



# The Shard: el nuevo skyline de Londres

por James Whitworth

**Byrne Bros es una empresa líder mundial en la construcción de encofrados. Recibió el encargo de Mace, la compañía constructora responsable, para la construcción de la estructura de hormigón del edificio más alto de Europa, «The Shard» (La Esquirla) en Londres, que recibe este nombre por la inusual forma de su fachada. El presupuesto del encargo ascendía a más de 64 millones de euros. En verano de 2009, Byrne Bros se puso en contacto con Leica Geosystems para el desarrollo de un sistema de posicionamiento en tiempo real para el encofrado deslizante que habría de servir para la construcción del núcleo de hormigón.**

El núcleo del edificio se hormigonó con técnica de construcción de encofrado deslizante en paralelo. Esta aportaba importantes ventajas, ya que el acabado de encofrado deslizante es seguramente uno de los métodos más seguros, rápidos y económicos para la construcción de edificios altos: permite levantar hasta ocho metros en 24 horas. Los métodos

tradicionales para el control de posición del encofrado deslizante durante el hormigonado requieren a menudo gran inversión de tiempo y trabajo: normalmente, un equipo de medición calcula in situ poligonales a partir de las mediciones que se realizan con estaciones totales y plomadas ópticas precisas. De este modo, se determina la posición nominal del encofrado deslizante en el sistema de coordenadas de la obra. Puesto que la desalineación del núcleo vertical de hormigón del encofrado deslizante es conocida, puede garantizarse que el núcleo de hormigón se elevará absolutamente vertical en relación a las coordenadas nominales.

## **Tolerancias estrechas**

La tolerancia requerida para la construcción de The Shard especificaba que la posición del encofrado deslizante no debía divergir de las coordenadas nominales en más de  $\pm 25$  mm. Después de numerosas consultas entre Leica Geosystems y Byrne Bros se seleccionó un sistema combinado de estaciones totales, sensores GNSS e inclinómetros de dos ejes. Mediante el posicionamiento en tiempo real GNSS podía determinarse la posición del encofrado



deslizante. Tanto la traslación como la rotación del encofrado deslizante pudieron determinarse con ayuda de la tecnología GNSS de Leica Geosystems. No obstante, no pudieron registrarse los datos de la inclinación del encofrado deslizante que teóricamente podía llegar a los  $\pm 75$  mm y que dependían de los factores de corrección aplicados a los 20 metros de longitud lateral del encofrado cuadrado. Por lo tanto, era necesario calcular la inclinación del encofrado deslizante.

Para este objetivo se recopilaron datos con cuatro inclinómetros de dos ejes y con la función de sensor virtual del software de auscultación de Leica GeoMoS pudo calcularse una posición compensada de inclinación de las cuatro esquinas del encofrado deslizante. Los sensores de inclinación se seleccionaron teniendo en cuenta el gran área de inclinación esperada y se integraron en los sistemas mediante un registrador de datos de Campbell Scientific.

### **Estructura de auscultación fiable**

El trabajo con tecnología GNSS resultaba a veces en Londres, como en cualquier otra ciudad, un auténtico desafío, puesto que los edificios e infraestructuras existentes podían falsear las señales de satélite dando resultados sean poco fiables o impidiendo incluso realizar un cálculo. Por este motivo, se colocaron antenas GNSS Leica AS10 en los prismas de 360° de Leica Geosystems para permitir observaciones simultáneas con estaciones totales y GNSS que a su vez permitían un control de los resultados GNSS. Esto era especialmente importante cuando el encofrado deslizante se encontraba cerca del suelo y los potenciales

problemas con la recepción de satélite eran mayores. Para poner en correlación los resultados GNSS y de las estaciones totales se calculó en Leica GeoOffice un registro de parámetros de transformación.

Además de las dificultades en la aplicación de sensores GNSS en los «cañones urbanos» también era extremadamente problemática la colocación de estaciones de referencia fiables y estables. El acceso a una posición estable que ofreciese también el suministro de corriente necesario y las posibilidades de comunicación imprescindibles era casi imposible y las negociaciones con los propietarios de otros edificios y empresas hubiese resultado muy caras.

Por eso se decidió confiar en los datos en tiempo real GNSS del servicio de datos de corrección RTK de Leica SmartNet: los cuatro receptores Leica GMX902 GG estaban conectados con el ordenador de la obra en el encofrado deslizante. Leica GNSS Spider recibía tanto las corrientes de datos entrantes de estos receptores como la información en tiempo real del servicio SmartNet. El acceso a internet se estableció mediante un sistema puente WLAN compuesto de dos antenas direccionales que garantizaba conexión a internet fiable con el ordenador de la obra en el encofrado deslizante.

La posición de ambas antenas se calculó en relación a la estación de referencia SmartNet más próxima, que se encontraba a una distancia de 2,4 kilómetros. De aquí se obtenía una calidad de coordenadas tridimensional que era incluso mejor que los  $\pm 25$  mm exigidos.



## The Shard

Renzo Piano, el arquitecto de The Shard, está convencido de que el esbelto rascacielos en forma de aguja aporta un valor positivo al skyline londinense. El sofisticado uso del acristalamiento en la impresionante fachada refleja la luz y el cielo. El edificio presenta así un aspecto distinto según la climatología y la época del año. The Shard se levanta 306 metros

y por encima de 70 plantas hacia el cielo londinense y se ha convertido desde su inauguración en abril de 2012 en el edificio más alto de la Unión Europea. El edificio aloja las oficinas de Transportes de Londres, un hotel y viviendas de lujo, todos ellos con sensacionales vistas a la gran ciudad.

*«Durante la auscultación del edificio no podíamos correr ningún riesgo. Por eso, nos decidimos por Leica Geosystems y por eso hemos sido capaces de ofrecer un proyecto de ingeniería de tal magnitud con una absoluta precisión».* Donald Houston, Byrne Bros

### Cálculo de posición cada segundo

En Leica GNSS Spider se calculaban cada segundo las posiciones GNSS y se transmitía el valor medio de estas observaciones cada diez segundos a Leica GeoMoS donde se sincronizaban los datos con los de los inclinómetros de dos ejes y la velocidad del viento. Al mismo tiempo se realizaba en Leica GeoMoS un cálculo en el que se aplicaba el desplazamiento lateral provocado por la inclinación vertical de la antena GNSS.

La interfaz de posicionamiento para el encofrado deslizante utilizaba la arquitectura abierta del software Leica GeoMoS que se basa en una base de datos SQL de Microsoft. Entre la base de datos de GeoMoS y la interfaz realizada a medida se estableció una conexión ODBC (Open DataBase Connectivity) que representa-

ba los resultados a modo de gráfico para que el jefe de obra pudiese interpretarlos con facilidad y ajustar la posición de encofrado con ayuda de las bombas hidráulicas. En el software se mostraba además un sistema de advertencia de semáforo. Si los resultados calculados mostraban un desplazamiento lateral de más de  $\pm 25$  mm, el «semáforo» se iluminaba en naranja. Una representación esquemática del encofrado y un indicador de burbuja permitían la visualización de los resultados en tiempo real.

### Resumen

La innovadora solución para el control de la posición de un encofrado deslizante se ha demostrado muy exitosa en la construcción de The Shard. El hecho de que los resultados obtenidos pudieran verificarse y correlacionarse con los obtenidos mediante métodos tradicionales fue importante para fomentar la confianza en el sistema. El equipo de soporte para auscultación de Leica Geosystems podía además supervisar el sistema a cualquier hora del día y la noche. Esta asistencia aportaba a todos los implicados, particularmente en las fases tempranas del proyecto, una excelente sensación de seguridad. Para otros edificios altos, que también se construyen según el método de encofrado deslizante, también se ha adoptado este sistema y la constructora Byrne Bros planea seguir empleándolo en el futuro. ■

*Sobre el Autor: James Whitworth es ingeniero topógrafo. Se tituló en la Universidad de Newcastle. Es responsable de la dirección técnica del área de auscultación en Leica Geosystems Ltd UK.  
james.whitworth@leica-geosystems.com*

