

# ¿QUÉ PASÓ CON LA MALLA VIAL DE SANTAFÉ DE BOGOTÁ?

**Fredy Reyes Lizcano**

Profesor Investigador

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio de cualquiera de las ramas de la Ingeniería en el mundo contemporáneo, está regulado por una serie de normas técnicas o estándares, producto del desarrollo tecnológico a nivel nacional e internacional, y de la optimización de la ciencia y la experiencia.

La práctica profesional de la Ingeniería Civil, en un país de estructura “santanderista y poco cartesiano” como Colombia está –adicionalmente enmarcada por una serie de leyes, decretos, resoluciones, párrafos e incisos que regulan –o pretenden regular las actividades bien sea del contratante o del contratista, bien sea del constructor o del interventor, bien sea del proyectista o del diseñador. Estas normas legales, casi siempre, son desconocidas por el ingeniero hasta que le llegue la primera glosa o la primera demanda o la primera multa y le digan que “la ignorancia de la ley, no exime de su cumplimiento”.

Hace unos años el pensum de la mayoría de las facultades de Ingeniería contemplaba la asignatura de Ingeniería Legal, la cual con el transcurrir de los años fue desapareciendo de la estructura curricular.

En muchas entidades públicas o privadas, el tema de la contratación fué un “tabú” para los ingenieros por mucho tiempo, con lo cual quedábamos expuestos a la “jurisprudencia” que la respectiva “sala unitaria de consulta del Consejo de

Estado” (léase: abogado) emitiera con respecto a la correspondiente contratación. “Jurisprudencia ” que, en la mayoría de los casos, se resumía en un tratado de sinónimos y antónimos, donde, según el biorritmo del respectivo “magistrado”, había que cambiar cualquier número de veces: mano de obra por obra de mano u obra de mano por mano de obra, salario por sueldo o sueldo por salario, obras por trabajos o trabajos por obras, etc. ¿Será que todavía sigue siendo tabú?.

O más bien la Ingeniería se conformó con lo tradicional, lo trivial, el ábaco, el concepto y el facilismo; sin embargo no hay la normalización técnica moderna, ni estudios obligatorios necesarios y suficientes que lleven con base a ellos al cumplimiento de una vida útil de servicio sustentada en cálculos de Ingeniería, para las estructuras de pavimentos.

Nadie ha podido delimitar la frontera entre lo jurídico y lo técnico, corroborando aquello de que “Colombiano que no sea leguleyo, es al menos Ecuatoriano”.

## I. ¿QUÉ DEBIÓ HABERSE HECHO?

### 1.1. Mantenimiento y seguridad de calzadas

Al igual que una vía nueva, una vía reforzada merece que se le ejecute periódicamente servi-

cios de mantenimiento, es decir que ella cuente con un programa de reparaciones para mantener un nivel de servicio adecuado.

El mantenimiento puede ser preventivo o correctivo.

## 1.2. Nociones sobre el mantenimiento preventivo y correctivo

### Mantenimiento Preventivo:

A fin de preservar el capital invertido durante la construcción de una vía nueva, o luego del refuerzo, se debe trazar una estrategia para tener en cuenta el mantenimiento de tipo preventivo para asegurar las cualidades superficiales de la calzada (nivelamiento, adherencia, impermeabilidad), para que permanezcan en un nivel de servicio elevado, y que al mismo tiempo la fatiga acumulada por el cuerpo de la calzada sea periódicamente compensada.

Este tipo de mantenimiento consiste en realizar, en intervalos de tiempo más o menos regulares tratamientos superficiales como capas de concreto de pequeño espesor (3 a 6 cm).

Si la ventaja del mantenimiento consiste en asegurar el nivel de confort, de seguridad y el aseguramiento de la resistencia mecánica en permanencia, con un bajo nivel de riesgo, se presenta el inconveniente de construir un refuerzo periódico en el tiempo oportuno.

Lo cual requiere de un programa plurianual en el que se tenga garantizada la apropiación económica para llevar a cabo los trabajos, es por eso que su uso debe reservarse especialmente a los sectores que tienen el tránsito intenso.

### Mantenimiento Correctivo:

Esta estrategia consiste en asegurar la conservación de la superficie de las calzadas por intervenciones puntuales, entonces cada vez que se presenta un defecto se procederá a repararlo.

Esta estrategia presenta un buen nivel inicial de servicio, pero disminuye con el tiempo. Si la estrategia no implica inversiones importantes durante la duración de la vida normal del refuerzo, ella será muy sensible a las intervenciones puntuales y requerirá una vigilancia permanente y un conteo con brigadas de mantenimiento.

Se requiere que se diagnostique a tiempo el límite a partir del cual se debe hacer un nuevo refuerzo y así evitar la pérdida del capital invertido.

Cualquiera que sea la estrategia escogida, ésta está condicionada por el factor económico: la mejor estrategia es aquella que permita minimizar el costo actual a largo tiempo, teniendo en cuenta las ventajas y los inconvenientes de todos los agentes económicos.

Para alcanzar dicho objetivo estas condiciones son indispensables :

- Conocer bien la red y tener un buen seguimiento de su evolución.
- Poder evaluar los medios de construcción para satisfacer estas condiciones, es necesario disponer de :
  - Medios de auscultación apropiados, en conjunto con una metodología de interpretación.
  - de un banco de datos viales.

## 1.3. Métodos y Medios de Seguimiento

Los métodos y medios disponibles para auscultar y seguir la evolución de una vía son la deflexión y el producto Rxd, el deflectógrafo Lacroix, transvesoprofilografía, el APL, la rugosidad, la adherencia entre otros.

Sobre una ficha donde se tenga el esquema del sector a tratar, ciertas informaciones con carácter más o menos permanente o no evolutivo deben aparecer, tales como:

- Las características geométricas de la vía ( perfil en largo, trazado, ancho asfaltado, ancho en las bermas , etc.).
- Los puntos singulares, por ejemplo: el paso de aglomeraciones, los cruces, round points, pasos a nivel, etc.
- La estructura de calzada.
- Las condiciones ambientales, geológicas, hidráulicas o climáticas.

- Salvo casos particulares, estas informaciones no son para actualizar en el período o duración de vida de la calzada, en cambio, todas las otras características que siguen están sujetas a una evolución que amerita ser medida por intervalos regulares.

PARÁMETROS O CARACTERÍSTICAS	FRECUENCIA DE MEDIDAS, DE CAMPO Y OBSERVACIONES	
Tráfico	- intensidad	1 vez por año distinguiendo el % de vehículos pesados.
	- agresividad	1 vez cada 3 o 4 años (campana de pesado).
Estado de la superficie.	1 vez por año.	
Ahuellamiento	- Fisuras	1 vez por año.
	- Superficie reparada	1 vez cada 2 o 4 años.
	- Nivelación	
Deflexión.	1 vez cada 3 o 4 años.	

Para las medidas del estado de la superficie que se mencionaron arriba, se pueden tener procedimientos de medidas simples, como una regla recta de 1.20 m para apreciar el ahuellamiento.

Una cuadrícula de 1 m<sup>2</sup> para medir la densidad de fisuración o observaciones visuales (superficie de zonas separadas, localización de huecos, etc.).

En cuanto a la medida del perfil longitudinal se necesitan de aparatos muy especializados como el APL.

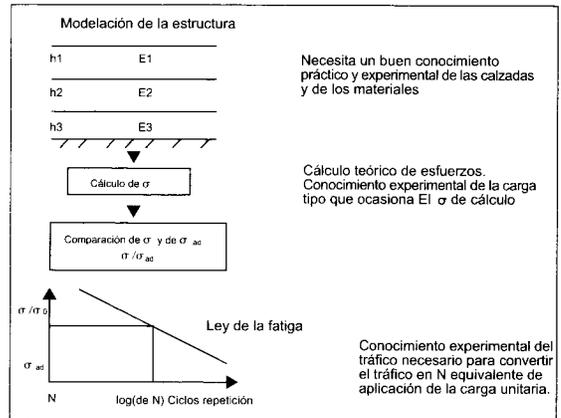
## 1.4. CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

Cada capa de la calzada se caracteriza por cuatro parámetros:

- El espesor  $h_i$ .
- El módulo  $E_i$ .
- El coeficiente de Poisson.
- La liga con las capas vecinas.

El principio de cálculo tiene como prioridad modelizar las estructuras de manera que se puedan evaluar los esfuerzos o los desplazamientos provocados por una carga tipo unitario. Se busca en seguida el esfuerzo máximo susceptible de iniciar la ruptura de la estructura y se compara con el límite admisible del material considerado para el tráfico dado.

## ESQUEMÁTICAMENTE



La constatación de las degradaciones no debe ser complementada con los programas de intervención de las brigadas concernientes, es decir el mantenimiento de rutina.

Las medidas de nivelamiento o de las deflexiones son interpretadas en relación con los parámetros de alerta que se han fijado precedentemente y que permiten programar las operaciones de recarga o reciclado de la capa de rodadura.

- La actualización de los esquemas de los sectores debe ser objeto de un trabajo conjunto por el laboratorio (ensayos de deflexión, de nivelamiento o de agresividad.), todas las informaciones obtenidas podrán alimentar un banco de datos, necesariamente informatizado, que consistirá en el útil principal de una gestión eficaz y racional de la red.

## II. ¿QUÉ NO SE TUVO EN CUENTA?

### 2.1 Necesidad de realizar diseños

Los especialistas de la Universidad consideran que en los casos de segmentos de vías en que se defina un nivel de intervención que implique reparación estructural debe exigirse al Contratista la realización de un diseño básico de la estructura de pavimento a utilizar. Este diseño debe incluir como mínimo la caracterización de la subrasante, la caracterización de los materiales a utilizar para la construcción de bases, subbases y carpetas o capas de rodadura y la utilización de

métodos racionales para el diseño. Para esto se recomienda la utilización de la metodología establecida en el Manual de Diseño de Pavimento para Santafé de Bogotá del IDU.

En ningún caso, la reparación de un segmento que se encuentre en estado de condición B, C o BR debe realizarse con base en la estructura existente en el sitio pues resulta evidente que la reparación no será adecuada y la durabilidad de la reparación queda claramente en duda.

## 2.2 Especificación del tráfico y cargas de diseño

Tanto para efectos de adelantar los diseños en los tramos o segmentos que así lo requieran como para que el Contratista cuente con un criterio claro sobre cuáles tramos debe o no reemplazar estructuralmente, dado que él será el responsable del mantenimiento de la vía durante el período establecido, los términos deben establecer claramente cuál es el tráfico de diseño en cada una de las vías incluidas en el programa de recuperación y mantenimiento.

La clase de tráfico de diseño especificado para cada vía puede definirse por el número de ejes equivalentes que pasan por la vía durante su vida útil. Las clases de tráfico que se recomiendan son las siguientes:

$$\begin{aligned}T_1 &< 5.0 \cdot 10^5 \\5.0 \cdot 10^5 &< T_2 < 1.5 \cdot 10^6 \\1.5 \cdot 10^6 &< T_3 < 4.0 \cdot 10^6 \\4.0 \cdot 10^6 &< T_4 < 1.0 \cdot 10^7 \\1.0 \cdot 10^7 &< T_5 < 2.0 \cdot 10^7\end{aligned}$$

La carga por eje de referencia para efectos del cálculo número de repeticiones de carga es de 13 Ton. El período establecido normalmente para el diseño es de 15 años. La secretaria debe especificar claramente estos parámetros de diseño o en su defecto debe referirse a la clase de tráfico planteada anteriormente.

Con base en la clase de tráfico especificada para cada vía, el contratista podrá decidir si un tramo en particular requiere ser reemplazado para efectos de garantizar su buen comportamiento al menos durante la duración especificada por el contrato para el mantenimiento por cuenta del mismo.

## 2.3 Criterios para definir estados de condición y niveles de intervención

Los especialistas de la Universidad consideran inconveniente el hecho de que la caracterización de cada segmento y en especial la definición de los estados de condición, lo cual posteriormente es la base para definir el nivel de intervención requerido, se realice con base en observación directa y acuerdo mutuo entre el Contratista y el Interventor.

En este punto se recomienda la realización de mediciones de campo que resultan muy sencillas y que no implican ni sobrecostos significativos ni períodos de tiempo largos. A su vez, estos métodos proporcionan una herramienta muy eficaz para caracterizar estructuralmente el tramo de la vía y poder tomar una decisión sobre el estado de la misma y el nivel de intervención que requiere dada la especificación del tráfico que se planteó en el punto anterior.

Las mediciones propuestas son principalmente la medición de deflexión con Viga Benkelman, preferiblemente midiendo simultáneamente la deflexión y el radio de curvatura del pavimento. Este método permite apreciar la calidad estructural del pavimento existente y además es posible inferir los módulos de las capas que lo constituyen.

Se debe dar cierta libertad al Contratista para seleccionar el método que desee siempre y cuando éste sea aprobado por el Interventor.

## 2.4 Análisis de perfil longitudinal y transversal

Otro aspecto que resulta de fundamental importancia para la calidad general de la vía y que es muy sencillo controlar en el tipo de trabajo que se está programando realizar es la nivelación longitudinal y transversal de la vía.

Este aspecto puede controlarse muy fácilmente mediante una simple nivelación topográfica. Debe especificarse la densidad de puntos de control para efectos de detectar determinados defectos en el nivel del perfil longitudinal y deberá especificarse el número de nivelaciones transversales que se requiera según el nivel de control que se desee.

Cabe anotar que la alteración del perfil longitudinal de la vía es uno de los factores que más influyen en la disminución de la velocidad de operación de los vehículos. Existen en el país procedimientos rápidos y de alta tecnología para este tipo de control como es el APL que dada su rapidez puede realizarse tanto antes como después de reparado el pavimento.

## 2.5 Período especificado de mantenimiento

Se considera que el contrato debe especificar un período determinado para el mantenimiento de las vías igual para todos los segmentos independientemente del momento en que se realice su intervención.

Considerando además que la especificación de diseño y estado de condición resulta mucho más confiable con los métodos y herramientas propuestas anteriormente, el Contratista no tendrá problemas al considerar un mayor tiempo para el mantenimiento de las vías ya que éste estará limitado a limpieza y obras menores, siempre y cuando las actividades de definición del estado de condición y los niveles de intervención se hayan realizado correctamente.

## 2.6 Aspectos complementarios que deben tenerse en cuenta

Otros aspectos de menor importancia que los anteriores pero que también deben tenerse en cuenta son los que se presentan a continuación. La secretaría debe analizar la manera como estos aspectos deben ser tenidos en cuenta ya sea directa o indirectamente en los términos del pliego de condiciones o en trabajos futuros de la secretaría.

- a. Calidad de los materiales: los materiales de construcción de pavimentos disponibles en las cercanías de Bogotá son normalmente de regular calidad y de muy variado comportamiento por lo cual se considera que para su utilización debe exigirse normalmente su mejora o estabilización mediante el uso de cal, cemento, emulsiones o asfalto según sea el caso. El Contratista y el interventor deben estar conscientes de esto y se debería exigir normalmente estudios que confirmen la calidad de los materiales. Más aún para un proyecto de las di-

mensiones del propuesto, un estudio de este tipo no implica mayores efectos económicos ni de tiempo y sí garantiza en buena medida la calidad de todas las obras a ejecutar.

- b. Manejo del agua superficial: este aspecto resulta vital para un buen comportamiento del pavimento. Los términos deben tener una referencia específica a este tema para evitar problemas futuros para todas las partes.
- c. Control de calidad: debe aclararse muy bien los aspectos en el control de calidad de las obras a realizar. Deben definirse las responsabilidades de los diferentes participantes tales como Contratista, Interventor, Diseñador. Deben darse pautas muy claras para el control de la calidad de los materiales y de los métodos y procesos constructivos.

## 2.7 Consideración final

Las entidades públicas deben ser conscientes de la responsabilidad que tiene al momento de tratar de adaptar al medio tecnologías modernas y avanzadas en el diseño de pavimentos, las cuales han sido aplicadas con éxito en países desarrollados. Las técnicas de diseño con métodos racionales, la caracterización de los materiales mediante leyes de fatiga y módulos elásticos, el mejoramiento o estabilización de materiales para la construcción de pavimentos, los métodos modernos de control de calidad, los avances en los métodos y procesos constructivos, el seguimiento del comportamiento de las vías en el tiempo utilizando como apoyo sistemas de información geográfica, métodos de medición como auscultación dinámica y otros métodos modernos, son algunos de los campos donde se requiere urgentemente mayor investigación y decisión por parte de entidades como las entidades públicas. La buena calidad de las vías en el futuro exige desde ya la iniciación de un proceso de cambio en los temas mencionados, algunos de los cuales se han tratado en los puntos anteriores relacionados con pliegos de condiciones para el programa de recuperación y mantenimiento de las vías principales, secundarias y colectoras de la red vial del Distrito Capital Santafé de Bogotá.

## III. Referencias

- *Extendido, Compactación y Auscultación dinámica de pavimentos*, Tomo II, Fredy Reyes Lizcano, 1998.

- *Concepto Técnico de la Repavimentación de la malla vial de Santafé de Bogotá*, Fredy Reyes, Bernardo Caicedo, Luis Yamin, 1997.