

Forzar los límites matemáticos

CASOS PRÁCTICOS SOBRE SOLUCIÓN DE MODERNOS RETOS DE CÁLCULOS DE INGENIERÍA CIVIL Y DE ESTRUCTURAS

De igual forma que los ingenieros de todas las disciplinas importantes, los ingenieros civiles y de estructuras se enfrentan a retos matemáticos cada vez más amplios. Ahora más que nunca, las sociedades ponen mayor énfasis en:

- **Problemas medioambientales:** protección y conservación de los recursos naturales
- **Sostenibilidad:** a medida que aumenta la población mundial y se expande la huella ecológica
- **Infraestructura inteligente de apoyo social:** a medida que las sociedades se hacen más sofisticadas y demandan mayor eficacia y resultados en tiempo real

Para los ingenieros civiles y de estructuras, los modelos de sistemas precisos e inteligentes, y la compleja matemática que requieren, son la base para superar estos modernos retos sofisticados. La necesidad de modelar con precisión la infraestructura y los servicios, los sistemas medioambientales, el urbanismo y los grandes proyectos arquitectónicos nunca ha sido más importante, ni más difícil. Los ingenieros afrontan una presión sin precedentes para hacerlo bien a la primera bajo una mayor supervisión normativa.

Los cálculos de ingeniería que pueden solucionar estos problemas son complejos y difíciles de gestionar. Ya no es suficiente con tener estos cálculos, que son la propiedad intelectual de una organización, bloqueados en hojas de cálculo y cuadernos de ingeniería tradicionales.

La parte positiva es que la tecnología matemática ha evolucionado para ofrecer a los ingenieros soluciones que, si se utilizan correctamente, pueden ser muy eficaces. El software de diseño y cálculos proporciona a los ingenieros civiles y de estructuras las herramientas para resolver los problemas actuales más difíciles y complejos, e innovar como nunca antes.

En este artículo se describen proyectos modernos de ingeniería civil y de estructuras en los que las complejas matemáticas de ingeniería han sido la base para solucionar estos nuevos retos. En particular, se habla de ingenieros que:

- Diseñan edificios sostenibles como la Torre de Shanghái, que puede resistir una amplia gama de condiciones y desastres medioambientales.
- Protegen recursos hídricos en Virginia.
- Trabajan con el programa Australian Aid para construir infraestructuras que puedan abordar las demandas del envejecimiento de la población y el desarrollo urbanístico.



Con sus 662 metros de altura, la Torre de Shanghái, que se muestra en construcción a la izquierda, será el segundo edificio más alto del mundo cuando se termine en 2014.

La Torre de Shanghái: caso práctico de diseño sostenible

Factores económicos y políticos están obligando a los ingenieros y diseñadores a tomar hoy decisiones que minimizarán el impacto medioambiental en las generaciones futuras. El diseño sostenible es especialmente importante en el caso de las grandes estructuras, en las que el reto consiste en diseñar edificios que puedan resistir los desastres medioambientales y minimizar el consumo de energía y los materiales.

Con sus 662 metros de altura, la Torre de Shanghái será el segundo edificio más alto del mundo cuando se termine en 2014. El diseñador jefe, Peter Weingarten, sabe perfectamente que los ingenieros han tardado años en conseguir que los rascacielos se mantengan en pie. "Por encima de 80 pisos, la mayoría de los agentes inmobiliarios te dicen que el edificio no es rentable porque hay demasiadas consideraciones estructurales debido a la carga lateral", afirma en una entrevista con CleanTechies.

Pero, actualmente, el uso de técnicas avanzadas de solución de problemas y software de cálculos de ingeniería, ciudades verticales como la Torre de Shanghái no solo son posibles, sino que lideran la revolución de edificios ecológicos. La estructura marca una nueva norma en sostenibilidad al incluir las siguientes características:

- Aerogeneradores que pueden producir hasta 350.000 kWh de electricidad al año
- Sistema de reciclaje de aguas pluviales
- Diseño con forma retorcida que reduce la estructura metálica en más de un 20 por ciento

Weingarten admite que uno de los mayores retos que afrontó su equipo fue la carga de viento en la cima del edificio. La exclusiva forma curvada no solo solucionó el problema, sino que redujo los costes de acero en casi un cuarto. "Pudimos ahorrar un 25 por ciento de toneladas de acero al evitar una gran fachada de cara al viento", explica Weingarten. "Al permitir que el viento fluya aerodinámicamente, se mitigan las presiones laterales directas. También utilizamos el Sistema Diagrid, que permite que el viento fluya de manera natural en lugar de hacerlo ortogonalmente como en los diseños clásicos". Los cálculos

tradicionales de carga y fuerza lateral deben tener en cuenta la curvatura y otras propiedades de la estructura aerodinámica, que requiere cálculos más avanzados y completos.

Necesidad de cálculos sofisticados para superar los retos de ingeniería civil y de estructuras

Los avances en el software de cálculo matemático garantizan la precisión y mitigan el riesgo.

RETO

Diseñar edificios sostenibles que puedan resistir factores medioambientales y desastres naturales

CÁLCULOS OBLIGATORIO

- Carga lateral
- Fuerza máxima de impulso lateral
- Análisis estático equivalente
- Análisis de espectro de respuesta
- Análisis dinámico lineal
- Análisis estático no lineal
- Análisis dinámico no lineal

Realizar estudios de cuencas para proteger los recursos hídricos

- Mecánica de fluidos e hidrología
- Dinámica de fluidos computacional
- Interacciones de estructuras de fluidos

Examinar el impacto del crecimiento de población en la infraestructura y los recursos

- Tasa de crecimiento vegetativo
- Modelos de transición demográfica
- Capacidad de carga

Además de su especial forma aerodinámica, la Torre de Shanghái incorpora lo que se denomina un enrejado de ligazón cada 14 plantas para obtener mayor soporte. Cada uno de estos enrejados “actúa como un hombro” para ampliar la base del edificio, según Weingarten. Las estructuras que incluyen sistemas de soporte reforzado, como los enrejados de ligazón, suelen requerir muchos análisis estáticos y dinámicos lineales y no lineales de la estructura completa y sus componentes. El uso de un paquete de software de ingeniería es fundamental para hacerlo bien.

Puesto que el edificio será más resistente, los diseñadores pudieron añadir otras características de sostenibilidad, por ejemplo una doble fachada. Según Dan Winey, de Gensler, si bien la doble fachada es “una oda a los históricos patios descubiertos de la ciudad”, el diseño ofrece ventajas de sostenibilidad indudables: “La fachada continua de vidrio admite la máxima cantidad de luz solar en los patios interiores, lo que reduce la necesidad de iluminación artificial”, comenta Winey. “El vidrio tiene también un recubrimiento de baja emisividad espectralmente selectivo que ayuda a reducir las cargas de calefacción y refrigeración”.

Como indica Weingarten:

“Hemos construido un espacio entre la fachada interior y la fachada real del edificio para crear una serie de parques verticales que actúan como reserva térmica entre la fachada y el exterior. En lugar de tener un edificio totalmente opaco, tenemos un edificio transparente. La mayoría de los rascacielos son básicamente opacos al exterior debido a la alta reflectividad de las ventanas, necesaria para limitar la captación de calor solar”.

Cuantificación de la erosión de canales: caso práctico sobre protección de cuencas

Mientras algunos ingenieros se centran en la sostenibilidad de las construcciones hechas por el hombre, otros trabajan arduamente para mantener la sostenibilidad de estructuras naturales como las cuencas. Las cuencas insalubres pueden tener un efecto negativo sobre el suministro de agua potable, las oportunidades de ocio y la cadena alimentaria, por lo que es importante idear formas de minimizar la contaminación, la erosión y otras amenazas para los ecosistemas de agua dulce del mundo.

En el Centro de estudios sobre cuencas del Instituto Politécnico y Universidad de Virginia (Virginia Tech), los ingenieros de sistemas biológicos utilizan un sistema de información geográfica (GIS) para ayudar al Estado de Virginia a corregir la forma de calcular el volumen sedimentario en ríos y corrientes con el fin de reducir la erosión.

Hasta ahora, el estado ha dedicado sus esfuerzos a reducir la erosión de las tierras agrícolas y urbanas, omitiendo otra fuente importante de sedimentos: la erosión de las riberas. Debido a la complejidad y la falta de algoritmos físicos para describir el proceso, la cuantificación de la erosión de riberas se ha subestimado considerablemente.



Los investigadores del Centro de estudios sobre cuencas del Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia (Virginia Tech) están trabajando para asegurar que la erosión de las riberas se calcula con precisión en los modelos de erosión.

Los investigadores de ingeniería de Virginia Tech trabajan para desarrollar nuevos modelos y cálculos estadísticos con el fin de calcular con más precisión la carga sedimentaria de la degradación de los canales de corrientes. Esto requerirá el estudio de las interacciones de estructuras de fluidos, ecuaciones matemáticas de mecánica de fluidos e hidrología, y modelado de dinámica de fluidos computacional. Pretenden incorporar los resultados a un plan a largo plazo para ayudar a garantizar que la erosión de riberas se pueda calcular de forma precisa en el modelo de erosión.

AusAID: caso práctico de infraestructura sostenible

La calidad de la vida en las ciudades depende de la salud y sostenibilidad de la infraestructura urbana. Para garantizar el éxito de la infraestructura, los ingenieros modernos están implementando tecnologías que se engloban en la denominada “infraestructura inteligente”. Según un informe de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), los ingenieros civiles y de estructuras deberán explorar:

- Modelos de soporte de decisiones y automatización en el sector de electricidad, que pueden ayudar a optimizar la capacidad de generación, las líneas de transmisión y la red. Se pueden reducir las pérdidas de distribución, controlar mejor los picos de consumo, mejorar la fiabilidad y proteger más el medio ambiente.
- Tecnologías de modelado inteligente de sistemas en el sector hídrico, que pueden proporcionar una mayor capacidad para supervisar y controlar el ciclo del agua en tiempo real. En el nivel local o de usuario final, el cierre virtual del ciclo del agua también se puede supervisar con sensores, software integrado e inteligencia artificial.
- Integración de varias tecnologías inalámbricas alternativas (AWT) en una sola plataforma multiservicio en los sistemas de telecomunicaciones, que puede generar una infraestructura muy simplificada, incluidas redes autocurativas y autoorganizadas. Dicha integración puede facilitar, por ejemplo, la creación de sistemas integrados de atención sanitaria, o conceptos de “hogar inteligente” para los ancianos.



En Papúa Nueva Guinea, las mejoras en la infraestructura de transporte son esenciales para el flujo eficaz de los productos al mercado y para la provisión de bienes y servicios a los núcleos rurales y urbanos.

- Sistemas de autopistas inteligentes y tecnologías avanzadas para vehículos en el transporte terrestre, que pueden aportar ventajas importantes para la gestión de redes, respuesta ante accidentes, información para conductores y capacidad de vías.

Los modelos matemáticos desempeñarán una función clave para lograr estos objetivos. El conocimiento computacional de factores fundamentales como la capacidad de carga, la transición demográfica y el ritmo de crecimiento vegetativo será un aspecto crucial necesario para medir el progreso y evaluar dónde están las lagunas.

El programa Australian Aid (AusAID), un organismo gubernamental, está utilizando inversiones en infraestructuras para impulsar el crecimiento económico y apoyar objetivos sociales en los países vecinos de Asia Oriental y el Pacífico, con un trabajo cada vez más extenso en el Sur de Asia y el África subsahariana. El enfoque de AusAID sobre la mejora de las infraestructuras se centra en cuatro pilares:

1. Proporcionar una infraestructura de transporte sostenible
2. Facilitar mayor acceso a servicios básicos de agua y saneamiento
3. Crear servicios energéticos fiables así como tecnologías de información y comunicación de apoyo
4. Soportar la planificación y desarrollo de infraestructuras urbanas

Mediante la Iniciativa de infraestructura económica aprobada en 2009/10, AusAID financia infraestructuras de alta prioridad, reforzando la capacidad de otros organismos oficiales para responder a la urbanización rápida y fomentando condiciones para aumentar la financiación de infraestructuras. AusAID se está centrando cada vez más en los gobiernos de las subdivisiones nacionales, en reconocimiento de la descentralización de la planificación y entrega de infraestructuras que tiene lugar por todo el mundo en desarrollo.

En Indonesia, AusAID apoya un importante programa de carreteras nacionales. En Papúa Nueva Guinea, la organización ayuda a mejorar los procesos de planificación y ejecución de la infraestructura de transporte. Y en el Gran Mekong, AusAID quiere apoyar programas de infraestructuras que promuevan la integración regional.

Conclusión

La medida en que los actuales ingenieros civiles y de estructuras puedan superar los principales retos de diseño y medioambientales tendrá un impacto tremendo en las sociedades humanas durante generaciones.

El diseño de estructuras sostenibles, la conservación de los recursos naturales y la solución de las necesidades de infraestructuras de las poblaciones en evolución (todo ello con unos costes aceptables tanto para los gobiernos como para los ciudadanos) requerirán extraordinario trabajo e ingenio.

Los ingenieros también seguirán dependiendo de los avances tecnológicos como ayuda para abordar los retos actuales y futuros. La mejora de la potencia de los ordenadores y el software de diseño aumentará el rendimiento, y el software de cálculos sofisticado ayudará a garantizar la precisión y mitigar el riesgo.

NOTA: El momento del lanzamiento de un producto, incluidas las funciones, puede variar a criterio de PTC.

© 2012, PTC. Todos los derechos reservados. La información aquí contenida se proporciona únicamente con fines informativos, puede ser modificada sin previo aviso y no constituye una garantía, compromiso, condición ni oferta por parte de PTC. PTC, el logotipo de PTC, PTC Creo Elements/Pro y todos los nombres y logotipos de productos de PTC son marcas comerciales o marcas registradas de PTC o sus filiales en los Estados Unidos y en otros países. Los demás nombres de productos y empresas pertenecen a sus respectivos propietarios. El momento del lanzamiento de un producto, incluidas las funciones, puede variar a criterio de PTC.

J0767-MC-Pushing-Envelope-WP-ES-0912

Fuentes

Arlein, Jacob (2010). "The Shanghai Tower: The Beginnings of a Green Revolution in China", CleanTechies, 25 de marzo de 2010. Descargado en marzo de 2012 de: <http://www.matternetwork.com/2010/3/shanghai-tower-beginnings-green-revolution.cfm>

"Developing Strategies for Urban Channel Erosion Quantification in Upland Coastal Zone Streams", Centro de estudios sobre cuencas de Virginia Tech, 2010. Descargado en marzo de 2012 de: http://www.cws.bse.vt.edu/index.php/research/project/developing_strategies_for_urban_channel_erosion_quantification_in_upla

Infrastructure to 2030: Telecom, Land Transport, Water and Electricity, publicación de la OCDE, 2006.

"Sustainable Economic Development: Infrastructure Thematic Strategy", AusAID, 2011. Descargado en mayo de 2012 de: <http://www.ausaid.gov.au/aidissues/infrastructure/Pages/home.aspx>

Winey, Dan (2011). "Shanghai Tower: Sustainable Strategies in a Super Tall Building", GenslerOnCities, 18 de julio de 2011. Descargado en mayo de 2012 de: <http://www.gensleron.com/cities/2011/7/18/shanghai-tower-sustainable-strategies-in-a-super-tall-buildi.html>