

LOS PREFABRICADOS EN EUROPA: un impacto exitoso

Ing. Arnold van Acker*

(Primera parte)

El documento que presentamos describe la construcción de edificios con estructura para torres –de más de 130 metros de altura y con 37 pisos– en donde se usa concreto prefabricado.

Los éxitos recientes en materia de construcción de rascacielos en concreto prefabricado se deben en gran medida a la aplicación de concreto autocompactante de alta resistencia y al desarrollo de nuevos productos prefabricados y a nuevas técnicas de manufactura. Pero también, el diseño innovador y la creatividad constituyen la base de ese gran salto. En este sentido, cabe decir que los arquitectos también están entusiasmados ante la posibilidad de realizar columnas redondas con una superficie lisa.

Introducción

Durante los últimos cinco años, en Bélgica se ha dado un gran salto en el progreso de la construcción de edificios en forma de torre usando concreto prefabricado. Hasta los años noventa, el concreto prefabricado no se usaba mucho en este sector del mercado. Durante la siguiente década, la intervención de los prefabricados en muchos casos se limitó a pisos presforzados de núcleo hueco, que debían ser integrados en una estructura con marcos de acero. Los perfiles de acero estaban protegidos contra fuego por medio de concreto u otros materiales. Los desarrollos recientes en la industria del concreto prefabricado han cambiado drásticamente esta situación.

* Este documento se presentó como ponencia en el Ciclo Internacional de Infraestructura en Concreto, organizado por el IMCYC y que tuvo lugar del 2 al 10 de junio de 2008 en el WTC de la Ciudad de México. La traducción es del prof. Gerardo Dávila Cruz.



Foto: www.skyscraperpicture.com

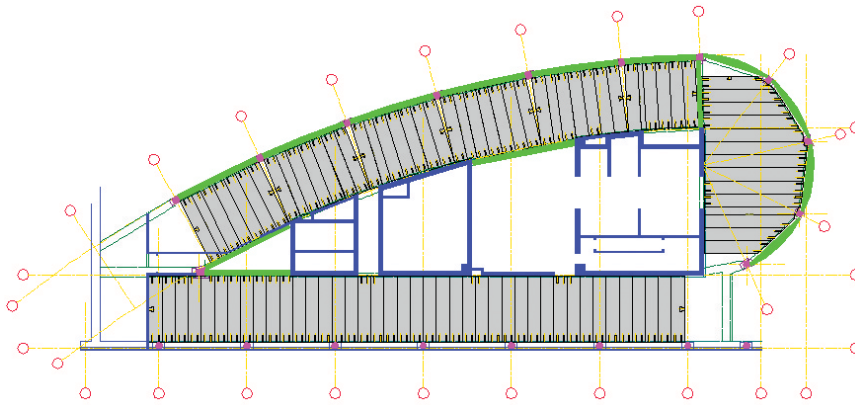


Ilustración que muestra la libertad en el diseño de la disposición de los pisos.

- Velocidad de construcción.
- Menos deformación de los pisos presforzados que las plataformas de acero.
- Buen aislamiento acústico.
- Brinda la oportunidad de instalar ductos técnicos en una parte dentro del grosor del piso en el caso de los elementos TT.

Ahora se usan componentes de concreto prefabricado de manera extensiva, para el marco estructural de edificios para oficinas de gran altura.

El desarrollo empezó gradualmente a finales del siglo XX con tres proyectos de oficinas en edificios de mediana altura con 15, 18, y 19 pisos. Las columnas tenían una sección circular de 500 mm y eran de concreto de alta resistencia C 80/95 (resistencia de cilindros de 80 N/mm², resistencia de cubos de 95 N/mm²). Los pisos eran losas presforzadas doble T o de núcleo hueco, con un claro de 6.80 a 11.50 mts, y el espesor total de la construcción del piso, incluyendo las vigas y el firme de 60 mm, fue de sólo 405 mm.

Ventajas de los prefabricados

Las principales ventajas de las estructuras con esqueleto prefabricado comparadas con, por ejemplo, los marcos de acero son:

- Resistencia al fuego de dos horas sin ninguna protección complementaria.

Por sus ventajas

Las principales ventajas de las estructuras con esqueleto prefabricado comparadas con, por ejemplo, los marcos de acero son:

- Resistencia al fuego de dos horas sin ninguna protección complementaria.
- Velocidad de construcción.
- Menos deformación de los pisos presforzados que las plataformas de acero.
- Buen aislamiento acústico.
- Brinda la oportunidad de instalar ductos técnicos en una parte dentro del grosor del piso en el caso de los elementos TT.

talar ductos técnicos en una parte dentro del grosor del piso en el caso de los elementos TT.

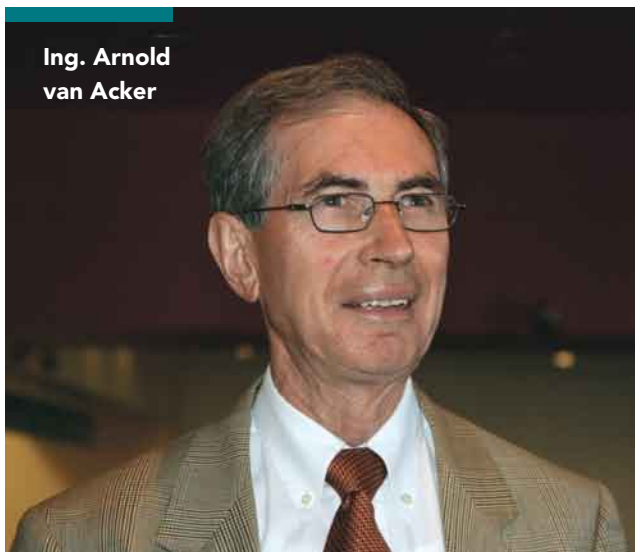
Concepto general de los edificios

Los edificios en forma de torre se caracterizan por contar con un núcleo central extenso, colado *in situ* con la técnica de moldes ascendentes, y rodeados por una estructura prefabricada completa que abarca columnas de apoyo de carga, vigas para piso presforzadas y pisos presforzados. El núcleo central comprende las funciones utilitarias, mientras que los espacios para oficinas están localizados en el exterior dentro de la parte prefabricada del edificio.

Otra característica de las obras recientes es la disposición arquitectónica de los planos de los pisos, tomando todo tipo de formas no ortogonales: elípticas, redondas, con orillas agudas, etcétera, pero rara vez rectangulares. Esta es una tendencia del mercado, y la industria de prefabricados ahora está lista para ello gracias a la flexibilidad en la técnica de producción. Una característica adicional en casi todos los proyectos es la realización de columnas circulares, en la mayoría de los proyectos con la misma sección transversal esbelta constante en toda la altura de los edificios de las torres. Ciertamente, las columnas permanecen visibles también desde el exterior a través de la fachada de vidrio. Con mucha frecuencia, el tamaño máximo de las columnas es impuesto por el arquitecto; en muchos casos es de sólo 500 o 600 mm, y requiere de mucha imaginación y técnica de diseño por parte del productor de prefabricados para llevar la carga pesada al nivel del piso. Además, el grosor máximo de los pisos, incluyendo las vigas, con frecuencia es impuesto por el arquitecto. Comparado con la construcción clásica *in situ*, ha sido posible agregar un piso más dentro de la altura máxima del edificio impuesta por los directivos de planeación de Bruselas.

Ing. Arnold van Acker

Foto: A&S Photo/Graphics.



Uno de los puntos fuertes en la prefabricación moderna es la combinación de grandes claros libres de pisos con grosores esbeltos de construcción. Es muy común en los bloques de edificios de altura mediana tener claros de pisos de hasta 16 metros de fachada a fachada, con un grosor de piso de únicamente 400 mm, y sin columnas internas. Este concepto se ajusta a las demandas modernas del mercado en cuanto a flexibilidad y adaptabilidad, inclusive después de un largo periodo de uso.

En edificios de gran altura los claros de los pisos están más restringidos debido a las limitaciones de carga en las columnas, pero el claro de las vigas de los pisos permanece en 6.00 a 7.20 mts, o inclusive más. Las fachadas de la mayoría de los proyectos recientes son de vidrio.

Estabilidad estructural

La estabilidad de los proyectos de torres está asegurada por el núcleo central colado *in situ*. Este es un aspecto de diseño típico e inclusive fundamental en las estructuras de concreto prefabricado. La estabilidad es asegurada por los sistemas apropiados, fáciles de lograr en el sitio: núcleos centrales, rigidez en el plano de los muros de cortante, arriostramiento diagonal, diafragmas de pisos y techos, y combinaciones de los sistemas ya citados. Las cargas horizontales derivadas del viento y otras acciones, usualmente son transmitidas a los elementos estabilizadores por la acción del diafragma desde los techos y pisos. Los pisos o techos de concreto prefabricado están diseñados para funcionar como una viga horizontal de gran peralte. El núcleo central estructural, los muros de cortante,

u otros componentes estabilizadores actúan como soportes para esta viga análoga, transmitiéndose a tales componentes las cargas laterales.

Integridad estructural

Después del colapso de las Torres Gemelas en Nueva York, las compañías aseguradoras de edificios exigen al fabricante de prefabricados procurar disposiciones técnicas necesarias para evitar el colapso progresivo después de un daño local causado por el posible uso equivocado o por un acto terrorista en cualquier lugar dentro del edificio.

Una estructura normalmente está diseñada para soportar las cargas causadas por la función normal, pero debe existir una probabilidad razonable de que no se colapsará bajo los efectos de un uso equivocado en algún grado moderado, o por un accidente. No puede esperarse que una estructura sea resistente a las cargas o fuerzas excesivas que pudieran surgir de una causa extrema, pero no debe de ser dañada hasta un grado desproporcionado a la causa original.

El procedimiento normal del diseño para resolver el problema con las cargas accidentales consiste en admitir el colapso de un área local limitada del armazón, pero asegurar que las áreas adyacentes de la estructura que rodean el lugar dañado provean un cojín de carga alternativo, posiblemente en una condición distorsionada, pero sin que conduzca al colapso de la estructura completa. En este caso, los siguientes mecanismos pueden usarse para proveer un cojín de carga alternativo:

- La acción en voladizo del marco circundante. En este caso, el refuerzo de tirante horizontal en la parte superior de las vigas asegura la acción en voladizo. A este efecto el refuerzo de tirante debe ser debidamen-

Por su versatilidad

En países como Bélgica, el uso de prefabricados en la construcción de rascacielos ha resultado todo un éxito. Algunas de las razones que lo han hecho tan exitoso son que se pueden tomar todo tipo de formas no ortogonales, como elípticas, redondas, con orillas agudas, etcétera, pero rara vez rectangulares. En este sentido, la industria de prefabricados ahora está lista gracias a la flexibilidad en la técnica de producción.

Una característica adicional en casi todos los proyectos es la realización de columnas circulares, en la mayoría de los proyectos con la misma sección transversal esbelta constante en toda la altura de los edificios de las torres. Ciertamente, las columnas permanecen visibles también desde el exterior a través de la fachada de vidrio.

te conectado a las vigas, por ejemplo dentro de las horquillas salientes en la parte superior de las vigas.

- Suspensión de los elementos a la estructura superior por encima del área dañada. Esto se realiza por medio de tirantes verticales desde el cimiento hasta el nivel del techo en todas las columnas y muros.

- Tendiendo un puente entre las áreas dañadas por la acción catenaria de las vigas de tirante. Para poder asumir esa función, las vigas de tirante horizontales y periféricas deben presentar suficiente resistencia, deformabilidad y anclaje.

- Buscando evitar que los pisos dañados caigan sobre la estructura subyacente. El colapso progresivo con frecuencia es resultado de la acumulación de escombros por colapsos sucesivos de los pisos que caen sobre los que están más abajo. Los tirantes longitudinales que anclan las losas a la estructura de soporte deben posibilitar esta acción.

Cabe decir que puede ser necesario proveer refuerzo adicional en ciertas ubicaciones para satisfacer

estos requisitos. Si esto se considera con anticipación, puede lograrse a un pequeño costo adicional. Debe de tenerse cuidado en asegurar un anclaje adecuado del refuerzo de tirante, y en proveer suficientes longitudes de traslape para hacer que los amarres sean efectivamente continuos.

Otra particularidad en el diseño de los edificios de torres es la diferencia en la contracción y los módulos E entre el núcleo central colado in situ hecho con concreto de resistencia normal y las columnas prefabricadas de concreto de alta resistencia. El objetivo en el diseño consiste en determinar la longitud de la columna, de tal manera que la horizontalidad de los pisos se mantenga hasta el nivel del piso más alto. **C**

Nota: En la segunda parte de este documento, se verán temas como el de los componentes de los prefabricados, como columnas, vigas para pisos así como sobre el detalle y la erección de las obras.

Las torres gemelas "Galaxy", en el norte de Bruselas, con 36 pisos por encima del nivel del suelo.

