Cómo trabajan juntos los Ingenieros y Científicos Geólogos

POR:

Tupak Ernesto Obando Rivera
Ingeniero en Geología. Master y Doctorado en Geología, y Gestión Ambiental por la Universidad Internacional de Andalucía UNÍA (Huelva, España). Especialista en Deslizamientos Volcánico y No Volcánicos

2009

Introducción

Hay una vieja máxima que dice “los científicos descubren cosas y los ingenieros las hacen trabajar”. Al igual que muchas viejas máximas parecidas, hay una pizca de verdad en esa afirmación, pero ya está pasada de moda. Desde el punto de vista educativo, la ingeniería geológica se basa en las ciencias geológicas. Ésta proporciona las teorías básicas que aprovechan los ingenieros para diseñar soluciones con respecto a problemas del subsuelo. En muchos casos las tareas y las herramientas de los científicos e ingenieros son las mismas. La mejor manera de explicar esto es citando algunos ejemplos:

- La rotura de algunas presas por causas geológicas y sus graves consecuencias, incluyendo pérdidas de cientos de vidas humanas, como la presa de San Francisco (California, 1928), la de Vajont (Italia, 1963) y la de Malpasset (Francia, 1959)

- Los deslizamientos durante la construcción del Canal de Panamá en las primeras décadas del siglo, o las roturas de taludes en los ferrocarriles suecos en 1912, fueron algunos de los hitos que marcaron la necesidad de llevar a cabo estudios geológicos aplicados a la ingeniería.

- A las 03:02 hora local un gran terremoto de magnitud 7,4 sacudió parte del noroeste de Turquía, al producirse la ruptura de una falla del Sistema Norte de la Falla de Anatolia, cuya longitud total es de unos 1,500 km. El segmento de falla desplazado fue de 150 km. El terremoto causó 17, 127 muertos, 43,953 heridos y más de 250,000 personas desplazadas. Las pérdidas han podido llegar al 3% del PIB de Turquía.

A pesar de que la edificación en la zona afectada era de hormigón armado, más de 20,000 edificios colapsaron por causa de la mala calidad de construcción e incumplimiento de las normas. Sin embargo, gran parte de los daños se debieron a fallos del terreno por efecto de las condiciones locales. En la zona de falla se registraron grandes aceleraciones, de hasta 0,42g, causando la destrucción total en un corredor de 5 a 22 m de ancho, correspondiendo a la ruptura superficial de la falla. El máximo desplazamiento lateral a lo largo de la misma fue de 5 m. A demás de las roturas en el terreno se registraron otros por colapsos, hundimientos y sobre todo por **licuefacción de suelos (Anexo 28)** Las zonas costeras de las ciudades afectadas, situadas sobre aluvial y rellenos artificiales, sufrieron las peores consecuencias.

Foto No 1. **Licuefacción del Suelo en Turquía**

- El deslizamiento de El Berrinche, Tegucigalpa (Honduras). Este deslizamiento se produjo como consecuencia del huracán Mitch el 30 de Octubre de 1998. El huracán, que asoló Centroamérica, ocasionó más de 25,000 muertos y una cifra incalculable de pérdidas. Las consecuencias fueron muy agravadas por la intensa deforestación y ocupación urbana de laderas inestables. Los deslizamientos ocurridos en algunas de las laderas populosas colonizadas por infraviviendas que rodean la ciudad de Tegucigalpa causaron daños muy elevados, quizás el mayor número de viviendas destruidas. La corriente de lodo arrastró gran cantidad de vegetación, vehículos y fragmentos de viviendas, alcanzó una altura de varios metros sobre las calles, dañando infraestructuras básicas de la ciudad. Las intensas lluvias asociadas al huracán Mitch en Tegucigalpa han sido una verdadera prueba para evaluación del comportamiento del terreno y su susceptibilidad ante los deslizamientos, denotándose un claro comportamiento

diferencial de unas zonas a otras en función del tipo de materiales geológicos presentes, quedando demostrado el control litológico de los procesos de inestabilidad de ladesas. De hecho los mayores deslizamientos tuvieron lugar en materiales lutíticos y limolíticos con intercalaciones de grauvacas y areniscas arcillosas del Grupo Valle de Ángeles, materiales muy evolutivos frente a la meteorización, mientras que en el otro grupo litológico que aflora en la zona, constituido por tobas volcánicas masivas (Grupo volcanoclástico Padre Miguel), se produjeron algunos desprendimientos rocosos aislados.

- La rotura de la presa Aznalcóllar: un ejemplo de fallo geológico-geotécnico de graves consecuencias ecológicas. La presa de residuos mineros de Aznalcóllar (Sevilla) de 28 metros de altura produjo su rotura el 25 de abril de 1998. La rotura del dique de contención produjo un vertido de 4,5 Hm3 de líquidos y lodos hacia el río Agrio, y de ahí al Guadiamar, afluente del Guadalquimir, ocasionando una contaminación por aguas ácidas con diversos metales pesados al ecosistema circundante, incluso el parque Nacional Doñana. La presa estaba apoyada sobre formación miocena constituida por arcillas de plasticidad alta, muy sobreconsolidadas, y con abundantes superficie de corte o slickensides en su interior que al entrar en contacto con el agua se generan altas presiones intersticiales a lo largo de citadas superficies, su resistencia puede ser muy baja. Es evidente que los factores geológicos –geotécnicos que ocasionaron la rotura no se tuvieron en cuenta adecuadamente y que tampoco los sistema de control del sistema presa-terreno fueron operativos, cuestiones fundamentales en Ingeniería Geológica, y Geología.

- La Presa de Malpasset (Francia) en 1959, las presiones intersticiales resultantes del llenado del embalse crearon condiciones necesarias para la rotura de un gran bloque definido por discontinuidades (fracturas en el terreno). El fallo de la cimentación de la presa, una bóveda de 66.5 m, produjo el colapso de la misma y el vaciado inmediato del embalse, perdiendo la vida 421 habitantes del pueblo de Frejus como consecuencia de la inundación.

- La Presa Vajont (Italia) en 1963. La catástrofe causó la muerte de 2018 personas como consecuencia de un gran deslizamiento de unos 300 millones de metros

cúbicos sobre el embalse, lo que produjo una ola gigantesca (alrededor de 70 m de altura) que sobrepasó la presa sin destruirla (una bóveda de 265m de altura), y provocó la inundación y destrucción de gran parte de la localidad de Longarone, y otros núcleos urbanos del valle del Río Piave.

- La presa de Teton (EE.UU) en 1975, de 93m de altura, estaba construida con materiales sueltos apoyados sobre tobas riolíticas muy fracturadas y permeables. La presa tenía un núcleo central formado por limos arcillosos poco plásticos y muy erosionables. Algunos meses después del llenado del embalse se observaron surgencias en el talud de aguas debajo de la presa junto al estribo derecho, que fueron aumentando y, en pocas horas, la percolación a través del cuerpo de presa provocó un gran hueco en la estructura y su rápido colapso. Afortunadamente fue posible salvar muchas vidas a pesar del corto tiempo transcurrido entre las primeras surgencias de agua y la rotura total, habiendo sólo 14 muertos. La causa de la rotura fue la erosión interna, al no controlarse suficientemente el flujo de agua a través de la cimentación de la presa con un tratamiento adecuado. El tipo de material del núcleo y otros aspectos del proyecto también influyeron en el accidente. En la actualidad, el gran desarrollo de la ingeniería geológica y de la mecánica de rocas posibilita que los estudios geológicos para el proyecto de presas detecten los posibles problemas de cimentación, de materiales o de estabilidad de laderas, analizando su influencia en la estabilidad y seguridad de las presas y permitiendo la adopción de las medidas necesarias de corrección.

En cado unos de estos casos el ingeniero y el científico geólogo tuvieron algo que aportar. Cada uno tuvo que familiarizarse con los requisitos del otro para llegar a una solución aceptable.

Por tanto, el fin en la actualidad de lo que la ingeniería geológica es asegurar que los factores condicionantes de las obras de ingeniería sean tenido en cuenta e interpretados adecuadamente, así como evitar o mitigar las consecuencias de los riesgos geológicos tales como la licuefacción del suelo.

Sin embargo, el desarrollo que alcanzaron otras ciencias afines se hicieron cada vez más notorias como es el caso de la geotecnia, ciencia en que se integra las técnicas de ingeniería del terreno aplicadas a las cimentaciones, refuerzo, sostenimiento, mejora y excavación del terreno.

Efectivamente la formación de los ingenieros geólogos se manifiesta en dos grandes campos de actuación. El primero corresponde a los proyectos y obras de ingeniería donde el terreno constituye el soporte, o de construcción. Dentro de este ámbito se incluyen las obras verticales, estructuras principalmente dañadas al momento de la ocurrencia de la licuefacción del suelo. El segundo campo de actuación se refiere a la prevención, mitigación y control de riesgos geológicos como la licuación de los suelos, así como sus impactos en las obras civiles.

Pues bien, la ingeniería geológica, como ciencia aplicada a la ingeniería y al medio ambiente, tiene gran trascendencia socioeconómica, abarcando desde los estudios geotécnicos para la cimentación de edificios hasta las grandes obras públicas y de infraestructuras, y aportando soluciones constructivas acordes con la naturaleza geológica del terreno y el medio ambiente.

El conocimiento geológico es fundamental para el proyecto de las obras de de infraestructura, edificación, y para la ordenanza territorial o urbana. La interpretación de las condiciones geológicas, y su integración en el diseño y construcción, mediante soluciones acordes con la naturaleza del terreno y al medio ambiente, es el principal objetivo de la ingeniera geológica, junto a la prevención y mitigación de los daños causados por desastres naturales de origen geológicos.

La Ingeniería Geológica: formación y profesión…….

La formación en Ingeniería geológica se basa en un sólido conocimiento de la geología y del comportamiento mecánico de los suelos y rocas y su respuesta ante los cambios de las condiciones impuestos por las obras de ingeniería. La investigación del terreno mediante métodos y técnicas de reconocimientos y ensayos, así como el análisis y modelización, tanto de los materiales como de los procesos geológicos (por ejemplo, licuefacción del suelo), forman parte esencial de esta disciplina.

El profesional en esta rama tiene formación científica y técnica aplicada a la solución de los problemas geológicos y ambientales que afecta la ingeniería, dando respuestas a las siguientes cuestiones:

- Dónde situar una obra pública o instalación industrial para que su emplazamiento sea geológicamente seguro y constructivamente económico

- En qué condiciones geológico-geotécnicas debe cimentarse un edificio

- A qué tratamientos debe someterse el terreno para evitar o corregir hundimientos, asentamiento, la licuación, etc.

- Cómo evitar, controlar o prevenir los riesgos geológicos (licuefacción del suelo)

- Qué criterios geológicos-geotécnicos deben tenerse en cuenta en la ordenación territorial y urbana y en la mitigación de los impactos generados.

Geología aplicada e Ingeniería geológica……..

- La geología aplicada, o geología para ingenieros, *geology for engineers*, es la geología utilizada en la práctica por los ingenieros civiles. Es una rama de la geología que trata de su aplicación a las necesidades de la ingeniería civil. No implica necesariamente el uso de los métodos de ingeniería geológica para el estudio y resolución de los problemas geológicos en ingeniería.

- La ingeniería geológica, *engineering geology* y *geological engineering*, se diferencia de la geología aplicada en que además del fundamento geológico, es necesario conocer los problemas del terreno que presentan obras de ingeniería, los métodos de investigaciones in situ y la clasificación y el comportamiento de los suelos (por ejemplos suelos licuables) y rocas en relación con la ingeniería civil; incluye además el conocimiento práctico de la mecánica del suelo, mecánica de rocas e hidrogeología.

Bibliografía

Obando, T. (2,009). Modelación geomecánica y temporal de la licuefacción en suelos de minas no metálicas. Estudio Caso: Ciudad de Managua (Nicaragua). Tesis Doctoral. Editorial Universidad Internacional de Andalucía UNÍA (Huelva, España). Huelva. 900pág.