

Humberto Gardea Villegas, obtuvo el grado de doctor en ingeniería civil-hidráulica el pasado 9 de mayo con la tesis *Bombeo de fluidos no newtonianos. Caso de los lodos residuales*, bajo la dirección del doctor Rafael Bernardo Carmona Paredes, investigador de la Coordinación de Mecánica y Energía.

El manejo de fluidos no newtonianos tiene cada día más aplicaciones entre las que se encuentra el transporte hasta sitios de disposición final de las mezclas de sales minerales y materia orgánica que forman lodos residuales de las plantas de tratamiento de aguas negras.

En Francia se ha calculado que cada persona produce unos 25 kg de lodos residuales por año, expedidos por las plantas de tratamiento de aguas negras, lo que constituye un problema especialmente notorio en las grandes concentraciones urbanas, como en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en las que los terrenos son muy costosos lo que obliga a transportar los lodos residuales hasta los alrededores de las ciudades en donde se disponga de terrenos de menor precio.

Si bien el traslado de estos lodos se ha hecho, en algunos casos utilizando carros tanque, con los riesgos que implica el manejo de sustancias tóxicas dentro de las ciudades, los costos de transporte en vehículos automotores son muy elevados y esta realidad ha obligado a la mayoría de las plantas a arrojarlos simplemente al drenaje municipal, lo que desde luego transgrede las normas ecológicas.

Una opción más segura y económica para el transporte de los lodos residuales es el bombeo, procedimiento que, si bien se ha utilizado para distancias relativamente cortas, aún no se resuelve totalmente para grandes distancias, debido a que el drenaje urbano se ha diseñado sólo para conducir aguas negras y pluviales y nunca fluidos del tipo de los lodos residuales que son no

newtonianos, con viscosidad muy alta en comparación con la de las aguas negras, y que se altera durante su manejo en forma impredecible y diferente para cada lodo.

El manejo de fluidos no newtonianos presenta además, otras incógnitas, como, por ejemplo, las relacionadas con la selección del tipo de bomba más conveniente o el tipo de régimen de flujo más apropiado para cada proyecto. En cuanto al tipo de bombas, algunos autores aseguran que las centrífugas pueden usarse, pero la mayoría opina que deben ser bombas de desplazamiento positivo, específicamente de diafragma o de tornillo.

El objetivo de este trabajo de investigación doctoral es analizar los estudios existentes para bombear fluidos no newtonianos a distancias grandes, diseñar procedimientos de cálculo para proyectar el bombeo y proponer dispositivos adecuados para evitar los problemas peculiares que presenta el manejo de estos fluidos indicando los mejores equipos de bombeo. Además, se proponen criterios de para la operación de este tipo de instalaciones, sobre todo cuando se presenten fallas súbitas de energía o necesidad de variar el gasto de bombeo.

El 11 de abril, José Eriban Barradas Hernández presentó su examen para obtener el grado de maestro en ingeniería, sobre el trabajo de investigación *Método simplificado de evaluación sísmica del desempeño estructural de puentes de concreto reforzado basado en desplazamientos*, dirigido por el doctor Gustavo Ayala Milián.

Actualmente hay pocos métodos para evaluar el desempeño estructural de puentes de concreto reforzado ante una demanda sísmica de diseño dada, que sean congruentes con la filosofía de evaluación y diseño por desempeño, y que además se fundamenten en procedimientos de análisis no lineal simplificados, de forma que puedan ser

fácilmente comprendidos y aplicados por ingenieros de la práctica del diseño estructural. Para subsanar en parte esta carencia, este trabajo plantea y desarrolla un método simplificado de evaluación sísmica para ser aplicado en puentes de concreto reforzado. Sus características principales son la sencillez de los conceptos en que se basa y la facilidad de su aplicación.

El objetivo del presente trabajo es validar la aplicación del método de evaluación propuesto sobre una clase particular de puentes, conocidos como viaductos, que tengan como principales características: una superestructura continua cuya longitud oscile alrededor de 200 m y que se encuentre apoyada en su sentido transversal sobre pilas simples de concreto reforzado. La comparación entre los resultados obtenidos con el método de evaluación propuesto y los de un análisis no lineal paso a paso muestra que la aplicación del método es válida, siempre y cuando durante la respuesta de los puentes por evaluar no se presente lo que en este trabajo se denomina condición de irregularidad estructural. Se incluye además un procedimiento para detectar la posible presentación de dicha condición y entender bajo cuáles condiciones de daño estructural e intensidad de la demanda sísmica puede ocurrir.

Mauro Niño Lázaro, presentó su examen doctoral el pasado 7 de mayo defendiendo la tesis *Desarrollo y aplicación de espectros de peligro uniforme en la evaluación y diseño sísmico de estructuras basadas en el desempeño*. Se le otorgó mención honorífica, por este trabajo desarrollado bajo la dirección del doctor Gustavo Ayala Milián, investigador de la Coordinación de Mecánica Aplicada.

El ahora doctor en ingeniería (civil-estructuras) presentó una formulación para obtener espectros de peligro uniforme de utilidad en el diseño y evaluación de estructuras de concreto reforzado, empleando las simulaciones

de Monte Carlo y conceptos avanzados de las teorías de peligro sísmico y de probabilidades. Para ello, utilizó registros sísmicos sintéticos de diferentes magnitudes obtenidos con un método de simulación sísmica, mejorado en esta tesis, en el sentido de que considera una mejor descripción de la fuente sísmica mediante el uso de dos frecuencias de esquina y emplea un esquema de suma aleatoria de señales dividida en dos etapas.

Como aplicación de los espectros obtenidos, incluye un método aproximado para la evaluación sísmica de puentes, que también puede ser empleado para el diseño basado en desempeño, para los que la demanda sísmica puede definirse por uno de estos espectros. Este método considera, de manera aproximada, la participación en el desempeño estructural de los modos superiores de vibrar y de los

efectos inelásticos, mediante el uso de análisis modales espectrales evolutivos sobre curvas de respuesta no lineales de sistemas simplificados de referencia correspondientes a las variables modales iniciales.

La tesis concluye que las mejoras hechas al método de simulación sísmica representan una contribución importante para la definición de registros sintéticos realistas que, a falta de registros de sismos reales, permitan desarrollar los espectros para evaluar una estructura existente o diseñar una nueva de manera consistente con la filosofía de evaluación y diseño sísmico de estructuras basado en desempeño.

Concluye también que la definición de la demanda sísmica mediante espectros de peligro uniforme que consideren no solamente el efecto de las incertidumbres en la excitación sísmica, sino tam-

bién las propiedades estructurales, representa una mejora en la forma en cómo se han definido hasta el momento estas demandas, esto es, considerando tasas de excedencias de un índice de desempeño y no tasas de excedencia de intensidades sísmicas. Finalmente, después de aplicar el método de evaluación sísmica propuesto, concluye que es posible obtener resultados aceptables, comparables con los obtenidos de las estadísticas de análisis no lineales paso a paso con un ensamble de registros. Sin embargo, la posibilidad de que ocurra una condición de irregularidad durante la respuesta sísmica, representa una limitante en la aplicación de cualquier método aproximado de evaluación o diseño en uso, particularmente para puentes, en los cuales los cambios en el orden de participación de sus modos son comunes durante su respuesta inelástica.