



## Presentación

Aquí! 

Día día vemos crecer las posibilidades del concreto, conforme el adelanto tecnológico y el desarrollo de nuevos productos mejoran sus propiedades y resuelven problemas que parecían insolubles. Así, en años recientes ha comenzado a utilizarse un tipo de aditivos cuyo objeto es reducir la contracción por secado y, en consecuencia, el agrietamiento del concreto, según el decir de sus fabricantes. Si esto se demuestra en la práctica, será un paso muy importante en la ruta hacia la reducción del agrietamiento del concreto, afirma el autor del artículo con que iniciamos esta edición, quien informa sobre el empleo que actualmente se está haciendo de estos productos y expone algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta antes de decidir su empleo.

También el notable incremento de resistencia alcanzado en los últimos tiempos ha abierto al concreto las puertas a una mayor cantidad de usos y le ha permitido ganar terreno frente a las estructuras metálicas en la construcción de edificios altos, a tal punto que las ha dejado atrás desde comienzos de la última década. La descripción que presentamos de 13 obras de este tipo en todo el mundo da paso a algunas conclusiones que pueden servir como criterios para aplicarse en futuras construcciones.

La iluminación natural es importante en todo proyecto arquitectónico porque tiene que ver con el bienestar y el confort de los futuros usuarios de la edificación, pero cobra aún mayor relevancia en momentos en que el ahorro de energía eléctrica se ha vuelto una necesidad para nuestro país. Si consideramos las buenas condiciones lumínicas con que contamos, el poner más atención en este aspecto

durante la etapa del diseño podría contribuir de manera importante a resolver el problema, considera la autora del artículo que trata este tema.

Completamos nuestro material informativo con un recorrido por algunas obras de uno de los grandes arquitectos del siglo XX: el maestro Kenzo Tange. Su vida cubre la mayor parte de la centuria y el desarrollo de su trabajo parece seguir el proceso de modernización que el pueblo japonés experimentó a partir de su apertura hacia Occidente. La maestría con que emplea el concreto en sus diseños, no sólo en fachadas sino también en columnas, torres, tanques elevados, muros divisorios, pavimentos, monumentos, etcétera, ha ejercido gran influencia en los proyectistas y ha puesto en evidencia de manera ejemplar las posibilidades plásticas del material.

Les envío un cordial saludo y los buenos deseos de siempre.

Licenciado Luis Martínez Argüello

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Junio 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Uso de aditivos reductores de contracción



## Resumen:

Los aditivos reductores de contracción que han aparecido en los últimos años abren la esperanza de acabar con el agrietamiento en el concreto, y además, de hacerlo de una manera bastante sencilla. Un gran conocedor del tema expone aquí sus puntos de vista al respecto y ofrece algunos criterios para el empleo de estos productos.

En estos últimos años, los proveedores de aditivos más importantes de Estados Unidos han introducido una nueva categoría de aditivos químicos: los aditivos reductores de contracción (shrinking-reducing admixtures, SRA por sus siglas en inglés). Estos productos tienen el propósito de reducir significativamente la cantidad de agrietamiento que ocurre en el concreto a lo largo del tiempo. (Véase "Un nuevo aditivo que combate la contracción del concreto", *Concrete Construction*, julio de 1996, páginas 546-551.) Si se reduce la contracción, quienes proponen esta idea argumentan que debe seguir naturalmente una reducción en el agrietamiento.

Aunque estos nuevos aditivos no están amparados por ASTM C 494-98, "Especificación Estándar para Aditivos Químicos para el Concreto", esto no significa que haya problemas con los productos. Al igual que los otros aditivos

Aquí! 

que se han introducido en años recientes, la tecnología está avanzando más rápidamente que el proceso de consenso en el ASTM para darles cabida.

Sin embargo, los especificadores y usuarios deben tener la seguridad de que los aditivos satisfacen las disposiciones mínimas de "inocuidad" que se encuentran en el ASTM C 494.

Además, al igual que otros nuevos productos aditivos tales como los inhibidores de corrosión o los inhibidores de reacción álcali-sílice, los SRA caen dentro de una categoría de aditivos cuyos beneficios no son inmediatamente evidentes. Pueden pasar algunos años antes de que los beneficios de estos productos, tales como la reducción del agrietamiento o la reducción del alabeo, puedan verse. Por lo tanto, un especificador o un contratista debe tener una gran confianza en las capacidades técnicas y la credibilidad de los proveedores.

Echemos un vistazo a los varios tipos de contracción y a la manera en que las han combatido los SRA desde su introducción. Tal vez estos productos puedan estar en alguno de sus próximos proyectos.

### **Tipos de contracción**

El agrietamiento es una reducción en el volumen del concreto causada por la pérdida de humedad a medida de que el material se humedece o se seca. La contracción es un fenómeno muy complejo; no es simplemente el movimiento de agua libre desde los grandes capilares dentro del concreto. Existen varios tipos de contracción y los SRA no están diseñados para combatirlos todos.

La *contracción plástica* ocurre a medida que el concreto fresco pierde humedad después de la colocación y antes de que ocurra cualquier desarrollo de resistencia. La cantidad de este agrietamiento depende de la temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura del concreto y la velocidad del viento. Los SRA no se han introducido en el mercado para tratar este tipo de contracción.

La *contracción autógena* resulta de las reacciones químicas que ocurren a medida que el cemento portland se hidrata. Esta contracción tiene lugar sin la pérdida real de agua del concreto, y es difícil de medir debido a que empieza antes de que comience la prueba estándar de contracción (ASTM C 157-93, "Método Estándar de Prueba para el Cambio de Longitud del Mortero y Concreto hechos con Cemento Hidráulico Endurecido"). También es difícil separar los efectos de la contracción autógena de los de la contracción por secado. Afortunadamente, los efectos de la contracción autógena se ven disminuidos por los efectos de la contracción por secado, a menos que sea muy baja la relación agua / materiales cementantes del concreto, digamos menor a 0.30. Aunque los SRA pueden jugar un papel importante para reducir este tipo de contracción, no es su objetivo principal.

La *contracción por secado* es lo que la mayoría de nosotros consideramos "la verdadera contracción". Este tipo de contracción involucra el movimiento y pérdida de agua dentro de los poros extremadamente pequeños de la pasta hidratada de cemento y desde el interior de la estructura de los productos de hidratación o gel. A medida que el concreto en servicio se seca, se pierde humedad desde estos poros muy pequeños y se forman meniscos. La tensión superficial del agua asociada a estos meniscos atrae los poros uno hacia el otro y da como resultado una pérdida de volumen del concreto. Los SRA están diseñados para reducir la contracción por secado mediante la disminución de la tensión superficial del agua en estos poros.

Una contracción adicional por secado es causada por la pérdida del agua absorbida desde el gel. Pero probablemente esta contracción no se ve afectada directamente por la presencia de los SRA debido a que los espacios involucrados son demasiado pequeños para que se formen meniscos. Puesto que los SRA no tratan de igual manera ambos mecanismos de contracción por secado, más que eliminarla, reducen la contracción.

La contracción por secado se complica todavía más por el papel de los componentes del concreto. Las diferentes

combinaciones de materiales cementantes, agregados, agua y aditivos químicos pueden dar como resultado concretos con cantidades diferentes de agrietamiento. Por lo tanto, tenga mucho cuidado al interpretar los resultados de las pruebas de contracción y asegúrese de probar los materiales que sean específicos del proyecto.

Es necesario también estar consciente de que al reducir el agrietamiento causado por la contracción por secado, no necesariamente se reducirá todo el agrietamiento que tiene lugar. Con frecuencia, las grietas causadas por la contracción térmica, o la reducción en el volumen del concreto cuando se enfría, se interpretan erróneamente como grietas causadas por la contracción por secado. Los SRA no están hechos para reducir la contracción térmica.

### **Tratando la contracción de manera convencional**

La manera convencional de tratar el agrietamiento tiene tres recomendaciones principales. Primero, emplee un concreto con bajo contenido de agua. No es suficiente usar una baja relación agua / materiales cementantes si el concreto contiene mucho cemento. En segundo lugar, utilice mucho agregado y con el tamaño máximo que sea práctico para la colocación. La adición de agregado reduce el contenido de pasta; y es la pasta, no el agregado, lo que finalmente se contrae. Por último, cure en húmedo el concreto durante tanto tiempo como sea posible. Aunque este paso probablemente retarde y reduzca la contracción, no evitará del todo el agrietamiento.

Otro método más activo para minimizar la contracción ha sido el de contrarrestar la pérdida anticipada de volumen haciendo que el concreto se expanda inicialmente por medio del uso de un cemento compensador de contracción (tipo K) o un agente expansivo separado. Este método ha quedado bien establecido, pero requiere mucha atención en el diseño y en la planeación. (Véase "Usando Cemento Tipo K en Estructuras Contenedoras de Desechos", *Concrete Construction*, octubre de 1998, páginas 864-868.)

### **Antes de considerar los SRA**

La mayor ventaja de usar los SRA es la simplicidad. Sólo dosifique el concreto con los químicos y no se preocupe por las grietas causadas por la contracción por secado. Las aplicaciones que tienen en mente los proveedores de aditivos han sido trabajos de superficies planas, estructuras de estacionamientos, tableros de puente y estructuras del medio ambiente tales como tanques.

La prueba de los productos por parte de los fabricantes los muestra ciertamente como efectivos para reducir la contracción por secado. Pero tenga cuidado al interpretar los datos del fabricante ya que, como se hizo notar antes, cada concreto es diferente, de modo que el grado de reducción dependerá de los materiales que usted emplee. Aunque los SRA puedan parecer muy efectivos, usted siempre debe plantearse las siguientes preguntas antes de especificar o usar uno de estos productos:

§ ¿Cuáles son los efectos sobre las propiedades del concreto fresco? Éstos y los efectos sobre las propiedades del concreto endurecido constituyen la prueba de inocuidad mencionada antes. Puesto que no existe un estándar de la ASTM, usted necesita asegurarse de que el producto no cambie la naturaleza del concreto. Sin embargo, algunos cambios pueden no ser un problema si usted está consciente de su naturaleza con anticipación.

§ ¿Cuáles son los efectos sobre las propiedades del concreto endurecido, además de la contracción? Por ejemplo, se ha informado sobre reducciones en resistencias a la compresión de hasta 15 por ciento en concretos que contienen SRA. Es mucho mejor investigar esta información antes de romper el primer conjunto de cilindros de concreto a 28 días, puesto que esta reducción es fácil de subsanar ajustando las proporciones de la mezcla de concreto. Otro método es el de considerar la especificación de resistencia a edades posteriores, tales como a 56 días. La pérdida de resistencia causada por los SRA puede subsanarse a una edad posterior.



§ ¿Cuál es el efecto sobre la durabilidad? Un proveedor de SRA envió un memorándum a especificadores para prevenirlos contra el uso del producto en concreto expuesto a congelación y deshielo. Otro proveedor recomienda un requisito más estricto contra la tolerancia del aire para el concreto en la obra ( $7 \pm 1\%$ ). Aparentemente, la falla para cumplir este límite de aire puede tener consecuencias muy serias. Asegúrese de encontrarse tranquilo con las restricciones que puedan ser impuestas por el producto que usted seleccione.

§ ¿Qué es exactamente lo que significan en el mundo real los datos sobre contracción de los especímenes de prueba relativamente pequeños requeridos por el ASTM C 157? ¿Cómo se aplican a las estructuras reales los resultados de pruebas de contracción, con o sin reducción de la contracción? Muy pocas estructuras tienen las mismas relaciones de área de superficie / volumen que los especímenes de prueba, y debido a esto, el comportamiento en el secado difiere del de los especímenes pequeños. Esta es probablemente la pregunta más difícil de contestar, y la mejor forma de tratarla consiste en relacionar de qué manera estructuras similares, en donde se dispone de datos de contracción, se han comportado en el servicio. Aquí será necesario aplicar un buen juicio de ingeniería.

§ ¿Cuál es el impacto en los costos? Estos aditivos son relativamente caros; representan un aumento de 25 dólares o más (dependiendo de la dosificación) al costo de un metro cúbico de concreto. ¿Puede justificarse este gasto adicional? ¿Puede compensarse por medio de cambios en el diseño o la construcción? Por ejemplo, ¿pueden eliminarse las juntas o puede extenderse el espaciamiento de las juntas? ¿Puede reducirse el número de torones de



preesfuerzo si la contracción es menor? ¿En qué medida reducirán los SRA el alabeo en losas críticas de pisos? Los proveedores de SRA están estudiando todas estas cuestiones, pero todavía no se dispone de suficientes datos confiables para ayudar a justificar los costos adicionales.

### **¿Cómo se están usando los SRA?**

Los SRA están siendo especificados y usados principalmente para proyectos en los que la reducción de la contracción se juzga altamente benéfica o necesaria, aun cuando no sea inmediatamente posible calcular cuál será el costo total. En esencia, los propietarios y los especificadores están diciendo que, para estas aplicaciones, cualquier mejoramiento justifica el costo, o que eliminando las acciones de reparación anticipadas pueden balancear el costo del SRA.

Un ejemplo de tal proyecto es la construcción de tanques de concreto para agua durante un reciente trabajo realizado para elevar el grado de calidad en la planta de recuperación de agua de Burbank, California. Se utilizó un SRA a una dosificación de 1.4 l por m<sup>3</sup> de concreto. Los tanques pasaron la prueba hidrostática requerida en el primer intento, eliminando gastos de reparación y de nuevas pruebas.

Otro uso de los SRA es para contrarrestar los efectos de ciertos agregados de alta contracción. En esta aplicación, es importante comparar el costo del SRA requerido para lograr concreto que contenga agregados de alta contracción dentro de los límites aceptables con el costo de usar un mejor agregado. No olvide que si mejora tal mezcla para la contracción y luego cambia los cementos, usted puede cambiar los efectos del SRA.

La eliminación del agrietamiento por contracción significaría un empuje tremendo al uso del concreto. Al ofrecer una reducción de la contracción por secado, los SRA parecen tener el potencial de constituirse en pasos significativos en la ruta a lograr la reducción del agrietamiento del concreto. Sin embargo, antes de usar uno

de estos productos, pregunte al fabricante de qué manera afectará su proyecto específico y los materiales. Si seguimos el proceso de los SRA en los años venideros, podremos aprender más acerca de sus efectos y sus beneficios potenciales.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología  
Junio 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# El concreto de alta resistencia en la edificación

## Resumen:

El notable incremento en la resistencia del concreto alcanzado en los últimos años le ha permitido ir desplazando progresivamente al acero en la construcción de edificios altos. Las estructuras que aquí se describen así lo demuestran, y su análisis ha llevado al autor a concluir criterios aplicables a futuros proyectos.

Hasta hace unos 20 años, y desde la irrupción de los rascacielos dentro del paisaje urbano, la estructura metálica ha sido la tipología fundamental por lo que se refiere al material constituyente de la misma. Sin embargo, el empleo del concreto como material base en las estructuras de los edificios altos se ha incrementado notablemente en los últimos años. El principal factor que ha permitido esta evolución ha sido el incremento producido en las



Aquí! 

características mecánicas del mismo. Valores entre 60 y 80 MPa son actualmente fáciles de obtener, y con una dosificación aún más estudiada, junto a las adiciones de humo de sílice, se pueden alcanzar valores superiores a los 80 o 100 MPa.

Un dato objetivo que confirma el hecho comentado en el párrafo anterior se obtiene del análisis de la relación de los "100 edificios más altos del mundo" (Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1998). Entre éstos se encuentran 17 construidos en los años setenta, 27 en los ochenta y 42 en los noventa. Los porcentajes de edificios construidos con estructura de acero, concreto o mixta.

Como puede apreciarse, se produce no sólo un descenso del porcentaje de edificios construidos con estructura metálica y un aumento de los de estructura de concreto, sino que el número de estos últimos llega a ser superior al de los primeros. Fuera de este ámbito de construcciones privilegiadas, como se podrá comprobar más adelante, también se reproduce este hecho.

El concreto de alta resistencia (en adelante CAR) puede considerarse un tipo particular de concreto de alto desempeño (en adelante CAD). En éste no sólo puede ser la alta resistencia una de sus características, sino también la superior durabilidad. En el caso que nos compete, en su aplicación a las estructuras de edificios altos son, sin embargo, su mayor resistencia y las consecuencias que de ella se derivan el parámetro más significativo. Es por ello por lo que en el presente artículo nos referiremos siempre al primero (CAR), aunque también lleva implícita la mejora de otras características propias de este material.

A pesar de la tendencia indicada en el campo de los edificios altos, en España las realizaciones con este tipo de material se reducen al edificio

"Natura Playa", en Alicante, cuya estructura se encuentra constituida con un concreto tipo H-700 en columnas y otro, tipo H-250, en entresijos. El objetivo fundamental del presente documento es mostrar algunas de las últimas realizaciones internacionales en este campo estructural, así como obtener algunas conclusiones que permitan incrementar nuestro conocimiento del mismo y contar con unos criterios avalados por la experiencia, aunque sea ajena.

## **Comparación con otros materiales**

Las alternativas que se plantean habitualmente en este tipo de edificios son la estructura metálica y la constituida con CAR, entendiéndose por éste el que alcanza una resistencia característica superior a los 50 MPa.

De esta última se pueden subrayar las siguientes ventajas frente a la primera:

§ Mayor rigidez y, por tanto, mejor comportamiento ante acciones horizontales.

§ Mayor amortiguamiento intrínseco.

§ Menor costo del material.

§ En algunas ocasiones, condicionantes locales y de mercado dificultan el acceso a elementos metálicos en la cantidad necesaria; los materiales constitutivos del concreto prácticamente siempre están accesibles con la calidad mínima requerida.

§ Más fácil conservación, sobre todo en estructuras expuestas a la acción de los agentes medioambientales.

§ Mejor comportamiento ante la acción del fuego.

Frente a estos argumentos, la tipología metálica puede esgrimir, básicamente, una mayor rapidez

de ejecución.

Una tercera alternativa, en realidad una variante de la del CAR, es la estructura de concreto normal, entendiendo por tal aquél cuya resistencia característica es igual o inferior a 50 MPa. Sin embargo, y aunque en el proyecto y ejecución de edificios altos se está empleando este tipo de concretos, los primeros presentan frente a ellos las siguientes ventajas:

§ Las secciones de las columnas (elementos dimensionados, básicamente, frente a esfuerzos de compresión) son más reducidas.

§ Su módulo de deformación es más elevado y, por tanto, tienen un menor acortamiento debido a esfuerzos axiales.

§ La deformación de los elementos estructurales horizontales (vigas y entrepisos), para un mismo peralte, es menor.

§ El peso propio global de la estructura es inferior, pudiendo suponer cierta reducción de la cimentación.

§ El plazo de ejecución de la obra se puede ver reducido al permitir menor tiempo de encofrado, tanto de elementos horizontales como de muros y columnas.

§ Aumento de la vida útil de la estructura del edificio. El incremento de la resistencia característica del concreto lleva asociada una mayor capacidad y, por tanto, una mayor resistencia ante el ataque de agentes agresivos externos al mismo.

Frente a estos argumentos, el "concreto normal" presenta un mejor conocimiento tecnológico (dosificación, comportamiento a mediano y largo plazo, ...) y un precio unitario inferior, si bien el costo total de la estructura no se reduce en la

misma proporción que éste, ya que los volúmenes de concreto empleados son superiores.

## Realizaciones internacionales

La distribución geográfica de este tipo de construcciones se encuentra centrada en tres zonas: Norteamérica (fundamentalmente Estados Unidos), Europa occidental y Sureste asiático. Aunque en la primera se produjeron las realizaciones iniciales y en la segunda se continuaron sus pasos con algunos años de retraso, es en el continente asiático donde se están desarrollando los últimos proyectos.

A continuación se hará una descripción de la estructura de cada uno de los edificios seleccionados, así como un comentario de algunos aspectos particulares de la misma.

### South Wacker Drive

Este edificio, situado en Chicago y acabado en 1990, tiene 65 plantas y una altura de 293 m. La disposición de su planta varía a lo largo de su altura, siendo un hexágono irregular en las inferiores y un octágono en las superiores, tal y como puede apreciarse en la **figura 1**.

Antes de optar por una solución estructural se plantearon tres alternativas:

§ Estructura general del edificio muestra de acero y concreto, con el núcleo central compuesto por muros de concreto armado.

§ Estructura completa de concreto armado.

§ Pórticos de estructura metálica con un núcleo central rígido de concreto armado.

Por razones técnicas y económicas se eligió la

segunda solución.

La cimentación está constituida por una losa de 2.40 m de espesor, situada sobre 26 pilotes con diámetros entre 1.80 y 2.10 m, empotrados en el lecho de roca 1.80 metros.

El núcleo central está formado por muros que forman una "C" o una "I" en planta. Los espesores de los mismos varían, según la altura, entre 0.76 y 0.46 m para las almas, y entre 0.91 y 0.30 para las alas.

El entrepiso está constituido por vigas de 14.6 m de longitud, sobre las que se sitúan vigas pretensadas prefabricadas con unos claros de 5.80 y 10.00 m. Estas últimas soportan una losa de 0.12 m de espesor colado in situ.

Para disminuir los efectos diferenciales de retracción y fluencia que pudieran producirse sobre las columnas, se han distribuido de tal forma que la carga y las tensiones a las que se encuentran sometidas sean aproximadamente iguales.

El concreto empleado es variable en función de la altura a la que se encuentre el elemento estructural, disminuyendo su resistencia de proyecto a medida que se asciende. Los tipos empleados son los siguientes:

§ Columnas: 84 MPa en las 13 plantas inferiores; 42 MPa en la planta más elevada, disminuyendo progresivamente entre ambos límites.

§ Muros (núcleo central): 64 a 56 MPa.

§ Entrepisos: 63 MPa en las plantas inferiores; 52.5 MPa en las plantas superiores.

Sobre las armaduras de acero dispuestas en las secciones de concreto debe indicarse que en las plantas de sótano, y en todos aquellos elementos

estructurales que pudieran verse sometidos al ataque de agentes químicos o sales anticongelantes, se encontraban protegidas mediante un baño de resina epoxi.

### Nations Bank Corporate Center

Este edificio, terminado de construir en 1992, se encuentra en Carlote, North Carolina, EUA. Tiene 65 plantas y una altura de 265 m. Las dimensiones de su planta baja son las de un cuadrado de 52 m de lado, variando su forma con la altura hasta llegar a otro de 9 m de lado en las últimas plantas (**foto 1**).

El esquema estructural responde a un núcleo central formado por muros de concreto y una corona perimetral de columnas en la fachada del edificio. Estas columnas, tal y como se aprecia en la **figura 2**, tienen una disposición de "tubo" hasta la planta 13<sup>a</sup>, cuatro pórticos unidos por esquinas varían entre las plantas 13<sup>a</sup> y 43<sup>a</sup>, y cuatro pórticos independientes entre las plantas 43<sup>a</sup> y 60<sup>a</sup>. El reparto de esfuerzos entre ambos tipos de elementos verticales es tal que el núcleo central soporta, básicamente, los esfuerzos cortantes debidos a viento y sismo, mientras las columnas absorben, fundamentalmente, esfuerzos axiales de compresión.

Los columnas perimetrales, como se puede ver en la planta tipo de la figura 3, están separados unos 3,00 m, variando su sección entre 0.60 × 0.95 m en las plantas inferiores y 0.60 × 0.60 m en las superiores. Los muros del núcleo central varían sus dimensiones, igualmente, entre 0.60 × 5.50 y 0.60 × 0.90 metro.

El entrepiso está constituido por vigas de 0.45 m de canto y hasta 14.60 m de claro, separadas 3.00 m, sobre las que se cuela una losa de 0.12 m de espesor.

La cimentación tiene una doble tipología, estando

formada por una losa de  $25 \times 28 \times 2.5$  m bajo el núcleo central y por cajones circulares de entre 1.40 y 1.80 m de diámetro y de 9 a 30 m de profundidad bajo las columnas perimetrales.

En este edificio, debido a su altura y distribución de elementos estructurales verticales, se ha estudiado especialmente el acortamiento diferencial de las columnas debido a los esfuerzos elásticos axiales, la retracción y la fluencia del concreto. Las columnas perimetrales, cuando no se produce una acción importante del viento (y aunque los esfuerzos derivados del mismo los absorba principalmente el núcleo central), reciben un esfuerzo axial menor que los del citado núcleo y, por tanto, tienen un acortamiento inferior. Para reducir este efecto, las columnas centrales se ejecutan ligeramente más altas que las perimetrales, colando la losa del entrepiso con una leve pendiente (en concreto, y a modo de ejemplo, en la planta 40<sup>a</sup> las columnas centrales 2.50 cm más altas que las perimetrales). Las vigas radiales se dimensionan teniendo en cuenta el asentamiento diferencial que se produce entre sus nudos extremos.

La resistencia de proyecto del concreto es la siguiente:

§ Columnas y vigas perimetrales: 55 MPa a 40 MPa (disminuyendo a medida que se asciende en el edificio).

§ Vigas centrales y entrepiso: 35 MPa (concreto ligero).

### Bay-Adelaide Center

Este edificio, situado en Toronto, fue inaugurado en 1990. Tiene 57 plantas y 275 m de altura. Su planta es rectangular (**figura 4**), finalizando con un pináculo piramidal sobre las plantas destinadas a oficinas.

El esquema estructural está formado por un núcleo central de concreto y un pórtico perimetral metálico, estando constituido el entrepiso por una sección mixta (losa de concreto sobre vigas metálicas).

Los muros longitudinales tienen un espesor de 0.65 m, los finales (alas) de 0.30 m y los internos de 0.25 metro.

El concreto tiene una resistencia de proyecto máxima de 85 MPa, mientras que el límite elástico del acero empleado en la estructura metálica es de 450 MPa.

Si en un edificio con núcleo central y columnas perimetrales de concreto, debido a los esfuerzos axiales, a la retracción y a la fluencia, se presentan diferencias en el acortamiento de los elementos estructurales verticales, en éste, con núcleo de concreto y soportes metálicos, el problema puede agravarse. La citada diferencia de acortamiento alcanza el valor de 85 mm. Para reducir el efecto negativo que el mismo puede tener sobre el edificio a mediano y largo plazo, se adoptó como solución el montaje de las columnas a una cota ligeramente distinta que el nivel del núcleo central en la misma planta.

Edificio de la Banca de la Agricultura y la Industria

Este edificio, situado en Perth (Australia) y construido en el primer lustro de los años noventa, tiene 207 m de altura y 48 plantas. Se ha incluido dentro del área norteamericana por la influencia de la cultura anglosajona en este país-continente.

Su esquema estructural, como se puede apreciar en la figura 5, siguiendo la planta triangular del edificio, dispone un núcleo rígido formando una "L" en la esquina correspondiente al ángulo recto, una alineación de columnas en la fachada situada

en la hipotenusa y dos soportes interiores, todo ello de concreto.

Las columnas de la fachada, de sección cuadrada de 1.30, 1.20 y 1.14 m de lado en las plantas inferiores y circular (anular) de diámetro 0.50 m por encima de la planta 33<sup>a</sup>, están constituidos por concreto, con resistencia de proyecto entre 65 MPa en las plantas inferiores y 25 MPa en las superiores.

El núcleo central, por lo que respecta a la resistencia de proyecto del concreto, sigue una evolución similar, variando entre 40 y 25 MPa. El espesor de los muros decrece entre 0.45 y 0.25 m según se asciende en el edificio.

La cimentación está constituida por pilotes de 1.50 m de diámetro, con 30 m de longitud y empotrados 2.90 m en el terreno que ha de recibir las cargas.

### Edificio Trianon

El número de plantas de este edificio es de 48 sobre rasante y cuatro sótanos, con una altura de 186 m sobre aquella y 19.61 m bajo la misma. Su planta es, básicamente, triangular, con cierta irregularidad en los vértices. Se encuentra en Frankfurt y su proceso de proyecto y construcción se desarrolló durante los últimos años de la década de los ochenta y primeros de la de los noventa (**foto 2**).

Su esquema estructural, como puede apreciarse en la **figura 6**, está formado por un enrejado de concreto en la fachada, tres núcleos exteriores en los vértices, tres núcleos triangulares interiores y tres columnas principales, también interiores.

El enrejado o pórtico de fachada, que se puede observar en la foto 3 durante la construcción del edificio, está formado por columnas de 0.54 m de ancho (dirección paralela a la fachada), con una

distancia entre caras de 1.40 m, siendo su fondo (dirección normal a la fachada) de 0.33 a 0.53 m según la altura del mismo. Las vigas que unen estas columnas tienen 0.30 m de ancho y un canto entre 0.50 y 1.11 metros.

El entrepiso está constituido por una losa de concreto de 0.15 m de espesor sobre unas vigas de 1.00 m de ancho y 0.27 m de canto (0.15 + 0.12), separadas entre sí entre 4.20 y 5.60 m y con un claro de 8.70 metros.

La cimentación del bloque principal del edificio (existe una zona anexa con una altura sensiblemente menor), la forma una losa de 6.00 m de espesor. La mencionada zona anexa se apoya sobre una losa de 1.00 m de espesor soportada por pilotes. Ejecutadas ambas cimentaciones de forma independiente, transcurrido un tiempo que permitiera que se produjeran los primeros asentamientos, se unieron ambas mediante otra losa.

El concreto empleado responde a los tipos B45 (45 MPa de resistencia de proyecto) en las plantas situadas bajo el enrejado de fachada, y B35 en el resto de la estructura. En las columnas y muros más cargados, en las plantas inferiores, como se aprecia en la **figura 7**, se empleó concreto tipo B85, siendo la primera ocasión en que se construía con este concreto en Alemania.

En la **figura 8** se recogen, de forma muy gráfica, los resultados obtenidos del cálculo de un soporte tipo con una sección de 1.00 × 1.00 m y concreto tipo B85, otro de la misma sección, pero concreto tipo B45, y un tercero con el mismo concreto tipo B85 reduciendo la sección. En la misma se puede apreciar la reducción en la armadura o la disminución de la sección de concreto que se obtienen con el empleo de este concreto de alta resistencia.

Japan Center

Este edificio, terminado de construir en 1996 y situado en Frankfurt, tiene 32 plantas (28 de ellas sobre rasante y cuatro sótanos) y una altura de 115 m. Su planta es un cuadrado de 37 m de lado (**figura 9**).

El esquema estructural responde al sistema de "tubo en tubo", formado por un núcleo central y un pórtico tridimensional perimetral, ambos de concreto. En esta ocasión cada uno de ellos dimensionado para absorber 50 por ciento de las acciones horizontales de viento.

Las columnas y las vigas de la corona perimetral están ejecutadas con un concreto de tipo CI05 (resistencia de proyecto 105 MPa) en las 12 plantas inferiores, siendo las dimensiones de la sección de aquéllas de 0,35 × 0,72 m. En el predimensionado efectuado con concreto tipo C45, la sección obtenida era de 0,55 × 0,72 m (incrementándose además notablemente la armadura), siendo una de las principales razones del uso del concreto de alta resistencia obtener la máxima superficie útil en el edificio.

El entrepiso está constituido por una losa de 0.35 m de canto y 10.80 m de claro libre.

La cimentación, directa, se ejecuta mediante una losa de 3.50 m de espesor apoyada sobre 25 pilotes de 1.30 m de diámetro y 22 m de profundidad.

#### Pacific Tower

Este edificio, construido en los más recientes años noventa, se encuentra situada en el barrio de La Défense, en París (**foto 4**). Tiene 27 plantas sobre rasante y dos sótanos. Su distribución en planta, tanto en sótanos como en las siete plantas superiores, responde a un casquete circular, mientras que la planta baja y las 19 plantas tipo intermedias se encuentran dispuestas según dos sectores circulares.

Su esquema estructural está formado, para cada uno de los dos sectores citados, por un núcleo central y un tubo de concreto perimetral (**figura 10**), cuyas únicas aberturas son las ventanas de las plantas intermedias y superiores y unos pórticos en las inferiores.

El entrepiso está constituido por una losa de concreto que se encuentra unida a los soportes a través de perfiles metálicos.

El tipo de concreto empleado es el B30 (30 MPa de resistencia a la compresión) en entrepisos, y B45 y B60 en los soportes verticales, disminuyendo su resistencia al ascender en altura el edificio. Para este último, la resistencia a la compresión pedida en proyecto a los 28 días era de 72 MPa

#### New Century Hotel

Finalizada su construcción en 1989, y constituido por dos torres de 37 y 17 plantas sobre otras tres plantas comunes sobre rasante a modo de "podium" y dos sótanos, este edificio se encuentran en Beijing (China). La torre de mayor altura tiene una planta triangular con prolongación de cada lado en uno de sus extremos al llegar al vértice.

El esquema estructural de esta torre está formado por un núcleo central triangular, unos muros en los vértices y unos pórticos en las fachadas, todos ellos de concreto, encontrándose las columnas de éstas separadas 7.60 metros.

Inicialmente, la estructura del edificio se planteó con un concreto tipo C40 (40 MPa de resistencia a la compresión). Las columnas de las plantas inferiores tenían una sección de  $1.27 \times 1.27$  m. Posteriormente, se proyectaron con concreto tipo C60 y con una sección mixta formada por un cuadrado de  $0.90 \times 0.90$  m de concreto con un tubo armado metálico interior de  $450 \times 450$  mm .

Este cambio supuso un aumento en la superficie útil de 129.5 metros cuadrados.

## Central Plaza

Edificio de 78 plantas y 374 m de altura (incluyendo el mástil). Se encuentra en la ciudad de Hong Kong y su construcción finalizó en 1992. Su planta es triangular y dispone de tres plantas sótano.

El esquema estructural está constituido por un núcleo central triangular formado por tres conjuntos de muros, un pórtico perimetral en la fachada (que en las plantas bajas y altas pierde alternativamente una de cada dos columnas), y un gran soporte circular interior

El concreto empleado en los soportes tiene una resistencia a la compresión de 60 MPa. El proyecto, inicialmente, estaba desarrollado con el pórtico perimetral constituido por elementos metálicos, ya que la normativa vigente en la ciudad sólo permitía la utilización de concreto de 40 MPa (40 N / mm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión en probeta cúbica), lo que imposibilitaba esta solución. Posteriormente, tras el desarrollo de un minucioso estudio de materiales de la zona y de dosificaciones, se obtuvo el permiso para el uso del citado material estructural.

## Sky Central Plaza

Este edificio, situado en Guangzhou (China), tiene 80 plantas y 322 m de altura de estructura principal y 352 m el punto más elevado. Su construcción ha finalizado en 1997, siendo en su momento el más alto del mundo con estructura de concreto. Junto al mismo se elevan otras dos torres de 38 plantas cada una, sumando el conjunto una superficie total de unos 300,000 metros cuadrados.

El esquema estructural responde a la tipología de "tubo en tubo", constituido por un núcleo central y un pórtico perimetral exterior, ambos de concreto. El núcleo está formado por muros cuyo espesor en las plantas bajas es de 0.60 y 1.10 metros.

El pórtico perimetral de fachadas dispone de columnas de  $2.50 \times 2.50$  m en las esquinas y de  $1.50 \times 1.50$  m en el resto, siendo su separación de 7.50 y 9.50 m. Las vigas perimetrales en las plantas tipo tienen unas dimensiones de  $0.80 \times 1.05$  m, siendo las vigas de apeo de  $1.50 \times 8.50$  m en la planta tercera. En la misma planta, una losa de 1.00 m de canto transmite al núcleo las acciones y esfuerzos cortantes debidos al viento y al sismo. El forjado, en las 68 plantas tipo está constituido, fundamentalmente, por una losa de 0.125 m de espesor.

El concreto empleado en los elementos estructurales verticales tiene una resistencia a la compresión de 60 MPa.

#### Jin Mao Tower

Este edificio, con 88 plantas y 421 m de altura, se encuentra situado en la ciudad de Shanghai, estando prevista la finalización de su construcción para el presente año de 1998. Su uso será de oficinas en las 50 plantas inferiores y de hotel en las 38 superiores, siendo la superficie total de 280.000 metros cuadrados. Dispone de un atrio en la zona central a lo largo de toda la altura que ocupa el hotel, 206 m.

La solución estructural mixta adoptada combina las ventajas del concreto (masa, resistencia, rigidez y amortiguamiento) con las del acero (resistencia, rapidez de construcción, capacidad para claros grandes y ligereza). El esquema estructural está formado, básicamente, por un núcleo central octogonal de concreto armado y por 16 columnas situadas en las fachadas y con una distribución simétrica.

El núcleo central, de 27 m de ancho total, se encuentra atravesado por cuatro diafragmas ortogonales dos a dos hasta la planta 53<sup>a</sup>. Los muros perimetrales tienen un espesor de 0.85 m en las plantas inferiores, disminuyendo hasta alcanzar 0.45 m en la planta 87<sup>a</sup>. Los interiores y normales entre sí por pares tienen un espesor constante de 0.45 m en sus 53 plantas.

Las columnas perimetrales se encuentran divididas en ocho mixtas y ocho metálicas. Los soportes mixtos nacen con unas dimensiones de 1.50 × 5.00 m en la cimentación y finalizan con 1.00 × 3.50 m en la planta 87<sup>a</sup>.

En tres alturas del edificio, y ocupando cada una dos plantas (24 a 26, 51 a 53 y 85 hasta cubierta), existe un conjunto de vigas trianguladas que unen ambos sistemas estructurales (central y perimetral), permitiendo una transmisión de esfuerzos más coherente.

La cimentación está constituida por una losa de 4.00 m de espesor que transmite la carga al terreno a través de 429 pilotes.

Como se puede apreciar en la mencionada figura 17, el tipo de concreto puesto en obra, tanto en el núcleo central como en los soportes mixtos exteriores, varía con la altura del edificio entre el C60 hasta la planta 31<sup>a</sup>, el C50 entre ésta y la 64<sup>a</sup>, y el C40 hasta la 87<sup>a</sup>. En la misma se puede seguir también la evolución del espesor de los muros del núcleo central y de la sección de las columnas exteriores.

#### Public Bank Building

Este edificio de 32 plantas, situado en Johor Bahru (Malasia) y construido en los primeros años noventa tiene, como puede apreciarse en la, planta hexagonal.

Su esquema estructural está formado por un

núcleo situado junto a uno de los lados que constituyen las fachadas, un pilar apantallado en cada uno de los vértices y dos más en la zona central interior. Cada una de las cuatro fachadas principales está recorrida por tres columnas adicionales entre su apeo en la planta 12<sup>a</sup> y la cubierta. El sistema de transferencia situado en aquella planta está constituido por cuatro vigas de 23.50 m de claro y unas dimensiones (bxh) de 2.15 × 4.80 m, situadas en los cuatro lados mayores del hexágono.

El entrepiso se encuentra proyectado, básicamente, con seis vigas principales de concreto postensado, de las que cuatro tienen 18.40 m de claro, sobre las que se sitúa una losa de 0.15 m de espesor.

El concreto empleado en las columnas ha de tener una resistencia a la compresión de 65 MPa, siendo la primera vez que se usó este tipo de concreto en Malasia.

### Petronas Towers

Este conjunto de dos torres, de 88 plantas cada una (82 sobre rasante y seis plantas sótano), se encuentra situado en Kuala Lumpur, Malasia. Con sus 450 m, constituyen el edificio más alto del mundo. Cada torre tiene planta circular encontrándose adosados a ellas sendos edificios de 38 plantas.

Ante la envergadura del edificio que se iba a proyectar, inicialmente se plantearon cinco alternativas estructurales:

§ Núcleo y sistema cilíndrico exterior (pórtico de fachada) metálicos.

§ Núcleo de concreto y pórtico perimetral metálico.

§ Núcleo metálico y perímetro de estructura

mixta.

§ Núcleo de concreto y perímetro de estructura mixta.

§ Núcleo y perímetro de concreto.

Las ventajas encontradas a este último, que fue la opción elegida finalmente, son las siguientes:

§ La transmisión de cargas verticales a través de columnas de concreto de alta resistencia se realiza con menor costo que con elementos metálicos, obteniéndose menores secciones que con concreto normal y, por tanto, mayor superficie útil en el edificio.

§ Las columnas perimetrales metálicas podían ser de menor sección para transmitir la misma carga vertical que las de concreto, pero su rigidez frente a momentos flectores es menor, colaborando éstas más para resistir las acciones horizontales.

§ Las pantallas de concreto del núcleo tienen una doble misión:

a) Servir de muros compartidos frente al fuego.

b) Transmitir a la cimentación las cargas verticales.

§ Las vigas perimetrales de concreto tienen una unión fácil a los columnas de concreto, colaboran en la rigidez frente a la acción del viento y no penalizan el tiempo de ejecución de forma significativa.

§ El sistema de concreto frente a las cargas laterales tiene una amortiguación mayor que el metálico. La respuesta dinámica de un sistema de concreto será menor y más confortable para unas condiciones dadas de viento.

§ Al aumentar la masa del edificio se prolonga el período de vibración y se mejora el confort.

§ El concreto era un material de posible consecución local, y con un costo relativamente bajo.

§ El suministro de acero local en las cantidades necesarias para la ejecución de la estructura completa tenía una capacidad limitada, obligando a importar parte del mismo.

§ Cualquier solución metálica requería amortiguamiento adicional, posiblemente en forma de dispositivo mecánico, lo que supone aplicaciones de costo y de espacio.

§ La solución de concreto cumple los parámetros requeridos al proyecto.

§ La estructura metálica obliga a mover en obra, mediante grúas, elementos pesados.

La cimentación del edificio está formada por una losa de 4.50 m de espesor apoyada sobre 104 pilotes cuya sección tiene una dimensión de 1.20 × 2.80 m. La profundidad de los pilotes, variable para reducir los asentamientos diferenciales que pudieran provocar la inclinación de los estratos resistentes del terreno, se encuentra entre 40 y 105 m.

El esquema estructural está formado, fundamentalmente, por un núcleo central, que sirve también como elemento conductor de las comunicaciones verticales en el edificio, y por una corona perimetral constituida por 16 columnas y las vigas respectivas que las unen en cada planta.

El núcleo, con planta cuadrada y dimensiones exteriores aproximadas de 23 × 23 m, está formado por unos muros cuyo espesor varía entre 0.75 m en las plantas inferiores y 0.35 m en la

superior.

Las columnas perimetrales, separadas entre 8 y 9 m cada una de la contigua, describen una circunferencia de 46 m de diámetro. La sección de las mismas, circular, varía entre 2.40 y 1.20 m a medida que se asciende por el edificio. En las vigas perimetrales se emplea el mismo concreto, evitando así posibles errores y facilitando el proceso de colocación en obra mediante bombas.

El entrepiso está constituido por vigas metálicas de 0.45 m de canto, separadas 2.80 m. Sobre ellas se sitúa una losa de 11.5 cm de espesor (una capa de 6.3 cm de espesor sobre un tablero de metal corrugado).

Además del entrepiso, la unión estructural entre el núcleo central y el sistema perimetral se efectúa mediante cuatro vigas radiales (una en cada esquina) situadas en la planta 38ª ocupando una doble planta mecánica.

Los edificios secundarios tienen una estructura formada por un "pórtico tubular cilíndrico" de 23 m de diámetro formado por columnas también circulares, con una sección entre 1.20 y 1.40 m de diámetro. Cada uno de estos edificios y el principal correspondiente se encuentran unidos mediante una estructura metálica.

Uniendo ambos edificios principales, entre las plantas 40ª y 43ª existe una pasarela de 58 m de longitud, planteada como un sistema triarticulado, con dos vástagos que unen su centro con la planta 29ª de cada edificio.

El concreto dispuesto en los soportes, varía en función de la altura, siendo de una resistencia a la compresión de 80 MPa entre la cimentación y la planta 23ª, de 60 MPa entre ésta y la planta 61ª, y de 40 MPa el resto hasta la 84ª.

Análisis de las soluciones estructurales y

## conclusiones

Tras la descripción efectuada del sistema estructural planteado en cada uno de los edificios comentados, desarrollados todos ellos con CAR, este apartado se centrará en aquellos aspectos que permiten concluir ciertos criterios para su aplicación en futuros proyectos y construcciones.

Estando ya comentadas en el segundo punto de este escrito las ventajas de las estructuras ejecutadas con concreto de alta resistencia, tanto frente a estructuras metálicas como frente a aquellas otras realizadas con concreto normal ( $\leq 50\text{MPa}$ ), los criterios que se pueden recoger de los ejemplos vistos en el apartado anterior son los siguientes:

§ La tipología estructural responde a una solución "tubo en tubo", o bien a un núcleo central y un pórtico perimetral en la fachada, debiéndose este planteamiento en parte al tipo de edificio alto del que se trata y en parte al material utilizado.

§ En edificios que superan las 80 plantas y los 400 m de altura se plantea una conexión entre los sistemas estructurales central y perimetral mediante unas vigas o vigas radiales de gran peralte.

§ El esquema estructural y el dimensionamiento se encuentran diseñados de tal forma que las acciones horizontales debidas al viento y / o al sismo sean absorbidas en su totalidad por el núcleo central, o bien repartidas con el sistema perimetral sin que éste resista más de la mitad de aquéllas.

§ El núcleo central, en todos los casos, se proyecta de concreto armado.

§ Los columnas que constituyen la corona resistente perimetral son de concreto, metálicas o mixtas, combinándose en algunas ocasiones más

de una de estas tipologías en el mismo edificio. Un aspecto muy importante que ha de tenerse en cuenta en el proyecto y cálculo de la estructura de estos edificios es el acortamiento producido por los esfuerzos axiales de compresión en los elementos verticales (muros del núcleo y columnas) y, sobre todo, los acortamientos diferenciales entre los mismos, ya que el efecto que producen sobre elementos estructurales horizontales es el mismo que pueden ocasionar asentamientos diferenciales de la cimentación, incrementando sobremanera los esfuerzos de flexión en sus extremos. En algunos casos, la solución adoptada llega a ser la ejecución de las vigas radiales y los entrepisos con una cierta inclinación inicial alcanzando, a mediano plazo, la horizontalidad deseada del elemento estructural.

§ Las vigas perimetrales de concreto se proyectan, por razones diversas y según las prioridades del cálculo y de la ejecución, con el mismo o con distinto tipo de concreto que las columnas que unen.

§ Los entrepisos están realizados con vigas interiores de concreto armado o pretensado (acero postensado) o metálicas, sobre las que se extiende una losa de concreto **in situ** única o situada sobre una ondulada.

§ El CAR se utiliza en elementos estructurales que resisten, básicamente, esfuerzos axiales de compresión (muros del núcleo de rigidización y columnas), estando proyectados los elementos horizontales (vigas y entrepisos) con concretos de 25 a 35 MPa de resistencia a la compresión.

§ El tipo de CAR empleado en los citados elementos verticales se encuentra normalmente entre 60 y 80 MPa de resistencia a la compresión, si bien este valor, en función del país en que se desarrolle el proyecto y / o la obra, será solicitado sobre probeta cilíndrica o probeta cúbica, con unas oscilaciones entre una y otra de

10 a 15 por ciento.

§ El tipo de concreto utilizado en los mencionados elementos varía en función de la altura del edificio, reduciéndose la exigencia de sus características mecánicas a medida que se asciende.

Finalmente, debe subrayarse que, aunque en algunos edificios altos se ha empleado CAR, no debe olvidarse que en otros muchos se han utilizado y se utilizan con éxito concretos normales con una resistencia de proyecto entre 40 y 50 MPa. Éstos permiten una obtención más fácil de las características mecánicas con un precio unitario inferior, manteniendo en gran medida las ventajas de rigidez, amortiguación, confort y costo que los primeros tienen frente a las estructuras metálicas.

#### Bibliografía

Arcangeli, A., "Trianon skyscraper on the Mainzer Landstrasse in Frankfurt", L'industria italiana del cemento, núm. 716, 1996, pp. 860-871.

Cameron, Chisholm, Nicol y Ove Arup, "La nueva sede della Banca del'Agricoltura e del'Industria a Perth", L'industria italiana del cemento, núm. 708, 1996, pp. 221-223.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat, Relación de los 100 edificios más altos del mundo.

GEHO, "Hormigones de alta resistencia. Fabricación y puesta en obra", Boletín núm. 20, 1997.

Gurusamy, K. y Price, W.F.: "The Petronas Towers, Kuala Lumpur: Beneficial use of High Strength Concrete", Multi-purpose High-rise Towers and Tall Buildings (Londres), 1997, pp. 383-396.

Gómez Hermoso, J., "Últimas realizaciones internacionales en edificación con hormigón de alta resistencia (HAR). Análisis, conclusiones y tendencias", 1º Symposium Nacional de Hormigón de Altas Prestaciones (Madrid), 1998, pp. 241-250.

Hegger, J. y Burkhardt, J., "Structural strength and ductility of reinforced frame structures from High Strength Concrete", 4th International Symposium on Utilization of High-strength / High Performance Concrete (París), 1996, pp. 1505-1514.

Held, M y König, G., "First Utilization of High-strength Concrete in Germany", Structural Engineering International, vol. 2, núm. 3, 1992, pp. 170-172.

Hu, Q. y Zhu, J., "Utilization of High-strength Concrete in Tall Buildings", The structural design of tall building, vol. 3, núm. 4, 1994, pp. 269-274.

Kohn, Pedersen, Fox, Smith, Brochette, Davis y Drake, "A new skyscraper in Chicago at 311 South Wacker Drive", L'industria italiana del cemento, núm. 670, 1992, pp. 628-639.

Korista, D.S., Sarkisian, M.P. y Abdelrazaq, A.K., "Design and construction of China's tallest building: The Jin Mao Tower, Shanghai", Multi-purpose High-rise Towers and Tall Buildings (Londres), 1997, pp. 289-304.

McArthur, J., Heng, K. y Vesey, D., "The Design and Construction of Central Plaza and Their Interaction", 67th Regional Conference of Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1996, pp. 459-470.

Mohamad, H. y Gabor, P., "Public Bank Building, Johor Bahru, Malaysia", Structural Engineering International, vol. 5, núm. 3, 1995, pp. 141 y 142.

Mohamad, H. y Tong, S., "The Petronas Twin Towers, Malaysia", Structural Engineering International, vol. 7, núm. 3, 1997, pp. 153-156.

Monti, G. y Santuccio, S., "The 'Seismic' Tower in Charlotte, North Carolina, USA.", L'industria italiana del cemento, núm. 713, 1996, pp. 584-597.

Santacesaria, M., "The Pacific Tower: a new building at La Défense, Paris", L'industria italiana del cemento, núm. 720, 1997, pp. 280-299.

Thornton, C., Mohamad, H., Hungspruke, U. y Joseph, L., "High Strength Concrete for High-Rise Towers", 67th Regional Conference of Council on Tall Buildings and Urban Habitat, 1996, pp. 447-458.

Yolles, M.S., "New Developments in Tall Buildings", Structural Engineering International, vol. 2, núm. 3, 1992, pp. 175-177.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Junio 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# La iluminación natural y el ahorro de energía



Aquí! 

## Resumen:

Debido a la creciente necesidad de ahorro de energía eléctrica, la iluminación natural cobra cada vez mayor importancia en el diseño arquitectónico. Y es que, con estrategias lumínicas adecuadas, en gran parte del país se podría prescindir de luz artificial en horarios laborales normales, sin necesidad de recurrir a modificaciones horarias.

El tema de la iluminación natural en la arquitectura es prácticamente de reciente aparición en sus aspectos técnicos, pero debido al incremento de las tarifas por consumo de energía eléctrica, la idea del ahorro energético tiende a estar en primer plano.

En la actualidad resulta, incongruente que en el horario laboral diurno, miles de oficinas y centros de educación enciendan los interruptores para

iluminar artificialmente. La gran cantidad de horas despejadas al año con que cuenta la Zona Metropolitana de Guadalajara permitiría prescindir de cualquier dispositivo de iluminación eléctrica, con la simple adecuación de los elementos arquitectónicos para su adecuado diseño lumínico y con una inversión mínima que en muchos casos es recuperable.

Por lo anterior, resulta paradójico que en esta era de tecnología avanzada las edificaciones no estén muchas veces acordes con los cambios que ha sufrido la iluminación natural a lo largo del desarrollo de la humanidad debido a la evolución de las ciencias y la propia tecnología.

### **La función de la iluminación**

El ser humano tiene la tendencia de dar mucha importancia a la luz, ya que aproximadamente 80 por ciento de la información que recibe viene de sus ojos. La visión no es una acción pasiva en respuesta a los objetos iluminados, sino la acción de procesar la información y enfocar en los detectores de luz de la retina del ojo. Esta información se almacena y transfiere a su vez a través del nervio óptico hacia el cerebro para su interpretación. La visión es, por lo tanto, dependiente de la luz y del sistema visual.

La cantidad y la calidad de la luz que recibe el ojo humano tiene una influencia directa en la manera como se ven las cosas; los grandes arquitectos, incluyendo los diseñadores del Partenón, de los emplazamientos arqueológicos mayas, los constructores de las catedrales góticas, así como los arquitectos del presente siglo, han comprendido el impacto que tiene la luz natural y su importancia al desarrollar los ambientes adecuados para el hombre. Si bien la luz natural y la artificial tienen sus características individuales y diferentes atributos cualitativos, la luz en general puede ser utilizada por la arquitectura tanto para crear efectos agradables

como para proporcionar espacios lumínicamente adecuados a la tarea visual específica que se vaya a desarrollar. Lo mismo que emplea el tabique, el acero, la piedra y el concreto, la luz no debe emplearse como simple elemento decorativo, sino como parte estructural de la arquitectura.<sup>1</sup>

En términos de luz, puede decirse que el confort lumínico se logra cuando el ojo humano está en condiciones de leer un libro u observar un objeto fácil y rápidamente sin distracciones y sin ningún tipo de estrés. Los parámetros que se deben considerar para obtener confort visual son principalmente una adecuada iluminación, la limitación del deslumbramiento (exceso de iluminación) y las consideraciones subjetivas de un adecuado esquema de color. También, en el caso del diseño de la luz natural, evitar interiores oscuros y procurar proveer las formas y los tamaños adecuados de ventanas para mantener el contacto con el mundo exterior.

Cabe la posibilidad de que al encontrar el criterio adecuado de iluminación y la eliminación del deslumbramiento, éste sea contradictorio con los requerimientos de otra índole, como es el caso del confort térmico o del confort acústico. Es tarea del arquitecto considerar todas las variables de impacto, incluyendo ganancias solares, calidad acústica y calidad de aire, evaluar sus impactos y su interrelación con otras y decidir las prioridades del espacio que se está diseñando.

Lo anterior se debe a que no es lo mismo diseñar un espacio de estudio que uno de reposo. Cada uso ocupacional tendrá prioridades distintas, por lo que la escala de valores se moverá hacia una u otra parte.

## **Percepción visual y confort**

Como es sabido, el propósito principal de un adecuado diseño lumínico es crear ambientes bien iluminados donde sea factible el buen desarrollo visual sin fatiga de la vista. La importancia de estas consideraciones depende asimismo de la función o tarea visual que se vaya a desarrollar en el espacio diseñado; no es lo mismo el diseño para una biblioteca que el de un taller de orfebre o el de un local de ventas.

La viabilidad de facilitar las actividades visuales como son leer un libro o realizar una tarea de gran agudeza visual mediante la utilización únicamente de iluminación natural, pueden ser analizadas por factores físicos tales como el confort visual y el ahorro energético sustancial. Existen numerosos parámetros y tablas que indican los límites máximos, mínimos y recomendables de la iluminación requerida para las diferentes tareas específicas.<sup>2</sup>

Sin embargo, el grado de medición o la medición de la tarea visual está generalmente determinado por la visibilidad de lo más pequeño o del detalle más difícil de ser reconocido. También es importante determinar el grado de contraste que esto tiene con el ambiente inmediato, la disponibilidad del tiempo de luz para desarrollar la tarea en cuestión y las capacidades del sistema visual.

Existen también otros factores que pueden perturbar el nivel de confort visual deseado; las reflexiones de otros elementos arquitectónicos y el grado de deslumbramiento que provocan influyen decisivamente en el desarrollo visual. Aunque es muy difícil determinar los efectos de los

sistemas de iluminación en la productividad y el rendimiento laboral, puede hacerse una aproximación a los parámetros que se han de

utilizar. Se han realizado varios experimentos han sido realizados en condiciones simuladas, alejándose de lo concerniente a la iluminación natural. De éstos, el de la Commission Internationale d'Eclairage (CIE) y los de la Illuminating Engineering Society (IES), son los más aceptados dada la seriedad de sus investigaciones.

### **La iluminación natural y el ahorro energético**

Para encontrar el método de evaluación económica ideal encaminada hacia una auditoría energética en un edificio en relación con el consumo eléctrico por cuestiones de iluminación natural, es necesario tomar en cuenta varios factores que, aunque parezcan aislados, deben reunirse en una visión integral. Precisamente para la valoración del costo-beneficio de las tecnologías que apuntan hacia la optimación de la iluminación natural en las edificaciones, es necesario tomar consideraciones de carácter global debido a los problemas que representan las innumerables dificultades técnicas y operacionales que hacen posible su funcionamiento.

Para que lo anterior pueda realizarse, es necesario que los beneficios se tomen en cuenta de acuerdo con dos requisitos:<sup>3</sup>

Que los beneficios puedan transformarse en dinero real. Para ello, es necesario la utilización de tecnologías y estrategias que aseguren el ahorro energético por concepto de iluminación, así como en el consumo por climatización artificial.

La obtención del confort ambiental. Dichos beneficios no se tomarán en cuenta si están en contra del confort del usuario, así como de sus condiciones de trabajo u otras similares.

Cabe mencionar que este tipo de evaluaciones económicas usualmente tiende a limitar los beneficios reales del ahorro energético, como

pueden ser los de tipo motivacional referente a la conciencia de la protección del medio ambiente.

### **Análisis costo-beneficio**

Para encontrar el método idóneo de evaluación del costo-beneficio en edificaciones que utilicen tecnología avanzada para la optimación de la iluminación natural, es necesario tomar en consideración las decisiones respecto al tipo de inversión que se llevó a cabo en la etapa de diseño y construcción.

Por ejemplo, es frecuente que muchos proyectos constructivos varíen continuamente las expectativas de crecimiento iniciales, lo cual también se traduce en el empleo de mayor número de trabajadores, incrementándose a su vez la posibilidad de accidentes y errores de edificación. El crecimiento del proyecto también repercute en la complejidad de los planos constructivos y de instalaciones, haciéndolos más propensos a múltiples revisiones debido al grado de complejidad que existe en cada uno de los elementos interactuantes.

Los costos se elevan, así como los impuestos que genera este tipo de incrementos del volumen de construcción y de los calendarios de obra.

En el caso que nos ocupa, nos referimos al término "inversión" como la operación económico-financiera que realiza la constructora para la expedición de capital en espera de obtener en un futuro ganancias. Esto, considerando la diferencia entre el valor original del edificio y el obtenido con la implementación de los sistemas de iluminación en años venideros.

Las características deseables para la inversión en el proyecto se resumen en los siguientes factores.<sup>4</sup>

La cantidad expedida inicialmente en el proyecto.

Los futuros ingresos generados por el ahorro energético.

La duración del proyecto en relación con la vida económica de los fondos.

### **Estimaciones de ahorro energético anual**

Para realizar estimaciones de ahorro energético anual por concepto de iluminación artificial, es necesario conocer la relativa frecuencia de las condiciones de variación del cielo durante las horas operacionales del edificio. El método tradicional está basado en las proyecciones registradas en observatorios de la relativa frecuencia de cielo despejado y cubierto (nublado). Las estimaciones de la luz de día (FLD) disponibles consideran dos factores principales: la latitud del lugar y el supuesto cielo en condiciones cubiertas.

La estimación del ahorro energético anual atribuido al aprovechamiento de la iluminación natural puede basarse en la predicción del porcentaje anual en que el sistema de iluminación eléctrica no es utilizado. Dicho porcentaje está en función de la estrategia de control de la iluminación eléctrica utilizada, el estándar de horario de trabajo, los datos locales de clima, así como del total de iluminación natural disponible (expresadas en FLD) medida en un punto específico del edificio. Otras dos consideraciones que intervienen en dicha estimación son las siguientes:

- El estándar laboral anual, que se define como 365 días por cualquiera de las 12 jornadas de trabajo más usuales. En este estándar se incluyen combinaciones de los tres horarios de inicio laboral (7:00, 8:00 y 9:00), así como los de

finalización (16:00, 17:00, 18:00 y 19:00) en ciudades promedio.

- El Factor de luz diurna (FLD), que se define como la iluminación de luz natural medida en un punto situado en un plano determinado, debida a la luz recibida directa o indirectamente desde un cielo de supuesta o conocida distribución de iluminación (E), y que se expresa en porcentaje:

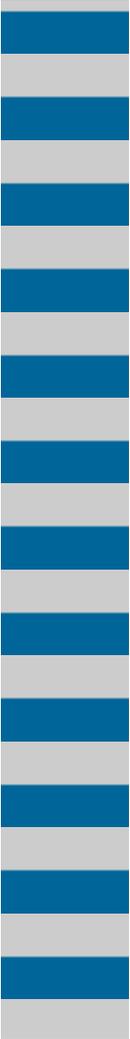
$$\text{FLD (\%)} = \frac{E_{\text{int}}}{E_{\text{ext}}} \times 100\%$$

Cabe mencionar que para las estimaciones de ahorro energético es necesario considerar otros factores de igual importancia, tales como el tipo de materiales y acabados utilizados en los muros y cielos raso interiores, los requerimientos de detalle visual según la tarea, los obstáculos exteriores, etcétera.

Podemos concluir que mediante las estrategias adecuadas de iluminación, es posible conseguir un ahorro energético sustancial. Las horas-sol anuales con las que se cuenta en gran parte del territorio nacional permiten asegurar que en los horarios laborales normales se podría prescindir de cualquier tipo de luminarias artificiales, así como reconsiderar las medidas de "cambio de horario" tomadas por el sector oficial y que muchas molestias han ocasionado a la población en general.

#### Referencias

1. Arias Orozco, Silvia y David Ávila Ramírez, "La Iluminación Natural en la Arquitectura".

- 
2. Commission of the European Communities, "European Reference Book on Daylighting".
  3. Moore, Fuller, "Concepts and practice on Architectural daylighting".
  4. Robbins, C.L. y K.C.Hunter, "A model for iluminance on horizontal and vertical surfaces".
  5. Avouac, Pascale, "Bien voir, bien apprendre".
  6. Moore, Fuller. "Concepts and practice on Architectural daylighting".

Silvia Arias Orozco es doctora en Arquitectura y se desempeña como profesora-investigadora en el Centro de Estudios del Medio Ambiente y Ordenación Territorial de la Universidad de Guadalajara. Ha dirigido proyectos de investigación financiados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y ha publicado cinco libros de temas relacionados con su área de estudio.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Junio 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Kenzo Tange, un fanático del concreto



## Resumen:

El tránsito desde la tradición oriental hacia la modernidad internacional en la obra de este maestro del diseño tuvo por sustento una aguda percepción de los elementos comunes entre ambas y expresa en la creación arquitectónica el camino recorrido por el pueblo japonés en el último siglo.

Hablar de Kenzo Tange es hablar de concreto, porque una gran parte de la obra de este magnífico arquitecto japonés está basada en diseños en los que el concreto es el componente medular de la geometría de sus proyectos.

Ahora bien, para entender a Kenzo Tange debemos comprender primero el momento histórico en que nace y se desenvuelve, pues muchos de sus diseños expresan la situación que vive Japón, país cuyas ciudades reflejan en su fisonomía la historia, las raíces y la posición política mundial del milenar imperio oriental.

Hacia finales del siglo XIX, Japón había experimentado un cambio sustancial en sus tradiciones, a partir de hechos tan importantes como la apertura de los puertos marítimos al mundo en 1854, fecha significativa que marcó el inicio del cambio y la relación con Occidente.

Estos hechos repercutieron también en Europa, cuyos habitantes vieron penetrar poco a poco en sus países algunos elementos de la cultura nipona que ampliaron su horizonte de conocimiento: en 1859 descubrieron los grabados japoneses y en 1866 tuvieron en sus manos la primera publicación sobre la arquitectura de ese país.

Tal fue la influencia japonesa en las artes europeas que artistas de la talla de Mondrian la dejarían sentir en su producción pictórica, como puede comprobarse en su obra *Composición en rojo, amarillo y azul*, realizada en 1928.

Frank Lloyd Wright, uno de los maestros de la arquitectura moderna, hipnotizado por el arte japonés, declaraba: "En mi despacho de Oak Park analicé y revisé con mucho cuidado los grabados japoneses hasta descubrir en ellos la eliminación de lo insignificante, el proceso de simplificación,



confirmando así lo que tanto estaba buscando para mis obras”.

Como contraparte, la llegada de la influencia americana y europea al país oriental también se hizo sentir y desde 1869 se generaron cambios tan radicales como fueron la nueva constitución política, la enseñanza obligatoria en las escuelas, el servicio militar obligatorio, la libertad de cultos, el calendario gregoriano, el descanso semanal obligatorio, un nuevo código penal y un nuevo código civil, reformas muchas de ellas tomadas de países europeos.

Para 1870 se creó una comisaría de obras dependiente del ministerio de ingeniería y se invitó a arquitectos extranjeros a participar en la construcción de nuevos edificios para las diferentes oficinas del gobierno.

En 1875 se inauguró en la facultad de ingeniería un curso sobre arquitectura y se promocionaron viajes de estudiantes a Europa para que adquirieran conocimientos *in situ* sobre proyectos y sistemas constructivos.

El primer edificio con estructura de acero que se edificó en Japón, en 1912, resultó ser la sede de una compañía de seguros cuyos directivos, incitados por el movimiento europeo, habían solicitado un diseño moderno.

A principios de siglo, los conceptos tradicionales en materia de arquitectura no lograban tener una correspondencia con la mentalidad japonesa; de hecho, no existía la palabra arquitectura como tal, por lo que finalmente se encontró en el lenguaje tradicional la palabra *Zoka*, que se refiere a la construcción de casas, y el término *Fushin*, que alude a la recolección de fondos para la construcción o reconstrucción de templos. Finalmente se creó un nuevo vocablo que identificó a la arquitectura en Japón, *Kenchiku*.

El vasto programa de reconstrucción luego del terremoto que sufrieron Tokio y Yokohama obligó a los arquitectos a tomar medidas más estrictas en el diseño de las estructuras, y tal vez esto contribuyó a la difusión del uso del concreto.

Otro hecho muy significativo para los diseñadores japoneses fue la participación del país en la segunda guerra mundial, ya que los bombardeos enemigos arrasaron prácticamente ciudades enteras, como fue el caso de Hiroshima y Nagasaki.

Así surgió una generación de arquitectos modernos japoneses que se vieron envueltos en los acontecimientos de las guerras mundiales y fueron los iniciadores de un estilo que influyó en el desarrollo de la arquitectura de ese país. Entre sus filas se mencionan nombres como K. Tatsuno, T. Yokogawa y Kunio Maekawa, fundador de la Asociación Japonesa para el diseño industrial y maestro y tutor de Kenzo en el comienzo de su carrera.

Kenzo Tange nace en Osaka en el año 1913, estudia en la Universidad de Tokio en 1938 y trabaja con Maekawa hasta el año 1941. Estudia una maestría en planeación urbana, al término de la cual es aceptado como profesor asistente en la misma escuela. Recibe un grado en ingeniería en el año de 1959. Dos años después abre su despacho junto con un colega llamado Urtec y así nace la firma KenzoTange+Urtec, pero años después se forma la firma Kenzo Tange y Asociados. Funge como profesor de Ingeniería Urbana en la universidad de Tokio durante nueve años hasta que es nombrado profesor emérito en 1974.

Sus primeros trabajos muestran una fuerte influencia japonesa, pero para los años sesenta se convierte en uno de los mayores impulsores del estilo internacional, basando sus diseños en un concepto de orden estructural muy claro y definido.

Entre los maestros que influyen en su desarrollo profesional está Le Corbusier, de quien toma los conceptos de diseño urbano y de planificación de ciudades y barrios, además de la combinación de diseños sencillos y racionales en los edificios. Vamos a encontrar cierta similitud en los diseños de Tange y Le Corbusier, especialmente en el uso de los elementos de concreto aparente de fachadas y el uso estético de las azoteas como quinta fachada.

El maestro Tange ha recibido cuatro de los premios más importantes que cualquier arquitecto puede obtener en su carrera profesional: la medalla de oro de la RIBA, la medalla de oro de la AIA, la medalla de oro de la Academia Francesa de Arquitectura y el premio Pritzker, que es considerado el premio Nobel de la arquitectura.

### **Hiroshima Peace Center, Japón, 1949 a 1956**



Este complejo arquitectónico muestra la simplicidad a la que se puede llegar en un diseño. El edificio principal está apoyado por una estructura de concreto esbelta, delgada, finamente terminada, que deja ver el color del cemento y la transparencia de los interiores, aun cuando se aprecia una fuerte influencia del diseño japonés tradicional en la retícula de sus ventanales y la disposición de la estructura.

Como un bloque perfectamente definido, el remate del mismo es tan fino que sólo marca una ligera línea que rompe con el fondo del cielo.

El balance formal que existe entre la masa superior y los pilares permite sentir

que el concreto aparente hace su trabajo de manera eficiente al mostrarle al público la estructura y su labor al sostener esa gran masa.

En cierta forma, el diseño muestra al espectador la fortaleza del pueblo japonés ante la adversidad y su poder para erigirse de nuevo.

Está situado en una explanada que puede albergar más de 50 mil espectadores, la cual sirve actualmente para realizar la conmemoración anual tradicional de los muertos por la bomba atómica.

Desde la plaza se puede observar el conjunto principal y los dos edificios anexos, logrando con ello el objetivo buscado por el arquitecto.

El conjunto es rematado por un monumento de concreto armado con la forma de una parábola hiperbólica que sirve como recordatorio de la desgracia que sufrió el pueblo y su renacer al mundo.

Este proyecto fue ganado en concurso por el maestro y de alguna forma lo lanzó a la fama en el ámbito internacional, no sin antes haber experimentado con formas más tradicionales del diseño japonés.

### **Kurashiki, City Hall, Japón, 1960.**



Este edificio es una muestra de la máxima expresión del concreto aparente en los proyectos de Kenzo Tange, especialmente por los parasoles propuestos en una de las fachadas, elementos que van a ser incluidos como parte intrínseca de la geometría del edificio.

Declara el maestro: "La arquitectura moderna y la arquitectura tradicional japonesa tienen características comunes; simplicidad, claridad, brillantez, apertura y luz". Y también: "El pueblo japonés desea sentir en su arquitectura la durabilidad eterna y mis diseños buscan eso".

Por su ubicación dentro de la zona, logra romper con el entorno urbano existente; sin embargo, por su monumentalidad se incrusta en el paisaje como

elemento distintivo del mismo.

Otro de los aciertos es el manejo conceptual de la azotea, al lograr un elemento formal que se integra a la masa de la construcción logrando con ello una quinta fachada, algo que Le Corbusier venía proponiendo en sus diseños en Francia.

De nuevo se repite el concepto formal de apoyar el edificio de concreto sobre un grupo de columnas, logrando con ello transparencia y ligereza en el diseño.

La fachada muestra en sus cuatro lados un diseño geométrico formado con los elementos de concreto aparente, lo cual le da una brillantez estupenda. Esta obra causó una gran polémica dentro de los críticos de la arquitectura japonesa debido a su monumentalidad. Tan grande fue su impacto, que las autoridades se sentaron a discutir el futuro de la arquitectura y sus efectos sobre la población.

### **Saint Mary's Cathedral en Tokio, Japón, 1963**



Un diseño que se adelantó a su época fue este de la catedral de Santa María. Visto desde su planta, el proyecto se concibe en forma de cruz romana, con lo cual los muros de concreto aparente de gran altura confirman el diseño de planta. Además, el despliegue de cuatro parábolas hiperbólicas permite soportar el techo de la catedral.

Entre los muros de concreto aparente, y dejando un espacio entre ellos, se ubican cuatro grandes vitrales a través de los que pasa la luz natural. El efecto de luz ámbar que se logra en el interior de la iglesia es algo muy usado en iglesias europeas.

Un basamento de concreto aparente con muros al estilo de la iglesia de Romchaps de Le Corbusier permite inducir al feligrés hacia los accesos.

De nuevo el concreto aparente deja ver sus propiedades y cualidades estéticas, combinando el material con un juego de vanos y macizos al más puro estilo internacional.

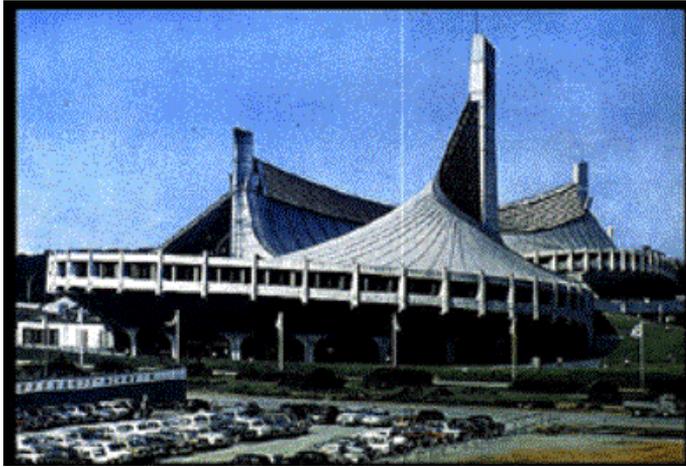
El campanario de 60 metros de altura, dispuesto a unos metros de la catedral, se ve que majestuoso con su concreto aparente y logra unirse al conjunto tanto

... y sigue inspirándose en los elementos japoneses y logra unificar el lenguaje visual de la catedral como del baptisterio y la fuente bautismal.

No cabe duda de que el maestro Tange, siendo japonés y no católico, logra con este diseño mostrar sus grandes dotes creativas al definir el concepto de una manera excepcional.

El manejo del concreto aparente como parte de la estética del proyecto lo hace resaltar y logra con ello que el material sea parte del mismo y no sólo una consecuencia tecnológica.

### **Complejo deportivo, Tokio, Japón. 1964-1966.**



Durante los años sesenta y con la asignación de la organización de los juegos olímpicos, el gobierno japonés invita al maestro Tange a desarrollar el proyecto para las piscinas olímpicas y el gimnasio, lo cual le permite consagrarse como uno de los arquitectos más connotados del país. El proyecto está basado en dos semicírculos entrelazados y desfasados entre sí, con extremos de los edificios terminados en puntos que no se encuentran, pero que siguen una línea de composición. El gimnasio se une al conjunto sólo por su forma de caracol, lo que hace que se amarre a las formas de las piscinas.

Este diseño será la pauta para muchos arquitectos de otros países, debido al uso de los ejes axiales que rompen con la simetría de los objetos. Las entradas se encuentran en la parte cóncava de la forma y los techos están soportados por dos enormes columnas de concreto aparente reforzado, las que sirven como mástiles y portatensores de la techumbre. Las cubiertas están sostenidas por cables de acero trenzados y soportados por placas soldadas que permiten la tensión necesaria para cargar su propio peso debido a la pretensión a que fueron sometidos y logran que soporte el empuje del viento, que particularmente en esa zona puede ser huracanado en ciertas épocas del año.

Algo característico del proyecto es, de nuevo, la planta baja, que permite la transparencia y al mismo tiempo hacer sentir un soporte visual debido a la utilización de los elementos de concreto verticales y repetitivos, lo que permite

crear una banda perfectamente definida.

Visto a la distancia, nos recuerda las viejas pagodas japonesas.

### **Embajada de Japón en México**



La embajada de Japón en México es una muestra de la concepción de proyectos conjuntos que logran reunir dos culturas tan diferentes y al mismo tiempo tan representativas en el medio arquitectónico. El maestro Tange lo desarrolló en colaboración con Rosen Morrison y Pedro Ramírez Vázquez.

Los niveles del edificio son soportados por cuatro grandes columnas que albergan los servicios generales. Espacios abiertos rodean la oficina del embajador y los dos niveles superiores se encuentran en cantiliver, lo que permite jugar con las formas de las fachadas.

Una característica del diseño sigue siendo el concreto aparente como elemento recurrente en todos los proyectos del maestro o la utilización de las entrecalles para marcar los entresijos.

Este edificio vino a marcar una tendencia arquitectónica muy fuerte entre los arquitectos mexicanos y sirvió de ejemplo para muchos edificios que aún se conservan en magníficas condiciones en la ciudad, aportando el manejo de las formas y el manejo del concreto aparente como parte de nuestra cultura y como aceptación de las tendencias estilísticas del momento en el medio.

### **Un monumento viviente**

Hemos hecho un breve recorrido por la vida y obra de Kenzo Tange, quien gracias a su creatividad ha dejado huella en la arquitectura mundial y con sus diseños ha fomentado el uso del concreto aparente.

mundial y con sus diseños ha fomentado el uso del concreto aparente, no sólo como material estructural, sino como elemento decorativo y formal.

No debemos olvidar que el maestro Tange es, además de arquitecto, un gran urbanista, como lo ha demostrado en el proyecto de una nueva ciudad de Tokio, que por desgracia no se ha podido llevar a cabo por considerarse utópico.

Una de las virtudes de sus diseños fue y seguirá siendo la herencia conceptual que deja para ingenieros y arquitectos al mostrar de forma contundente que el concreto aparente puede ser utilizado como parte del edificio, es decir, como la piel del mismo.

La forma de modular las secciones, la masividad y monumentalidad, la textura del pulido, el color y su apariencia, hacen que el concreto aparente siga siendo muy utilizado por los proyectistas, especialmente cuando se trata de enmarcar ciertos aspectos del diseño. El maestro Tange ha empleado el concreto no sólo para fachadas sino también en columnas, torres, tanques elevados, muros divisorios, pavimentos, monumentos, etcétera.

Otro de los aciertos es el manejo de los espacios en planta baja, que logra mostrar los apoyos de concreto de los edificios sin miedo a la crítica, balanceando la masa del bloque construido con las columnas y al mismo tiempo dejando pasar la luz y al aire por debajo del edificio, como intentado hacer flotar esa gran masa.

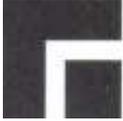
Kenzo Tange vive actualmente en Japón. A sus 87 años es considerado, según la tradición japonesa, un monumento viviente al que se debe respeto y admiración por su aportación a la cultura y a la humanidad. Continúa trabajando en su oficina, donde desarrolla sus proyectos de arquitectura. Una de sus últimas obras registradas es un museo de arte moderno en Italia, inaugurado en el año de 1998 y que sigue teniendo el sello de su estilo.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Junio 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



## Notas del acontecer



Aquí!

### **Sesión de la Canacem en Cementos Portland Moctezuma, cuya planta de Tepetzingo duplica su producción**

Las instalaciones de Cementos Portland Moctezuma, S. A. de C.V., fueron recientemente sede de la Sesión Ordinaria de la Cámara Nacional del Cemento, cuyos miembros recorrieron la planta luego de la reunión.

Atendieron a los visitantes el ingeniero Antonio Taracena Sosa, director general corporativo, y el ingeniero Enrique Acosta Mainieri, director de Cemento Moctezuma, quienes les mostraron la línea número 2, que hace poco fue puesta en marcha y permitirá a la planta de Tepetzingo duplicar su producción al expandirla en un millón de toneladas (

Los asistentes fueron los ingenieros Jaime Garmendia Z., de Cemento Portland Blanco de México; Oscar Hurtado y Guillermo García, de Cementos Apasco (Acapulco); Pablo

Alatorre, de Cementos Apasco (Apasco); Pierre Fraidevaux, de Cementos Apasco (Ramos Arizpe); Mauricio Barrientos y Gustavo Gastélum, de Cementos Apasco (Tecomán); Javier Prieto de la F. y Elías Revah de Cemex México; Héctor E. Escalante, de GCC Cemento (Samalayuca); Luis Vázquez, de Cementos Apasco (Orizaba); Ramón Ardavin, coordinador de Ecología, y Manuel Milán, GCC Cemento; los arquitectos Ricardo Pérez, de Cementos Apasco (Macuspana) y Heraclio Esqueda Huidobro, del IMCYC, y los licenciados Alfonso Espinosa, de Cemento Activado de México; Jorge Sánchez Laparade y Juan Romero Torres de Cemex México, y Fernando de la Barreda, asesor legal, además del señor Carlos Gutiérrez C, director administrativo de la Canacem.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Junio 2000**

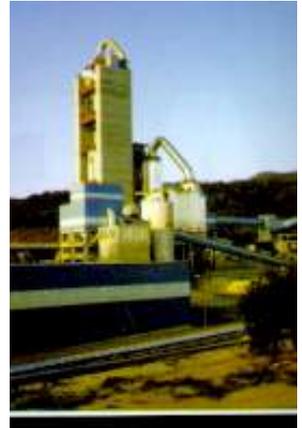
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)

## Punto de encuentro



Aquí! 

---

### **11ª. Conferencia Internacional sobre Reacción Álcali-Agregado en el Concreto**

Del 11 al 16 de junio en Québec, Canadá

Informes: Dr. Josée Duchesne, Secretariado de la 11ª.

ICAAR

Tel: (1) 418-656-2177

Fax: (1) 418-656-7339

E-mail: [icaar2000@ggl.ulaval.ca](mailto:icaar2000@ggl.ulaval.ca)

Web site: <http://www.ggl.ulaval.ca/icaar2000.html>

---

### **2º. Simposio Internacional sobre Concreto Estructural de Agregado Ligero**

Del 18 al 22 de junio en Kristiansand, Noruega

Informes: Norwegian Concrete Association

Fax: + 47 22 94 75 02

E-mail: [siri.engen@nif.no](mailto:siri.engen@nif.no)

Web site: [www.betong.net](http://www.betong.net)

---

## **1<sup>er</sup> Congreso del Agua de la Asociación Internacional del Agua**

Del 3 al 7 de julio en París, Francia

Informes: AGHTM-CFRP

Tel: + 33 1 53 70 13 51 / 52 o 53

Fax: + 33 1 53 70 13 40

Web Site: <http://www.aghtm.org>

E.mail: [aghtm@aghtm.org](mailto:aghtm@aghtm.org)

---

## **Vialidad Invernal en el Fin del Mundo**

Del 7 al 11 de agosto en Tierra del Fuego, Argentina

Informes: Fundación CENATTEV

Fax: (54-11) 4823-3740, 4823-3748 y 4342-7817

E-mail: [funcenat@sinectis.com.ar](mailto:funcenat@sinectis.com.ar)

---

## **25<sup>a</sup> Conferencia de Aniversario sobre Nuestro Mundo en Estructuras y Concreto**

Del 22 al 24 de agosto en Singapur, Singapur

Informes: CI-PREMIER PTE LTD

Tel: (065) 7332922

Fax: (065) 2353530

E.mail: [cipremie@singnet.com.sg](mailto:cipremie@singnet.com.sg)

---

## **Seminario Internacional sobre Presas de Concreto Compactado con Rodillos / RCC 2000-04-15 Del 3 al 14 de septiembre en Denver, EUA**

Informes: Ken Hansen

Tel: 303-863-0422

Fax: 303-863-0414

E-mail: [khansen@schnabel-eng.com](mailto:khansen@schnabel-eng.com)

---

**Congreso de Ingeniería 2000 / Estructuras,  
materiales y técnicas constructivas hacia el siglo XX**

Del 6 al 8 de septiembre en Buenos Aires, Argentina

Informes: Secretaría del Congreso

E-mail: [info@aiearg.org.ar](mailto:info@aiearg.org.ar)

Web site: <http://www.aiearg.org.ar>

---

**5º. Simposio RILEM sobre Concreto Reforzado con  
Fibras**

Del 13 al 15 de septiembre en Lyon, Francia

Informes: Eric Bancilhon, Philibert Organisation

Tel: (33) 478 98 56 38

Fax: (33) 478 23 11 07

E-mail: [befib2000@philibert.fr](mailto:befib2000@philibert.fr)

---

**16º. Congreso de IABSE / La ingeniería estructural y  
los retos del transporte urbano**

Del 18 al 21 de septiembre en Lucerna, Suiza

Informes: IABSE Secretariat

Tel: +41-1-633 26 47

Fax: +41-1-633 12 41

E-mail: [lucerne@iabse.ethz.ch](mailto:lucerne@iabse.ethz.ch)

<http://www.iabse.ethz.ch>

---

**XXI Congreso Panamericano de Arquitectos /  
Hombre y sociedad**

Del 18 al 22 de septiembre en México, D.F.

Informes: Comité organizador

Tel. y fax: (52) 5 488-0170 y (52) 5 488-0171

E-mail: [congresofpaa2000@wtxmexico.com.mx](mailto:congresofpaa2000@wtxmexico.com.mx)

[www.arquired.com.mx](http://www.arquired.com.mx)

---

**14ª.Ibausil / Conferencia Internacional sobre  
Materiales para Construcción**

Del 20 al 23 de septiembre en Weimar, Alemania  
Informes:

Tel: +49 (0)3643 58 47 12, Dr. Fischer  
+49 (0)3643 58 47 51 Frau Dreibig  
+49 (0)3643 58 47 61 Frau Kilian

Fax: +49 (0)3643 58 47 59

E-mail: [ibautil@bauing.uni-weimar.de](mailto:ibautil@bauing.uni-weimar.de)

---

**Congreso FIIC 2000**

Del 20 al 24 de septiembre en Panamá, Panamá  
Informes: Cámara Panameña de la Construcción

Tel: (507) 265-2500

Fax: (507) 265-2571

E-mail: [capac@pty.com](mailto:capac@pty.com)

---

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,  
A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología  
Junio 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



## Nuevos Productos y equipos



**Aquí!** 

### **Horizontalidad de pisos**

Mida la horizontalidad del piso con exactitud de laboratorio de prueba. El nuevo FloorPro Model VIII, de Ytterberg Scientific, Inc., no requiere software asociado. Con él se leen inmediatamente los resultados de tolerancia para la línea que se acaba de revisar, por ejemplo, números F e índice de ondulación.

Los resultados inmediatos de horizontalidad ayudan a las cuadrillas a producir pisos más planos. Los cambios en la instalación de pisos se pueden evaluar sin esperar los resultados de laboratorio. La información que proporciona FloorPro ayuda a los contratistas a ahorrar dinero, evitar discusiones y reducir costos de reparación.

### **Control del pulpo,gl**

Martin Marietta Magnesia Specialties Inc. produce una serie completa de sistemas para control de polvos para los agregados, piedra triturada, grava, minería en general, reciclado de chatarra y operaciones de perforación de



túneles. La Compañía suministra tanto el equipo de aplicación como las sustancias químicas espumantes o no espumantes para la supresión de polvos.

## **Separador de cimbra**

Después de varios años en el desarrollo y experimentación de diferentes materiales y diseños, Dywidag-Systems International ha anunciado su nuevo separador o tirante para cimbra. Se fabrica a partir de una varilla sencilla de acero de alta resistencia; ambos extremos del separador se tomean al mismo diámetro de la rosca para aceptar el herraje del mismo tamaño en ambos extremos. La alta capacidad de carga permite mayor espaciamiento para usar menos separadores y reducir los costos de mano de obra.

## **Muros de contención**

Los sistemas de muros con anclajes incluyen una tecnología más avanzada que los muros de contención tradicionales e implican una libertad de diseño que deja atrás pasadores, sujetadores y mortero.

La tecnología y el diseño integrado sin pasadores se adaptan virtualmente a cualquier configuración y proporcionan soluciones libres de mantenimiento para sitios residenciales, proyectos comerciales, parques, campos de golf, muros de contención interestatales de defensa y aplicaciones ribereñas. La textura natural de la piedra y los tonos cálidos de la tierra acentúan cualquier circunstancia del paisaje.

## **Forro de permeabilidad controlada**

El forro para cimbra de permeabilidad controlada Zemdrain<sup>®</sup>MD2 está compuesto por una tela única



para filtrar, es muy fácil y rápido de instalar y, a causa de su rigidez apropiada, no se necesita tensar el forro para evitar dobleces durante el colado del concreto

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Junio 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[Artículo  
ANTERIOR.gl](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)