

La **pasión** por la mecánica de suelos

Raquel Ochoa

Fotos: a&s photo/graphics

El ing. Enrique Santoyo Villa es un experto en la exploración de la mecánica de Suelos; conozcamos de su vida y obra.

Ingeniero civil y maestro en mecánica de suelos por la Universidad Autónoma de México (UNAM), el vehemente experto Enrique Santoyo Villa decidió complementar sus estudios de posgrado en la escuela de Minas de Colorado y en la Universidad de Duke, Carolina del Norte. No obstante, su constante búsqueda de conocimiento lo llevó a doctorarse en arquitectura, con la tesis "Cimentaciones de templos y conventos de los siglos XVI al XVIII. 25 Casos de comportamiento problemático", por la cual recibió mención honorífica.

La vida académica, de investigación y la actividad como conferencista y escritor se suman a su trayectoria. Actualmente ha participado en más de 2 mil 200 estudios del subsuelo, sin dejar de lado su actividad como autor y coautor de títulos tan interesantes como: *El cómo eléctrico en la exploración geotécnica*, *Síntesis geotécnica del Valle de México*, *Campañas de inyección del Palacio de Bellas Artes*, *Corrección geométrica de la Catedral metropolitana*, entre otros, publicados por la empresa TGC Geotecnia.

El reconocido experto internacional en geotécnica, nos recibió en sus oficinas en el DF, donde de forma amable y detallada comenta a *Construcción y Tecnología en Concreto*, sus experiencias en el sorpren-

dente mundo de la mecánica de suelos y de cómo el entendimiento y la comprensión de la naturaleza se ha convertido en un principio inherente para la correcta solución de los grandes desafíos que le impone su profesión.

Origen y formación

Desde temprana edad, Enrique Santoyo Villa, descubrió su verdadera vocación: la ingeniería civil. Sus primeros años en la Facultad de Ingeniería de la UNAM transcurrieron bajo la influencia de sus profesores y el dominio de las estructuras, que en aquellos años, eran objeto de interés para la vida académica. No obstante, al iniciar su vida profesional, en la década de los sesenta, el trabajo como ingeniero en exploraciones geotécnicas dentro de la desaparecida empresa Solum (filial de ICA), le permitió observar la naturaleza, acción que forjó su camino hacia el encuentro con el gusto por la exploración y, al mismo tiempo, con una clara inclinación por la mecánica de suelos. En 1982 ingresó a la firma TGC Geotecnia, de la cual es director técnico, cargo que le permite continuar contemplando y entender la naturaleza, como principio rector de su trabajo profesional.



Durante su vida profesional, el explorador de mecánica de suelos, ha dirigido proyectos como: el de Texcoco; el Emisor Central; el de la Siderúrgica SICARTSA; los puertos de Topolobampo, Manzanillo y Altamira; el Metro de la Ciudad de México; el subsuelo de Managua, Nicaragua; la presa Tamesí; la Torre Mayor; la Torre Reforma; las presas Chicoasén y La Angostura, por mencionar algunas. De todas, sobresale el proyecto de la Corrección geométrica de la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México, un desafío que dio exitosos resultados.

El ing. Enrique Santoyo podría descansar en sus éxitos; pero no lo hace. El trabajo constante inyecta a su vida personal y profesional ese dulce placer de la satisfacción y el orgullo. Así, en últimas fechas se integró al grupo de expertos que inspeccionó y evaluó geotécnicamente la autopista Cuernavaca-Acapulco, la cual como sabemos sufrió graves daños por la presencia de los huracanes Ingrid y Manuel.

Un gran desafío y sus alcances

El mayor desafío del experto en geotecnia es la comprensión del hundimiento de la Ciudad de México. A decir del entrevistado, "el origen geológico, las características y el comportamiento del hundimiento, debe entenderse a partir de la extracción del agua del subsuelo. A través del tiempo, "el descenso gradual pero continuo del nivel de los acuíferos provoca la disminución de las presiones del agua e incrementa el esfuerzo que actúa efectivamente en la parte sólida del suelo. Esto último desencadena el proceso de consolidación de los estratos de suelos blandos de toda la región afectada por el bombeo, lo cual se manifiesta con hundimientos de la superficie que casi siempre terminan por dañar a las construcciones y a las instalaciones de la ciudad".

Inestabilidad en la autopista

Los fenómenos meteorológicos recientes que afectaron a regiones del sur del país, dejaron a la autopista Cuernavaca-Acapulco, como una de las vialidades más fracturadas. Sin embargo, en palabras del experto en mecánica de suelos "los daños que sufrió la autopista fueron menos graves de lo visto a través de las imágenes periódicas y televisivas. La realidad es que, en los primeros recorridos se careció de ingenieros capacitados que explicaran de manera objetiva la inestabilidad de la zona y los efectos que impactaron en la infraestructura carretera. En suma, se tuvo ocho inestabilidades en la autopista del Sol. Las causas de

estos daños se debieron al sometimiento de condiciones hidráulicas excesivas, a las que se sumaron la deforestación por talas e incendios de los taludes".

Para medir los daños en esta autopista es necesario entender la naturaleza de la zona. "La autopista México-Acapulco es un paso obligado por las laderas de la sierra de Alquitrán, que presenta estabilidad geológica precaria dado que existen depósitos sueltos de detritus, taludes, cauces y arroyos con suelos húmedos, secos y arenas sueltas. En este escenario inestable, las intensas lluvias provocadas por el huracán Manuel y la presencia del huracán Ingrid en el Golfo de México, fueron el detonador de las inestabilidades en los sitios débiles de esta vía, así como las causantes de las inundaciones en las costas de Guerrero", explica Santoyo Villa.

En su recorrido, el experto narra que en el tramo entre los kilómetros 300 y 302 donde está el sitio Formación Agua de Obispo, existen rocas identificadas como ignimbritas volcánicas (tobas metamórficas) intercaladas con grandes domos de riolitas; ambos tipos de rocas profundamente fisuradas y, en partes, alteradas como consecuencia de la geología durante la formación de esas montañas del tectonismo que han sufrido.

Otra característica de la sierra de Alquitrán es su notable humedad, por ser la barrera en la que chocan las nubes que se forman en el océano Pacífico y ser además, un área de tránsito de tormentas tropicales y huracanes. En toda el área se identifican abundantes huellas de antiguos deslizamientos, algunos ocurridos cientos de años atrás, otros recientes sin relación alguna con la autopista dado que son eventos naturales. Por su parte, el tramo entre los kilómetros 307 y 325, se desarrolla una zona plana con desniveles menores, sin taludes ni cortes inestables. Finalmente, el tramo entre los kilómetros 325 y 341, es una parte geológica muy complicada, en la que se encuentran rocas calizas, granitos y en parte la formación volcánica Papagayo".

La conclusión del experto es que de "las inspecciones geotécnicas realizadas en el sitio ubicaron, únicamente ocho inestabilidades geotécnicas. Esta evaluación inicial, permitió emitir recomendaciones preliminares, para dar una solución emergente y rehabilitar la vía. Una vez restablecido el servicio de la autopista, el equipo de ingenieros mexicanos -diseñadores, constructores, supervisores y administradores- se dieron a la tarea de levantamientos topográficos, recorridos geológicos, sondeos geotécnicos, estudios hidrológicos, entre otros mecanismos, para fundamentar de manera objetiva



las soluciones en los ocho sitios que manifestaron inestabilidades importantes ocurridas en la Autopista México”.

Para el experto, “los ingenieros geotécnicos deben interpretar el comportamiento geotécnico de cada sitio dañado con el fin de identificar las mejores soluciones que se puedan aplicar para remediar la inestabilidad ocurrida en cada sitio. Sin embargo, tienen grandes limitaciones como, pueden ser: el inmenso poder destructor de la naturaleza, que puede ser a corto o a muy largo plazo. La urgencia para resolver el problema, aunque se puede asumir una solución de emergencia y buscar como reforzarla posteriormente, traen consigo temas como: las limitaciones económicas, porque siempre se tienen un margen financiero; la tenencia de la tierra, porque las carreteras y autopistas están confinadas por el derecho de vía; la alteración ecológica de la zona, como son la deforestación, los incendios, el pastoreo y hasta la extracción de tierra y, finalmente, el vandalismo, porque todo lo que pueda ser robado desaparece, como son mallas de acero, tubos de drenaje y señales”, señala el ing. Santoyo.

Inestabilidades ocurridas

“Para perforar un túnel se empieza por construir el portal de acceso; se corta un prisma en el talud de la montaña para acceder al frente de excavación, el cual se estabiliza con anclas y concreto lanzado para después conformar la “traba de borde”, elemento

estructural que constituye la frontera exterior de la bóveda del túnel y desde la cual se empieza la excavación del túnel. En los países con mayor capacidad económica, por motivos de seguridad, ambientales y estéticos, se construye un tramo en “Túnel falso” que permite restituir el talud de la montaña y sólo se deja abierta la entrada al túnel, en cambio para nosotros por motivos económicos lo usual es dejar expuesto el portal de acceso”, explica el experto.

Algunas de las principales inestabilidades detectadas en la inspección de la Autopista del Sol, fueron: “Los túneles Agua de Obispo. En este sentido, la inspección de las bóvedas de los dos túneles de 450 metros de longitud hace evidente que no sufrieron daño alguno. En el portal norte de los túneles, que apunta a Cuernavaca y al sur de Acapulco, ocurrió una caída superficial del talud oriente que para fines de octubre estaba en proceso de estabilización. Por el lado del portal sur de los túneles, el talud poniente registro la caída de una masa de cientos de metros cúbicos de tierra y bloques de roca; el más grande obstruyó la entrada al túnel; fue de unos 12 metros de largo y del orden de 350 toneladas de peso. El lodo y piedras que invadieron ambos túneles provinieron de este talud y penetraron porque ambos túneles tienen pendiente hacia el sur. La solución que se decidió adoptar fue construir túneles falsos en ambas entradas y salidas, además de restituir el talud de la montaña”, comentó el entrevistado.

Y es que, como agrega el experto, “un ingeniero geotécnico debe pensar en una solución que contenga el conocimiento del pasado pero que esté fijada en el presente y resuelta para el futuro. En este sentido, las obras de ingeniería son diseñadas para soportar las máximas acciones destructivas de la naturaleza. Sin embargo, en ocasiones pueden ser todavía mayores que lo imaginado. Por ello, se suele aceptar el concepto de riesgo calculado, porque es imposible diseñar obras de ingeniería que resistan las condiciones más extremas posibles.

Actualmente las universidades se empeñan más en la teoría y cada vez prestan menos atención a la práctica, cuando ésta resulta indispensable. No se puede enseñar la mecánica de suelos; tiene que haber una relación maestro-aprendiz. La mecánica de suelos parte de entender la naturaleza del sitio, para imaginar lo que va a pasar en el lugar: un edificio, un puente, etc. Si sólo se pretenden construir con modelos y formulas será un gran error. Es necesario entender la naturaleza para transformar el sitio”, finaliza enfáticamente nuestro entrevistado. ©