CALIENTE EN SÍMBOLOS, INCLUYENDO BARRIDO Y PREMARCAJE SOBRE EL PAVIMENTO.				
	Flecha recta	66.60			
	Flecha salida de carril	30.94			
	Flecha mixta	49.50			
	TOTAL MARCA VIAL REFLEXIVA		147.04	3.54 €	520.55 €
	TOTAL SEÑALIZACIÓN				5,980.62 €
	TOTAL GENERAL.....				553,851.58 €

4.3- ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

4.3.1- Análisis multicriterio

El análisis multicriterio es una herramienta que se utiliza para emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas. Para su aplicación se elaborará una lista de criterios de juicio de acuerdo a las actividades de las alternativas descritas en el apartado anterior, se determinará el peso relativo de cada criterio, y luego se valorarán de acuerdo a una escala específica.

a) Criterios a considerar.

- Durabilidad: se considerará la durabilidad de la obra luego de ejecutada. A mayor durabilidad se obtendrá una mayor calificación.
- Afecciones al tráfico: se tendrá en cuenta las actividades de la obra que menos afecte al tráfico. La alternativa con menor afección al tráfico tendrá una mayor calificación.
- Duración de las obras: el menor tiempo de ejecución de las obras será mejor valorada.
- Residuos: la menor generación de residuos obtendrá una mayor calificación.

- Estética: se valorará una mejor estética una vez finalizados los trabajos.
- Coste de ejecución: En la Nota de Servicio 3/2011 se establece que se escogerá la solución con un coste de ejecución menor, por lo que este criterio tiene una alta importancia y se puntuará con mayor calificación el menor coste en la ejecución de los trabajos.
- Contaminación atmosférica: se tendrá en cuenta la producción de contaminación atmosférica durante la ejecución de la obra.

b) Asignación de ponderación para los criterios.

1 = muy poco importante 2 = poco importante 3 = importancia media 4 = importante 5 = muy importante

Criterios	Ponderación
Durabilidad	5
Afecciones al tráfico	3
Duración de las obras	4
Residuos	3
Estética	1
Coste de ejecución	5
Contaminación atmosférica	2
Complejidad de las obras	3

c) Establecimiento de valoración de los criterios para cada alternativa.

1 = muy mala 2 = mala 3 = regular 4 = buena 5 = muy buena

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2
Durabilidad	4	5
Afecciones al tráfico	4	2
Duración de las obras	3	3
Residuos	4	2
Estética	4	3
Coste de ejecución	1	4
Contaminación atmosférica	4	2
Complejidad de las obras	3	4

d) Calificación de las alternativas.

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Ponderación	Calificación alternativa 1	Calificación alternativa 2
Durabilidad	4	5	5	20	25
Afecciones al tráfico	4	2	3	12	6
Duración de las obras	3	3	4	12	12
Residuos	4	2	3	12	6
Estética	4	3	1	4	3
Coste de ejecución	1	4	5	5	20
Contaminación atmosférica	4	2	2	8	4
Complejidad de las obras	3	4	3	9	12
Total				**82**	**88**

4.3.2- Conclusión

Con la aplicación del análisis multicriterio se observa que la alternativa 2 obtuvo la calificación más alta, y esto es debido a las siguientes razones:

- Menor coste en su ejecución.
- Mayor durabilidad.
- Menor complejidad de las obras.

Por esta razón, el proyecto de rehabilitación estructural del firme del tramo de la Carretera N-332, Variante de Gandía, se ejecutará según lo especificado en la **Alternativa 2.**