

# UNA ESTRUCTURA SOBRE RUEDAS

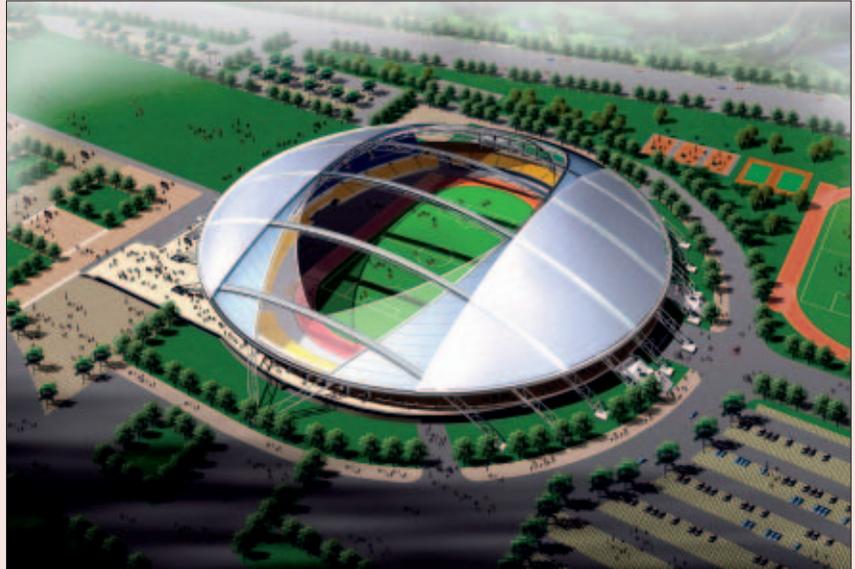
El nuevo estadio móvil de Nantong es el primer gran estadio cubierto en China. Lo más notable es que, por primera vez, el accionamiento y la estabilización de los elementos móviles del techo se realizan hidráulicamente.

Este techo cubre un campo de fútbol, una pista de atletismo de 400 m y varias instalaciones. El estadio abarca en total 48.000 m<sup>2</sup>, forma parte de un complejo mucho mayor que comprende, entre otras cosas, un centro de Exposiciones. Este complejo cubre en total 150.000 m<sup>2</sup>. La construcción supone una inversión de 1.100 millones de RMB (*China Yuan Renminbi*), unos 107 millones de euros.

La parte móvil consta de dos cúpulas semiesféricas de acero y vidrio que se desplazan sobre el techo esférico semiabierto, que también cuenta con una estructura compleja de acero.

Cada una de las cúpulas pesa más de 1.100 t y, al abrir y cerrarse, cada una cubre una distancia de aproximadamente 60 m. Para poder desplazar esta estructura suavemente y sin fuerzas torsionales excesivas, **Enerpac** desarrolló un accionamiento hidráulico mediante un sistema electrónico avanzado de control y mando. Es la primera vez que se aplica la hidráulica para desplazar un techo móvil.

El desplazamiento de las cúpulas se efectúa mediante 16 cables de acero con un diámetro de 64 mm a través



*Estructura móvil de acero de 2.200 toneladas.*

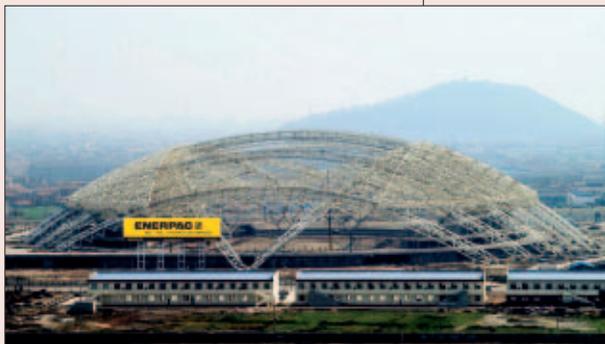
de ocho tornos pesados (cuatro por cúpula), cada uno con una fuerza de tracción de 136 t. Para cerrar el techo se levantan las cúpulas de los cables sincrónicamente y a través de un tambor en la punta del techo. La apertura se realiza simplemente por gravedad: las cúpulas descienden gradualmente sobre el techo a su posición original mientras los cables soportan el peso de la cúpula.

El tambor de cada torno es accionado mediante una combinación de seis motores hidráulicos y cajas reductoras de bajas revoluciones y alto

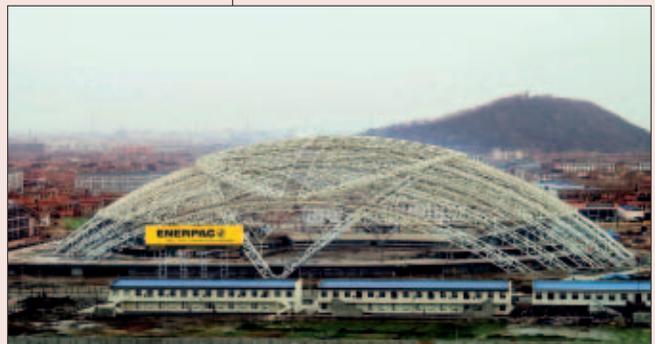
par. Este gran número de dispositivos garantiza una estupenda fiabilidad del sistema y, por consiguiente, una buena seguridad. Incluso en caso



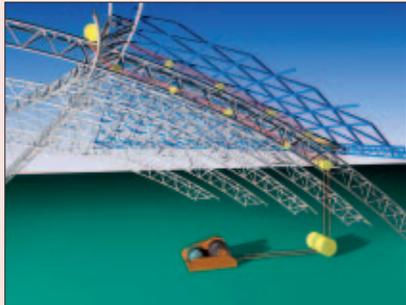
*Los ocho tornos hidráulicos permiten que el techo se abra y cierra sobre ralles.*



*La hidráulica proporciona seguridad y una apertura y cierre controlados del techo. En esta foto se muestra en posición abierta durante la fase de prueba. La apertura del techo oscila entre 20 y 30 minutos.*



*La estructura del techo móvil de acero de 2.200 t se abre y cierra hidráulicamente. Aquí se muestra en posición cerrada durante la fase de prueba. El techo se cierra entre 20 y 30 minutos.*



*Configuración esquemática de uno de los tornos hidráulicos.*

de fallo simultáneo de dos de las combinaciones de motores raíles, todavía puede seguir funcionando normalmente.

Las cúpulas semiesféricas están soportadas por 44 carretillas en total (22 por elemento de techo). Estas carretillas se desplazan sobre raíles que forman parte de la estructura del techo y funcionan así como las ruedas de las cúpulas. Gracias al soporte con carretillas, el conjunto del techo constituye un "mecanismo superestático".

Como solución para el accionamiento multipunto complejo de las cúpulas móviles, cada carretilla tiene su propia unidad hidráulica consistente en una bomba y varios cilindros de corrección con los que (durante la apertura y cierre) se puede corregir cada punto de soporte de las cúpulas móviles en tres sentidos. Los sensores de presión y desplazamiento controlan continuamente un posible bloqueo de las carretillas, causado bien por un error de instalación del arco principal o por un movimiento divergente durante la apertura o cierre. Con los datos de los sensores se establecen la presión hidráulica y la ca-



*Los cilindros hidráulicos compensan los movimientos oscilantes horizontales de las carretillas y evitan su descarrilamiento.*

rrera de los cilindros correctores, y se puede adaptar la fuerza de tracción del cable de acero.

## Corrección vertical y horizontal

El cilindro de corrección vertical en la carretilla permite compensar la posible diferencia en altura entre las cúpulas y el techo fijo, diferencia que se puede producir por deformaciones en la estructura de acero del techo fijo o de las cúpulas. Para ello, el sistema de control mide la carrera del cilindro

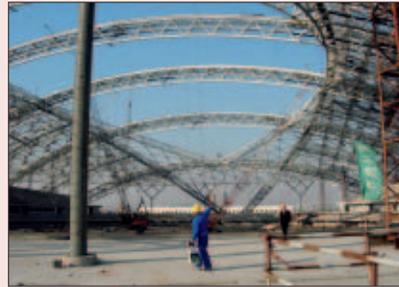


*Las 44 carretillas se desplazan sobre raíles y soportan el techo móvil del estadio.*

y la presión del aceite en el cilindro de corrección. Partiendo de los valores medidos, el sistema de control calcula la carga de la carretilla durante la apertura y el cierre de las cúpulas. Mediante una estrategia determinada y algoritmos, el sistema acciona una autoválvula proporcional para adaptar la presión y el desplazamiento del cilindro elevador. Ello permite mantener la carga de cada carretilla en principio al mismo valor evitando que se produzca una sobrecarga.

Durante la instalación y la puesta en funcionamiento, los cilindros verticales en las carretillas tenían, además, una función adicional: el cilindro hidráulico vertical se utilizó, por ejemplo, para comprobar la altura de instalación de las carretillas y para corregir los posibles errores producidos durante la producción y la instalación de la estructura de acero. El cilindro hidráulico vertical se utilizó, además, para adaptar nuevamente la carga de la carretilla al reducirse la tensión de las soldaduras en la estructura de acero.

Los dos cilindros hidráulicos transversales en la carretilla compensan el movimiento oscilante inevitable de la



*La estructura del techo sobre la que se mueven ambas cúpulas por medio de 44 carretillas y ocho tornos hidráulicos sobre raíles.*

carretilla sobre el raíl y evitan un "descarrilamiento" transversal. Durante todo el proceso de apertura y cierre de los elementos del techo, los sensores comprueban en tiempo real las fuerzas en las ruedas tractoras. Si ésta aumenta excesivamente, el sistema de control accionará inmediatamente ambos cilindros hidráulicos transversales (corrección transversal) para reducir el esfuerzo sobre la rueda tractora y evitar así una fuerza transversal excesiva sobre la estructura del arco.



*El techo móvil en posición abierta.*

Tal como fue diseñado e instalado por **Enerpac**, el accionamiento hidráulico del techo móvil es una primicia en la construcción de estadios. Una de las principales ventajas del sistema hidráulico es su alta fiabilidad y, por consiguiente, la gran seguridad. La aplicación de la Hidráulica presenta, además, la gran ventaja de que tanto la apertura como el cierre de las cúpulas se pueden realizar de forma gradual, suave, sincrónica y sobre todo sin grandes fuerzas de torsión.

Para más información contactar con: **Enerpac BV, Irene Kremer**, P.O. Box 8097, 6710 AB Ede – The Netherlands. ■