

**F. Román**

Internacional de Ingeniería y Estudios Técnicos, S.A. (Intecsa)

**R. Zamora**

Servicio de Materiales. Demarcación Carreteras de Castilla-León. M.O.P.U.

**RESUMEN:** Se describe brevemente la investigación llevada a cabo para el proyecto de mejora y ensanche de la carretera Tudela de Duero-Peñafiel, en lo referente al estado del firme y su relación con el drenaje existente. Se correlacionan deflexiones medidas con deflectógrafo, calidad de materiales de base y existencia y estado del sistema de drenaje.

## 1. INTRODUCCION

El tramo Tudela de Duero-Peñafiel-Límite de provincia de Valladolid pertenece a la carretera N-122 incluida en el "Plan General de Carreteras 1984/91" como perteneciente a la Red de Interés General dentro de los itinerarios considerados de baja intensidad de tráfico en los que, en general, las condiciones de circulación dependen más de la geometría y del firme que del tráfico que por ella circula.

En Noviembre de 1986 y Febrero de 1987 se redactaron dos Proyectos de Acondicionamiento que cubrían la longitud del tramo mencionado y cuya finalidad era modernizar y dotar de unas condiciones geométricas y de nivel de servicio uniformes y análogos a los de otros itinerarios principales de larga distancia.

Dentro de estos proyectos, el estudio geotécnico comprendió un análisis del estado del firme en el que se intentó correlacionarlo con sus características intrínsecas, con las del terreno sobre el que se había construido y con el sistema de drenaje existente.

En la presente comunicación se pretende exponer de una manera breve y resumida las conclusiones a que se llegó, fundamentalmente en lo referente al tema drenaje, que se suponían a priori y que los reconocimientos geotécnicos confirmaron.

## 2. ESTADO DE LA CALZADA EN LA FECHA DEL PROYECTO

En el momento de realizar el Proyecto de acondicionamiento, la carretera tenía las características y estado siguientes:

- Anchura de calzada 6-7 m, formada a partir de una anchura inicial de 5 m con sucesivas ampliaciones de difícil definición.
- Arcenes sin pavimentar.
- Firme con un refuerzo efectuado en los años 1982 y 1983. Su estado era regular con tramos muy agrietados y en zonas localizadas completamente roto incluso con hundimientos y salida de finos de las capas de explanada (o de bases de calidad defectuosa).
- Ausencia de cunetas en muchas zonas del recorrido y en otras con profundidad reducida y/o aterrada.

Los datos de intensidad de tráfico del año 1980 indicaban una media diaria superior a los 400 vehículos pesados. La estimación de la demanda de tráfico previsible arrojaba una intensidad media diaria de 3.600 vehículos, con un 21% de pesados, para el año de entrada en servicio.

### 3. RECONOCIMIENTOS EFECTUADOS

La investigación relacionada con el análisis del firme consistió en:

- a) **Reconocimiento geológico** preliminar para diferenciar unidades geológicas y geomorfológicas.
- b) **Reconocimiento geotécnico** "de visu" detallado de todo el tramo y de su entorno. Efectuado después del reconocimiento geológico permitió identificar las diferentes unidades geológicas y geomorfológicas y observar su comportamiento geotécnico con lo que se programaron los reconocimientos geotécnicos siguientes.
- c) **Campaña de calicatas** con retroexcavadora repartidas a lo largo de la traza y realizadas, entre otros, con los siguientes fines:
  - Conocimiento de la naturaleza, estado y características geotécnicas del terreno natural.
  - Investigación de la categoría de la explanada actual y su relación con el estado actual del firme.

En cada calicata se realizó una descripción del terreno con pruebas manuales de resistencia en los suelos arcillosos; se tomaron muestras representativas que se ensayaron en el laboratorio, y se obtuvo una fotografía en color de la misma.

- d) **Medida de deflexiones** con la ayuda del deflectógrafo, a lo largo de las rodadas exteriores e interiores de cada carril.
- e) **Campaña de investigación del firme**, consistente en la realización de taladros con la ayuda de una sonda rotativa HILTI con corona hueca, alta velocidad de rotación y adición continua de agua.

Los taladros fueron realizados en puntos significativos del tramo, en relación con las deflexiones previamente medidas, y alcanzaron, por lo general, la explanada del firme actual. Fueron realizados tanto en la rodada interna como en la externa con el fin de comparar resultados.

En total se realizaron 58 taladros para una longitud total de 48 kilómetros.

### 4. CARACTERISTICAS DEL TERRENO NATURAL

A partir de los resultados de las calicatas y de los taladros, los terrenos diferenciados pueden agruparse y describirse de la siguiente forma:

#### a) Mioceno arcilloso

Son suelos arcillosos o limosos, con un 25% de arena fina, de plasticidad muy variable, con una humedad siempre por debajo del límite plástico y, por tanto, con una consistencia apreciable, lo que se manifiesta en resistencias a compresión simple por encima de 4 kg/cm<sup>2</sup>.

Su capacidad portante puede ser apreciable pero con el tiempo y con la meteorización desciende notablemente. Puede considerarse un CBR medio de 3 a 4.

#### b) Mioceno arenoso

Son arenas medias y finas, limosas, de tonalidades amarillentas rojizas que se presentan a veces algo carbonatadas, y en general, con una compacidad apreciable. Su capacidad portante es elevada (CBR ≥ 10)

#### c) Gravas

Bajo el epígrafe de gravas se agruparon los materiales granulares de las terrazas del río Duero. Litológicamente son mezclas de gravas y arenas silíceas en proporciones variables. Se presentan con espesores reducidos (no mayores de 5 m) recubriendo los materiales miocenos. Dada la diferente permeabilidad entre ambos y la horizontalidad que presenta frecuentemente la superficie de contacto, es normal la existencia de un nivel freático colgado en dicho contacto.

En alguna de las excavaciones investigadas se observó esporádicamente la aparición de algún nivel débilmente cementado.

Su capacidad portante es alta (CBR ≥ 10).

#### d) Arenas

Son arenas correspondientes al manto eólico que tapizan el mioceno y con el que se entremezclan en sus capas más superficiales.

Su principal característica es su estado suelto (las calicatas mantenían con dificultad sus paredes) lo que se traduce en una cierta movilidad bajo la acción del viento, cuando no están fijadas por la vegetación.

Al igual que en el caso de las gravas, la diferente permeabilidad en relación con el sustrato mioceno, ocasiona niveles freáticos colgados a 2-3 m de profundidad.

Su capacidad portante es alta ( $CBR \geq 10$ ).

#### 5. RESULTADOS DE LA AUSCULTACION DEL FIRME

Puede resumirse en el cuadro nº 1: en el que puede resaltarse lo siguiente:

- El material existente bajo el pavimento tanto en las zonas interiores como en las exteriores correspondientes a sucesivas ampliaciones, era, por una parte, una grava cuarcítica de río con algo de arena, y por otra, una grava caliza de machaqueo procedente probablemente de las canteras de caliza del páramo superior. En algún caso esta base estaba contaminada con finos arcillo-arenosos. En ocasiones el espesor de base era muy reducido descansando el firme prácticamente sobre la explanada que podía tratarse del terreno natural compactado.
- La inexistencia de cuneta o su escasa profundidad era una tónica general del tramo.

**Cuadro 1.- Correlación entre deflexiones, material de Base y altura de cuneta**

Terreno Natural bajo Explanada o Base	Rodada	Deflexión x 10 <sup>-3</sup> cm	Material de Base (*)	Altura de cuneta (* *)
Mioceno arcilloso	Ext.	300	R	0,27-0,50
	Ext.	205	M	0,50
	Ext.	110	M	0,90
	Int.	180	R	0,35
	Int.	70-155	M	0,25-0,35
Arenas eólicas	Ext.	175	R+M	0,30-0,60
	Int.	70	R+M	0,00-0,50
Gravas	Ext.	202	R/R+M+A	0,00-0,50
	Ext.	180	R+M/M	0,20-0,60
	Int.	122	R+M/M	0,20-0,50
Terraplén	Ext.	180	R	8,00
	Int.	80	M	5,00
	Int.	84	R+M	1,50-3,00

NOTAS (\*) = R = Gravas redondeadas  
 = M = Gravas calizas de machaqueo  
 = A = Finos arenosos o areno arcillosos

(\*\*) = Profundidad de cuneta medida desde el pavimento.  
 En caso de terraplén, la cifra corresponde a la altura del mismo.

Del análisis de los resultados se desprendieron las siguientes conclusiones:

- Las mayores deflexiones estaban en las rodadas externas y correspondían a las sucesivas ampliaciones de plataforma.
- Tanto en la rodada exterior como en la interior, las mayores deflexiones correspondían a bases con árido redondeado, mientras que la presencia de árido de machaqueo se traducían en una deflexión menor y, en general, por debajo de 0,160 cm.
- La plataforma actual carecía de drenaje al no existir cuneta definida en todo el tramo. En el cuadro puede verse como las menores deflexiones encajan con los tramos de terraplén, y por lo tanto, en los que se puede hablar de un buen drenaje de la plataforma.
- No se observaba una relación entre la capacidad portante del terreno natural (explanada del firme actual) y la magnitud de las deflexiones.

- Se dedujo, por tanto, como una de las principales causas del mal comportamiento del firme la ausencia de un buen drenaje del mismo que ocasionaba, en épocas lluviosas, una saturación de la base. Cuando ésta además era de mala calidad (árido redondeado y/o arcilloso) las deflexiones alcanzaban los mayores valores.
- Es probable que con un eficaz drenaje el firme se hubiera deteriorado en un grado mucho menor.

#### 6. ACTUACIONES PROYECTADAS

La actuación más importante desde el punto de vista geotécnico fue la construcción de una cuneta a todo lo largo del tramo que mantuviera drenada la explanada y las capas de firme, tanto las de nueva obra como las antiguas que no se tocaran.

En las zonas de deflexiones altas se proyectó un cajeo con sustitución de firme y en los tramos de deflexión aceptable se proyectó un refuerzo cuya eficacia se vería además apoyada por la construcción del drenaje.