

## Visita Técnica a Proyectos en los Llanos Orientales

### Especialización en Diseño Construcción y Conservación de Puentes

*Diego Correal Medina\**

Como el programa contempla la realización de una serie de visitas técnicas, en forma paralela con su desarrollo curricular, se efectuó la primera de éstas durante los días 11 y 12 del pasado mes de octubre, mediante un recorrido por la vía Santafé de Bogotá - Villavicencio y algunos tramos del proyecto concesionario "Carreteras Nacionales del Meta". El objetivo en esta oportunidad fue el de apreciar "in situ" la caracterización geológica y algunos efectos relevantes que el comportamiento de los ríos tienen sobre los puentes.

La primera jornada se inició con la visita al "Túnel del Boquerón", ubicado a partir del punto (abscisa) km. 14 + 650 m del trazado de la vía. Algunas características de este proyecto son las siguientes :

- Longitud total : 2325 m
- Coberturas (altura del terreno natural sobre el eje del túnel): máximas, entre 300 y 400 m; mínimas, entre 70 a 90 m.

- Cota (altura snm) : Portal de entrada, 3010 m ; , Portal de salida, 2945 m.
- Pendiente : 2.6%.

La construcción del túnel se ejecuta a través de dos frentes de trabajo que avanzan simultáneamente, ubicados en las zonas denominadas como "portal de entrada" y "portal de salida", respectivamente, en el sentido Santafé de Bogotá - Villavicencio. La construcción registraba un avance aproximado de 530 m. en cada frente, en el momento de la visita.

La vía a la que pertenece el túnel atraviesa un sector de la cordillera oriental con características geológicas complejas, por lo cual este proyecto demanda una cuidadosa atención en este sentido, de allí el objeto de la visita. En el corredor de la vía existen formaciones geológicas tales como brechas, coluviones, etc., que representan

\* Ingeniero Civil, Coordinador de la Especialización en Diseño, Construcción y Conservación de puentes de la UMNG.

condiciones particularmente difíciles para la ejecución de los proyectos de ingeniería.

A este respecto cabe recordar la ocurrencia de eventos como la tragedia de Quebrada Blanca, en la década de los 70, causante de más de 400 víctimas, así como obstrucciones, desplazamientos e inclusive caída de secciones enteras de la vía, colapsos de puentes etc. La adecuada funcionalidad de esta vía, legítima aspiración de los llaneros y evidente necesidad nacional, es también un reto constante para la ingeniería.

Se examinaron en la zona de las "Lupas de Caraza", formaciones geológicas llamadas coluviones, que se desplazan como un efecto de reptación en el sentido de la pendiente, con lo cual lentamente remueven zonas completas de la banca de la vía y, a pesar de mantenimientos correctivos periódicos, terminan por averiarla constantemente.

El punto denominado "El mirador" permite apreciar ampliamente la formación geológica allí existente, una "brecha" que conforma un amplio sector de la zona. Este tipo de formación se caracteriza, desde el punto de vista de la ingeniería, porque el estrato apto para la fundación adecuada de una obra puede estar situado muchas decenas de metros abajo del terreno natural, haciendo muy difícil la cimentación del proyecto.

El segundo aspecto objeto de la visita fue el reconocimiento de una serie de aspectos hidráulicos que tienen gran influencia sobre los puentes. Hasta hace pocos años, los criterios técnicos más importantes contemplados en el diseño de los puentes eran, de una parte, las características estructurales del

mismo y de la otra, las propiedades del suelo y rocas respecto a su capacidad como elemento de soporte del proyecto.

No obstante, el efecto dinámico de las aguas de los ríos que salvan esos puentes, la forma (geomorfología), pendiente, niveles máximos, periodos de retorno, etc., es decir el conjunto de elementos hidrológicos y sobre todo hidráulicos, no tenían el suficiente grado de atención en este diseño (y por supuesto en los procesos posteriores); esta visión ha sido "sacudida" con el reconocimiento de los innumerables problemas causados a los puentes en sus estribos, pilas, pilotes y en general todos los elementos de la infraestructura y la cimentación, por parte de las aguas de los ríos.

En este orden de ideas se examinaron varios puentes, en primer lugar el nuevo sobre el río Guatiquía, junto a la ciudad de Villaviciencia. Allí se pudo apreciar cómo su infraestructura está sometida al ataque de las aguas con un triple efecto negativo:

- I. Las variaciones en el nivel de las aguas con el consiguiente proceso continuo de humedecimiento y secado de cada pila.
- II. El ataque frontal de la corriente al golpear constantemente el frente de cada pila
- III. La formación de un remolino en los puntos situados inmediatamente detrás de las mismas.

El último efecto referido, frecuentemente resulta ser el más perjudicial para la estabilidad de la pila, porque este remolino genera un vacío que con el tiempo puede afectar seriamente la estabilidad del conjunto.

Todas estas son posibilidades de socavación, la cual es la acción gradual, progresiva y permanente de ataque a la infraestructura y a la misma cimentación del puente; naturalmente con ello es posible llegar al colapso de secciones completas del puente, por falta de estabilidad, independientemente de los factores de seguridad aplicados a las cargas a que es sometido.

En el nuevo puente sobre el río Guatiquía, además de presentarse el fenómeno anteriormente señalado en cada una de las pilas del puente tiene otra característica desfavorable, donde su estribo oriental ingresa en el cauce natural del río, en una longitud muy considerable (más de 100 metros). A pesar de la existencia de elementos de protección dispuestos longitudinalmente a lo largo del estribo, esta característica le confiere mayor vulnerabilidad al conjunto, por el ataque de las aguas durante el periodo de lluvias.

De otra parte, otra característica negativa del puente, todo desde el punto de vista hidráulico, radica en su ubicación, justamente en una zona de curvatura del cauce del río, por lo cual el comportamiento hidráulico es mucho más complejo que si se comparara con un alineamiento recto, conservando iguales las otras condiciones: En estos sitios los cambios de curso y/o pendiente del río producen un fenómeno de "agradación", es decir la sobreacumulación del material de arrastre. Y esto es indeseable en los puentes, en los cuales, por factores fundamentalmente económicos, se tiene una reducción de la sección del cauce natural.

En el puente sobre el río Upia, a la entrada del municipio de Restrepo, cercano a la ciudad de Villavicencio, se presenta este fenómeno, que ha ocasionado el paso de las

aguas por encima del puente, en numerosas ocasiones.

Parecido efecto perjudicial sobre el puente se presenta cuando el curso del río encuentra obstáculos a su paso tales como rocas arras-tradas, restos de obras anteriores o inclusive estructuras existentes como puentes semi-permanentes que se han dejado instalados. También desde el punto de vista hidráulico, un sano principio para el diseño de los puentes es que su estructura - toda - se introduzca lo mínimo posible en el cauce del río, para generar así mismo la menor alteración al cauce natural.

Por supuesto que las obras de ingeniería, además de garantizar el grado de funcionalidad adecuado, deben también contemplar la maximización de los limitados recursos disponibles, en particular los económicos. Para ello debe existir el "matrimonio por conveniencia" entre las variables técnicas y las económicas, las cuáles no deberían considerarse como antagónicas; en el fondo esto resulta muy natural si se considera con una perspectiva de mediano y largo plazo, característica de la mayoría de los puentes, si se contempla su importancia como obra de infraestructura. Posiblemente en la concepción de los proyectos de concesión se ha realizado un importante aporte a esta perspectiva, porque relacionan ambas variables en forma interdependiente.

Las visitas técnicas como la anteriormente descrita crean espacios para el análisis y la propuesta de soluciones por parte de los profesionales de la ingeniería, responsables ante la comunidad por el diseño, la ejecución y la conservación de la infraestructura económica del país, en este caso el sistema vial.