

## SEGURIDAD EN LOS BORDOS DE PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES

El estado de Tabasco cuenta con una red hidrológica de ríos encadenados, donde se localizan dos de los torrentes más importantes del país, los ríos Grijalva y Usumacinta, los cuales en conjunto suman aproximadamente el 30 % del total del escurrimiento de México. Además, la precipitación anual que ocurre en la región se encuentra entre las más significativas del mundo (2750 mm en la zona costera y hasta 4000 mm en las estribaciones de las sierras), que es en consecuencia la más alta de la república mexicana. La Coordinación de Geotecnia del Instituto de Ingeniería de la UNAM ha participado en las actividades geotécnicas del Plan Hídrico Integral de Tabasco (PHIT), que comprende numerosos estudios relacionados con la problemática ocasionada por las características fluviales y meteorológicas de dicho estado; entre ellos se encuentra el estudio del comportamiento de los bordos de protección marginales en suelos con características típicas de la zona lacustre de la ciudad de Villahermosa, particularmente durante las inundaciones de octubre y noviembre de 2007. Uno de los productos de esta investigación es la tesis *Evaluación de la seguridad de bordos de protección sometidos al fenómeno de vaciado rápido*, con la que Héctor Augusto de la Fuente Utrilla, becario del IIUNAM, obtuvo el grado de maestro en Ingeniería el pasado 1° de febrero. El trabajo fue dirigido por la doctora Norma Patricia López Acosta, investigadora de la Coordinación de Geotecnia.





A partir de los resultados obtenidos de la modelación numérica realizada en esta investigación, se proponen soluciones para incrementar la estabilidad de los bordos que están sometidos al fenómeno de vaciado rápido. Y es que cuando un terraplén experimenta variaciones del nivel de agua, se modifican las condiciones de equilibrio dentro y fuera de la masa térrea, lo que afecta su estabilidad.

La condición de vaciado rápido se genera cuando los taludes sumergidos de bordos de protección experimentan un descenso súbito del nivel de una reserva (río, embalse, etc.), el cual ocurre mucho más rápido de lo que el agua dentro del cuerpo del bordo puede fluir. Los métodos de cálculo clásicos para determinar la distribución de la presión de poro debido al fenómeno de vaciado rápido, consideran hipótesis que a menudo se alejan de la realidad y llevan a soluciones erróneas que afectan de manera importante los análisis de estabilidad. En este trabajo se estudia la seguridad de los bordos de protección sujetos a dichas condiciones, modelando numéricamente este fenómeno como un problema acoplado de flujo transitorio-deformación (incluida la consolidación) y análisis de estabilidad en un medio saturado o no saturado. Los cálculos se realizan con base en el método del elemento finito usando el programa *PLAXFLOW* para los análisis de flujo transitorio y *PLAXIS*

para los análisis de deformación, consolidación y estabilidad. Se presentan los detalles de la metodología propuesta. Asimismo se proporcionan recomendaciones para definir el tipo de material (drenado o no drenado), el tipo de modelo constitutivo (*Hardening Soil Model* y *Mohr Coulomb*), las condiciones de frontera y la generación de la malla de elementos finitos. En la parte principal de la tesis, se evalúan con un modelo 2D de esfuerzo-deformación los efectos de múltiples parámetros, como la localización de la superficie freática, la tasa y velocidad de vaciado, y la conductividad hidráulica. Se da un énfasis especial al estudio de la variación con el tiempo de los factores de seguridad obtenidos al evaluar la estabilidad de estas estructuras térreas bajo condiciones de vaciado rápido.

En este trabajo se demuestra que los daños y deslizamientos observados en las márgenes del río Grijalva localizados en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, durante las inundaciones de 2007 son en gran parte atribuidos al fenómeno de vaciado rápido. Es importante señalar que las lluvias extremas que se presentaron durante octubre y noviembre de 2007 corresponden a una inundación de 100 años, y por tanto los análisis y las conclusiones derivadas de ellos están referidos a esa situación crítica. Este trabajo representa sin duda una importante aportación para la solución de este tipo de problemas en el país. |