

Geotecnia De La Sabana De Bogotá. ¹

Por: Héctor Parra F. Ingeniero Civil. Uniandes.

El bellissimo altiplano de la Sabana de Bogotá, que albergara durante siglos a la cultura muisca, ofrece un sinnúmero de problemas de Ingeniería por la complejidad de sus suelos de origen lacustre. El crecimiento descomunal de la ciudad de Santafé de Bogotá, que ha invadido terrenos preciosos para la producción agrícola, ha acentuado estos problemas por el calentamiento del ambiente que la ciudad promueve y la reducción en la filtración de aguas por la pavimentación del suelo. Las empresas de servicios públicos tanto del Distrito como de la Gobernación, se esfuerzan permanentemente, sin mucho éxito, en responder a un estado decente de las obras públicas, y hoy en día, acentuado por el verano prolongadísimo, sufrimos todo los "sabaneros" las consecuencias de unas calles rotas, unas autopistas que en algunos tramos parecen caminos de herraduras, roturas de tuberías de acueducto repetidas y en resumen un entorno totalmente agresivo para el ciudadano. Lo que sucede a mayores profundidades con el agua subterránea es una incógnita hoy en día para la ingeniería.

ALGO DE HISTORIA

Cuenta la leyenda de la época precolombiana que por entonces una mujer llamada Chía inundó con una creciente del Río Funzha la llanura de Bogotá, por lo que los moradores se retiraron a los montes vecinos. Bochica, dios adorado por los chibchas, dando con su báculo en una montaña abrió paso a las aguas con lo que originó el Salto de Tequendama, dejó seco el valle, y los muisca pudieron cultivar la tierra. Los geólogos han confirmado el origen lacustre de los suelos que conforman la Sabana de Bogotá. Contenidas dentro de una especie de batea, cuyo fondo lo conforman rocas duras de arenisca, reposan hasta 500 metros de espesor de arcillas y limos en un estado semilíquido, que por su baja consistencia, son una de las principales causas del deplorable estado de nuestras obras públicas.

¹ "Geotecnia" es un termino genérico que se utiliza para describir la especialidad dentro de la ingeniería civil que estudia el comportamiento y diseño de suelos, cimientos, y obras de tierra. Se basa en la geología, ciencia que estudia la composición e historia de la corteza terrestre.

Hasta no hace mucho tiempo, la Sabana se mantenía en un estado muy pantanoso como puede observarse en la bellísima acuarela de Ricardo Gómez Campuzano "Atardecer Sabanero", pintada en la primera mitad del siglo y reproducida en el libro "El Río Bogotá". De vez en cuando, en inviernos prolongados, las riberas del río Bogotá se inundan por las pequeñas pendientes que tiene el río para desaguar. Pero otras épocas, como la presente, son de fuertes sequía, tanto que existen evidencias recientes de que el nivel freático ha descendido sustancialmente en los últimos años, como un fenómeno regional.

El estado pantanoso de la Sabana preocupó a los finqueros de principios de siglo, por lo que se tomaron medidas como la construcción de canales y la importación de los eucaliptos que, provenientes de zonas desérticas australianas, son verdaderas bombas de extracción de agua. Posteriormente se generalizó el uso del eucalipto por su crecimiento tan acelerado en el ambiente sabanero, lo cual representaba un buen negocio por la rápida producción de la madera.

Hoy en día, la situación es muy distinta. No me atrevo a sugerir cuál va ha ser el futuro, pero como vamos no parece muy alentador. Es evidente que la Sabana dejó de ser un pantano hace rato, y esta desecación ha promovido una subsidencia² cuya magnitud no conocemos.

La Ciudad representa un obstáculo para la percolación del agua dentro del suelo, y origina una restricción a la evapotranspiración del mismo. Las lluvias que caen sobre la ciudad son recogidas en tuberías o en canales revestidos de concreto y van a parar directamente al Río Bogotá disminuyendo la recarga de los acuíferos profundos de la batea sabanera³.

² Subsidencia = descenso del nivel del terreno por desecación y consolidación. En Ciudad de México, la subsidencia ha sido del orden de 7 metros en algunos sitios. En la Sabana de Bogotá se sospecha que puede llegar a ser de 2 m.

³ Los pozos de agua subterránea que se construyen en la Sabana de Bogotá, tienen que atravesar toda la cobertura de suelos arcillosos blandos y llegar a los acuíferos (mantos permeables de roca llena de agua en sus fracturas) para poder extraer el agua. Los municipios de Madrid, Mosquera y Funza se han abastecido de agua subterránea obtenida de esta manera, y estos pozos han tenido que bajar cerca de 500 metros de profundidad para llegar al acuífero.

LOS SUELOS

Los suelos arcillosos de origen lacustre de la Sabana de Bogotá, se clasifican según sistemas de ingeniería universales como arcillas y limos de alta plasticidad. Estas características los convierten en suelos muy susceptibles a cambiar de volumen ante los cambios de humedad, o ante la imposición de cargas externas, como la construcción de un edificio, la excavación de un sótano o la construcción de una carretera. Inclusive los cambios volumétricos se exteriorizan de una manera asombrosa ante la vecindad de árboles como urapanes, eucaliptos y acacias, y otras especies foráneas de gran crecimiento y transpiración.

LAS OBRAS PÚBLICAS

No es por lo tanto una sorpresa que la mayoría de obras civiles que acometen las oficinas del gobierno encuentren en el entorno sabanero un obstáculo para la durabilidad y la calidad. Deterioro permanente sufren los canales del sistema de aguas lluvias, y algunos colectores de la red de alcantarillado de la ciudad.

Los bogotanos pagamos cualquier cantidad de dinero en el arreglo de daños de amortiguadores y llantas para los vehículos, causados por los huecos permanentes que se forman en las vías. La Empresa de acueducto tiene un equipo de gente permanentemente encargado de reparar tuberías rotas cuyos casos pueden llegar a una frecuencia de 300 al día. La Gobernación "maquilla" anualmente las autopistas sabaneras con un desangre permanente del presupuesto anual y otro tanto le sucede al Distrito Capital.

El ciudadano sufre las consecuencias de este permanente deterioro de las vías con el daño de los vehículos, la creación de trancones de tráfico, y la consecuente demora exagerada de los tiempos de transporte entre un sitio y otro de la ciudad.

EL BALANCE HIDRICO

Dentro de toda esta problemática, cabe preguntarse, cómo se está afectando el balance hídrico de la Sabana. ¿Se está extrayendo más agua por medio de pozos profundos, o mediante la arborización, de la que se recarga por las lluvias? ¿Está calentando la ciudad el ambiente a un grado tal que la evaporación se lleva una cantidad importante del agua sabanera? Son, en alguna medida, los floricultores responsables de este desecamiento, cuando sus cultivos cubren apenas 3.500 de las 130.000 hectáreas de la Sabana? Se tiene una información de datos siquiera aproximada, que permita en un futuro hacer estimaciones del balance hídrico?.

DIFICULTADES EN LA SOLUCION

No le podemos echar toda la culpa a la clase de suelos. El ingeniero debe modelar el entorno del problema que se requiere solucionar, mediante una similitud fisicomatemática que le permita un análisis. La repetitividad del problema a lo largo de los años, nos lleva a concluir que la ingeniería no está aportando las soluciones que le conciernen.

Para empezar, la mayoría de los métodos de diseño de pavimentos comúnmente utilizados aquí, se basan en parámetros y ensayos desarrollados en California, y por lo tanto distan mucho de ser apropiados para este medio. Por otro lado, los materiales que se encuentran a la mano del ingeniero no son los mejores para solucionar semejante problema de falta de soporte del suelo. Otros ingredientes radican en un infarto de comunicación entre los diferentes especialistas de la materia, y en la chambonería constructiva.

LA ESPECIALIZACION DEL TRABAJO

Refiriéndonos al caso de las vías, existen varios especialistas de la ingeniería civil que intervienen en un proceso de diseño:

- El ingeniero de vías o transportes que decide sobre la ruta, el rumbo, las formas geométricas y capacidad de la vía.
- El ingeniero de pavimentos quien diseña la estructura del pavimento, los espesores de bases, sub-base y capa de rodadura, y por último,
- El ingeniero geotécnico, a quien casi nunca se lo consulta el caso ya que la vía no parece representar un problema de soporte como lo es un edificio, o un puente. Pero resulta que en la Sabana de Bogotá una vía si es un problema de soporte para el suelo.

Basta con transitar por una calle como la avenida 19 entre calles 127 y 134, o en la autopista Siberia-Puentepiedra, para darse cuenta de que las roturas del pavimento no se circunscriben solamente a la estructura del pavimento sino que involucran grandes masas de suelos que alcanzan bastante profundidad. El caso urbano está agravado por la presencia de árboles de gran transpiración, y en el ejemplo mencionado de la avenida 19, la cercanía con el canal de aguas lluvias es decisiva en la rotura permanente de la vía.

EL INMEDIATISMO EN LA DECISION POLITICA

Como en la gran mayoría de las decisiones de inversión en obras públicas, estas tienen carácter de inmediatez por atender lo urgente y dejar de lado lo importante. Es así como llevamos varias décadas de "lo mismo que antes" tapando huecos mal tapados, o renivelando las carreteras mal reniveladas, para simplemente dar paso a los vehículos de año en año. Ni la ingeniería, ni la clase política, se han detenido a estudiar a fondo el problema, y por lo tanto estamos cada día mas lejos de producir una solución de largo plazo.

LA CHAMBERIA EN LA CONSTRUCCION

El afán que invade al ejecutivo de turno que toma las decisiones sobre tapada de huecos, presionando muchas veces por quien sabe que concejales o dirigentes, termina por agravar el problema, pues se adjudican los trabajos a pavimentadores espontáneos que poco o nada tienen que ofrecer en la innovación de soluciones. La falta de interventoría de las entidades que contratan estos trabajos acaban por proporcionarles a la ciudad una puñalada, al realizar una obra que no durará ni seis meses, con el consecuente desangre total del presupuesto.

El buen diseño y la buena calidad constructiva pueden contrarrestar en gran medida lo difícil que son los suelos sabaneros para la construcción de vías. Ejemplos claros los tenemos en lo construido por - Vicon en las ampliaciones de la autopista a El Dorado, o por Pinski en las calzadas centrales de la Avenida Ciudad de Quito (la 30) o la Compañía de Trabajos Urbanos en las ampliaciones de la Autopista Norte, todas estas obras que han demostrado un comportamiento aceptable.

Otros factores inciden más o menos en el buen desempeño de una vía, como la calidad de los materiales, la calidad de los equipos, la de los procedimientos constructivos y las condiciones de drenaje. Los recibos disponibles en la Sabana por lo general son arcillosos, de tal manera que ante la acción del agua se deterioran fácilmente, y la estructura de pavimento pierde consistencia inmediatamente. Como si fuera poco, los procesos de compactación de materiales muchas veces son deficientes, y no faltan las ocasiones en que un concreto asfáltico es aplicado bajo la lluvia o en condiciones de drenaje imposibles.

Es frecuente ver en las calles de la Ciudad zonas de la vía totalmente inundadas en época invernal, a pesar de que esa vía sea paralela, o la cruce en el sitio del charco, un profundo y gran canal de aguas lluvias. Otras fuentes de malos diseños y construcciones son generadas por la limitación de recursos presupuestales y por la saturación en las vías de vehículos de todo tipo y el aumento de cargas y frecuencias para los cuales no están diseñados los pavimentos existentes.

Una alternativa interesante surge con la utilización del concepto de pavimento rígido o de concreto. La vieja Autopista a El Dorado y la viejísima Autopista Norte fueron inicialmente construidas con pavimentos de concreto. Su funcionamiento ha sido de los mejores, a excepción de las roturas ocasionadas por los árboles. Ni la una ni la otra pudieron sobrevivir ante la acción de los árboles ornamentales, principalmente urapanes y acacias respectivamente, que ejercen la contracción volumétrica de las arcillas por desecamiento y succión, y dejan a la losa del pavimento en el aire. Transitar hoy por el carril cercano al separador de la Autopista Norte es como montarse en una montaña rusa con un escalón frente a cada acacia. Las líneas del ferrocarril que cruzan zonas de suelos blandos arcillosos en la Sabana también se ven afectados por los hundimientos debidos a las arboledas y muchas edificaciones de diversa índole se han averiado por la misma razón.

Cuestionario

Las preguntas que surgen de inmediato a esta cantidad de interrogantes, no son fáciles de responder. Podemos formular las siguientes:

- ¿Cuánto ha descendido la Sabana de Bogotá como fenómeno de subsidencia, y cuál es la tendencia?
- ¿Cual es el balance hídrico y qué precauciones hay que tener para la extracción de agua y la recarga de acuíferos?
- ¿Cómo se deben diseñar las vías de la Sabana?
- ¿Cómo se deben construir las vías de la Sabana?
- ¿Cómo se deben reparar las vías existentes?
- ¿Conocemos realmente la geología de la Sabana?
- ¿Estamos recopilando la información necesaria para un mejor conocimiento?

Santa Fe de Bogotá, Octubre de 1992