

## ACTUALIZACION

**Libros, folletos, normas, reglamentos y revistas que usted puede solicitar por fax o consultar en el centro de documentación del IMCYC**

**Informes en: Avenida Insurgentes Sur 1846, colonia Florida, México 01030, D.F.**

**Tel.: 662-06 06, 662-33-48, Fax: 661-32 82**

[Email: biblio@mail.imcyc.com](mailto:biblio@mail.imcyc.com)

Atención Licenciado Javier Martínez

### **Descripción del comportamiento de estructuras durante sismos recientes**

Hugón Juárez García y Emilio Sordo Zabay

*Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997, 10 pp.*

Este trabajo sintetiza las experiencias obtenidas de las expediciones llevadas a cabo por el Grupo Interuniversitario de Ingeniería Sísmica, en las zonas epicentrales de tres sismos importantes: 14 de septiembre de 1995 en Ometepec, Guerrero; 9 de octubre de 1995 en Manzanillo, Colima, y 20 de octubre de 1995 en Villaflores, Chiapas. Se identifican, analizan y discuten diferentes tipos de falla ocurridos en las estructuras de adobe, mampostería, concreto refrozado y acero que se presentaron a raíz de estos tres movimientos sísmicos.

### **Vulnerabilidad sísmica de las construcciones de la zona metropolitana de Guadalajara**

M. Chávez, L. García Rubio y

A. Mier

*Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, México, 1997.*

Con base en la información geotécnica disponible de la Zona Metropolitana de Guadalajara (zmg), así como en la sismicidad histórica de la región y en las observaciones obtenidas en la Red Acelerográfica de la zmg (razmg) del sismo del 9 de octubre de 1995, se propone una microrregionalización sísmica preliminar de la misma.

El estudio sobre la vulnerabilidad de las construcciones de la zmg ante un sismo probable

(capaz de generar Intensidades de Mercalli Modificada (imm) de hasta 9 en la zmg), es decir, el nivel de daño esperado que pudiera presentarse en las construcciones debido a su ocurrencia, lleva a la conclusión de que aproximadamente un 30 por ciento de las construcciones de la zmg resultarían seriamente dañadas si se presentara el escenario sísmico propuesto.

### **Use of reclaimed asphalt pavement as an aggregate in portland cement concrete**

Murshed Delwar, Mostafa Fahmy y Ramzi Taha

*ACI Materials Journal*,

mayo-junio de 1997, 6 pp.

El objetivo principal de esta investigación es conocer el uso potencial de pavimento de asfalto reclamado (rap) como un agregado para concreto hidráulico. Las muestras se prepararon utilizando relaciones agua-cemento de 0.40 y de 0.50. Además, para comparación, se hicieron mezclas de control que contenían agregado convencional al 100 por ciento.

La resistencia obtenida fue suficiente para calificar el empleo de agregado de rap en aplicaciones de concreto tales como barreras, aceras, entradas de cocheras, guarniciones, tubos y cunetas.

### **Evaluación de la sensibilidad frente a los álcalis así como de la absorción de agua de los áridos para hormigón**

(50.Jahrgang) núm. 2/1997 - *ZKG INTERNATIONAL*, 13 pp.

Algunos estudios realizados han demostrado que las fonolitas, los pórfidos de cuarzo, los esquistos silíceos y también las grauwacas precámbricas, según ASTM C 289, deberían ser calificados como potencialmente insensibles frente a los álcalis, contrariamente a las adiciones que contienen ópalo y cantos rodados. A pesar de ello, en los hormigones de algunas edificaciones se han encontrado averías en forma de grietas, debidas sobre todo a una reacción álcalis/adiciones.

### **ISO 9001: The Hong Kong experience for engineering firms**

S.L. Tang, C.W. Kam y S.M. Chung

*Structural Engineering International*, vol. 7,

febrero de 1997, 1p.

ISO 9000 se publicó por primera vez en 1987. Desde entonces, se ha estado conduciendo un debate vigoroso sobre lo apropiado de la ISO 9000 para la industria de la construcción, particularmente los servicios de ingeniería de consulta. J.M. Hohberg observó que muchos consultores de dirección de calidad y un creciente número de asesores coincidían en que el enfoque de ISO 9001, con base en el proceso y orientado al proyecto, era promisorio para servicios de consulta. En mayo de 1995 se publicaron los hallazgos de un estudio sobre experiencias con ISO 9000 dentro de la industria de la construcción, que incluía firmas de consultoría de ingeniería.



# CONTRIBUCION DE LA ARQUITECTURA AL DESARROLLO DE LA CAPITAL

UN DESAFIO DE POLITICA URBANA\*

*Arquitecto Felipe de Jesús Gutiérrez Gutiérrez*

## ***La viabilidad de la ciudad***

***de México ha sido un tema recurrente en los últimos tiempos, más aún desde la expectativa despertada por las modificaciones en su sistema de gobierno. Con el ánimo de aportar al debate, el autor de este artículo enuncia los principales procesos de cambio que condicionan la transformación de la metrópoli, señala los problemas de mayor peso que inciden en su funcionamiento y, a partir de ello, formula cuatro grandes objetivos para una política urbana.***

## UNA METROPOLI EN TRANSFORMACION

Es imposible referirnos a los problemas de la ciudad de México sin considerar de manera directa que forma parte ya de la más grande área metropolitana de Latinoamérica (y actualmente una de las mayores del mundo). Con este enfoque metropolitano abordaremos cada uno de los problemas y alternativas de solución propuestas para nuestra capital.

Como organismo social, la metrópoli es el escenario urbano donde se manifiestan las expresiones sociales de las diferentes formas de vida de nuestra ciudad. En este escenario se conjugan todas las demandas sociales encaminadas a buscar satisfacciones para mejorar el nivel de vida de los habitantes; demandas que presentan una creciente complejidad, toda vez que existen múltiples jurisdicciones político-administrativas en las entidades federativas y municipios en que se asienta la ciudad y que condicionan o limitan su desarrollo.

Los cambios cualitativos ocurridos en la metrópoli, especialmente derivados de la proliferación de asentamientos pobres, han rebasado con mucho las actuales formas institucionales de participación popular. Los múltiples intentos de formas de control social no institucionales sobre la población urbana por parte de líderes, propietarios, funcionarios y comerciantes, han tenido como respuesta lógica el surgimiento de organizaciones de colonos, poniendo en duda el aparato gubernamental al reconocerse a estas organizaciones como interlocutoras en la planeación y gestión del espacio urbano.

Es evidente que nos encontramos ante una ciudad en proceso de transformación, que encara hoy día uno de los desafíos más formidables que haya enfrentado a lo largo de su dilatada y

rica historia. Por un lado, tiene que afrontar de inmediato una serie de graves problemas, que son el resultado de un modelo de desarrollo urbano que ya ha mostrado serios límites, y cuya acumulación de problemas amenaza con deteriorar las condiciones de vida de la población. Por otro lado, tiene que sentar las bases que le permitan ingresar al nuevo siglo como una ciudad moderna, revitalizada, competitiva, capaz de garantizar un mejor nivel de vida y bienestar a quienes viven en ella.

Este doble desafío exige, de parte de sus habitantes, gobierno, representantes políticos, organizaciones sociales y gremiales, una decidida e inteligente participación. Requiere también un lúcido y bien fundamentado diagnóstico de los problemas y la formulación de una estrategia claramente instrumentada que permita conducir las soluciones, conjugar voluntad de cambio y comprensión de los problemas, es decir, que permita la definición de un proyecto estratégico.

Un mal diagnóstico de nuestros problemas lleva necesariamente a la adopción de soluciones equivocadas. Por ello, resulta necesario despejar los juicios apresurados y superficiales que se expresan sobre la ciudad, y que frecuentemente sirven para la toma de decisiones.

En particular, debemos combatir una percepción bastante generalizada entre muchos de los habitantes de la ciudad, y no pocos investigadores y funcionarios públicos, en el sentido de que el cúmulo y la gravedad de los problemas que la agobian, la convierten en una metrópoli sin futuro, en un paradigma del desastre urbano.

A pesar de la gravedad de los problemas que enfrenta nuestra urbe, sus cualidades y atractivos siguen vigentes en la actualidad, y las ventajas que ofrece en el mediano y largo plazo tienen bases muy firmes y abren posibilidades muy prometedoras para el futuro.

Para caracterizar el proceso de transformación que actualmente vive la ciudad de México en el marco metropolitano, enunciaremos a continuación los principales procesos de cambio que condicionan esta dinámica de transformación, y que desde nuestra perspectiva y análisis deben ser considerados por los funcionarios del gobierno de la ciudad:

### **.. Variación en el crecimiento de la población.**

Este fenómeno está presentando una disminución paulatina con respecto a décadas anteriores, especialmente en el Distrito Federal, pero requiere ser revisado en cuanto a las políticas de crecimiento y su congruencia con los programas delegacionales de desarrollo urbano.

### **.. Concentración de actividades selectivas.**

El proceso de concentración de actividades y personas ha dejado de ser abierto, para convertirse en selectivo y competitivo, siendo indispensable identificar los sitios con mejor infraestructura para promover actividades y usos productivos.

## **“ La ciudad global.**

De un sistema de dominio y control orientado fundamentalmente a las regiones y ciudades del país, se ha pasado a un sistema de relaciones más equilibradas en lo nacional y con mayor presencia de relaciones de carácter competitivo y selectivo en el plano internacional.

## **“ La ciudad competitiva.**

De una etapa prolongada en que la ciudad de México gozó de amplia protección estatal de carácter fiscal, educativo, industrial, etcétera, lo cual estimuló la localización de diversas empresas mediante el otorgamiento de ventajas comparativas con respecto al resto del país, hemos pasado a condiciones más equitativas, e incluso de desventajas comparativas debidas a la aplicación de políticas de contención de su crecimiento. En este sentido, debemos revisar las estrategias adoptadas recientemente para fortalecer las actividades productivas y desalentar las contaminantes o que implican gran consumo de recursos.

## **“ La ciudad metropolitana.**

Hasta la década de los cincuenta, la ciudad de México se encontraba totalmente dentro de los límites del Distrito Federal, mientras que en la actualidad se divide por mitades entre este último y los municipios conurbados del Estado de México. Aunque dividida por límites político-administrativos, la ciudad de México es una unidad desde el punto de vista social, económico, ambiental y físico.

## **“ El uso intensivo del espacio urbano.**

De una ciudad de crecimiento horizontal, bajas densidades y un uso extensivo del suelo, se está transitando a una ciudad de crecimiento vertical, alta densidad y uso intensivo del suelo.

## **“La disputa por el suelo.**

La ciudad ha pasado de una etapa de fácil acceso al suelo, a otra en que la disputa por el mismo es cada vez más aguda, confirmándose la teoría de la fricción por el espacio, lo cual es característico de las zonas metropolitanas.

## **“ El uso racional de los recursos naturales.**

Mientras los recursos naturales de la ciudad fueron abundantes, se utilizaron en forma casi libre, y en cierto modo de manera abusiva, pero al sobrevenir su agotamiento o degradación, se ha pasado a un esquema en el que se va imponiendo un uso racional de los mismos, sobre todo a través de tarifas y mecanismos económicos.

## **“ La ciudad en búsqueda de consensos.**

De una etapa prolongada en que la vida política y la participación social de la ciudad tenía arreglos y reglas muy estables, era homogénea y no presentaba conflictos importantes, hemos pasado a la redefinición de reglas, a la pluralidad política y a la necesidad de establecer permanentemente los consensos.

## “ La ciudad de masas.

El tamaño y la extensión física han llevado a que se produzca una masificación social y una pérdida del vínculo social y la identidad individual.

El resultado que tenemos de estos procesos es el de una ciudad viva, compleja, contradictoria, donde conviven lo nuevo y lo viejo, en la cual chocan estructuras eficientes con otras obsoletas; en donde se mezclan los valores locales con los nacionales e internacionales, y donde se redefinen permanentemente los espacios que ocupan los grupos sociales y las actividades económicas.

Considerando que las ciudades son hoy el principal escenario de la innovación tecnológica y la competencia económica en el nivel mundial, la ciudad de México no puede permanecer ajena a los cambios que la globalización de la economía y el desarrollo científico y tecnológico están imponiendo en todos los ámbitos. Debe erigirse, aprovechando sus ventajas comparativas, como una ciudad moderna, en un sitio eficiente y altamente productivo, capaz de brindar las mejores condiciones para la operación de las actividades económicas más avanzadas.

No basta sin embargo implantar nuevas tecnologías y actividades económicas modernas para lograr un verdadero desarrollo urbano que llegue a todos sus habitantes. Uno de los retos que se tiene por delante es precisamente el lograr una articulación entre la modernización urbana y la solución de los problemas acumulados que afectan su funcionamiento cotidiano y que repercuten en distintos sectores económicos y grupos de la población.

La ciudad necesita, sin duda, servicios financieros especializados, edificios inteligentes, sistemas de información, parques científicos y tecnológicos y muchas actividades económicas dotadas de tecnologías de punta; pero también sin duda, requiere grandes inversiones que permitan proporcionar servicios urbanos básicos a cientos de miles de familias; políticas capaces de atacar a fondo los problemas ambientales; programas que favorezcan la generación de empleos en ramas económicas menos desarrolladas, y acciones que puedan tener un impacto positivo sobre la calidad de vida de sus ciudadanos.

## **LA CIUDAD DE MÉXICO, HOY**

Los problemas de la ciudad de México, como los de las otras grandes ciudades, no son fáciles de captar, debido a su diversa complejidad y naturaleza. Con frecuencia se ha visto a la ciudad como una suma de distintos componentes estructurales a manera de sistemas independientes, dejando de lado las múltiples conexiones e interacciones que se producen entre los mismos y sin considerar sus denominadores comunes.

Esta percepción resulta limitada, porque la ciudad no es solamente una expresión de sistemas aislados y desarticulados. Si bien existe el reconocimiento de su especificidad y relativa autonomía, nos parece importante no perder la visión de conjunto. Hay que subrayar que la naturaleza y complejidad de la realidad urbana se debe entender desde una perspectiva que permita esclarecer las relaciones y las mutuas interacciones que se producen entre los distintos sistemas y su funcionamiento como una unidad.

En el gremio de los arquitectos estamos comprometidos con la sociedad en su conjunto, y uno de nuestros programas prioritarios derivados de la demanda profesional y social de participación en las decisiones que afectan su calidad de vida, ha sido la integración de secciones delegacionales en cada una de las jurisdicciones administrativas del D.F., propiciando con ello un espacio de reflexión y de asesoramiento tanto a la ciudadanía como a la autoridad.

A continuación, y sin pretender hacer un recuento de todos y cada uno de los problemas que afronta la ciudad, referiremos sólo aquellos que consideramos que por su mayor peso e influencia en el funcionamiento de la urbe, deben ser analizados por las autoridades gubernamentales.

### **.. Base económica.**

El cambio en la base económica de la ciudad es resultado del proceso de reestructuración de la economía nacional, en en que las políticas de desconcentración y las deseconomías generadas por la acumulación de problemas urbanos, han propiciado una reorientación de la base productiva de la metrópoli. Los efectos negativos de esta situación han sido principalmente el cierre y la emigración de algunas empresas, la pérdida de empleos y la reducción de la base fiscal.

### **.. Vivienda.**

Es evidente que la escasez de suelo significa una restricción para acceder a la vivienda. Esto, aunado al insuficiente ingreso de las familias, el escaso y costoso crédito para vivienda, la sobrerregulación adminisitrativa y las restricciones espaciales, provoca limitaciones serias. Sus efectos se traducen en crecientes tensiones sociales provocadas por los demandantes de vivienda con dificultades económicas. De continuar sin cambio esta situación, en los próximos años presenciaremos un incremento en las movilizaciones políticas en torno a este problema, con una menor capacidad para satisfacer las demandas.

### **.. Infraestructura y servicios urbanos.**

La persistencia de los desequilibrios sociales en la ciudad se observa a causa de la desigualdad del ingreso y de los servicios urbanos de los habitantes de la metrópoli. Los niveles de ingreso y la dotación de servicios varían sensiblemente, no sólo entre sectores, sino también entre las entidades que conforman la zona metropolitana de la ciudad de México.

Actualmente, la ciudad cuenta con una amplia infraestructura urbana que la convierte en un espacio económicamente atractivo para el desarrollo económico-social de sus habitantes. En el nivel nacional es la entidad que menos rezagos presenta en cuanto a equipamiento urbano; sin embargo, todavía un sector importante de la población no tiene acceso a sus servicios.

Además, en la dotación de los servicios públicos prevalecen disparidades, en cuanto a cantidad y calidad, entre las distintas zonas de la ciudad. Así, por ejemplo, en algunas partes se reciben hasta 600 litros de agua diarios por habitante, mientras que en otros puntos se consumen tan sólo 20 litros al día por habitante.

## “ **Vialidad.**

Otro fenómeno problemático es el deterioro de la infraestructura vial así como la insuficiencia tanto de ésta como de su organización, lo cual obstaculiza la fluidez de los movimientos diarios que requiere la vida urbana. El tránsito lento, los congestionamientos y los accidentes son sucesos cotidianos que provocan la irritación ciudadana.

Aunado a lo anterior, se debe mencionar que los recursos fiscales orientados a la promoción y ejecución de tales obras viales fueron insuficientes para evitar, por un lado, el deterioro de la infraestructura existente, y por el otro, para ampliar la red, en razón del elevado ritmo de crecimiento de la mancha urbana de la metrópoli.

## “ **Transporte.**

El transporte es uno de los problemas más agudos que enfrentan cotidianamente los habitantes de la ciudad de México. La insuficiente oferta de transporte masivo, la deficiente organización del transporte concesionado, la limitada coordinación metropolitana y la preeminencia del vehículo particular, han provocado un transporte ineficiente, contaminante e inseguro en la ciudad; este problema se ha traducido en altos costos individuales y sociales.

En resumen, el problema de esta área radica en la ausencia de una alternativa de transporte colectivo eficiente, cómodo, funcional y seguro, que coloque a los medios de transporte no contaminante de elevada y mediana capacidad, como elementos fundamentales que den una estructura adecuada al conjunto de los traslados.

El problema del transporte requiere una respuesta eficaz y oportuna para evitar mayores daños al medio ambiente, a la eficiencia económica de la ciudad, y al bienestar social de sus habitantes.

## “ **Contaminación del aire.**

En materia de contaminación del aire, las fuentes generadoras de este problema son el transporte contaminante, las áreas depredadas ecológicamente y las emisiones generadas por la industria y los servicios. Este fenómeno es agravado por ciertas condiciones orográficas del

valle de México y la escasa atención regulatoria en décadas pasadas a las emisiones contaminantes. La mala calidad del aire tiene un impacto negativo en la salud de los habitantes de la metrópoli, afectando su bienestar.

“ **Agua y drenaje.** En cuanto al servicio de agua y drenaje, aún persisten deficiencias en su cobertura y calidad, las cuales han sido provocadas principalmente por los esquemas de organización del mismo. Sin embargo, la sobreexplotación de los mantos freáticos, generada por las crecientes necesidades de agua y el uso irracional del vital líquido, constituye el aspecto más grave del problema. El equilibrio ecológico de la ciudad se verá seriamente afectado si no se establecen con oportunidad y eficacia soluciones a este problema.

No obstante que, en términos generales, la mayoría de la población de la ciudad cuenta con el servicio de suministro de agua, alcanzando su cobertura 97 por ciento en el D.F. y 85 por ciento en el Estado de México, aún existen amplias zonas que carecen de este servicio.

El origen de las deficiencias en la distribución del agua se ubica en buena medida en la insuficiente respuesta institucional en ambas entidades, ya que la problemática se ha atendido desde perspectivas distintas, implantando soluciones parciales en la atención del problema. La ausencia de una efectiva coordinación metropolitana para la gestión del servicio ha ocasionado la duplicación de esfuerzos e inversiones, la desigualdad en la distribución de los recursos y serias disputas intergubernamentales.

En razón de lo anterior, debemos señalar que el problema del abastecimiento, distribución y tratamiento del agua deberá manejarse desde una perspectiva integral, poniendo énfasis sobre todo en el aprovechamiento racional de los recursos hídricos del valle. De continuar explotando las cuencas de manera intensiva, en el mediano y largo plazo existe el grave riesgo de afectar el desarrollo de la ciudad de México.

## “ **Uso del suelo.**

En materia de uso del suelo es importante mencionar que, a partir de su definición, se establece la estructura de territorio de la ciudad. La distribución y las formas de aprovechamiento del suelo tienen impacto principalmente en la economía, el medio ambiente y el bienestar social.

Las presiones del crecimiento poblacional y de los sectores productivos sobre el espacio urbano, han convertido el suelo de la ciudad en un bien escaso y motivo de disputa. La ausencia de mecanismos institucionales adecuados para dirimir el conflicto de intereses entre lo colectivo y lo privado genera problemas en la administración del cambio en el uso del suelo.

Por otra parte, las transformaciones en la economía de la ciudad han generado presión para modificar el uso del suelo en ciertas áreas de la misma con vocación comercial y de servicios, y que son actualmente residenciales. Esta situación se ha tornado conflictiva, debiendo promoverse la revisión y formulación de los mecanismos adecuados de planeación para

resolver el conflicto que surge de los intereses encontrados entre quienes intentan cambiar los usos del suelo y las organizaciones vecinales que se oponen a estos cambios.

La resistencia vecinal se fundamenta, principalmente, en las externalidades que genera el cambio en el uso del suelo, como son los congestionamientos viales, el ruido, los impactos ambientales, etcétera. La perspectiva vecinal no coincide muchas veces con el interés colectivo, contraponiéndose no sólo a otros intereses privados como son los de los inversionistas, sino también al interés público.

El interés particular de algunos sectores, que ha obstaculizado el crecimiento vertical de la ciudad al oponerse al incremento de las densidades en los espacios construidos, también dificulta el desarrollo de obras de interés colectivo, anteponiendo su interés propio al público. El conflicto en el cambio de uso del suelo no radica solamente en la existencia de diversos y encontrados intereses, sino también en la insuficiencia de los mecanismos institucionales para resolver estos cambios.

El procedimiento implementado en el año anterior, ha consistido en la revisión de los correspondientes programas delegacionales, antes llamados planes parciales. En cada una de las delegaciones se establecen los usos del suelo posibles, las densidades habitacionales, las alturas, las intensidades de construcción, las restricciones, la normatividad complementaria, etcétera. Esta revisión ha sido expuesta, ha sido confrontada con la comunidad para que de esta manera se establezca el proyecto de usos del suelo que satisfaga los intereses colectivos, pero también permita un desarrollo armónico en una economía que dé eficiencia y productividad a la ciudad.

Asimismo, se ha observado que la planeación en los usos del suelo tiene un alcance meramente local. Muchos de los planes para el aprovechamiento de territorio han resultado ser fragmentados y desvinculados, ya que no contemplan la continuidad físico-espacial. Así, por un lado encontramos zonas en las que se propone restricciones a su crecimiento y, por otro, zonas donde hay una franca y continua expansión urbana, como sucede en los municipios conurbados. Esto requiere sin duda una visión metropolitana en la planeación del territorio.

## .. **Administración urbana.**

Finalmente, un problema que subyace en la dinámica de la metrópoli para cada uno de sus componentes y funciones es el relativo a la administración metropolitana. A causa de la limitada coordinación entre los gobiernos que integran la zona, la centralización de la toma de decisiones dentro de la estructura de gobierno, el anquilosamiento de los sistemas administrativos, jurídicos y de planeación empleados en la gestión urbana, la baja profesionalización de los cuadros administrativos y la existencia de canales de participación social insuficientemente desarrollados, son factores que han impedido una pronta y eficiente modernización institucional frente a las crecientes demandas sociales y las nuevas realidades de la ciudad.

El explosivo crecimiento urbano ocurrido en décadas pasadas tomó más complejos los problemas de la urbe. Sin embargo, la profundización de algunos problemas y la aparición de otros no se explica solamente por esta expansión, sino también por la rigidez del aparato gubernamental para adaptarse y responder a la dinámica del crecimiento urbano.

La calidad de la gestión gubernamental ha sido afectada por elementos que pueden encuadrarse en dos grandes apartados: el primero tiene que ver con el propio funcionamiento de la gestión pública; y el segundo, con los mecanismos que regulan la interacción entre autoridad y ciudadanos, y que fortalecen o debilitan la respuesta institucional.

Entre los primeros, destacan la desarticulación entre instancias gubernamentales, la centralización de las decisiones y la carencia de una adecuada profesionalización del sector público, y entre los segundos, la ausencia de canales adecuados de representación política y participación social.

A pesar de existir interacciones estrechas entre el D.F. y los municipios conurbados, la zona metropolitana ha carecido de un diseño institucional que permita articular y coordinar esfuerzos para atender problemáticas comunes. Esta situación ha propiciado duplicidades de funciones y recursos, sobreposición de competencias y la omisión de problemas que requieren atención, así como conflictos intra e interinstitucionales que han dificultado el óptimo desempeño de las instancias de gobierno.

Otro de los factores que explican la calidad de la gestión gubernamental es la relación específica que han mantenido los órganos de la administración central con las instancias locales. La centralización ha caracterizado esta relación, no solamente en las interacciones de la federación con las instancias estatales, sino también entre éstas y las instancias municipales y delegacionales.

Las instancias locales no han contado con las suficientes facultades y atribuciones para proponer, decidir y aplicar las políticas necesarias que han de implementarse en sus espacios territoriales. En otros casos, la múltiple concurrencia de los diferentes niveles de gobierno en torno a problemáticas específicas, congestionan y dificultan la toma de decisiones, presentándose situaciones de duplicidad y sobreposición de competencias.

Por otra parte, el bajo nivel de profesionalización de los cuadros administrativos y la burocratización de los procesos para atender y resolver las demandas de la ciudadanía, se han convertido en serios obstáculos que han impedido una oportuna respuesta institucional a las diversas demandas colectivas.

## **Organización.**

Como se dijo con anterioridad, la administración de la ciudad se relaciona directamente con la administración de la ZMCM, la cual se realiza de manera fragmentada y en ella intervienen, además de las autoridades locales, las estatales y federales. Se caracteriza también por un

alto grado de centralización en las decisiones, procedimientos confusos y complicados, labor administrativa lenta, ineficaz y costosa, personal poco calificado y desestimulado, equipo de oficina y técnico obsoleto y con deficiente mantenimiento.

No existe continuidad administrativa pues los mandos intermedios de la organización están sujetos a cambio constante y, en la mayoría de los casos, no actúan con lógica institucional, sino para bien personal.

## “ **Financiamiento.**

El crecimiento de la ciudad y los montos económicos requeridos para cubrir las necesidades que demanda, hacen indispensable revisar y adecuar los mecanismos de captación de ingresos y los criterios de asignación de egresos.

## “ **Participación ciudadana.**

La problemática a la cual se enfrenta la ciudad de México en materia de participación de la comunidad es la descoordinación de la misma, la cual tiene su origen en la falta de una política que, en la esfera nacional, norme las acciones que los diversos organismos deben promover para la participación de la comunidad a escala metropolitana.

La carencia de tal política provoca que no exista congruencia en las acciones, así como la dispersión de las actividades de participación comunitaria, debido a la inexistencia de objetivos y funciones que canalicen la potencialidad participativa de las personas. La desorganización que genera tal situación provoca el desinterés y la pérdida del concurso de la ciudadanía en acciones de participación comunitaria.

La reciente promulgación de la Ley de Participación Ciudadana busca encauzar la participación a través de los consejeros ciudadanos; sin embargo, su permanencia se encuentra en revisión sin conocerse aún la estructura que los sustituirá.

## **LA POLITICA URBANA**

Los elementos descritos, que son la base de la política urbana, se pueden sintetizar de la siguiente manera:

/ En términos demográficos, la ciudad ha visto descender su tasa de crecimiento, aunque en términos absolutos éste es todavía importante. La estructura de edades y los procesos de migración interna y de reestructuración de las actividades urbanas hacen, sin embargo, que la presión sobre los mercados de vivienda y empleo y el crecimiento de las periferias sean todavía de gran magnitud.

/ En términos económicos, la ciudad atraviesa por un proceso de reestructuración de su base económica: la derrama económica del gobierno y la industria manufacturera se reducen,

mientras el sector servicios crece rápidamente. Adicionalmente, por primera vez en varias décadas, las finanzas públicas se encuentran equilibradas y se ha logrado un balance equitativo con el resto del país.

/ El valle de México, soporte geográfico de la ciudad y que en el pasado fuera tan generoso con ella, presenta ya limitaciones para sustentarla reflejadas en la incapacidad del aire para absorber y dispersar las emisiones de vehículos e industria, en la incapacidad de los mantos acuíferos para recargarse a un ritmo superior al de la extracción y en la escasez de suelo apto para el desarrollo.

De lo anterior se desprende una contradicción fundamental: una ciudad con crecimiento demográfico y económico en donde ambos ocupan un lugar físico; una ciudad que se reestructura económica y espacialmente, y todo ello dentro de un valle que presenta ya severas limitaciones. De esta contradicción fundamental, que no puede ser resuelta en términos estructurales, deriva la política urbana de la ciudad.

Los cuatro grandes objetivos son:

- Disminución de las desigualdades
- Contención de la expansión del área urbana
- Mejor utilización del espacio urbano ya construido
- Humanización de las condiciones de vida de la ciudad

#### “ **Disminución de las desigualdades.**

Como cualquier urbe, la nuestra presenta zonas con infraestructura y servicios razonables y otras donde se carece de lo elemental. Zonas con buena accesibilidad y amplia cobertura de transporte, y zonas a las que es difícil llegar o de las que es difícil salir, y cuyos medios de transporte son caros, ineficientes y contaminantes.

Aunque estos desequilibrios en la ciudad sólo afectaran a las familias que viven en las zonas más atrasadas, este sería suficiente motivo para que se convirtieran en la preocupación central del gobierno. Es decir, por razones de justicia social se debe realizar el esfuerzo. Sin embargo, en una ciudad tan compleja como la nuestra, en donde muchas cosas interactúan con otras, las carencias en un sector de la urbe afectan también al medio ambiente y al funcionamiento global de la misma.

#### “ **Contención de la expansión urbana.**

El segundo criterio en materia de desarrollo urbano ha sido la contención del crecimiento en las zonas más críticas. La expansión horizontal de la ciudad conlleva costos económicos y

ambientales muy altos debido a las fuertes pendientes, la pérdida de bosque, la ocupación de zonas inundables, el deterioro de cauces y barrancas, la obturación y contaminación por drenajes de los mantos acuíferos.

Durante más de una década, se ha intentado detener el crecimiento del área urbana con acciones de planeación consistentes en la declaratoria de las zonas de conservación y en la expedición de licencias de uso de suelo y construcción con base en los programas parciales que limitan el crecimiento en dichas zonas. Estos instrumentos han contribuido mucho a detener la expansión; sin embargo, la presión demográfica y los intereses legítimos e ilegítimos por usufructuar el suelo a valor urbano han provocado la pérdida de áreas que no se debieron urbanizar.

Resulta difícil frenar la urbanización en terrenos de propiedad privada o social únicamente prohibiendo su utilización. En muchas ocasiones esta prohibición reglamentaria ocasiona su urbanización ilegal, ya que los propietarios utilizan este medio como la única salida para dar valor a su patrimonio debido a que no los pueden usufructuar pero tienen que mantenerlos y pagar sus impuestos.

Por ello, se ha seguido la política de expropiar los terrenos privados o de propiedad social que se encuentran más sujetos a presión. El objetivo es conformar un sistema de parques y un verdadero cinturón verde de propiedad pública alrededor del área urbana.

Además de las acciones tradicionales de vigilancia y conservación de las zonas protegidas, este trabajo de consolidación del cinturón verde deberá continuar durante toda la década de los noventa y ampliarse al Estado de México, con el fin de contar con un cinturón verde de 30 mil hectáreas que permita lograr el control de la expansión urbana.

### **“ Mejor utilización del espacio urbano ya construido.**

El tercer gran objetivo de desarrollo urbano consiste en lograr una utilización más racional y eficiente del espacio urbano ya construido.

Finalmente, aun con todos sus problemas, la ciudad de México tiene un enorme capital invertido en la infraestructura, los servicios y los edificios con los que ya cuenta.

Aunque el valle de México no tuviera limitaciones de espacio -que sí las tiene-, una ciudad relativamente pobre como la nuestra no puede darse el lujo de expandir excesivamente su infraestructura.

Es cierto que en las ciudades donde hay espacio y recursos, como es el caso de las norteamericanas, se producen patrones de urbanización de baja densidad con gran profusión de espacios abiertos y con una infraestructura de calles y vías rápidas sumamente completa y eficiente; sin embargo, en nuestra ciudad no contamos ni con el territorio ni con los recursos.

Los aumentos de densidad para la vivienda se hicieron necesarios porque los programas parciales contenían una contradicción fundamental: por un lado impedían la expansión territorial del área urbana, pero por el otro contenían densidades muy bajas incluso en las áreas centrales.

Sin embargo, las medidas fiscales y administrativas no son suficientes para lograr la reutilización del espacio urbano. Existen zonas en las que la dinámica de deterioro, pérdida de población y actividad económica es tan acentuada que se requieren acciones energéticas de largo plazo para revertirla.

En este sentido se ha tenido una doble estrategia. Por un lado, abrir nuevas zonas de desarrollo para absorber la presión inmobiliaria y ordenarla, y por el otro, inducir un proceso de recuperación de las zonas centrales que en las últimas décadas se han despoblado y deteriorado económicamente.

La segunda parte de esta estrategia ha consistido en regresar el desarrollo al centro, que ya no parece atractivo. No es fácil, ya que las leyes del mercado y las preferencias sociales juegan en sentido opuesto migrando hacia la periferia y en mucho hacia el poniente.

Se ha tratado de revertir gradualmente esta tendencia de despoblamiento y abandono de las zonas centrales regresando el desarrollo inmobiliario a los sitios que fueron abandonados con los años. La clave para que esta estrategia tenga éxito es que no sólo se pueda invertir en la construcción y regeneración de las oficinas, el comercio y los hoteles, sino que construya y rehabilite la vivienda. Cuando las clases medias estén dispuestas a vivir en el Centro Histórico o en las colonias que lo circundan, se podrá decir que esta política funciona.

### **.. Humanización de las condiciones de vida de la ciudad.**

El último gran objetivo de la política urbana de la ciudad de México es más difícil de describir. Consiste en un esfuerzo deliberado y sistemático por conseguir las ventajas de las grandes ciudades. Ventajas que compensan en buena medida los costos que tales urbes nos hacen pagar.

Se trata de mantener los símbolos de la ciudad, de regenerar sus espacios abiertos y crear otros nuevos, de mejorar su imagen urbana y su arquitectura, de lograr un patrón de actividades culturales y recreativas para todos los sectores sociales, para todas las edades y para todos los grupos con intereses especiales incluyendo los minoritarios. Además de un programa, se trata de una actitud, que debe ser del gobierno de la ciudad pero también de los particulares y de las distintas comunidades.

Finalmente, y a modo de conclusión, debemos estar conscientes de que la manera en que evolucione la ciudad a partir de la toma de decisiones individuales tendrá mucho que ver con nuestro futuro.



## EL CONCRETO RESPONDE AL RETO

### LAS TORRES GEMELAS PETRONAS DE MALASIA\*

Hamdan Mohamad\*\* y Stephen Tong\*\*\*

***¿Cómo se proyectaron las edificaciones más altas del mundo, las Torres Gemelas de Kuala Lumpur, que se elevan 450 metros en el cielo de la capital de Malasia? La solución estructural adoptada luego de exhaustivos estudios y análisis de opciones es fundamentada y explicada aquí por responsables de la ingeniería de la obra.***

Con una superficie útil de 1.8 millones de m<sup>2</sup>, el Centro Ciudad Kuala Lumpur es un desarrollo mixto que está compuesto de oficinas, tiendas, instalaciones para entretenimientos y recreación, hoteles, apartamentos e instalaciones para estacionamiento. Las Torres Petronas, con una altura de 450 m hasta los extremos de las antenas, son actualmente las dos edificaciones más altas del mundo y han creado un elegante monumento para Kuala Lumpur (figura 1). Cada torre contiene aproximadamente 185 mil m<sup>2</sup> de área total en 88 pisos ocupados.

La selección del sistema estructural principal y de la cimentación para las edificaciones de muchos niveles de la magnitud de las Torres Gemelas Petronas involucró a un grande y variado equipo de proyecto. Los parámetros de seguridad y de comodidad para los ocupantes fueron de suma importancia. Casi la misma relevancia tuvieron el costo, la facilidad para su construcción, el programa y la conveniencia para la realización dentro del entorno local, social, industrial y económico.

El esquema resultante del núcleo y tubo cilíndrico de concreto ofrece eficiencia estructural, comportamiento dinámico y facilidad de construcción, con una mínima obstrucción y una máxima flexibilidad en los pisos de oficinas para arrendamiento.

#### **Sistemas alternativos**

El equipo formado para el proyecto y diseño revisó cinco opciones para el sistema estructural principal de las torres. Cada uno de los sistemas alternativos principales fue revisado en cuanto a facilidad de construcción, economía, apego a las restricciones arquitectónicas y a la comodidad de los ocupantes. Los cinco sistemas que se revisaron fueron:

- “ el sistema con núcleo de servicios de acero estructural y tubo cilíndrico de acero estructural (columna y viga perimetral de anillo);
- “ el sistema de núcleo de servicios de concreto y tubo cilíndrico de acero

estructural compuesto con concreto;

• el sistema con núcleo de servicios de acero estructural y tubo cilíndrico de acero estructural compuesto con concreto;

• el sistema con núcleo de concreto y tubo cilíndrico de acero estructural compuesto encamisado con concreto; y

• el sistema de núcleo de concreto y tubo cilíndrico de concreto.

El estudio detallado de los esquemas antes citado condujo a la conclusión de que la última opción -sistema de núcleo de concreto y tubo cilíndrico de concreto- presentaba ventajas sobre los otros sistemas. El sistema de marcos de concreto ofrecía las siguientes ventajas:

1. El concreto es extremadamente eficiente cuando actúa en compresión. Las columnas de concreto, especialmente de concreto de alta resistencia, soportan carga vertical a un costo por carga unitaria que es una fracción de la del acero.
2. Los miembros de concreto tienden a ser masivos, es decir, de un volumen mayor que el acero. En columnas perimetrales, los miembros con un diámetro suficiente para soportar la carga vertical, tienen también rigidez considerable a la flexión. Estas columnas participan más eficientemente en el sistema que resiste al viento que miembros menores de acero.
3. Los muros del núcleo de concreto funcionan para un doble trabajo, como muros permisibles contra fuego y como miembros portadores de carga en cuanto a cargas verticales y laterales.
4. Las vigas de anillo de concreto permiten una conexión fácil a las columnas de concreto y agregan una considerable rigidez al sistema que resiste al viento. Se puede bombear y colar las trabes en forma monolítica con las columnas que emplean cimbras combinadas sin un incremento de tiempo considerable.
5. Los sistemas de concreto para resistir la carga lateral tienen valores de amortiguación interna superiores a los de los sistemas de acero equivalentes (hasta 2 por ciento de amortiguación crítica para el concreto contra 1 a 1.5 por ciento de amortiguación crítica para el acero). La respuesta dinámica de una edificación de concreto será inferior para cualquier condición dada del viento y, por lo tanto, ofrecerá una condición de mayor comodidad para los ocupantes del inmueble.

6. Dentro de los límites, la masa creciente de edificación (peso) alarga el periodo del edificio y mejora la comodidad de los ocupantes. El núcleo, las columnas y las vigas de anillo de concreto proporcionan más masa que el marco de acero.

7. El concreto estaba disponible localmente a un costo relativamente bajo.

8. El abastecimiento local estaba limitado para secciones de acero de esta magnitud. Las grandes secciones de acero estructural deberían importarse.

9. Cualquiera de los sistemas de acero propuestos requiere amortiguamiento adicional, posiblemente en forma de dispositivos de amortiguación mecánicos, que se agreguen a la edificación para mantener las aceleraciones dentro de límites aceptables. Tales dispositivos habrán tenido implicaciones de costo y de espacio.

10. El sistema escogido, la solución de núcleo y tubo cilíndrico de concreto, satisface o excede todos los parámetros y requerimientos de diseño para el proyecto.

En resumen, el sistema estructural del núcleo y del tubo de concreto con losas de piso aprovecha las mejores propiedades de cada material. El concreto proporciona capacidad económica de carga vertical y resistencia superior a la carga lateral, amortiguación interna y masa útil. El acero para las losas ofrece construcción económica y rápida de losas sin relleno y un programa flexible para la colocación del concreto.

### **Sistema estructural**

Se adoptó un sistema compuesto que explota las ventajas tanto del acero como del concreto para resolver los retos de las Torres Gemelas Petronas. El equipo encargado del proyecto, una vez que hubo estudiado los sistemas optativos, diseñó un marco estructural económico y construible capaz de resistir cargas tanto verticales como laterales para las edificaciones gemelas, las cuales están sujetas a fuerzas de viento con una velocidad de viento para diseño de 35.1 m/s en velocidad pico de ráfagas de tres segundos a 10 m arriba del suelo para un periodo de retorno de 50 años. La edificación resultante tiene una densidad de alrededor de 260 kg/m<sup>3</sup>. Aproximadamente un millón de metros cúbicos de concreto reforzado con 20 mil toneladas de acero estructural laminado se utilizaron para el sistema de piso construido en cada una de las torres.

El sistema estructural consta de nueve componentes principales:

1. La cimentación para cada torre está compuesta de un cajón de 4.5 m de peralte soportado sobre pilotes de fricción de 1.2 x 2.8 metros. Cada torre está soportada sobre 104 pilotes que varían en profundidad desde 40 hasta 105 m abajo del nivel del cajón. El cajón está localizado a una profundidad de 19 m

abajo del nivel del terreno natural.

2. El núcleo de concreto, que mide 23 x 23 m, tiene muros -de espesores que varían desde 0.750 hasta 0.350 m- de concreto con una resistencia a la compresión característica de 800 a 400 kg/cm<sup>2</sup>. En los muros transversales interiores del núcleo no se permitió que se efectuara ninguna abertura, lo cual contribuye en forma importante a la rigidez lateral.

3. Dieciséis columnas de concreto colado en el lugar, con una separación de 8 a 9 m entre una y otra, forman el marco perimetral circular con un diámetro de 46 m en su base. Las columnas varían desde 2.4 m en la base hasta 1.2 m de diámetro en la parte superior. Conectados a estas 16 columnas por medio de vigas, hay anillos de concreto de varios tamaños, tanto con acartelamiento como sin éste (figura 2).

4. El sistema de tubo de concreto cilíndrico circular con un diámetro aproximado de 23 m está compuesto por columnas de concreto circulares y vigas, y los anillos forman el marco de Bustle. Las columnas varían en diámetro desde 1.2 hasta 1.4 metros.

5. Los pisos en voladizo, triangulares y semicirculares en planta, forman el perfil de planta de la torre. Armaduras de acero en voladizo y sujetadas rígidamente con pernos a las columnas, soportan este sistema de piso compuesto en voladizo.

6. El sistema de piso compuesto de acero estructural convencional tienen vigas de acero laminado de 457 mm de peralte, espaciadas aproximadamente a 2.8 m en el centro. Una losa de 115 mm de espesor, que comprende losacero de calibre 20 de 51 mm de altura y 63 mm de capa final del concreto, se apoya entre las vigas. El sistema de piso es soportado por el núcleo de concreto colado en el lugar y el marco de concreto cilíndrico perimetral.

7. Cuatro muros de transferencia enlazan el núcleo al tubo cilíndrico en las cuatro esquinas del núcleo en el piso 38, que es un entepiso mecánico de doble nivel. Estos muros de concreto reforzado cuentan con aberturas para el paso de ductos mecánicos. La liga del tubo cilíndrico perimetral con el núcleo logra participar en el ancho total de la edificación para resistir fuerzas laterales y mejorar la eficiencia del sistema estructural total.

8. Una antena en forma de aguja de acero inoxidable de 140 toneladas métricas, de 75 m de alto, se erigió sobre la parte superior de cada "cúspide" de edificación (figura 3). Una bola de acero inoxidable se asienta en la parte superior de la antena con una serie de 14 anillos de acero inoxidable que forman otra bola de 1.8 m de diámetro a media altura de la antena.

9. El "Skybridge" de 560 t, una estructura de puente de dos niveles para peatones, conecta las dos torres (figura 4). El puente se localiza entre los niveles 40 y 43 de las torres, con un claro aproximado de 48 metros. El "Skybridge" es un sistema de marco estructural de arco de tres articulaciones. La sección media del "Skybridge" se soporta con puntales que se extienden hacia abajo hasta el puente de soporte en el nivel 29 de cada torre. Las piernas se fabrican con tubos redondos con una contraflecha para compensar la flexión por el propio peso y para reducir esfuerzo importante a causa del efecto de la fuerza de flexión. Los soportes, que proporcionan libertad de desplazamiento en la ubicación y dirección apropiadas, son componentes clave del diseño del "Skybridge", a causa de los severos movimientos de las estructuras de soporte de la torre inducidos por el viento.

Las resistencias del concreto para el núcleo y las columnas de tubo cilíndrico de concreto varían desde 800 kg/cm<sup>2</sup> en los sótanos hasta 400 kg/cm<sup>2</sup> en la parte superior. A causa de la masa requerida para reducir al mínimo el volteo y el movimiento percibido, los esfuerzos del concreto son generalmente bajos. Sin embargo, se requiere concreto de alta resistencia para dar un módulo de elasticidad de hasta 470,000 kg/cm<sup>2</sup>, a fin de obtener incremento en la rigidez y la capacidad de compresión.

### **Cargas verticales**

Las cargas vivas y las cargas muertas para todos los pisos se calcularon de acuerdo con las recomendaciones de reglamentos locales.

Las reducciones de carga viva, de conformidad con el reglamento, se aplicaron también en el diseño del sistema de cimentación y de los elementos verticales.

El diseño de vigas se verificó cuidadosamente en cuanto a deflexiones por carga viva. Se emplearon los criterios que siguen:

• deflexiones de viga y de trabe:

< 1/360 de la longitud del claro

• deflexiones de losa sobre la losa acero:

< 1/240 de la longitud del claro

• deflexiones del muro de borde:

< 15 mm

### **Cargas laterales**

Una prueba de túnel de viento fue parte de un estudio extenso del sistema propuesto para la edificación y la estructura. El comportamiento de la torre con diferentes cargas de viento fue estudiado haciendo uso de un modelo de equilibrio de fuerza de alta frecuencia.

Al trabajar en paralelo con análisis de computadora estáticos y dinámicos de tres dimensiones, la prueba de túnel de viento respondió en cuanto a las propiedades estructurales, la masa y el amortiguamiento de la edificación en los estudios de viento. La prueba confirmó que el estudio estructural proporciona amplia resistencia a todas las cargas de viento esperadas. El diseño también recibió una alta clasificación de rendimiento por capacidad para eliminar virtualmente la percepción de los movimientos y aceleraciones por viento. Los resultados a partir del modelo de equilibrio de fuerzas indicaron que los pisos superiores experimentarán una aceleración pico correspondiente al periodo de retorno de 10 años del orden de 2 por ciento g, lo cual está dentro de los criterios internacionales aceptados.

Se emplearon análisis múltiples e independientes de computadora, estáticos y dinámicos de dos y de tres dimensiones, en la determinación de la viabilidad del sistema estructural propuesto. El modelo de computadora utilizó la opción de nudo maestro y esclavo para modelar el diafragma de piso de la estructura. Las columnas, vigas y muros de núcleo se modelaron utilizando la opción de marco como elementos, con sus respectivas rigideces de flexión, torsión y cortante. Se emplearon dos juegos de maestro y esclavo. La torre, es decir el núcleo y el marco perimetral formaron un juego, mientras que otro juego describió el modelo de Burtle. Entre ellos, estos juegos de maestro y esclavo se enlazaron por vigas de enlace con su respectiva rigidez modelada.

Las cargas de viento apropiadas indicadas por la prueba de túnel de viento se aplicaron a las juntas maestras en cada una de las direcciones principales de los ejes X, Y y Z de la torre. A partir de los estudios con computadora y los resultados obtenidos por la prueba de túnel de viento, se estableció la envolvente de carga lateral para el diseño de todos los elementos estructurales. Se preparó un modelo de comparación en forma concordante. El núcleo de este modelo fue modelado como un marco en lugar de un elemento sencillo equivalente. Los paneles de muro de núcleo se modelaron como columnas y las vigas de acoplamiento como vigas que ligan a las columnas equivalentes. Para tomar en cuenta el "espesor" de los paneles de muro (en una dirección), los extremos de vigas en acoplamiento se consideraron infinitamente rígidos en las dimensiones apropiadas. Este modelo de comparación se corrió en forma similar con la carga de viento recomendada y los resultados se compararon con una diferencia máxima de diez por ciento uno respecto a otro.

Se compararon juegos paralelos de modelos para hacer válidas las soluciones derivadas de computadora. Los desplazamientos estáticos y los perfiles de modo dinámico a partir de dos juegos de análisis estuvieron muy cercanos. Los desplazamientos totales, los perfiles modales y las frecuencias naturales difirieron en menos de diez por ciento.

Los periodos para los modos laterales primarios están en el orden de nueve segundos. El

primer modo torsional tiene un periodo de alrededor de seis segundos. Los desplazamientos del piso más alto ocupado de la construcción dieron por resultado un índice de desplazamiento de entrepiso de 560.

Las 16 columnas perimetrales comienzan la pendiente hacia adentro hasta el interior en tres secciones de la torre, y éstas se modelaron otra vez para estudiar el efecto localizado de puntal y amarre en estos pisos; es decir, los niveles 57 a 60, 70 a 73 y 79 a 82 (figura 5).

La antena de la torre se estudió al principio en forma independiente, pero en la fase final se combinó con el modelo de computadora completo para estudiar los efectos totales.

El modelo global de ambas torres, con inclusión del Skybridge, se estudió también empleando el modelo simplificado de "barra-núcleo". Varias combinaciones de condiciones de soporte del Skybridge condujeron al sistema estructural de tres articulaciones para el mismo. Esta estructura, con los soportes en las torres que están sin restricción, elimina las fuerzas laterales localizadas en los pisos de apoyo disminuyendo los costos que se podrían presentar.

### **Acortamiento diferencial**

Por causa de deformaciones elásticas, flujo plástico y contracción, la magnitud de deformación de la columna de tubo cilíndrica es ligeramente mayor que la del núcleo. Las resistencias, los módulos de elasticidad y otros factores del concreto que afectan los cambios volumétricos de corto y de largo plazo se seleccionaron para reducir al mínimo este acortamiento diferencial. Se desarrolló un programa de computadora para analizar la necesidad de la compensación de deformación vertical en las columnas y el núcleo por causa de acortamiento diferencial, primariamente durante la construcción. Un sistema de mediciones continuas durante la construcción proporcionó información de entrada para ajustar las constantes y actualizar los resultados del análisis con el fin de proporcionar información a los contratistas.

El diseño tuvo en consideración los esfuerzos de flexión impuestos sobre los muros a causa del acortamiento diferencial entre el núcleo y las columnas, además de los efectos subsecuentes de relajación en el muro de transferencia a causa del flujo plástico atribuido a esfuerzos de compresión por flexión.

### **Cimentación y geología del sitio**

A causa de la alta relación de esbeltez y de la interconexión estructural de las torres, fue imperativo reducir al mínimo el asentamiento diferencial, hasta menos de 12.7 mm a través de la base de las torres. El cumplimiento de este requerimiento restrictivo fue técnicamente un desafío debido a las condiciones ya conocidas del sitio geológico. Los suelos de aluvión hacen que se depositen arena y arcilla que contienen agua, en espesores variables, seguido de formaciones de piedra caliza que varían extremadamente respecto a la elevación de la superficie (elevaciones de roca que varían 140 m sobre una distancia de menos de 50 m). Los

límites de terreno se hallan con frecuencia sobre superficie con zonas erráticas de hundimientos, en donde el material se ha ablandado y ha sufrido erosión dentro de cavidades de piedra caliza. Con la geología anticipada y con la meta de reducir al mínimo el asentamiento diferencial, se estudiaron varios conceptos de diseño de cimentación.

Se hicieron más de 400 perforaciones en el sitio para obtener datos geotécnicos exactos para el diseño de la cimentación. A causa de las irregularidades de la piedra caliza, los pilotes que se apoyan en su extremo encajados en la piedra caliza se juzgaron inadecuados y en su lugar se recomendaron pilotes de fricción dentro de la formación de suelo. Sin embargo, esta solución requirió el cambio de la torre a unos 50 m de su posición planeada originalmente. El diseño final adoptado para la cimentación de las torres gemelas consistió en un cajón de 4.5 m de espesor soportado sobre pilotes de fricción.

Todas las cavidades de la piedra caliza encontradas a una profundidad de 150 m dentro de la planta de las torres y todas las zonas de hundimientos en los límites de la formación del suelo y la piedra caliza se trataron por inyección de lechada a presión.

La plataforma entera comprende seis niveles (19 m de profundidad) en los cuales se retuvo por un muro diafragma de 38 m de profundidad y de 0.8 m de espesor que corre en una longitud de 970 metros. Las columnas fuera de la proyección de las torres, que soportan los sótanos y el estacionamiento, se cimentaron sobre zapatas corridas.

## **Construcción**

El propietario otorgó la construcción de las torres gemelas a dos contratistas, uno por torre. Ambos contratistas utilizaron cimbras deslizantes para la construcción de muros de núcleo y cimbra movida por medio de grúa para las columnas perimetrales.

Las vigas de piso se montaron con grúas. La conexión simple de cortante entre todos los elementos de acero y de concreto hicieron sencilla su construcción. Los muros de transferencia del nivel mecánico intermedio se terminaron al final de la construcción. Esto ayudó a reducir al mínimo los esfuerzos y la resistencia al acortamiento diferencial entre el núcleo y las columnas.

Los trabajos de cimentación empezaron en mayo de 1993 y terminaron en febrero de 1994, e inmediatamente después comenzó la construcción de la superestructura. La construcción fue capaz de mantener un ciclo promedio de cuatro días por piso, con lo cual la estructura se terminó de acuerdo con el programa.

## **Conclusión**

Una estructura con núcleo y tubo cilíndrico de concreto proporcionó una solución segura, elegante, eficiente y construible para el reto de proyectar las edificaciones más altas del mundo, las Torres Petronas. La solución estructural combina la rapidez de montaje de la

construcción de concreto, la flexibilidad para el cambio futuro y la eficiencia en cuanto a los claros del sistema de piso, y la buena respuesta de aceleración dinámica de un sistema resistente a cargas laterales de concreto colado en el lugar.

*Propietario/Arquitecto:* Kuala Lumpur City Centre Bhd

*Arquitecto (consultor):* Cesar Pelli and Associates Inc.

*Ingenieros:* Ranhill Bersekutu Sdn Bhd, con Thornton-Tomasetti Engineers, USA

*Fecha de servicio:* Enero de 1997.



# LIMPIEZA DE SUPERFICIES DE CONCRETO\*

***Kurt Hermann***

***Las superficies manchadas de concreto se pueden limpiar, pero para garantizar los resultados hay que saber cuál es el género de limpieza y el procedimiento adecuado en cada caso. Para ello, nada mejor que leer este artículo y otros que le seguirán, pues contienen todo lo que hay que conocer sobre el tema.***

La limpieza debe hacerse de manera que se elimine la suciedad sin descuidar el concreto. La estructura y el color de las superficies limpiadas no deben diferir de las superficies no tratadas. En principio, se pueden utilizar tres métodos de limpieza:1

- procedimientos mecánicos (raspado, frotado, cepillado, etcétera);
- limpieza por lavado (ablandado de la mugre y su eliminación con agua);
- limpieza por disolución (disolución, absorción).

A veces se combinan los tres métodos o se utilizan uno después de otro.

## **Manchas sobre las superficies de concreto**

Sobre las superficies de concreto se depositan hollín, polvo, arena, partículas de caucho, materias grasosas, etcétera. También se agregan con frecuencia eflorescencias por cal sobre elementos de concreto recién terminado, manchas de herrumbre, microorganismos, plantas, así como productos de la reacción de la pasta de cemento con compuestos del aire.

Al principio, estos depósitos sólo dañan por lo regular el aspecto de los elementos de concreto, pero no reducen directamente la capacidad funcional ni la durabilidad de los mismos. Incluso ciertas capas de suciedad se transforman en capas protectoras (pátina). Sin embargo, estas costras pueden contener igualmente materias contaminantes que dañan los materiales que recubren. Mientras más rápidamente se elimine una mancha, las probabilidades de éxito serán mayores. Las manchas antiguas se pueden extender en la superficie o penetrar en profundidad y, con frecuencia, están sólidamente ligadas a la pasta de cemento endurecido, con la cual reaccionan a veces, con efectos tales que se vuelve más difícil su limpieza. Por otro lado, sucede en ocasiones que se forman mezclas con las manchas que ya había antes en el concreto, con el resultado de que una vez que se elimina la mancha, el concreto queda en ese lugar más claro que la superficie no lavada.

## **Criterios para la elección de los métodos de limpieza**

Por lo regular, se debe escoger el procedimiento que permita obtener el efecto deseado por los medios menos agresivos, y que no ataque, o que ataque muy poco, la pasta de cemento

endurecido. Además, hay que tener cuidado de que otros elementos que se encuentren en las proximidades y estén hechos de madera, vidrio, aluminio o material plástico, al igual que los materiales de las juntas, puedan protegerse si están en riesgo de ser atacados. No hace falta decir que las personas que realizan la limpieza deben estar siempre fuera de peligro, así como otras personas, plantas o animales que se encuentren en el entorno inmediato. La evacuación del agua, la arena, el polvo, etcétera, provenientes de la limpieza, debe realizarse de acuerdo con lo previsto por la legislación. Antes de utilizar por primera vez un procedimiento para resolver un problema de limpieza, será necesario hacer una prueba en un lugar poco visible. Si se tratara de una prueba por un método húmedo, no se podrá juzgar la eficacia del procedimiento hasta por lo menos una semana después.<sup>2</sup>

Los procedimientos basados en la utilización de una combinación de solventes o de productos químicos, o inclusive ambos, son bastante conocidos como forma de eliminar muchos tipos de manchas sobre las superficies de concreto. Esto se tratará en el próximo número.

En la lista que sigue figuran diferentes procedimientos de limpieza en orden creciente de eficacia y, para las manchas no identificadas, se aconseja utilizar el primero que permita obtener el efecto deseado.<sup>2</sup>

- Frotamiento en seco con un cepillo duro
- Humedecimiento de la superficie, frotamiento en seco con un cepillo duro, lavado con chorro de agua a baja presión
- Limpieza con un chorro de agua o de vapor a alta presión
- Productos químicos de limpieza (por ejemplo, ácidos o bases)
- Sopleteado con arena u otro abrasivo
- Limpieza con soplete

Al menos los dos últimos de estos procedimientos erosionan más o menos fuertemente el concreto, lo que obliga generalmente a aplicar enseguida un revestimiento o a tomar otras medidas. Algunos de los principales procedimientos no químicos para la limpieza de las superficies de concreto figuran en el cuadro 1.

Para las superficies de concreto delicadas se aconseja utilizar procedimientos cuyo grado de agresividad aumenta más lentamente:<sup>4</sup>

- Agua con cepillo suave
- Agua con jabón suave
- Agua con jabón fuerte
- Agua con jabón más fuerte y amoníaco
- Agua con jabón más fuerte y vinagre

Si eso no sirve, será necesario recurrir a productos más fuertes.

### **Limpieza por métodos húmedos**

La limpieza con agua es uno de los procedimientos que maltratan menos el concreto. Es eficaz sólo cuando las manchas están únicamente en la superficie del concreto y han sido fijadas allí por compuestos solubles en agua, como es el yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ). (El yeso resulta de la reacción del hidróxido de calcio  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  salido del agua contenida en los poros del concreto, con el dióxido de azufre  $[\text{SO}_2]$  contenido en el aire.)

Aquí, son igualmente posibles diferentes grados de limpieza:

- Limpieza con agua fría sin presión
- Limpieza con agua fría bajo presión
- Limpieza con agua caliente sin presión
- Limpieza con agua muy caliente (vapor)

Para la limpieza con agua bajo presión, se encuentran en el mercado boquillas planas y sistemas de descarga especiales.<sup>5</sup> También se pueden utilizar chorros de agua a presión elevada para quitar las capas de concreto de más o menos gran espesor. El efecto limpiador de los diferentes procedimientos puede ser mejorado por la adición de jabón o de otros tensioactivos (agentes de superficie), particularmente para la eliminación de manchas superficiales grasosas. Cuando el agua no es suficiente para eliminar la materia manchante ablandada, con frecuencia se indica el cepillado.

### **Procedimientos mecánicos y térmicos de limpieza**

Existen numerosas variantes de los procedimientos mecánicos de limpieza. Todos ocasionan una pérdida más o menos grande de materia, lo cual daña la superficie, y se da el caso de que ésta queda de tal manera que sufre nuevas manchas. Se utilizan generalmente:<sup>2,6</sup>

Limpieza a mano con

- cepillo o escoba
- vidrio celular
- lija resistente al agua

Limpieza mecánica con

- cepillo circular
- fresas
- discos de corindón

## Limpieza por proyección con

- arena
- arena húmeda
- granos
- chorro de agua bajo presión
- chorro de agua bajo presión combinado con arena
- limpieza térmica
- sopleteado con boquilla especial

Se pueden eliminar numerosas manchas pequeñas frotando simplemente con un cepillo duro no metálico, con piedra pómez fina o con vidrio celular. Este tipo de frotamiento puede también servir como medio auxiliar para las limpiezas por el método húmedo. Si se realiza como es debido, este frotamiento no daña para nada la superficie del concreto. No obstante, no hay que emplear cepillos mecánicos (acero o latón), porque las partículas finas de metal pueden ocasionar cambios de color.

El sopleteado con arena 2, 3, 7 se presta a la eliminación de numerosas impurezas que no han penetrado profundamente en la pasta de cemento endurecido. Este tratamiento con abrasivo pulveriza y quita las partículas de mugre así como también una parte de la capa superficial. Por ser numerosos los abrasivos disponibles (escorias de alto horno, carburo de silicio, arena de cuarzo, cáscaras de nuez, etcétera), se puede elegir el método de sopleteado que perjudique lo menos posible el soporte. El sopleteado, sin embargo, es poco apreciado como procedimiento de limpieza porque, a pesar de todas las precauciones, es inevitable la pérdida de materia, las superficies se vuelven rugosas y, por lo tanto, más expuestas a la influencia del medio ambiente. Además, este procedimiento genera mucho polvo y ruido, lo que exige amplias medidas de protección.

El sopleteado húmedo es menos agresivo que el sopleteado en seco. 2, 3, 7 Aunque se utilicen en parte los mismos abrasivos que para el sopleteado en seco, las tensiones sufridas por las superficies son menores, y se produce menos polvo. Con la limpieza térmica, mediante soplete especial 2,6 con flama de oxiacetileno, la superficie del concreto se somete a tal tensión que la zona superior se disgrega y se separa parcialmente. Las partículas de caucho, así como las manchas de aceite y otros compuestos orgánicos se eliminan bien, ya que se quemán.

### **Procedimientos químicos de limpieza en general**

La literatura especializada nos informa de una gran variedad de productos químicos que permiten eliminar ciertas manchas de la superficie del concreto. Podemos agregar productos que existen en el mercado y que se han perfeccionado para aplicaciones determinadas.

Esta variedad puede tener sus riesgos, y exige gran prudencia de parte de los usuarios, así como protección de las personas que los aplican; una utilización inapropiada puede causar daños irreversibles. Para evitar esto, es necesario llamar a especialistas, o informarse bien en las publicaciones especializadas. Los colaboradores no experimentados deben ser cuidadosamente puestos al corriente de su nueva tarea.

El efecto producido por los productos químicos sobre las manchas puede ser muy diverso. En general, los ácidos reaccionan químicamente de manera parecida con la superficie del concreto. Con frecuencia, los productos alcalinos y los tensioactivos no disuelven las manchas sino que las emulsionan, es decir, les dan una forma que permite eliminarlas por lavado.<sup>6</sup>

Para muchas utilizaciones de productos químicos, la manera de proceder es casi siempre parecida: se humedece cuidadosamente la superficie a fin de que los productos químicos aplicados enseguida con atomizador o con brocha no penetren muy profundamente. De inmediato se enjuaga con mucha agua, después de un tiempo de reacción que debe ser lo más breve posible. Puede ser necesario repetir varias veces estas operaciones.

### **Productos de limpieza ácidos**

En el momento de utilizar ácidos, es particularmente importante el humedecimiento previo del concreto, ya que la mayor parte de los ácidos reaccionan con la pasta de cemento endurecido. Por la misma razón, una vez que ha terminado la limpieza, es necesario enjuagar hasta que el agua de lavado sea casi neutra. Las pruebas de neutralización con atomizador de las soluciones alcalinas no son aconsejables, pues es imposible conseguir una dosificación precisa.<sup>3</sup>

Los ácidos más frecuentemente utilizados son los siguientes: ácido muriático, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, ácido oxálico, ácido acético y ácido fórmico.<sup>7</sup> En caso necesario hay que tomar en consideración que el ácido muriático y el ácido sulfúrico provocan la formación de iones de cloruro o de sulfato, los cuales favorecen la corrosión del concreto. Por razones de seguridad, se debe renunciar a la utilización de ácido fluorhídrico.<sup>3</sup> Los ácidos permiten por lo regular eliminar las eflorescencias. Se aconseja utilizar ácido muriático diluido. El empleo de ácido fosfórico o fórmico a 15 por ciento es igualmente posible. El ácido es pulverizado sobre el soporte previamente humedecido, o repartido regularmente con una esponja o una brocha. Después de tres a cinco minutos (fin de la formación de la espuma), se enjuaga a fondo y se cepilla eventualmente con un cepillo duro. En caso de fuertes eflorescencias, puede ser necesario repetir este tratamiento.<sup>3</sup> Trabajar con ácidos implica diversos inconvenientes. Por ejemplo, la superficie de concreto se vuelve rugosa y de un tinte más oscuro, aun si se emplean productos químicos con moderación. El ácido que ha penetrado en el concreto y que no se elimina por lavado, disuelve, llegado el caso, los minerales ferruginosos, lo que puede provocar manchas café en la superficie del concreto.

Los elementos de construcción que no soportan entrar en contacto con el ácido deben

protegerse.

### **Productos de limpieza alcalinos**

Los productos de limpieza alcalinos -hidróxido de potasio y de sodio principalmente- tienen sobre los productos ácidos la ventaja de que no reaccionan, o reaccionan muy lentamente, con los compuestos de la pasta endurecida. Esta ventaja queda anulada por el hecho de que tales productos atacan el vidrio y el aluminio, y que obligan a los usuarios a llevar anteojos y vestidos de protección. Es necesario, además, recoger y neutralizar el agua de lavado.

Los álcalis son convenientes sobre todo para eliminar las manchas de aceite o grasosas, ya que saponifican las grasas y neutralizan los ácidos grasos. Los productos de la reacción pueden eliminarse por medio de enjuague con agua.

### **Protección de las personas y del medio ambiente**

Se ha mencionado ya varias veces en el curso de este artículo que el hombre corre riesgos al utilizar productos químicos. Los colaboradores, sobre todo, no tienen más que algunos conocimientos de química y no deben manipular productos químicos si no han recibido una instrucción suficiente y están protegidos de manera adecuada. Y, según sea necesario, hay que proteger también el medio ambiente contra la acción de los productos químicos.

### **BIBLIOGRAFIA**

1. "Nettoyage du béton", *Bulletin du ciment* 47 [21], pp.1-8 (1979).
2. Hurd, M.K., "Cleaning concrete", *Concrete Construction* 37 [11], pp. 791-797 (1992).
3. Meyer, H., "Reunigung mineralischer Baustoffe", en "Bautenschutz und Bausanierung in Theorie und Praxis", corregido por Bayplan, Munich.
4. Kuenning, W., "Removing stains from concrete", editado por The Aberdeen Group, Addison (1986), parte 1.
5. Hermann, K., "Traitement du béton par l'hydrodynamique", *Bulletin du ciment* 60 [5], pp. 1-8 (1992).
6. Bisle, H., "Betonsanierungssysteme - praxiserprobt", Bauverlag, Wiesbaden (1988), 184 pp.
7. Verhoef, L.G.W. (ed.), "Soiling and cleaning of building façades", *Report of Technical Committee* 62 SCF Rilem, Chapman and Hall, Londres (1988), pp. 124-135.
8. Trüb, U., "Traitement des surfaces de béton à l'acide", *Bulletin du ciment* 47 [21], pp. 1-6 (1997).



# NANOTECNOLOGIA Y ARQUITECTURA

*Arquitecto Ernesto Ocampo Ruiz\**

*La obtención de nuevos, singulares y asombrosos materiales descubiertos a través de la nanotecnología, están modificando nuestra comprensión del mundo y nuestro futuro inmediato. La arquitectura tendrá que utilizar estos materiales, tarde o temprano, para concebir el espacio que habitaremos en el siglo XXI.*

La arquitectura del siglo xx posee diversas características que la hacen distinguible de las creaciones arquitectónicas realizadas en el renacimiento florentino, en el gótico inglés o en el antiguo Egipto. Cualquier persona podría deducir el origen de tal o cual arquitectura dependiendo de la construcción que observe.

Un observador de la arquitectura puede identificar el origen del edificio en cuestión percibiendo, consciente o inconscientemente, las características formales y funcionales que detenta. Villagrán<sup>1</sup> afirmaba que los estilos y tendencias acontecidos en la historia de la arquitectura, las formas arquitectónicas construidas resultantes, eran producto de dos factores fundamentales: su habitabilidad (fin causal) y el espacio (materia prima arquitectónica), los cuales no podrían materializarse sin la utilización de un procedimiento específico llamado Composición Espacio Edificatoria. En la historia de la humanidad, el fin causal siempre ha sido el mismo, pero ha cambiado la forma de interpretación del espacio y su procedimiento específico de creación. En un edificio histórico determinado, el grado y tipo de habitabilidad están definidos fundamentalmente por el contexto histórico-social de la cultura a la que pertenece. De esta forma podemos comprender la existencia de los salones de baile de los palacios franceses del siglo xvii, o la verticalidad del espacio interno de una catedral gótica. Los espacios resultantes en ambos ejemplos son singularmente identificables, pero ninguno de ellos podría haberse realizado sin un proceso específico de creación que le diera forma y funcionalidad.

En la historia de la arquitectura, los procedimientos constructivos y los materiales de construcción han determinado en mucho las características formales y funcionales resultantes de cada edificio. Los sistemas constructivos descubiertos y los materiales disponibles en cada región y época influyeron en las soluciones ofrecidas en cada tendencia o estilo. Los griegos hicieron del mármol blanco su material predilecto y crearon procesos constructivos para explotarlo. Los romanos necesitaron una rápida expansión de su cultura a lo largo de su imperio, e inventaron el concreto para producir múltiples templos rápidamente. Nuestro siglo se ha distinguido con creaciones arquitectónicas ideadas con materiales que en su mayor parte se han desarrollado y descubierto en los últimos doscientos años. En la actualidad, estos materiales han sido ya explotados al máximo mediante la creación de innumerables procedimientos edificatorios que fueron inventados por sus constructores y han permitido generar las formas singulares que distinguen a la arquitectura del siglo xxi.

José Villagrán mencionó, acertadamente en su momento, que el encontrar un nuevo procedimiento constructivo o descubrir un nuevo material, modificaría definitivamente todo concepto formal o funcional de un espacio, e inclusive, dependiendo del hallazgo, de nuestra definición general de arquitectura. En un momento determinado, toda arquitectura concebible se vería influida por el descubrimiento de un nuevo y extraordinario material. Al analizar lo anterior, descubrimos en Villagrán a un visionario, que con su interpretación personal de la arquitectura nos ha acercado a la comprensión de una realidad palpable próxima a ocurrir en el siguiente milenio.

## **Nuevas ideas, nuevas tecnologías**

Nuestro siglo se ha caracterizado por el amplio desarrollo de la ciencia, ocasionado fundamentalmente por los grandes y maravillosos descubrimientos efectuados sobre el universo. El descubrimiento de lo más pequeño y lo increíblemente majestuoso, ha permitido definir los postulados que rigen nuestra ciencia, permitiéndonos comprender nuestro entorno y a nosotros mismos. El impactante encuentro del hombre con la inmensidad del cosmos y su íntimo acercamiento a los secretos de la materia, han modificado su propia conciencia y sus relaciones con su comunidad.

En cuanto a materiales se refiere, las personas del siglo xix difícilmente entendían las razones de por qué un sólido era sólido o de por qué el sol y las estrellas brillaban. Los científicos no conocían las bases y leyes que rigen el comportamiento de la materia. En el siglo xx, nuestra ciencia ha descubierto el átomo y sus moléculas, cuyo comportamiento conocemos y predecimos hoy con la ayuda de herramientas comúnmente entendidas y utilizadas, tales como la física, la química, las matemáticas, la mecánica cuántica, la biología y la relatividad.

La ciencia ha producido tecnología basada en sus ideas, teorías y leyes fundamentales. Los diseñadores de estas tecnologías, generalmente ingenieros, se basan en el conocimiento producido por los científicos. Éstos por su parte, utilizan las herramientas creadas por tales diseñadores para seguir investigando. Existe en nuestra cultura una estrecha e íntima colaboración e interdependencia entre la ciencia y la tecnología.<sup>2</sup> Tanto la primera como la segunda utilizan los mismos principios de trabajo: ambas laboran con descripciones matemáticas, llamadas modelos, de las leyes naturales y comprueban sus hipótesis con la experimentación directa. Debido a ello, a menudo las personas confunden la evolución de la tecnología con la de la ciencia. Es casi imposible predecir el surgimiento de un conocimiento científico; sin embargo, el desarrollo de la tecnología puede ser predicho basándose en las mismas leyes fundamentales que la ciencia ha descubierto. El enfoque prospectivo es el motor de diseño de toda tecnología, que permite a sus diseñadores prever y proyectar nuevos desarrollos, siempre basados en las capacidades y hechos presentes.

Actualmente existen ciertas tecnologías novedosas que están moldeando definitivamente nuestra concepción del futuro probable de la humanidad, un futuro que afecta todas las áreas del conocimiento, incluido nuestro campo de trabajo: la arquitectura. Las tecnologías que afectan nuestra disciplina están íntimamente ligadas con el dominio de la materia que los

científicos nos han proporcionado con sus descubrimientos. Las nuevas tecnologías permitirán a la arquitectura contar con increíbles herramientas y materiales para conseguir su fin causal en el próximo milenio.

## **Dos mentes y una misma visión del futuro**

En el campo de la física moderna, dos personalidades se han distinguido por ofrecer la visión del futuro que rige actualmente las condiciones y objetivos de la investigación de materiales. Uno es el físico Richard P. Feynman, el otro es el físico teórico Freeman J. Dyson. Ambos han hecho aportaciones importantes al acervo de conocimientos de la humanidad. Por ejemplo, Feynman obtuvo el premio Nobel de Física en 1965, por su investigación en la electrodinámica cuántica que contribuyó al entendimiento de las partículas elementales dentro del campo de la física de alta energía. Por otro lado, Dyson publicó en 1979 su reconocida teoría que trata sobre el deterioro de la materia ordinaria en un universo cuya característica principal fuera una continua y permanente expansión. Sin embargo, en el campo que nos ocupa, la creación de nuevos e increíbles materiales, los dos mostraron en su momento una concepción visionaria del futuro.

El 29 de diciembre de 1959, Richard P. Feynman presentó una ponencia en la reunión anual de la American Physical Society en el Instituto Tecnológico de California (Caltech), donde él trabajaba como investigador. El texto íntegro de la conferencia estaba destinado a explicar los problemas y ventajas de manipular y controlar los objetos de la naturaleza a escalas microscópicas. En primera instancia, habló de escribir con átomos todas las páginas de la famosa *Enciclopedia Británica* sobre la cabeza de un alfiler. Señaló la necesidad de que los microscopios existentes en aquella época fueran mejorados para observar objetos con amplificaciones cien veces mayores. Comparó la información almacenada en una helicoide de ADN con la incipiente información manejada por las computadoras de su época, planteando la necesidad y las posibilidades de la miniaturización electrónica. Habló de procesos industriales de evaporación de sólidos para generar nuevos tipos de materiales. Mencionó la consideración de construir átomo por átomo maquinaria microscópica para cumplir con funciones predeterminadas. Lo más importante de su ponencia fue la afirmación de que en la medida en que el ser humano tuviese el control de la disposición de las moléculas y sus átomos, se podrían crear nuevos materiales con propiedades inimaginables en aquel momento. Al final instituyó dos premios, aún vigentes, con un fondo permanente financiado por él mismo, para reconocer cualquier intento de miniaturización en las escalas que él había planteado.

El 16 de mayo de 1972, Freeman J. Dyson fue invitado a impartir una conferencia en honor del escritor J. D. Bernal<sup>3</sup> en el Birbeck College, de Londres, cuando era investigador del Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, en Nueva Jersey. En esta conferencia elogió la visión de Bernal y lo comparó con Verne en lo que respecta a muchos acontecimientos tecnológicos que han tenido lugar en el presente siglo. Sin embargo, la esencia de su conferencia fue el tratar los tres caminos posibles que podría seguir en el futuro la nascente tecnología biológica, según su punto de vista personal. El primer camino que mencionó fue la factibilidad de lo que llamó cirugía genética, procedimiento por el cual los biólogos serían capaces de modificar,

injertar o extirpar secuencias de adn a seres vivos para recomponer o aliviar su estructura física. Al segundo camino lo llamó ingeniería biológica, y consistía en utilizar microorganismos vivos rediseñados genéticamente para extraer minerales y producir materiales mediante el proceso de la fermentación común. El tercer y último camino que expuso fue la maquinaria autorreproductora, que consistía en la imitación de la función y reproducción de un organismo vivo con materiales no vivientes a cualquier escala.

Tanto Feynman como Dyson, por sus creativas aportaciones y sus conceptos basados en hechos y conocimientos totalmente científicos, son considerados actualmente los padres de la llamada nanotecnología. Con este término se designa un amplio conjunto de tecnologías novedosas en las cuales los materiales y objetos son fabricados con dimensiones ubicadas entre un micrómetro y un manómetro de longitud o diámetro.<sup>4</sup> Su visión temprana conjunta del futuro de la tecnología molecular y biológica abrió esperanzas desbordadas en las comunidades científicas del mundo, respecto a la transformación futura de la industria, la investigación de materiales, la conservación de la ecología terrestre, el desarrollo de la cibernética y la exploración espacial.

## **Los alcances de la nanotecnología**

Según la opinión general de la comunidad científica mundial, el surgimiento de la nanotecnología determinó un parteaguas histórico en el desarrollo tecnológico de la humanidad. Antes de la nanotecnología, el hombre ha sido capaz de crear herramientas y objetos bajo sistemas constructivos industrializados modificando porciones de materiales que contienen miles de millones de átomos. A esta tecnología se le ha llamado tecnología masiva, y nos ha permitido evolucionar desde las herramientas labradas de piedra hasta la creación de los microcircuitos integrados. La nanotecnología permitirá manejar átomos y moléculas con absoluta precisión para construir estructuras microscópicas con especificaciones atómicas sumamente complejas y caprichosas. Es por ello que a la nanotecnología se la conoce con el nombre de tecnología molecular. La nanotecnología cambiará seguramente la forma en que el hombre ve su mundo, y lo hará de tantas y tan variadas formas insospechadas que sería prácticamente imposible imaginarlas.

Actualmente, y entendida como un conjunto de novedosas tecnologías, la nanotecnología es famosa fundamentalmente por dos de sus tendencias principales: la nanoestructuración de materiales y la creación de nanosistemas. Por un lado, la nanoestructuración es producto de investigaciones en los procesos industriales que han conducido a una serie de nuevos materiales cuyas propiedades y características básicas pueden ser prediseñadas antes de su creación. Los materiales resultantes han demostrado romper con nuestra comprensión general del comportamiento de los materiales convencionales. Por otro lado, los nanosistemas pretenden generar nanomáquinas que permitan realizar funciones de computación, fabricación, cirugía, exploración o protección, entre otras tantas metas fijadas. La idea principal de los nanosistemas es utilizar los átomos como componentes elementales de un gran rompecabezas cibernético. Para los arquitectos, ambas disciplinas ofrecen descubrimientos y conocimientos prácticos que podremos aprovechar inmediatamente en el siglo xxi para

construir edificios habitables con materiales novedosos, cuyas apariencias y propiedades no podrían comprender actualmente nuestros propios padres.

La nanotecnología es, sin lugar a dudas, de vital importancia para la investigación de materiales en el nivel mundial, por lo que, tanto en el presente como en el futuro, para la industria de la construcción se convierte en una tecnología fundamental.

## **Los materiales nanoestructurados**

Richard W. Siegel es uno de los pioneros mundiales en la investigación, fabricación y promoción de los materiales nanoestructurados. Físico de profesión, posee un doctorado en metalurgia que le ha permitido profundizar en la investigación de nuevos procesos prácticos de fabricación de materiales. En el año 1985 comenzó su experimentación en el campo de la nanoestructuración dentro de las instalaciones del Laboratorio Nacional de Argonne. Debido al éxito que obtuvo en su trabajo, decidió explotar comercialmente sus descubrimientos con la creación de una empresa que llamó Nanophase Technologies Corporation, la cual es actualmente líder mundial en el campo de la industrialización y comercialización de los materiales nanoestructurados.

¿Qué diferencia existe entre un material común y uno nanoestructurado? Si comparamos dos pedazos de materiales con un volumen idéntico, por ejemplo, dos cubos sólidos de cobre de un centímetro cúbico, la diferencia estriba en que en el interior del pedazo de material común, sus moléculas están organizadas en granos con poblaciones típicas de miles de millones de átomos, cuya dimensión granular oscila entre micrómetros y milímetros de diámetro. En el pedazo del material nanoestructurado, los granos moleculares tienen un tamaño máximo de 100 nanómetros de diámetro y tienen poblaciones granulares menores a decenas de miles de átomos. Dicho de otra forma, los granos nanoestructurados son entre mil y cien veces más pequeños que los de un material común, y además, dentro del mismo volumen poseen el 0.001 por ciento de átomos. Lo anterior significa un ahorro increíble de materia dentro de cada pedazo de material nanoestructurado y, como consecuencia, una ligereza en peso que puede llegar a ser mil veces mayor que lo normal. Esta distinción física permite también obtener prioridades y características nuevas, singulares y asombrosas que nunca antes han sido vistas en los materiales comunes.

La explicación del éxito obtenido por Siegel<sup>5</sup> radica en el descubrimiento de un proceso práctico y económico para crear materiales nanoestructurados en cantidades industriales, al cual ha llamado y patentado como Síntesis Física de Vapor<sup>6</sup>. El proceso expone un material común a temperaturas superiores a su punto de fundición, propiciando una evaporación superficial de átomos -dentro de una atmósfera constituida por un gas especial- que son capturados en forma de cristales mediante un colector enfriado a bajas temperaturas. Los cristales restantes son retirados del tubo colector y prensados para moldear cualquier tipo de objeto. Lo más importante de este proceso es que mediante el control del ritmo de evaporación, la determinación del tipo correcto de gas y el manejo adecuado de su presión atmosférica, se puede modificar la resistencia a la fractura, la plasticidad, la elasticidad, el

color, la transparencia, la resistencia a la corrosión, la reacción química, el comportamiento eléctrico y magnético, y la resistencia térmica y acústica de cualquier material nanoestructurado.

¿Qué tipos de materiales comunes son susceptibles de ser nanoestructurados mediante este proceso? En realidad, todo tipo de sólido conocido puede ser aprovechado para crear estos nuevos materiales. Los cuatro grupos de sólidos presentes en la naturaleza, llamados metales, cerámicas, semiconductores y polímeros, están siendo tratados según este proceso. Debemos recordar que los cuatro tipos mencionados son los materiales constructivos básicos utilizados en la arquitectura moderna.

¿Qué resultados importantes se han obtenido? Existen actualmente metales cuya resistencia es cinco veces mayor que la de sus contrapartes naturales. Se encontraron cerámicas que nunca se fracturan, sólo se deforman. Hay materiales que cambian de color dependiendo del espectro de luz que se aplique a su superficie, y que se vuelven en algunos casos totalmente transparentes. Se han construido semiconductores 300 veces más eficientes que los utilizados en la electrónica convencional. Existen cerámicas que resisten altas temperaturas y atmósferas sumamente corrosivas. La empresa Nanophase Technologies Corporation fabrica y comercializa una línea de producción que abarca actualmente materiales abrasivos, catalizadores, cosméticos, magnéticos, pigmentos y recubrimientos, componentes electrónicos y cerámicas estructurales.<sup>7</sup> Este último conjunto de productos permite la fabricación de partes estructurales mediante el proceso de moldeo en malla que, en un futuro inmediato, será utilizado principalmente por la industria automotriz y aeroespacial en la construcción de estructuras, motores y laminados.

## **El arribo de los nanosistemas**

En el mundo científico se le reconoce a K. Eric Drexler, ingeniero de profesión, graduado en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, el impulso que los nanosistemas han tenido en su desarrollo. A sus 42 años, ha escrito dos libros que han sido influyentes y proféticos en el desarrollo de la nanotecnología y los nanosistemas en general. El primero es *Engines of the creation*, donde previene a la comunidad científica sobre el futuro de la ciencia y la tecnología con la aparición de la nanotecnología. En ese libro comparte sus conceptos fundamentales y define los nanosistemas como cualquier sistema nanométrico conformado por átomos individuales ensamblados uno por uno a la vez, armados y conectados para alterar, transmitir y dirigir fuerzas aplicadas directas de una manera predeterminada para cumplir con un objetivo específico. El libro profundiza en los posibles peligros y beneficios de los nanosistemas en el futuro de la humanidad. En el segundo libro, titulado *Nanosystems: molecular machinery, manufacturing, and computation*, es donde Drexler plasma las conclusiones y resultados científicos sobre la experimentación de nanosistemas en una trayectoria de trabajo personal en el tema que abarca más de 15 años de esfuerzo. Siendo éste un libro más técnico que el anterior -que era de carácter más filosófico-, la publicación muestra ejemplos y diseños creados por Drexler sobre maquinarias moleculares totalmente factibles. Ambos libros han causado polémicas encontradas en el mundo científico, a veces demasiado extremas, pero en

ningún momento se le niega su visionaria aportación.

¿Para qué sirven los nanosistemas? Los nanosistemas permitirán crear maquinaria molecular que funcione con nanocomputadoras altamente potentes para cumplir con misiones específicas preprogramadas. K. Eric Drexler llama a esas maquinarias nanomáquinas. Él explica que el ser humano debe crear dos tipos de nanomáquinas: el primer tipo es llamado "ensambladores" y el segundo, "desarmadores". Los ensambladores y los desarmadores son las herramientas básicas que el científico debe crear si quiere trabajar con absoluto control a escalas nanométricas, puesto que es físicamente imposible concebir otro tipo de herramienta útil en esos niveles. Un ensamblador se parece mucho a una nanomáquina natural que todos poseemos dentro del núcleo de nuestras células: la molécula de enzima llamada polimerasa. La función principal de la enzima es supervisar la rotura de los enlaces químicos de los nucleótidos de la helicoide doble del adn, previa a la reproducción de la misma. La polimerasa destomilla la molécula y la reconstruye obteniendo bloques de adenina, timina, guanina y citosina (nucleótidos) en el núcleo de la célula, para ubicarlos en la doble helicoide. Cuando uno de los nucleótidos que van a unirse no concuerda con su compañero, la polimerasa del adn lo aparta, haciendo una "corrección de pruebas". Un error en la corrección de pruebas puede ocasionar una mutación, porque las instrucciones genéticas han cambiado. Aquí, la polimerasa ocupa las funciones de un "desarmador". La polimerasa del ser humano es capaz de unir unas cuantas docenas de nucleótidos por segundo. En un momento dado, pueden estar trabajando en una doble helicoide más de diez mil polimerasas.

Drexler, que actualmente es patrocinado por Xerox y ha fundado el Instituto Foresight, define dentro de la nanotecnología dos generaciones de nanosistemas por desarrollar. La primera generación ya está siendo creada a través de la ingeniería genética, puesto que se han realizado experimentos exitosos en la creación de sustancias, mediante el proceso natural de fermentación, generado por bacterias rediseñadas genéticamente. Cabe citar ejemplos realizados en el área del biomimetismo en la investigación de materiales,<sup>8</sup> donde se ha obtenido seda de araña sintética a partir de la modificación genética de una bacteria normalmente dañina al ser humano llamada *Escherichia Coli*.<sup>9</sup> Estas bacterias rediseñadas son nanomaquinarias que nos permitirán crear, en el futuro, directamente nanomáquinas construidas átomo por átomo bajo especificación. Estas últimas serán la segunda generación de nanosistemas. Para Drexler, una vez que exista la segunda generación de nanomaquinarias, se podrán construir nanocomputadoras, nanorrobots, nanomotores, nanoengranes y materiales nanoestructurados ultrarresistentes, que actualmente sólo existen en la memoria de un archivo de disco, guardado y diseñado en una computadora con sistemas cad y de realidad virtual.

Hasta el momento, los nanosistemas sólo han tenido pequeños logros mediante el empleo de un determinado tipo de microscopio electrónico que permite mover átomo por átomo. El sueño de Richard P. Feynman ya ha sido realizado, escribiendo no la *Enciclopedia Brittanica* sino un cuento llamado "A tale of two cities", con 25 mil átomos acomodados formando letras legibles.<sup>10</sup>

## Lo que la arquitectura puede encontrar en la nanotecnología

Imaginemos por un momento las consecuencias de los conceptos y descubrimientos expuestos aquí en relación con la nanotecnología. Pensemos por un instante en las implicaciones que los nuevos materiales descubiertos pueden tener en la concepción del espacio arquitectónico. Recordemos las ideas de Villagrán, de Feynman y de Dyson, meditando la posible forma de los futuros edificios y de nuestras ciudades. Veamos el futuro con un enfoque similar al de los afortunados ojos de Verne o de Bernal. Tratemos de ponernos en los zapatos de Siegel o de Drexler. Pensemos, por un pequeño instante, en dónde utilizaremos la nanotecnología para crear arquitectura.

Sólo viendo el futuro prospectivamente<sup>11</sup> con un poco de objetividad, y cantidades enormes de esperanza, podremos pensar en maravillosas e insólitas soluciones constructivas. En un futuro inmediato, podríamos concebir edificios cinco veces más altos que soportaran cargas cinco veces mayores, cuyas secciones estructurales fueran más esbeltas, y que ante un sismo no se fracturaran. Imaginaríamos edificios cuyas paredes y pisos cambiaran de color conforme la luz del sol cambiara de tono. Pensaríamos entonces en muros divisorios que fueran transparentes en el día, y opacos en la noche. Veríamos casas de dos pisos, fácilmente remolcadas por un pequeño vehículo, para cambiar de ubicación. Encontraríamos en cualquier supermercado grandes componentes estructurales, a precios económicos, suficientemente ligeros para que un niño de cuatro años los pudiera cargar.

Tal vez veríamos ciudades con menos contaminantes, al producir la industria de la construcción menos desperdicio. Conviviríamos con nanomáquinas que harían constante limpieza de nuestro suelo y nuestros mares, y que fomentarían su enriquecimiento. Conoceríamos fábricas de materiales cuyos obreros serían pequeñas nanomáquinas con controles de calidad superiores a los actuales procesos productivos. Compraríamos a precios ínfimos computadoras miles de veces más potentes para diseñar nuestros proyectos arquitectónicos, y las podríamos guardar y cargar diariamente en la bolsa de la camisa.

Pienso que, en la medida en que el arquitecto se adentre en la investigación de materiales y, en especial, se interese por la nanotecnología, estaremos creando un nuevo y muy diferente concepto de arquitectura. En ese momento, estoy seguro, la expresión bivalente forma-función, de la cual nos habla Villagrán, nos mostraría distintos y sorprendentes resultados. Pero lo que puede ser aún más importante es que romperíamos los esquemas y materiales, ya obsoletos, que hemos utilizado durante más de cinco mil años. Tal vez, por mencionar algún ejemplo, el peligroso cristal desaparezca al fin de las ventanas, para ser sustituido por un metal o una cerámica transparente e irrompible. La nanotecnología y la arquitectura son interdependientes y combinables. La nanotecnología ofrece soluciones prácticas y palpables a corto, mediano y largo plazo. La construcción del siglo xxi está en nuestras manos, en nuestra capacidad de asimilar y responder a los nuevos cambios mencionados. No abandonemos el intento de comprenderlos e integrarlos. Busquemos especializarnos en la investigación de estos nuevos materiales. Tratemos de aplicarlos y no permitamos que otros lo hagan por el arquitecto. Vayamos a la vanguardia y no dejemos escapar esta oportunidad.

## LECTURAS RECOMENDADAS

DREXLER, K. Eric, *Engines of creation*, EUA, Anchor Books, 1986.

\_\_\_\_\_, *Nanosystems: molecular machinery, manufacturing, and computation*, EUA, Wiley Interscience, 1992.

DYSON, Freeman J., "El mundo, la carne y el demonio", conferencia sobre la obra de J. D. Bernal, Inglaterra, Birbeck College of London, 1972.

FEYNMAN, Richard P., "There's plenty of room at the bottom" ponencia, EUA, *Engineering and Science Magazine of California Institute of Technology*, 29 de diciembre de 1959.

KLUGER, Jeffrey, *Can we stay young?*, Nueva York, *Time Magazine*, 25 de noviembre de 1996, pp. 50-60.

KRANTZ, Michael, *Building a better world - Atom by atom*, Nueva York, *Time Magazine*, 2 de diciembre de 1996, pp. 66-67.

LEMONICK, Michael D., *Future tech is now*, Nueva York, *Time Magazine*, 17 de julio de 1995, pp. 34-39.

NASH, J. Madeleine, *Copying what comes naturally*, Nueva York, *Time Magazine*, 8 de marzo de 1993, pp. 38-39.

OCAMPO RUIZ, Ernesto, "El futuro de la arquitectura", trabajo para ingresar a la maestría de Arquitectura Tecnología, Unidad de Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la unam, México, mayo-julio de 1996.

\_\_\_\_\_, "Materiales modernos aplicables a la prefabricación del futuro", trabajo presentado en el seminario de Temas Selectos II en la Unidad de Posgrado de la Facultad de Arquitectura de la unam, México, agosto-noviembre de 1996.

POOL, Robert, *Atom Smith*, EUA, *Discover Magazine*, diciembre de 1995.

SIEGEL, Richard W., "Nanostructured materials" (ponencia presentada en la conferencia Nanoparticulates'94, Monterey California, EUA, 14 y 15 de noviembre de 1994).

\_\_\_\_\_, "What is so special about nanostructured materials and coatings?", (ponencia presentada en la conferencia Nanostructured Materials and Coatings'95, EUA, 1995).

VILLAGRAN GARCIA, José, *Teoría de la arquitectura*, 3a. ed., México, inba-sep, Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico, número extraordinario, 1983.



# PRODUCTOS Y EQUIPOS

## PISO ANTIRRESBALANTE

Este es el magnífico aspecto que ofrece la zona circundante de una nueva piscina construida en el Colegio Impington, de la ciudad británica de Cambridge. Para esta zona se ha utilizado piso de seguridad ALTRO en su modalidad T20, especialmente indicada por su carácter antirresbalante, incluso con pies mojados sobre superficies húmedas. En la zona de duchas y vestuarios se ha utilizado la misma variedad junto con Altro D25, otro de los modelos de la extensa gama de este fabricante británico.

## PARA ANALISIS DE PUENTES PRESFORZADOS

ADAPT-BRIDGE-Incremental (ABI) es un programa de computadora de elementos finitos para análisis dependiente de tiempo de puentes y marcos de concreto durante la fase de construcción, durante cambios y alteraciones y cuando se termina la obra. Más allá de la información de análisis que se obtiene de un software normal de puentes, ABI da la respuesta dependiente del tiempo y de los esfuerzos de puentes/marcos de concreto. ABI se utiliza para investigar los efectos del concreto nuevo adicionado y del flujo plástico, la contracción, la relajación del presfuerzo, la edad del concreto o las variaciones de temperatura.

## SOPLETE AUTOMATICO

El nuevo soplete aero-gas EXPRESS de GUILBERT-EXPRESS está concebido para el ensamblado por soldadura de tubos de cobre, latón, hierro o acero, para las instalaciones sanitarias, calefacción, climatización y refrigeración.

Este soplete funciona con GPL (gas de petróleo líquido): propano, butano o MAPP? a una presión de utilización incluida entre 1.5 y 3 bar (22-44psi) y utiliza la tecnología del "Cercoflam".

Este procedimiento con llama envolvente, inventado y patentado por GUILBERT-EXPRESS en 1972, ha sido mejorado por una nueva patente por el encendido automático.

