



CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA

- ✓ **TECNOLOGÍA**  
Instalaciones para nanotecnología 26
- ✓ **ARQUITECTURA**  
El *Turning Torso* de Calatrava, el inmueble animado 50
- ✓ **CONCEPTOS BÁSICOS**  
Acabados en superficies de concreto 60



# Un **TREN** en vía al futuro

ISSN 0187-7895 Construcción y Tecnología es una publicación del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. \$35.00 ejemplar



REPORTAJES TÉCNICOS PUBLICITARIOS  
WOC 2005  
Pág. 33

# WORLD OF CONCRETE

## México

# 2005

# W

World of Concrete México 2005 (WOCM) presentará por segunda ocasión un evento comprometido y vanguardista para la industria del cemento, el concreto y la construcción en toda Latinoamérica y ofrecerá un ambicioso e innovador programa de conferencias diseñado exclusivamente para satisfacer las necesidades del mercado de la construcción.

Con 35% de crecimiento en metros cuadrados de superficie de exposición y un aumento de 20% de nuevas empresas, la edición de este año, reafirma el éxito que como organizadores ha alcanzado la alianza realizada entre Hanley Wood Exhibitions, E.J. Krause de México y el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), gracias a la cual del próximo 15 al 17 de junio, en el Centro Banamex de la Ciudad de México, la comunidad del concreto podrá tener contacto con más de 200 empresas expositoras líderes en el mercado nacional y extranjero de maquinaria para producción, transporte y colocación de concreto; industria química especializada en el concreto; andamios; grúas; herramientas y tecnologías para reparación y demolición, así como productos para el concreto decorativo y texturizado.

Por otra parte, bajo la responsabilidad directa del IMCYC, este importante foro se complementará con un programa de 29 conferencias internacionales y dos seminarios impartidos por expertos profesionales provenientes de

Brasil, Estados Unidos y México. Estas conferencias serán el marco idóneo para exponer las últimas tendencias en las cimentaciones poco profundas, el concreto decorativo, la vivienda de concreto y la reparación de estructuras, entre otros temas.

De regreso a las páginas de *Construcción y Tecnología (CyT)* queremos destacar el empeño del IMCYC por cumplir su misión del bien construir con concreto. Con este mismo fin, se firmó un convenio con Hanley Wood y la revista *Concrete Construction*, para incluir mensualmente un excelente artículo técnico que se traducirá al español y en el cual se presentará a nuestros lectores las novedades del concreto a escala mundial.

Reiteramos nuestra invitación para participar de esta magnífica oportunidad de capacitación y convertirse en protagonistas del evento que, sin duda, será el más importante de Latinoamérica para la industria del cemento y el concreto. 🌐

“ La comunidad del concreto podrá tener contacto con más de 200 empresas expositoras líderes en el mercado nacional y extranjero. ”



Foto: Robert Campbell

Lic. Jorge L. Sánchez Laparade  
Presidente

## Portada



# Un tren en vía al futuro

Entre los galardonados internacionales del Premio Obras CEMEX 2004 estuvo el Proyecto del Sistema de Transporte Ferroviario Ezequiel Zamora, que contempla la interconexión entre Caracas con el Valle del Tuy, hacia el sur de Venezuela, en una ruta de 41.5 km, construcción iniciada en 1996 y cuya conclusión está prevista para el 2006.

18

- |           |  |   |
|-----------|--|---|
| <b>2</b>  | <p><b>Editorial</b><br/>World of Concrete México 2005</p>  | <p><b>Shrinkage in Japan</b><br/><i>Sakata, K., Journal of Advanced, Concrete Technology.</i><br/>Este documento introduce el estado reciente de la investigación sobre la fluencia y la contracción del concreto en Japón.</p>                                 |
| <b>6</b>  | <p><b>Noticias</b><br/>Firman convenio internacional IMCYC y JCI</p>   | <p><b>Paradigms in Concrete Design and Aesthetics</b><br/><i>Nehdi, M., Concrete International,</i><br/>Hay necesidad de volver a considerar los paradigmas de diseño e ingeniería, y no formular reglas prescriptivas que puedan desalentar la innovación.</p> |
| <b>12</b> | <p><b>Posibilidades del concreto</b><br/>Más sobre los adoquines<br/>Colocación del concreto premezclado bajo el agua, Tubos, ¿de plástico o de concreto? Prefabricados, un traje a la medida.</p> | <p><b>FORMWORK DIGEST</b><br/><i>CRSI Engineering Data Report</i><br/>Consideraciones de diseño estructural y arquitectónico para simbras económicas</p>  |
| <b>26</b> | <p><b>Tecnología</b><br/>Instalaciones para nanotecnología</p>   | <p><b>68 Concreto Virtual</b><br/>National Nanotechnology Initiative</p>  |
| <b>50</b> | <p><b>Arquitectura</b><br/>El <i>Turning Torso</i> de Calatrava, inmueble animado</p>  | <p><b>71 Libros</b><br/>Concreto arquitectónico</p>   |
| <b>60</b> | <p><b>Conceptos básicos del concreto</b><br/>Acabados en superficies de concreto</p>   | <p><b>72 Punto de fuga</b><br/>Los vientos de cambio y el concreto</p>  |
| <b>66</b> | <p><b>Lo último en revistas extranjeras</b><br/><i>Recent Progress in Research on Code Evaluation of Concrete Creep and</i></p>  |   |

# Firman convenio internacional IMCYC y JCI

En el marco de la Convención de Primavera realizada del 17 al 21 de abril en Nueva York la representación mexicana tuvo una gran actividad entre lo que estuvo la firma del convenio México-Japón, el certamen estudiantil de prueba de Cilindros y Marcos de Concreto y la participación en el Comité Internacional de Certificación.

**A** sí mismo, a un año de la centenaria celebración de la fundación del ACI se estableció, por primera vez, un convenio entre el IMCYC y el Instituto Japonés del Concreto (JCI, por sus siglas en inglés).

La firma de este acuerdo tiene como propósito impulsar y promover las construcciones y el bien construir con concreto, para lo cual se propuso incentivar la cooperación existente entre las dos instituciones, com-



William Tolley, vicepresidente Ejecutivo del ACI; Shigeyoshi Nagataki, presidente del JCI; Tony Fiorato, presidente del ACI y Jorge Sánchez Laparade, presidente del IMCYC

prometiéndose a hacer un intercambio de experiencias técnicas, publicaciones, conferencias, encuentros y ligas de internet.

El convenio que une a ambos institutos fue firmado por el presidente del IMCYC, Lic. Jorge Sánchez Laparade y el presidente del JCI, Dr. Shigeyoshi Nagataki, y como testigos de honor estamparon su rúbrica en el mismo documento el Dr. Tony Fiorato y William Tolley, respectivamente, presidente y vicepresidente ejecutivo del ACI.

En 1962, el Capítulo Japonés del ACI creó la célula de lo que en 1965 llegó a ser el Consejo Nacional Japonés del Concreto, mismo que más tarde se incorporó al Ministerio de Construcción y que, nuevamente en mayo de 1975, cambió su nombre por el de Japan Concrete Institute (JCI), como se le conoce hasta la actualidad. 🌐



Un convenio que se firma con un mismo propósito, impulsar y promover el bien construir con concreto

## SISTEMA DE VIVIENDA QUE REDUCE HASTA 60% EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN

RECIENTEMENTE, EN HUEJOTZINGO, Puebla, se inauguró la primera planta Walltech México, una empresa de patente mundial, dedicada a la fabricación de un nuevo sistema constructivo con concreto.

La planta, con una capacidad instalada para producir ocho mil viviendas anuales, ofrece disminuir el tiempo de construcción



hasta en 60%, aportar importantes beneficios estructurales, y mejores propiedades térmicas y acústicas.

La empresa, certificada por el ONNCCE y la Universidad Católica de Guayaquil, fue finalista en el Premio Nacional de Vivienda 2004 en la categoría de Innovación Tecnológica. A la fecha, Walltech mantiene planes de exportación a Argelia y Angola, y en México sus acciones suman más de mil viviendas en los que se utilizan productos de CEMEX en su totalidad. 



El Ing. Guillermo Jaime Calderón dando una breve explicación al gobernador Mario Marín Torres sobre el funcionamiento de la maquinaria

## ESTUDIANTES Y PARTICIPACIÓN PROFESIONAL MEXICANA EN LA ACI

TAMBIÉN, EN LA CONVENCION DE Primavera para estimular a los distintos capítulos estudiantiles del ACI, se celebró el Concurso de Universidades, de Pruebas de Cilindros y Marcos de Concreto, al que asistieron jóvenes delegaciones de Irak, Puerto Rico, EU, Colombia, Brasil y México.

Nuestro país estuvo representado por la Universidad Autónoma Metropolitana, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, *campus* Monterrey y la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México. Ante una reñida competencia internacional el Chapter estudiantil, la UANL obtuvo el 3<sup>er</sup> lugar en Alta Eficiencia Cementicia.

Respecto a los profesionales mexicanos que se integraron a las actividades del ACI, es conveniente destacar la participación que tuvieron en el Comité Internacional de Certificación, Reglamento 318 en la versión en español, Comité 311 Guía para la Inspección del Concreto, Comité 327 Concreto Compactado con Rodillos, Comité 620 Certificación de Técnicos de Laboratorio, Comité 630T Certificación de Inspectores en Transportación de concreto.

Por otra parte, entre las actividades sociales no podemos dejar de mencionar, con



Representantes de las distintas delegaciones internacionales participantes en el certamen de Marcos de Concreto



cierta nostalgia, que por segunda ocasión se celebró sin la presencia del Ing. Raymundo Rivera Villarreal, el ya tradicional Tequila Party.

Este brindis, ideado por «Chico» Rivera Villarreal hace ya muchos años, tiene la finalidad de establecer, en un

ambiente muy cordial, lazos internacionales y generacionales, entre los profesionales del concreto. ☺



Recordando al maestro Rivera Villarreal. Jorge Sánchez Laparade, presidente IMCYC; José M. Izquierdo, presidente ACI 2003-2004, Alejandro Graf López, CTCC-CEMEX, y Daniel Dámazo, IMCYC



Paulo Helene, presidente IBRACON Brasil; V.M. Malhotra, presidente CANMET/NRCAN Ottawa, Canadá, Alejandro Durán, investigador de la UANL; Oscar Moreira, director de la Facultad de Ingeniería Civil, de la Universidad Autónoma de Nuevo León



## IMCYC EN AGUASCALIENTES



**SIGUIENDO CON LA** misión del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC) de promover la utilización óptima del cemento y del concreto para satisfacer las necesidades del mercado con calidad, productividad y oportunidad, para contribuir a mejorar el desempeño profesional, el desarrollo y beneficio económico de la industria del concreto, la Gerencia de Eseñanza del IMCYC se comprometió con distintas universidades, instituciones y colegios relacionados con la ingeniería y la construcción para impartir el curso Tecnología del Concreto en varios estados de la república mexicana.

Para cumplir con el programa descrito, el 12 de mayo en el Colegio de Ingenieros Civiles de Aguascalientes, con una asistencia de aproximadamente 150 personas se inauguró el curso, que tiene como objetivo dar a los

participantes información relacionada con los materiales y los componentes del concreto. Los temas fueron expuestos por el Ing. García Chowell, ingeniero civil egresado de la Universidad de Guanajuato.

Como una parte conceptual del curso, el 13 de mayo, en el mismo estado de Aguascalientes se realizó una visita a la planta concretera PCV, que mantiene una producción de 10 mil m<sup>3</sup> de concreto mensuales, donde los asistentes pudieron observar el proceso de dosificación y transporte de los materiales que componen el concreto premezclado, así como los equipos requeridos.

Desde este punto los profesionistas y estudiantes continuaron un recorrido que los llevó a la planta de cementos Moctezuma de Cerritos, en el estado de San Luis Potosí. Estas instalaciones, que son atendidas en su totalidad por sólo siete personas, fueron inauguradas en 2004, con una inversión inicial de 150 millones de dólares y una línea con capacidad anual de un millón 300 mil toneladas, capacidad que pronto se duplicará con una segunda línea de producción actualmente en construcción. 🌐

### AGENDA

#### > IV International ACI/CANMET Conference

Fecha: 1 al 3 de junio  
Sede: Goiania, Brasil  
Organiza: ACI Internacional  
Description: Quality of Concrete Structures and Recent Advances in Concrete Materials and Testing  
Tel: +55 (62) 2396300  
Fax: +55 (62) 2396500

E-Mail: [hpc2005@furnas.com.br](mailto:hpc2005@furnas.com.br)  
WEB: [www.furnas.com.br](http://www.furnas.com.br)



Organiza: US Department of Transportation y ACI  
Descripción: Concretos de alto comportamiento

Tel: (284) 8483700  
Fax: (248) 8483701

WEB: [www.concrete.org](http://www.concrete.org)

#### > 6th International Congress Global Construction:

Ultimate Concrete Opportunities  
Fecha: 5 al 7 de julio  
Sede: Dundee, Escocia

Organiza: ACI, Institute of Civil Engineers y JSCE  
Descripción: Diez tópicos en lo que se abordarán, entre otros, el concreto



como envolvente de la arquitectura, la interacción del concreto con otros materiales, nuevas tecnologías del concreto que abren nuevas oportunidades de diseño.

WEB: [www.ctucongress.co.uk](http://www.ctucongress.co.uk)

#### > 6th International Conference on Ground Improvement Techniques

Fecha: 18 a 19 de julio  
Sede: Universidad de Coimbra, Portugal

Organiza: La Universidad de Coimbra y la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica (IAEG, por las siglas en inglés)  
Descripción: Ingeniería de suelos y cimentaciones

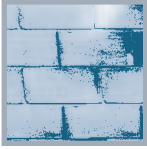
E-Mail: [cipremier@singnet.com.sg](mailto:cipremier@singnet.com.sg)  
WEB: <http://cipremier.com>



#### > Seventh International Symposium on Utilization of High-Strength/ High-Performance Concrete

Fecha: 20 al 24 de junio  
Sede: Washington, DC, EU





BLOQUES

## Más sobre los adoquines

**UN ADOQUÍN ES UNA UNIDAD** de concreto precolada de forma prismática, prefabricado mediante vibrocompresión regulada y cuyo diseño permite la colocación de piezas de forma continua para formar pavimentos.

En general, los adoquines de concreto están constituidos por dos capas: la vista representada por la superficie expuesta una vez colocado el adoquín, y la capa base, superficie que quedará en contacto con el suelo. Los adoquines de concreto son muy resistentes y durables por su amplia variedad de formas, dimensiones, colores y texturas, y porque se colocan entrelazados sobre una cama de arena compactada, donde se sellarán sus juntas para permitir que interactúen solidariamente unos con otros para soportar la totalidad de las cargas.

Antes de pensar en las aplicaciones de los adoquines para soportar tráfico, sobre todo cuando se desconoce el potencial estructural de los de concreto, las primeras aplicaciones son de tipo estético. Entre otras razones armonizan el aspecto de los patios con jardines, o bien crean un ambiente exterior agradable, con una superficie antideslizante y resistente a las manchas o al medio ambiente.

En algunos casos se seleccionan, pues pueden retirarse y colocarse otra vez muy fácilmente para variar y delimitar discrecionalmente diferentes zonas como accesos a los edificios, áreas específicas de estacionamientos, de esparcimiento y áreas verdes, o bien crear en un conjunto un sin fin de paisajes que brindan una distinción a las zonas comerciales.

En muchas ciudades los proyectistas han aprovechado las ventajas de los adoquines de color utilizándolos como un medio práctico para señalar los pasos peatonales, las áreas conflictivas del tráfico o de intersecciones, así como las instalaciones comerciales. Entre otros casos las características propias de los adoquines permiten que los pavimentos se integren de una forma más adecuada con la arquitectura de los edificios históricos. Además, los pavimentos de adoquines son ideales para la planificación

de las obras de infraestructura, sobre todo en las zonas donde se harán continuas inspecciones a las instalaciones subterráneas para realizar algún mantenimiento o adecuación de los servicios urbanos soterrados.

Al hablar de pavimentos de adoquines de concreto debemos distinguir su excelente capacidad para soportar cargas. En este sentido, se consideran como "cargas pesadas" las más grandes que se pueden encontrar comúnmente en las carreteras, autopistas o calles. Tal es el caso de las cargas de gran magnitud de las grúas, los tractores, los montacargas, los remolques y los vehículos de tipo militar que emplean sistemas de tracción de orugas. Sin embargo, es frecuente que se encuentren dentro de las instalaciones industriales y militares, en los puertos y aeropuertos, en las estaciones de servicio y centrales de autobuses.

Por otra parte, las instalaciones industriales requieren de grandes zonas de pavimento en el exterior para estacionamientos y patios de almacenamiento donde se llevan a cabo maniobras de carga y descarga, y en muchos otros casos los adoquines se aprovechan como pisos industriales en el exterior, sobre todo donde el proceso de producción no involucra una reglamentación sanitaria, como sucede con la elaboración de alimentos, en cuyo caso se tendría que analizar el material más adecuado para sellar sus juntas. No obstante, el adoquín ha demostrado ser una excelente alternativa para los pavimentos, y permite el desarrollo segmentado en función de las necesidades de crecimiento de la industria.

Otro lugar donde hay pavimentos de adoquines de concreto son los aeropuertos. Una vez solucionado el problema de erosión de las juntas mediante la aplicación de polímeros a manera de sello, el primer éxito se dio en el aeropuerto de Luton, en Londres Inglaterra, con su aplicación práctica en secciones de baja velocidad, sobre todo en rampas, pistas auxiliares y en zonas de giro, donde se manifestó su capacidad para soportar cargas pesadas, así como su resistencia a la torsión, al deslizamiento, a las altas temperaturas, y al desgaste debido al vertido de aceites, combustibles y grasas. 🌱



PREMEZCLADOS

## Colocación del concreto premezclado bajo el agua

**EN LAS OPORTUNIDADES** en que debe colocarse concreto en sitios inundados y no es posible agotar el agua por gravedad o mediante bombeo puede recurrirse a la colocación de concreto bajo el agua.

Sin embargo, dado que en este caso la colocación adquiere algunas características particulares inherentes al hecho de que no existe visibilidad del concreto en el sitio, lo cual impide ejercer un control efectivo que permita corregir los efectos que pudieran producirse, es necesario tomar precauciones especiales de dosificación y colocación, tales como las que se analizan en los párrafos siguientes.

En primer término, la dosificación del concreto empleado debe considerar las siguientes características generales:

- Alta fluidez, con un revenimiento comprendido entre 15 y 20 cm.
- Consistencia muy cohesiva, con alto contenido de arena, pudiendo utilizarse para este objeto el coeficiente M del método de dosificación de Foury correspondiente a compactación nula.
- Tamaño máximo del agregado grueso no superior a 40 mm.
- Dosis de cemento mínima de 350 kg/m<sup>3</sup> o, en caso de definirse esta por resistencia, 25% superior a la correspondiente por este concepto.

Previo al inicio de la colocación, debe efectuarse una planificación que establezca el sentido de avance y la cantidad de concreto a colar en cada punto de la ubicación del tubo o los tubos que se utilicen. Todo inicia en cada punto de la colocación del tubo empleando un tapón flotante ubicado en su parte superior.

Una vez lleno el tubo se levanta unos 10 cm del fondo para permitir el escurrimiento del concreto que lo llena, alimentado en forma constante, de manera que este se produzca de boca llena, sin incorporación ni arrastre de aire, y a nivel superior lo más constante posible. El extremo inferior del

tubo debe permanecer constantemente embebido en el concreto depositado en el fondo hasta completar la cantidad prevista.

A continuación, el tubo debe ser desplazado a una nueva ubicación, o bien recomenzar el proceso en un tubo adyacente si se emplean varios, repitiendo el mismo proceso antes descrito.

Siempre que sea posible el concreto deberá ponerse en seco y toda vez que se coloque bajo el agua el trabajo deberá realizarse contando con una supervisión experimentada. Sin embargo, deberán observarse los siguientes puntos especiales:

El revenimiento del concreto deberá ser entre 15 y 20 cm, y el contenido de cemento deberá ser menor que 385 kg/m<sup>3</sup>. Es importante que el cemento fluya sin segregación; de ahí que el enfoque al efectuar el proporcionamiento sea el de obtener una mezcla cohesiva con una alta trabajabilidad. El uso de agregados redondeados, de un porcentaje más elevado de finos y de aire incluido ayudaría a obtener la consistencia deseada.

Entre los métodos para colocar concreto bajo agua se incluyen los siguientes: tubo-embudo (tubo *tremie*), bomba de concreto, cubetas de vaciado por el fondo, inyección de lechada a agregados precolados, sacos con fijador a través, obras con sacos y campana de buzo.

El tubo-embudo es liso, recto, lo suficientemente largo para alcanzar el punto más inferior que se vaya a colocar desde una plataforma de trabajo sobre el agua. En la parte superior del tubo de fija una tolva. El extremo inferior del tubo deberá conservarse enterrado en el concreto fresco con el fin de mantener un sello y de forzar que el concreto fluya hasta su posición por medio de la presión. El colado deberá ser continuo con la menor perturbación posible del concreto anteriormente aplicado y la superficie superior deberá mantenerse tan nivelada como sea posible.

El desarrollo de la bomba móvil para concreto con un cañón de radio variable ha facilitado grandemente la labor de colar concreto bajo el agua. Los cucharones de descarga por el fondo varían en cuanto a sus formas y capacidades. Las compuertas para la abertura del fondo son operadas por algún

buzo o por medio de una cable de descarga desde la superficie. La parte superior del cucharón deberá estar cerrada con alguna cubierta de lona para proteger al concreto contra cualquier daño mientras se le hace descender.

La inyección de lechada de cemento a los agregados precolados ofrece ciertas ventajas al colar concretos bajo corrientes de agua.

Los sacos son de lona reutilizables, con forma de salchicha, que se rellenan con concreto y hacen descender hasta donde se encuentran los buzos. En los extremos superior e inferior un nudo corredizo o una cadena que permiten la fácil descarga y llenado del mismo.

Los sacos de arena a medio llenar con concreto plástico se pueden emplear en los trabajos pequeños, relleno de huecos o como obra temporal. El extremo amarrado no deberá dar hacia el exterior. ☉



TUBOS

## Tubos

### ¿de plástico o de concreto?

A PARTIR DE ESTE NÚMERO DE *CYT* y en otros sucesivos expondremos en este espacio lo expresado en el XII Congreso Internacional Ambiental de CONIECO (Consejo Nacional de Industriales Ecológicos), donde se enfatizaron las razones y ventajas que la tubería de concreto ofrece sobre la de plástico.

En esta edición y en la correspondiente a julio abordaremos las consideraciones generales a tomar en cuenta para posteriormente iniciar la publicación de las tablas comparativas hasta llegar a una conclusión.


El ser humano siempre ha tenido la necesidad de modificar su entorno, para hacer más cómodo su ambiente. Sin embargo, también es una realidad que la sobrevivencia del hombre dependerá en mucho de su capacidad para reciclar indefinidamente en primer lugar el agua y todos los materiales en general.

Por lo anterior es urgente analizar las tuberías de conducción que por muchos años han probado su eficacia, como es el caso de las tuberías de concreto o de tubo blanco, que han servido de manera muy eficiente tanto para llevar las aguas limpias como las de saneamiento, tuberías que actualmente están siendo sustituidas en gran manera por tubos de plástico.

En este punto conviene aclarar que al hacer referencia al plástico se está tomando un término genérico pues la variedad es muy amplia. No obstante, el que hoy está de moda es el polietileno de alta densidad o tubo negro, con el que se está fabricando tubería corrugada.

Para iniciar el análisis que llevará a la elección, los conceptos que en principio se deben considerar son costo, durabilidad, resistencia, instalación, diseño, pruebas, flamabilidad, rugosidad, reparación, resistencia a los ácidos, adaptación y medio ambiente.

### Probada reputación

En la construcción se tiene probada experiencia con los materiales inertes provenientes de los suelos naturales (arenas y gravas). Sin embargo, en el caso de los plásticos se requiere de una investigación más profunda de sus comportamientos, en la que debe estar necesariamente involucrado un ingeniero químico. Pero, difícilmente se podrán conseguir los óptimos resultados que se logran con el concreto. 

ráneo para 400 autos y 200 carros de golf. La separación de columnas es de 15 metros.

En esta casa club, la más grande del mundo, los precolados de fachada debían tener la apariencia de grandes bloques de sillares, por lo que se tuvo que asegurar que las juntas se vieran traslapadas, no verticales y se evitaron los cortes a 45° en las esquinas con un ingenioso sistema de engarce de una pieza con la otra ya que al girar una de ellas, a manera de una pieza de relojería, traba la una con la otra.


Ninguna pieza termina en la misma esquina, lo cual asegura una junta sana, sin cortes en los remates, o en los vanos de las ventanas.

En cada panel se incluyeron profundas juntas falsas para enfatizar los módulos de la “piedra natural”, en tanto la textura se logró con la aplicación de diversos productos químicos.

Otro requerimiento a tomar en cuenta es que el edificio se encuentra en un área sísmica, por lo que en las conexiones se dejaron juntas entre los precolados de uno 1/4”, previniendo así los movimientos diferenciales que pueden existir entre dos losas, en tanto los niveles de seguridad se complementaron poniendo insertos roscados y ahogados en la parte superior de los precolados que se conectaron a la estructura metálica con pernos roscados galvanizados”.

La elevación de los 11 mil m<sup>2</sup> de precolados a su posición definitiva se realizó con grúas y malacates eléctricos, en módulos de 10m<sup>2</sup> con un espesor de 10 cm y un concreto de 250kg/cm<sup>2</sup>.

Esta casa club es obra de PRETECSA, y según sus directivos cada uno de sus proyectos se trabaja como “trajes a la medida para cada edificio, pues los prefabricados no pueden ser estandarizados”.

\* La Casa Club BosqueReal Country Club, proyectada por el despacho Sordo Madaleno y Asociados, y construida con precolados de concreto arquitectónico elaborados por Grupo PRETECSA, recibió el Design Awards 2003, otorgado entre concursantes a escala mundial por Precast / Pretressed Concrete Institute en la categoría de Mejor Edificio de Instalaciones Deportivas. 

## Prefabricados, un traje a la medida

**LA CASA CLUB BOSQUEREAL COUNTRY Club\*** forma parte de un exclusivo campo de golf de primera clase que se ubica en el Estado de México. El edificio está equipado para dar servicio a 1600 personas y consiste en una estructura de concreto de cuatro niveles, con estacionamiento subte-



PREFABRICADOS



# Un TREN

MAYRA A. MARTÍNEZ



Entre los galardonados internacionales del Premio Obras CEMEX 2004 estuvo el Proyecto del Sistema de Transporte Ferroviario Ezequiel Zamora, que contempla la interconexión entre Caracas con el Valle del Tuy, hacia el sur de Venezuela, en una ruta de 41.5 km,

construcción iniciada en 1996 y cuya conclusión está prevista para el 2006. Cabe destacar que con vistas a preparar este reportaje, *Construcción y Tecnología* recibió una invitación especial de parte del Consorcio Contuy Medio, responsable de la obra.



## Agradecimiento

*Construcción y Tecnología* agradece el apoyo brindado por el Consorcio Contuy Medio para la realización de este reportaje, y en especial reconoce las atenciones brindadas a su autora por los Ing. Gabriele Ferrara, Carlos Otaola, Paolo Petruzzellis, Ángel Salcedo y su esposa Lena, así como a todo el personal de CCM.

# en vía al futuro

L

La realización de este tramo inicial del nuevo ferrocarril suburbano, de cercanía y media distancia, que unirá la capital venezolana con una poblada zona periférica, cuyos destinos principales son Charallave Norte y Sur, así como Cúa, está a cargo del Consorcio Contuy Medio (CCM), integrado por las empresas Otaola Ingeniería, C.A (OI), Impregilo, S.p.A, Astaldi, S.p.A, Marubeni Corporation y Ghella Sogene, C.A, que responden en común al acuerdo suscrito en 1996 con su cliente, el Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado (IAFE), previa convocatoria y licitación internacional.

El enlace Caracas-Cúa tiene un trazado total de 41.5 km, en los cuales hay 24 túneles de 10.20 m de diámetro de excavación; 28 viaductos, cada uno de 10.30 m de ancho; 13 km de terraplenes y cuatro grandes estaciones, la de Caracas, las de Charallave Norte y Sur, así como la final de Cúa, además de un amplio patio de servicio y sus talleres.

Sin embargo, por más que se manejen cifras en documentos, nada resulta tan impactante como conocer una obra de esta magnitud en el sitio, viviendo la experiencia de recorrer sus túneles, terraplenes y viaductos, para constatar en directo su relevancia y cómo en breve repercutirá en notorios cambios en el

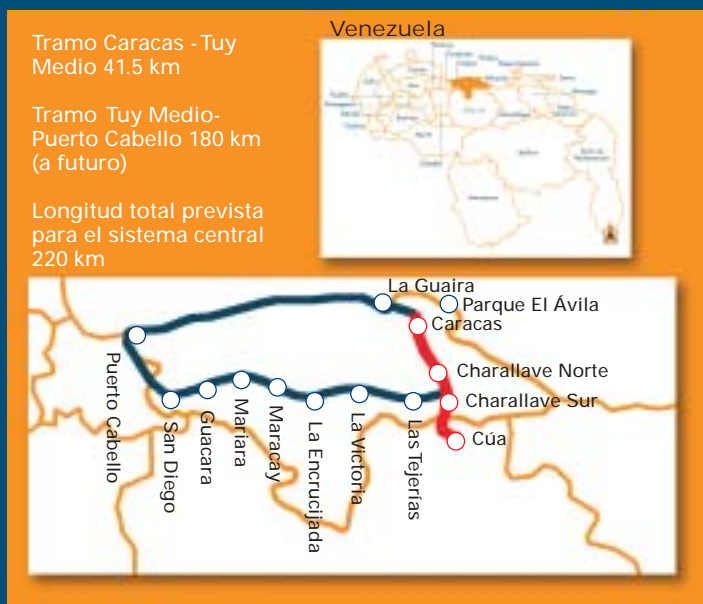


entorno socio-económico de esta región, mejorando en el futuro inmediato la calidad de vida de millones de habitantes.

### DESDE CARACAS A CÚA

Cuando los ingenieros Gabriele Ferrara, gerente general de CCM, y Carlos Otaola, presidente de OI, nos cursaron la invitación para viajar al hermano país, facilitando las condiciones para realizar este trabajo especial para *CyT*, en verdad ya habíamos revisado la información recibida por internet, lo cual nos daba una idea somera sobre el proyecto. Pero, reconozco que ambos tuvieron razón cuando frente al café de la primera mañana, antes de iniciar el recorrido de dos días adentrándonos hacia el sur del país, afirmaron «sólo el contacto personal con una construcción de esta dimensión le permitirá valorar su verdadera complejidad y sus aportes». Y así sucedió, fueron 48 horas intensas, cálidas por el clima y por las atenciones brindadas por los anfitriones en todo momento, y en especial por disfrutar de la primicia de visitar en pleno proceso constructivo lo que constituye, sin duda, la mayor obra de su tipo en la actualidad en nuestro continente.

### Ubicación geográfica del sistema ferroviario



### PRESENTE Y FUTURO

El enlace Caracas-Cúa representa la primera etapa de una propuesta más ambiciosa, y cubre sólo el vínculo entre la capital y los Valles del Tuy, para aliviar así los congestionamientos hacia el área metropolitana, propiciando el desarrollo de infraestructura urbana y servicios de más nivel hacia esas zonas cercanas.

En el futuro, el Sistema de Transporte Ferroviario para la Región Central prevé la extensión del enlace Caracas-Tuy Medio con Maracay, Valencia y Puerto Cabello, a través de trenes alimentados con energía eléctrica para el transporte de pasajeros y carga, de corta y larga distancia.

En principio visitamos la estación Caracas, muy avanzada en su construcción, que se levanta en La Rinconada, hacia el sur de la urbe, y la cual se vinculará con la línea tres del Metro ciudadano, que también se erige al unísono, y donde se



tiene previsto hacer una estación para trenes de larga distancia. Ahí el movimiento de camiones de CEMEX es incesante, cargando concreto premezclado, en una planta cercana, mientras cientos de albañiles trabajan en la terminación de diversas áreas o colocan los prefabricados requeridos.

### PRESENCIA DEL CONCRETO

Baste una cifra para constatar la enorme aplicación del concreto, de diversas maneras, pues se ha utilizado hasta la fecha un millón 250 mil m<sup>3</sup> de este material, en su mayoría con una resistencia de f'c= 300 kg/cm<sup>2</sup>, aunque también ha habido de 250 kg/cm<sup>2</sup> y de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Además, para la elaboración de las columnas se montó especialmente una planta de prefabricados y de este modo se solucionaron pilas hasta de 60 metros de alto, aunque en promedio fueron de 14 m. Así mismo, en toda la obra se ha aplicado pretensado, según las exigencias específicas.

Cabe destacar cómo en los 24 túneles se aplicaron 450,500 m<sup>3</sup> de concreto de revestimiento y 223 mil m<sup>3</sup> de concreto lanzado, mientras para las pantallas atirantadas se contó con 45 mil m<sup>3</sup> de concreto lanzado y en los viaductos se aplicaron 179,463 m<sup>3</sup> de concreto, en general. A estas cantidades debe sumarse el que se está trabajando en las cuatro estaciones y en el patio de servicio y los talleres, aún en proceso.

En los viaductos se aplicaron 43,142 m<sup>3</sup> de concreto f'c= 250 kg/cm<sup>2</sup> en cimentaciones; 10,323 m<sup>3</sup> de concreto f'c= 300 kg/cm<sup>2</sup> en pilas y 4,859 m<sup>3</sup> de f'c= 350 kg/cm<sup>2</sup> en tableros, en tanto el lanzado en pozo de varias resistencias ascendió a 11,632 m<sup>3</sup>.

### SOBRE EL TREN

Durante el recorrido en el tren de trabajo por túneles y viaductos tuvimos la oportunidad de conversar con el Ing. Paolo Petruzzellis, coordinador de ingeniería y sistemas de CCM, y uno de sus especialistas con más años involucrado en el proyecto, quien nos comentó que los beneficios esenciales del enlace Caracas-Cúa residen en que «la capital no tiene posibilidad de crecimiento urbano, porque está

## Ficha técnica

Proyecto	Proyecto Ferroviario Ezequiel Zamora, primera etapa Caracas – Tuy Medio
Objeto del contrato	Proyecto definitivo de ingeniería, construcción de las obras civiles (incluyendo las estaciones y los patios, así como los talleres, el suministro, instalación y puesta en marcha de los equipos que componen la primera etapa, Caracas – Tuy Medio) del Sistema Integral
Ubicación	República Bolivariana de Venezuela
Cliente	Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado (IAFE)
Proyecto básico	IAFE
Proyecto de detalle	Consortio Contuy Medio (CCM)
Constructora	Consortio Contuy Medio (CCM), conformado por las empresas IMPREGILO, S.p.A. – ASTALDI, S.p.A.— GHELLA SOGENE, C.A.— OTAOLA INGENIERÍA, C.A.— MARUBENI CORPORATION
Inversión	Mil setecientos millones de dólares
Inicio del proyecto	Mayo de 1996
Terminación del proyecto	Segundo semestre del 2006

limitada por un lado con el Parque Nacional del Ávila y por el otro por la topografía montañosa, con un complejo y difícil suministro de agua. Por eso, surgió el concepto del ferrocarril interurbano de cercanía, para buscar una conexión eficaz con un área donde es posible un mayor aumento poblacional, al margen de la ya existente en el Valle del Tuy, que sólo tiene acceso por carretera y quienes trabajan en la capital toman diariamente hasta cuatro horas en ir y regresar a sus puntos de origen, cuando no se presenta algún imprevisto en la vía y se limitan o incluso se cortan los accesos. Así, en el futuro se concibe esta región como una megalópolis anexa a Caracas, con dos o tres millones de habitantes y todos los servicios, sin las carencias de muchos barrios en la actualidad.

«Al mismo tiempo, este ferrocarril de cercanía brinda la opción posterior de ampliarse a uno de características nacionales, y está la hipótesis de continuar la vialidad en una especie de anillo que conecte a todas las poblaciones importantes de los alrededores».

### LA TECNOLOGÍA MÁS ACTUAL

En sus explicaciones sobre la tecnología empleada en este sistema ferroviario destaca Petruzzellis que aunque no puede hablarse de innovaciones, «sí de aplicación



Obras civiles

TRAZADO TOTAL= 41.5 KM/ DIVIDIDO EN 24 TÚNELES =49%/28 VIADUCTOS=20%/Y TERRAPLENES-13 KM=31%

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Características de vía Longitud total	metros	41,410
Movimiento de tierra Longitud total	m	12,763
Túneles Longitud total Número total	m obra	20,412 24
Viaductos Longitud total Número total	m obra	8,400 28
Estación de Caracas	m <sup>2</sup>	40 mil
Estación de Charallave Norte	m <sup>2</sup>	30 mil
Estación de Charallave Sur	m <sup>2</sup>	10 mil
Estación de Cúa	m <sup>2</sup>	12 mil
Patios de carga	m <sup>2</sup>	10 mil
Patios y talleres	m <sup>2</sup>	92 mil
Total de concreto utilizado en las obras	m <sup>3</sup>	Un millón 250 mil

compensa con la recuperación del que baja frenando, que genera energía y se transfiere a aquél en ascenso. Así, 20% se autogenera de esta forma».

**A MITAD DEL CAMINO**

Aquí nos advierte el ingeniero que empezamos el recorrido por los tramos más difíciles en su topografía, el tres y el cuatro, que atraviesan una parte montañosa y sirve para subir de los 400 a los 900 m, en una incesante pendiente ascendente. Advierte que «este tramo está prácticamente terminado como obra civil y colocación de vía ferroviaria, sólo falta la ubicación de la catenaria y los equipos eléctricos de señalización y telecomunicaciones. Esto significa que todos los tramos desde la capital ya están hechos, y respecto a construcción falta sólo terminar la estación caraqueña y el último viaducto, para pasar por encima de una autopista».

de las técnicas y equipamientos más modernos existentes para este tipo de obra, como los sistemas de señalización con control automático de velocidad y seguridad, pues el conductor puede hasta morir mientras guía el tren y éste pararía automáticamente cuando se requiera; los métodos de telecomunicación con fibra óptica, y de comunicación tierra-trenes y entre éstos, de la mayor actualidad, mediante radio, además del sistema de recuperación de energía, pues hay tramos de 30 km en pendiente continua a Caracas, que gasta mucha más energía y que se

Comenta Petruzzellis que de los 22 km de esta parte unos 18 son de túneles, pues al estudiar la topografía se les dio preferencia en relación con taludes previstos con antelación. «Hay viaductos tan altos en sus pilas de concreto de hasta 60 m y claros de 95 m, con estructura de viga de acero y losa de concreto, y se hizo un nuevo estudio gracias al cual se rebasaron las medidas contempladas hasta el momento. En esta zona el terreno es de roca con poca consistencia, bastante fragmentable y se ha trabajado todo con sistema minero, con explosivos. En un principio se pensó sacar unos tres millones de m<sup>3</sup> de tierra, pero por los métodos utilizados se bajó esa cantidad a un millón de m<sup>3</sup>, al construir túneles luego de corte abierto. Así, evitamos un daño notorio al medio ambiente».

Añade nuestro acompañante que «los viaductos son de diferentes longitudes, entre 100 metros a un km y medio, según las exigencias de la topografía local. Pero, hay una continuidad de túneles y viaductos. Esta región era selvática, con pocos accesos y eso dificultó los estudios de suelo».

Así mismo, destaca que como obra civil no debe necesitar de mantenimiento en los próximos 30 años, por la calidad de los durmientes de concreto y la notoria cantidad



de este material utilizado, exigiendo nada más una nivelación anual del terreno. Como vía férrea, el equipamiento requerirá de un ciclo normal de atención.

### RETOS Y PERSPECTIVAS

Ya de regreso en las instalaciones del Consorcio Contuy Medio, en una zona des poblada y árida, próxima a Charallave Norte, preguntamos al Ing. Gabriele Ferrara qué tan compleja desde el punto de vista social ha sido la realización de esta obra, a lo que responde que «para realizarla en primer lugar hubo algunas expropiaciones de tierras, con reubicación de escasas casas y sus ocupantes, todo bajo la responsabilidad del cliente, el Instituto Autónomo de Ferrocarriles del Estado, una instancia con más de medio siglo de existencia, que ya contaba con experiencia en este tipo de labores. No obstante, nuestra obra impac-

tó muy poco a la población, pues el ferrocarril atraviesa básicamente zonas rurales, no agrícolas, y sin habitantes. Sólo se afectó un poco el área urbana de Charallave, también Cúa, en la zona de la estación terminal y en Caracas finalmente tampoco se tocaron áreas urbanas, pues la edificación se ubicó en una superficie destinada a ese tipo de infraestructura, que coincide con una conexión del metro.

«Por otra parte, desde el punto de vista ambiental buscamos impactar lo menos posible, incluso haciendo cambios en el trazado para reducir el volumen de tierra extraída, sustituyendo tramos que imponían mucho movimiento de tierra por túneles, que ocupan aproximadamente 50% del





total, más o menos otro 30% son viaductos y los terraplenes ocupan el resto».

Aclara Ferrara que, sin embargo, hasta ahora no se había desarrollado un buen sistema de ferrocarril interurbano en Venezuela. «Baste remontarse a comienzo del novecientos cuando se construyó una línea desde Caracas a la Guaira, pero después, en el siglo XX no se invirtió en este

ámbito, hubo auge del transporte urbano vehicular, sobre todo por tratarse de un país petrolero, donde el combustible ha sido bastante económico y eso propició un incremento de carreteras y de vehículos de cualquier índole para movilizar a la población. Sólo hasta los pasados años 80 empezaron a desarrollarse los sistemas de transporte como el metro y algunas vías ferroviarias».



### EL CASO CARACAS

Recuerda el Ing. Petruzzellis que en un comienzo la estación de Caracas cambió la propuesta de ubicación cuatro veces, pues hubo un primer proyecto con el cual había que demoler cinco edificios en una zona residencial, y luego se movió tres veces hasta decidirse por un terreno periférico, con escasa obra urbana, pues además siempre se consideró la conexión con una estación del metro para viabilizar la distribución de los pasajeros. Ahí un túnel pasa por debajo de un barrio, pero con total seguridad para la obra y los residentes.

## Sistema integral ferroviario

Explica que luego el trazo continúa por un tramo de unos 22 km, totalmente agreste, sin viviendas, e incluso sin una fauna importante. «Tuvimos que hacer estudios topográficos, pues ni siquiera existían. Después entramos al Valle del Tuy, con partes urbanas, pero el trazado buscó evitar al máximo cualquier impacto en esas zonas por lo que se incorporaron tres túneles nuevos y un viaducto largo, pero con la menor interferencia hacia la población de Charallave Norte, tras lo cual hay una zona industrial importante, que se rodea. Finalmente, a Cúa se llega siempre fuera del área poblada, aunque enfrentamos algunas dificultades constructivas, pues los terrenos son arcillosos y esto nos obligó a cambiar el trazado, pues no podíamos hacer relleno, y se hicieron dos nuevos túneles y viaductos».

### SI DE COMPARACIONES SE TRATA...

Al abordar el tema del valor añadido de esta obra puntualiza Ferrara que es muy alto. «No veo por qué no compararla con lo mejor en realización en el mundo, ubicándola en su contexto, pues no se trata de un tren de alta velocidad como muchos europeos que se están desarrollando en países como Francia, Alemania o Italia. Pero, en Venezuela, donde no existían trenes interurbanos resulta muy novedosa esta propuesta y se están aplicando todas las tecnologías más modernas para cumplir con sus exigencias. En específico, se trata de un ferrocarril de cercanía y media distancia, que en su mayor utilización, a unos 15 años, con velocidad promedio entre 100 y 120 km/h, deberá contar con una frecuencia de un tren en estación cada tres minutos casi con dos mil pasajeros por convoy, aunque el normal será de cuatro vagones con una capacidad máxima de 900 usuarios.

«Por ejemplo, la diferencia entre los trenes de alta velocidad en otras naciones es que reducen el tiempo de viaje, mientras acá ni siquiera había esa opción, y con este proyecto se conectarán una serie de poblaciones de los alrededores de Caracas».

Al respecto interviene Petruzzellis, quien comenta que por lo general en Europa los trenes se direccionan hacia

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Vías férreas		
- Rieles UIC 60	ton	11,110
- Durmientes	obra	160 mil
- Balasto	m <sup>3</sup>	250 mil
- Cambios	obra	71
Electrificación		
- Tensión de suministro	KV	25
Sistema de señalización y control		
- Protección automática (ATP)	Conjunto	1
- Operación (ATO)	Conjunto	1
- Supervisión (ATS)	Conjunto	1
- Aparato de estaciones (RIS)	Conjunto	1
Sistema de telecomunicaciones	Conjunto	1
Puesto de comando central (PCC)	Conjunto	1
Material rodante		
- Velocidad máxima	km/h	120
- Velocidad de operación	km/h	100
- Longitud de cada vagón	m	25
- Ancho de cada vagón	m	2.93
- Altura de cada vagón	m	4.24
- Capacidad EMU (Tc+Mc+Mc+Tc)	personas	entre 700 y 900
- Número EMU	núm.	13
- Número de vagones	núm.	52

muchas ciudades, 20 o 30, porque allá se han conectado las redes de cercanía de Madrid o de París, de diversas ciudades alemanas, así que es otro concepto. «Con proyectos como el nuestro, en este caso se está saliendo hacia una sola dirección, y más adelante llegará hasta tres direcciones. Pero, como línea única tiene tal importancia socio-económica que puede compararse con una red de varias líneas y la repercusión en la región es inmensa. Además, hemos utilizado los equipos más actuales en todo el proceso constructivo».

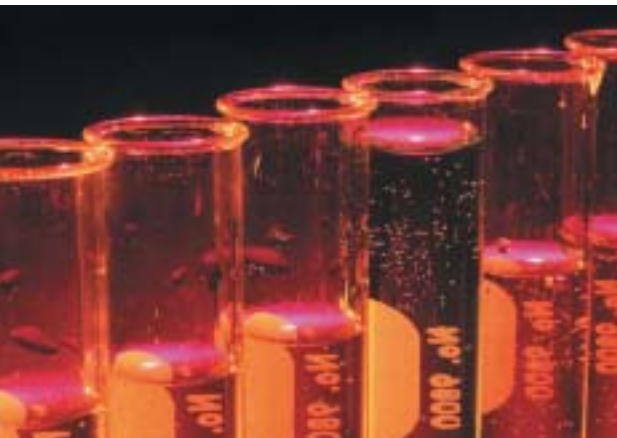
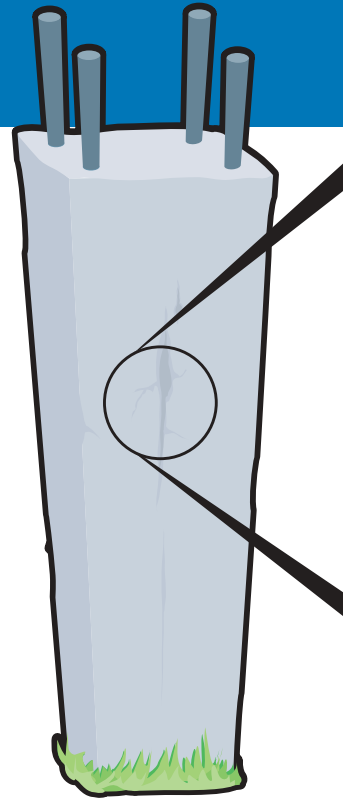
En opinión de Ferrara «un sistema ferroviario de cercanía y media distancia, y de esta magnitud sólo existe en Sao Paulo o Buenos Aires. Y aparte, en Caracas hay cuatro líneas del Metro y se está desarrollando otra extra urbana hacia Los Teques, capital del estado de Miranda. Sin duda, creo que esta es la obra de su tipo más ambiciosa en construcción no sólo en América Latina, porque incluso no conozco otra similar en Norteamérica».

# Instalaciones para nanotecnología

HAL AMICK Y PAULO J. M. MONTEIRO\*

En este artículo se explora la nanotecnología desde la perspectiva del especialista en la dinámica estructural, quien realizó el diseño de un edificio para tecnología avanzada, enfocándonos en el concreto, material

estructural que con frecuencia es seleccionado para la construcción de estas instalaciones. En principio se mostrará cómo la nanotecnología aplicada ha conducido a la investigación de algunas de las propiedades dinámicas del concreto, y con posterioridad se expondrán algunas de las necesidades de una mayor investigación en la tecnología del concreto.

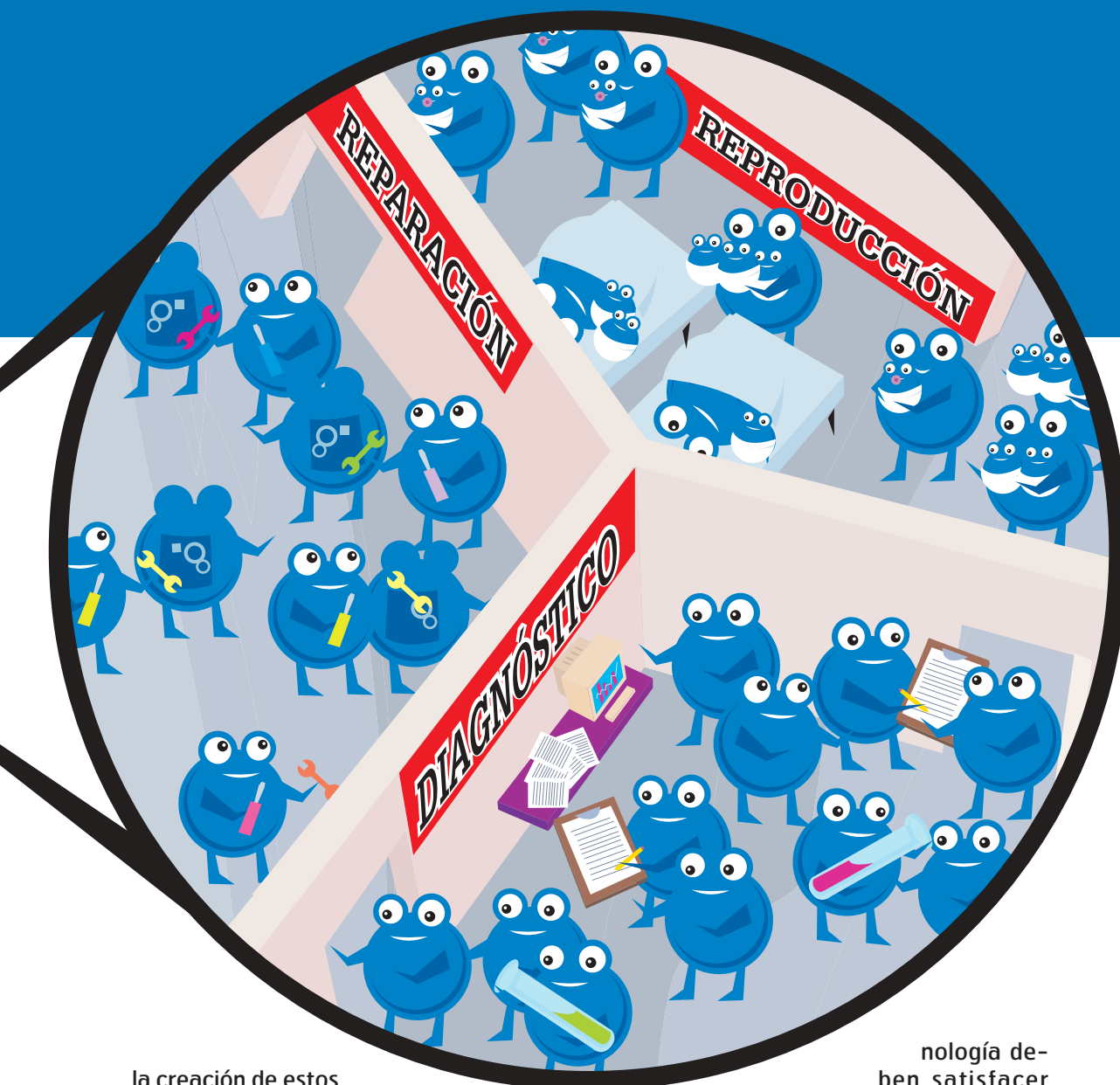


**L**os sofisticados ambientes de trabajo, que se necesitan en las instalaciones para investigación de la nanotecnología imponen grandes retos a los diseñadores y constructores. Los requisitos ambientales de este tipo de construcciones incluyen el control de la temperatura, la humedad, la limpieza del aire, la contención de los riesgos biológicos, los límites en los campos electromagnéticos, el acondicionamiento especial para la energía eléctrica, así como el control de la vibración y el ruido.

Debido a que la mayoría de estos aspectos de diseño han evolucionado a partir de los requerimientos especiales creados al trabajar en pequeña escala muy pocos de los edificios existentes pueden satisfacer estas demandas y generalmente se necesita de una nueva construcción.

## AMBIENTES CON BAJA VIBRACIÓN

La necesidad de ambientes de muy baja vibración para las instalaciones de nanotecnología va en aumento. Sin embargo,



la creación de estos espacios está bajo la esfera de acción de un subgrupo muy especializado en la dinámica estructural.

Durante dos décadas, la industria de los semiconductores ha sido la fuerza impulsora de la evolución de las metodologías de diseño asociadas con los ambientes de baja vibración. Las construcciones dedicadas a esta novedosa industria son colocadas en sitios con bajas vibraciones ambientales y diseñadas de manera muy conservadora.

Estos estrictos requisitos hacen que los diseñadores consideren, nuevamente, algunas normas básicas de diseño pues ubicar la construcción en un sitio tranquilo ya no es suficiente. La Fig. 2 muestra el rango de vibraciones permitidas para estas instalaciones, en las que un espacio de oficinas o sala de juntas puede tener algún nivel perceptible de vibración; sin embargo, las áreas de trabajo en las instalaciones de nanotec-

nología deben satisfacer criterios de vibración

mucho más estrictos que la percepción humana, cuyo umbral de la percepción es de aproximadamente 500 m/s.

Los microscopios de baja potencia (40x a 100x) y los quirófanos para cirugía requieren de un nivel de vibración de un orden de magnitud más sensible de lo que la gente puede sentir. En tanto, los microscopios electrónicos y las fotolitografías de semiconductores necesitan un orden de magnitud todavía más sensible que el anterior. Gran parte del equipo asociado a la nanotecnología es todavía más sensible, y el ambiente requerido para el desarrollo de nuevas sondas moleculares (tales como aquéllas usadas para microscopios de fuerza atómica y otras formas de microscopía con sondas) son todavía más estrictos.





Por lo general, son considerados lugares óptimos los que cuentan con amplitudes de vibración en el rango de 3 a 6 m/s. Sin embargo, algunos procesos de nanotecnología necesitan amplitudes de vibración de 1 m/s o menos, requiriendo mediciones extra, inclusive para los sitios más tranquilos.

### BONDADES DEL CONCRETO

El concreto es el material elegido para la construcción de muchos de los componentes estructurales críticos en las instalaciones de tecnología avanzada. Múltiples áreas muy sensibles a la vibración se ubicaban sobre losas en contacto directo con el suelo y con peraltes mucho más gruesos de lo normal (200 a 600 mm).

Los espacios de los salones limpios que requieren de cimentación con frecuencia son colocados en sistemas peraltados de losas aligeradas de 700 a 1200 mm de peralte, dependiendo del espaciamiento de las columnas. Los laboratorios generales se ubican en los niveles superiores de estos edificios -con la intención de satisfacer las necesidades de los microscopios-, que están diseñados ya sea con losas en una sola dirección o marcos compuestos de acero y concreto, aunque los peraltes son más altos

y los claros son mucho más cortos que los de las estructuras convencionales.

El concreto ha encontrado una aplicación relativamente nueva en las instalaciones con estrictos requisitos de vibración. Estas necesidades de vibración pueden ser satisfechas por una combinación de un sitio tranquilo y aislamiento neumático usando resortes de aire. En el pasado este aislamiento se logró con los bancos ópticos comercialmente disponibles montados en patas, que contenían resortes de aire. Sin embargo, ésta no es una solución para todos los propósitos, pues algunas aplicaciones requieren una trayectoria óptima muy larga y múltiples mesas ópticas podrían llevar al desalineamiento de los rayos.

Otras aplicaciones pueden exigir que la superficie de trabajo en el laboratorio esté a nivel del piso, exigiendo de un pozo para la unidad de aislamiento. Algunas estructuras especifican una masa aislada extraordinariamente grande para mejorar el desempeño de etapas adicionales de aislamiento o para bajar el centro de gravedad de la estructura.

Varios de los diseños para laboratorios de R&D han empleado grandes masas inerciales soportadas sobre enormes resortes de aire, como el sistema que se muestra conceptualmente en la Fig. 3. Esta configuración empieza a conocerse en los círculos de la nanotecnología como una losa NIST-A1, denotando el criterio de vibración que se pretendió satisfacer para el Laboratorio de Mediciones Avanzadas del NIST. (Un término más genérico es el de "losa sin vibraciones" [*keel-slab*]). Se diseñó y se construyó un prototipo de 4 x 10 m en uno de los laboratorios existentes en el NIST y ahora se usa para apoyar el desarrollo de un sistema de medición de fuerzas capaz de medir nN, uno de los requisitos de metrología de la nanotecnología.

Cuando se golpea con un martillo la losa sin vibraciones prototipo se produce un espectro de velocidad similar al mostrado

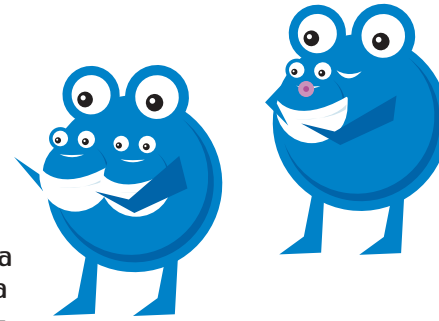
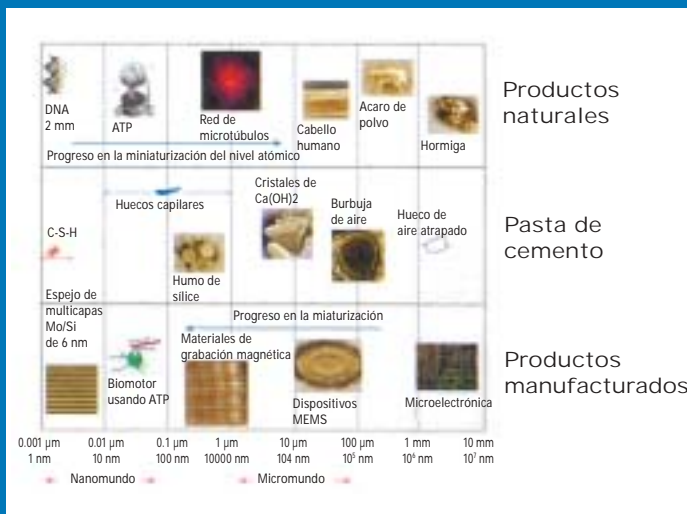


Figura 1



Comparación de las escalas de productos naturales y artificiales con la pasta de cemento





en la Fig. 4, cuya forma exacta depende de los lugares, los estímulos y las mediciones. La amplia curva a bajas frecuencias representa una respuesta altamente amortiguada del sistema de suspensión de los resortes de aire. Los picos más agudos a las frecuencias entre 34 y 120 Hz representan las primero cinco frecuencias de resonancia de flexión y de torsión internas de la enorme masa de concreto. Estos picos son mucho más agudos que los correspondientes a los resortes de aire, indicando un amortiguamiento modal superior del concreto.

La Fig. 5 es una representación de la capacidad de aislamiento contra la vibración de esta losa a un ancho de banda particular asociado con los requisitos de vibración del NIST. El aislamiento llega a ser bastante bueno, por encima de 8 Hz, pero se degrada a frecuencias por encima de 30 Hz debido a la presencia de la amplificación vinculada con las resonancias internas de la masa de concreto. A algunas frecuencias, el efecto del aislamiento es completamente cancelado.

En el diseño del nuevo laboratorio del NIST, los diseñadores evitaron este problema limitando la geometría de la masa de aislamiento. Ninguna de la docena de losas instaladas tenía dimensiones que excedían los cuatro m, lo que forzó a que la resonancia fundamental de flexión quedara muy por encima de los 100 Hz, el rango de frecuencia que más preocupa a los investigadores. No obstante, pueden surgir circunstancias en las que podría requerirse un sistema más grande, similar al prototipo.

Puede demostrarse que si el amortiguamiento material del concreto pudiera ser incrementado desde un 0.2% nominal hasta, digamos, 2% el desempeño de aislamiento en las frecuencias de resonancia internas podrían mejorar en 10 veces. Esto significaría que los sistemas de aislamiento del tamaño de un salón podrían proporcionar el aislamiento adecuado sobre un rango de frecuencia significativo.

Además de los sistemas de aislamiento de losas sin vibraciones, la capacidad para incrementar el amortiguamiento del con-

creto como parte del proceso de diseño podría conducir a una mejor atenuación de vibraciones que acompañan a la estructura en los edificios para tecnología avanzada. Tan sólo estos dos beneficios han justificado un examen más cuidadoso de las variables que controlan el amortiguamiento del concreto.

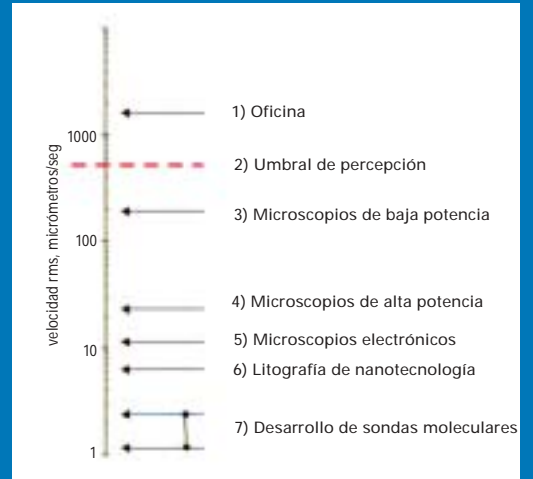
## EL AMORTIGUAMIENTO Y EL CONCRETO

Un ingeniero estructural generalmente tiene una buena comprensión de los papeles que la rigidez y la masa estructural juegan en la respuesta dinámica. Las frecuencias de resonancia son funciones de rigidez divididas por la masa (al incrementar la masa disminuye la frecuencia de resonancia). A frecuencias menores que la fundamental de resonancia, la respuesta dinámica de la estructura es controlada por su rigidez. A frecuencias más altas que la frecuencia fundamental de resonancia, la respuesta dinámica de la estructura es controlada más por su masa que por su rigidez.

Para la respuesta a frecuencias iguales o cercanas a la de resonancia, el amortiguamiento se convierte en la propiedad más importante. Cuando es estimulado a la frecuencia de resonancia, la respuesta de una estructura se mantiene dentro de los límites requeridos por la nanotecnología por medio del amortiguamiento. De hecho, la amplitud de la vibración es inversamente proporcional al amortiguamiento de la estructura, y la amplitud de un espectro de respuesta para cualquier sismo dado se reduce a medida que se incrementa la capacidad de amortiguamiento de una estructura.

El amortiguamiento, comparado con el módulo de elasticidad o densidad, es la menos comprendida de las propiedades estructurales de la materia. En general, el ingeniero estructural

Figura 2



Criterios de vibración del equipo típico de tecnología avanzada



## ¿Qué es la nanotecnología?

Por lo general, se le define como la investigación y el desarrollo (R & D=research & development) que trata de las partículas y los sistemas con dimensiones de entre uno y 100 nm (un nm es  $10^{-9}$  [una mil millonésima] m). Aunque los conductores y otros aspectos de los *chips* para computadoras históricamente han estado en la microescala, ( $10^{-6}$ , tal situación está cambiando).

La Fig. 1 proporciona una base para comparar las escalas para los objetos naturales y artificiales, con algunos de los tamaños de los aspectos en la pasta de cemento que podrían ser más familiares al lector.

El prefijo *nano* puede usarse para modificar tres términos

existentes. La nanoescala implica un rango de tamaño –dimensiones que son del orden de uno a 100 nm. La nanociencia implica la investigación a nanoescala. Así, la nanotecnología implica la implementación y la producción a nanoescala, lo que a su vez representa una nanociencia madura. Aún no hemos desarrollado completamente la nanociencia, de modo que el uso del último término –el más popular– es prematuro.

La nanotecnología requiere que los instrumentos coloquen una sonda con una precisión de unos cuantos nm, que midan las cantidades (tales como nN), y que fabriquen objetos que quizás tengan únicamente el grosor correspondiente a unas cuantas moléculas y un área de unos  $\text{nm}^2$ . Por tanto, las variaciones

térmicas en una sala deben ser lo suficientemente pequeñas, de modo que un objeto no cambie su tamaño en más de unos cuantos nm, porque de otro modo el sistema de control de la sonda podría colocar a dicha sonda en un lugar equivocado. Los campos electromagnéticos dentro de la estructura deben ser tan estables que las señales eléctricas puedan ser medidas en términos de nA y nV.

Algunos espacios requieren una acústica comparable a la que hay en un estudio de audiograbación. Las diminutas partículas transportadas por el aire pueden tener dimensiones de hasta algunos miles de nm, de modo que el control de la contaminación –de las partículas y de químicos– debe satisfacer tolerancias muy estrictas. Las vibraciones deben

presupone el amortiguamiento de una estructura de concreto basado en el comportamiento de una estructura con una configuración estructural similar. A diferencia del módulo elástico del concreto, que el diseñador puede especificar eligiendo básicamente una resistencia a compresión o su densidad, la cual puede

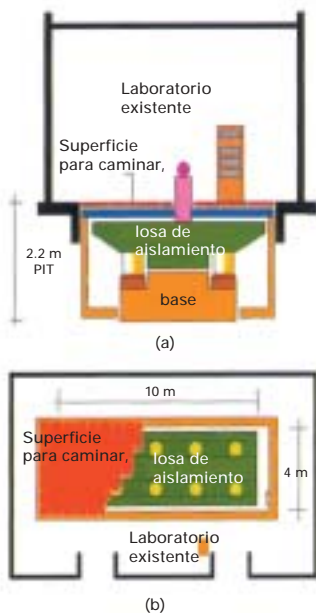
ser controlada con una selección adecuada del agregado “no es posible determinar analíticamente el amortiguamiento total para una estructura”.

Con mayor frecuencia, el objetivo al diseñar los elementos estructurales para resistir las fuerzas dinámicas en edificios para tecnología avanzada consiste en minimizar la amplificación de la vibración estructural entre dos puntos en una estructura. Esto generalmente exige que el diseñador pueda crear miembros con frecuencias de resonancia que sean tan altas como práctico, requiriendo considerar conceptualmente una estructura ligera y rígida. En general, el amortiguamiento de esa estructura es aceptado tal cual, y uno supone que los miembros con alta frecuencia de resonancia cambiarán la amplificación a una frecuencia en donde las vibraciones constituyan una preocupación menor.

En el caso del sistema de aislamiento discutido previamente, la amplificación ocurre entre las partes superiores de los resortes de aire y la superficie superior del sistema de aislamiento. Hasta que pueda incrementarse el amortiguamiento deliberadamente, la única opción disponible al diseñador consiste en lograr una frecuencia de resonancia más alta, lo que limita el área superficial útil.

El mejor material para muchas situaciones dinámicas estructurales en edificios de alta tecnología es aquél con un alto módulo de elasticidad y amortiguamiento, y

Figura 3



Planta y corte conceptual de un sistema de aislamiento.

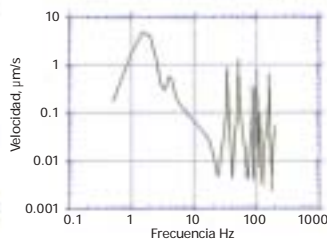


Figura 4

Resultante del espectro de la velocidad del impacto medido al centro del prototipo de la losa 4 NIST-A

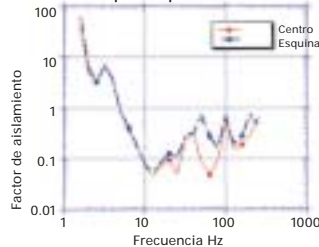


Figura 5

Representación del comportamiento del aislante en el centro y la esquina de la losa 4



ser de dos a tres órdenes de magnitud menores que el umbral de la percepción. Todos estos requisitos deben satisfacerse en una instalación con hasta 100 veces el consumo de energía por los sistemas mecánicos –y más de 50 veces el movimiento del aire– que un edificio convencional. Estas características se traducen en especificaciones muy estrictas del edificio y del material que deben ser preparadas por el equipo de diseño.

A principios del año 2003 estaban en proceso de construcción varias instalaciones dedicadas a la nanotecnología en todo el mundo, o que recientemente habían sido terminadas. Éstas incluyen edificios en las universidades de Cornell y Northwestern, en Estados Unidos, y la

University Collage, en Londres, Inglaterra; una gran sala limpia en el Laboratorio Nacional de Desarrollo de Nanotecnología en Taiwán y una instalación un poco más pequeña en el Laboratorio Naval de Investigación, en Washington, DC. Los costos de construcción para estas instalaciones varían entre 12 y 60 millones de dólares (mdd).

Minimizar los errores en la medición y en la colocación puede llegar a ser de importancia crítica en la nanotecnología, justificando el gasto de grandes sumas de dinero para el control ambiental. Por ejemplo, se realizó un significativo esfuerzo de R&D como parte del diseño del Laboratorio de Mediciones Avanzadas del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Una

de estas investigaciones exploró de qué manera podían usarse los sistemas de control de temperatura que pueden obtenerse fácilmente para lograr el control térmico del salón de  $\pm 0.01$  °C, lo que antes se consideraba como algo imposible sin un sistema de control muy costoso y especialmente diseñado. Los costos del edificio antes citado parecen grandes cuando se consideran en el contexto de los edificios académicos o gubernamentales, pero valore que una sola instalación para la producción de semiconductores podría tener un costo de construcción del orden de los 700 mdd y tener de 10 mil a 15 mil m<sup>2</sup> de un salón limpio.

baja densidad. La resistencia a compresión por sí sola no es de gran importancia. Debe realizarse más investigación para cuantificar mejor muchas de las suposiciones que actualmente son inherentes en el diseño de estructuras para tecnología avanzada.

La propiedad de amortiguamiento del concreto ha sido estudiada desde la década de los treinta en el siglo XX, pero virtualmente toda la investigación se ha enfocado en identificar los mecanismos microestructurales en el concreto que causan el amortiguamiento. Se ha prestado muy poca atención al desarrollo de medios por los cuales el amortiguamiento pudiera ser modificado de manera deliberada, colocándolo bajo el control de un dinamicista estructural, al igual que la resistencia a compresión y módulo de elasticidad. Está en curso una investigación en la Universidad de California, Berkeley, para desarrollar tales herramientas para el diseñador. Los parámetros investigados incluyen aditivos, variaciones en la relación agua-cemento ( $w/c$ ), alteración del agregado y modificaciones del refuerzo. El objetivo consiste en proporcionar al diseñador un conjunto de métodos para los cuales el amortiguamiento pueda ser incrementado a, digamos, 2%, o quizás hasta 10%, y que documente los efectos de esos métodos en otros parámetros importantes, como la resistencia, el módulo de elasticidad y la durabilidad.

Hay varios métodos viables para modificar el amortiguamiento para este conjunto de herramientas del diseñador.

Por ejemplo, un diseñador ya tiene a su disposición un aditivo de polímeros consistente en latex estireno-butadieno y una goma vegetal, pero sus efectos en las otras propiedades del concreto todavía no han sido completamente documentados. Este aditivo de polímero puede aumentar el amortiguamiento desde el valor nominal del concreto entre 0.5 y 1% hasta aproximadamente 2.5%. Otros aditivos de polímeros pueden también mejorar el amortiguamiento. Una segunda línea de pensamiento involucra prácticas que nos han enseñado a considerar como indeseables.

Por ejemplo, la investigación anterior ha establecido que el amortiguamiento del concreto se debe parcialmente a la presencia de microfracturas en la matriz del concreto. Si se eleva deliberadamente el nivel de la estructura (aumentando la  $w/c$ ) se incrementará el amortiguamiento. Una tercera opción involucra tecnología muy popular en las estructuras aeroespaciales: amortiguamiento restringido a capas. Esta práctica sólo podría modificar el amortiguamiento de formas en modos particulares, en lugar de hacerlo a través de un amplio rango de frecuencias de formas alteradas, pero en algunos casos, esto puede ser deseable.

La evolución de instalaciones de tecnología avanzada, particularmente aquellas para nanotecnología, requerirán de un amplio esfuerzo de diferentes tecnólogos de la construcción para satisfacer



## La nanotecnología en la ingeniería civil

Los rápidos avances que está experimentando la nanotecnología en todas sus dimensiones también son de aplicación en procesos constructivos de la ingeniería civil. Los más destacados serían «los materiales inteligentes», que puedan comportarse como sistemas vivos, de forma que sean capaces de llevar a cabo una función de actuación. Un ejemplo de estos nuevos materiales son los nanotubos de carbón, mucho más ligeros que el aluminio y 100 veces más resistentes que el acero.

Se tendrían así materiales de construcción de alto rendimiento, como una muy alta resistencia, durabilidad, comportamiento térmico y acústico; se podrían desarrollar polímeros, adhesivos, elastómeros, fibras y materiales compuestos para su aplicación en ingeniería civil, materiales inteligentes con funciones de reparación y de autodiagnóstico (de la microestructura, fatiga, etcétera.)

En el tema de carreteras se está investigando las nuevas propiedades que los

nanomateriales pueden conferir a los nuevos materiales. Estas nanopartículas podrían aportar soluciones a problemas como es conseguir una gran estabilidad del material para que no se degrade al sol, la dispersión homogénea para pintura de asfalto, etc.

Hay actualmente problemas con los pigmentos utilizados para obtener tinturas rojas, ya que muchas veces éstas reaccionan con el concreto cambiando su tonalidad hacia el rosa. En este sentido, hay líneas de investigación sobre pigmentos o colorantes orgánicos depositados sobre arcillas y otros tipos de soportes para poder conseguir que no se degraden. Otra de las posibles soluciones es la de encapsular nanopigmentos en polímeros con el fin de que no tiendan a degradarse.

Un ejemplo más próximo al intento de aplicar la nanotecnología en la ingeniería civil es la iniciativa del consorcio europeo NANOCEM ([www.nanocem.net](http://www.nanocem.net)), dedicado a la investigación y transferencia de tecnología relativa a la nanotecnología del cemento y sus aplicaciones en la construcción.

Los principales campos de investigación que se están desarrollando en NANOCEM son:

- Cementos nanoestructurados, más fáciles de aplicar y con la capacidad de reaccionar y autorrepararse ante las agresiones químicas de agentes externos, así como cementos que absorban la radiación solar, con aplicación, por ejemplo, en entornos espaciales. Esto se logra mediante el control de la porosidad del material
- Nanopartículas funcionales para el control ambiental y de la corrosión. Se trabaja en la obtención de nanopartículas para introducir en el cemento, que absorban el CO<sub>2</sub>, contribuyendo así a reducir emisiones contaminantes a la atmósfera.
- Nanobioingeniería aplicada a los materiales de construcción, para obtener concretos inteligentes a base de compuestos activos de origen biológico, de forma que se le añadan funciones (que puedan servir de filtros, de descontaminadores).

Sin duda, a medida que evolucione la nanotecnología se podrá ir usando paulativamente en otras áreas de la ingeniería civil.

Fuente: [www.madrimasd.org/cimn/asesorcan/3747.aspx](http://www.madrimasd.org/cimn/asesorcan/3747.aspx)

los sofisticados requisitos de comportamiento de R&D y la producción del mañana. Aunque con frecuencia es percibido como “de baja tecnología” el concreto puede jugar un papel clave. Todavía queda mucho trabajo por hacer, pero el concreto podría convertirse en el material de elección del diseñador estructural, especialista en dinámica. 🧐

\*Este artículo fue publicado en Concrete International, marzo 2004

### REFERENCIAS

1. U.S. Department of Energy website, <http://www.doe.gov/production/bes/scale-of-things.html>.
2. Mehta, P. K. and Monteiro, P.J. M., *Concrete: Structure, Properties, and Materials*, 2nd. Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1993, 548 pp.
3. Zsirai, T.; Williams, S.; and Sennewald, B., “Researchers Seek Strategies for Metrology Lab Temperature Control,” *Laboratory Design*, 1997.
4. Amick, H.; Sennewald, B.; Pardue, N.C.; Teague, C; and Scace, B. “Analytical/Experimental Study of Vibration of Room-Sized Air Spring-Supported Slab,” *Noise Control Engineering Journal*, V. 46, No. 2, 1998, pp. 39-47.
5. Chopra, A. K.; *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, 2nd. Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2001, 844 pp.
6. ACI Committee 341, “Seismic Analysis and Design of Concrete Bridge Systems (ACI 341.2R-97),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1997, 25 pp.

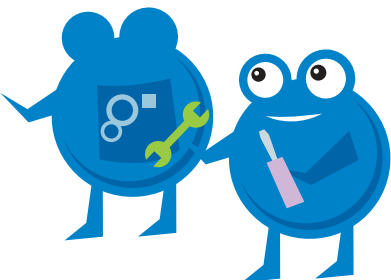
7. Soon, S.; Koh, S.; Paramasivam, P.; Koh, C. G.; and Loo, Y. H.; “Comparative Studies on Concrete Test Specimens Containing Concrete Damp Admixtures,” SHAMA Technologies (S) Pte. Ltd. Singapore, 1997.

### LOS AUTORES

**Hal Amick** es miembro del ACI y vicepresidente del Colin Gordon & Associates, una firma de consultoría sobre vibración, y es graduado en materiales estructurales en la Universidad de California, Berkeley. Ha prestado sus servicios como consultor sobre vibración en trece instalaciones dedicadas a la nanotecnología, así como en el Laboratorio de Mediciones Avanzadas del NIST, junto con numerosas instalaciones y laboratorios de semiconductores. Recibió su licenciatura en ingeniería civil de la Universidad de Wyoming, es MC y tiene una Maestría en ingeniería de la Universidad de California, Berkeley.

**Paulo J. M. Monteiro** es miembro del ACI, además de profesor y presidente del Grupo de Ingeniería Estructural, Mecánica y Materiales en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de California, Berkeley. En 2003, recibió la Medalla Wason de la ACI por sus investigaciones sobre materiales.

Sus intereses en la investigación incluyen modelos matemáticos y microestructura del concreto, que ha probado ser el mejor material para el control de la vibración.



# El *Turning Torso* de

ENRIQUE CHAO

## El inmueble **ANIMADO**

La nueva obra de Santiago Calatrava, *Turning Torso*, o Torso Rotando, que el ingeniero valenciano está por terminar de construir en el puerto de Malmö, en Suecia, es además de un extraordinario edificio, una graciosa escultura

habitabile de concreto y acero, de muchos pisos, que danza, desafía a la imaginación y pone a los materiales en el extremo de sus formas.

# E

n los últimos años, el puerto de Malmö frente al Mar Báltico está ganando reputación entre los admiradores de la arquitectura contemporánea por todo lo que se está erigiendo en su territorio. En un distrito de astilleros, donde hace sólo 40 años se construían barcos y navíos de toda clase, la ciudad ha ido desarrollando a toda prisa un espacio atractivo, ya que esta área proveerá a unas 30 mil personas de un ambiente moderno donde vivir y trabajar.

La ciudad de Malmö, la tercera en importancia de ese país, ubicada en el extremo sur de Suecia, de cara a Dinamarca, ha sido destacada de nuevo en el mapa con el que se convertirá



# CA



# LA

# TER

# VAA

“Alguien que  
no entienda de  
anatomía  
difícilmente será  
un buen arquitecto”  
*Santiago Calatrava*

# A

Vista panorámica



próximamente en uno de sus principales emblemas, el *Turning Torso*, un edificio diseñado por el famoso artista, arquitecto e ingeniero valenciano Santiago Calatrava, basado en una de sus esculturas, la cual se inspira, en cierto modo, en la forma humana en movimiento, un sueño de los constructores renacentistas convertido por fin en realidad. Ver: <http://www.turningtorso.com/>.

Tanto los esqueletos de aves y mamíferos, como las nervaduras, los pilares y las agujas de los templos góticos, son evocados al contemplar sus obras. Aunque los materiales como el concreto, el acero y el cristal, y la audacia de su trazo, regresan la mirada a las formas que depara el futuro.

Muchos colegas de Calatrava alegan que sus proyectos son difíciles de llevar a término porque exigen casi lo imposible, pero en este caso sus críticos se han quitado el sombrero y han admitido que están ante un portento de la ingeniería: "Calatrava, especialista en plegabilidad de las estructuras, se lució como ingeniero estructuralista al lograr esta forma tan compleja", dijo uno de ellos.

**LOS DESTELLOS DEL RASCACIELOS**

El edificio monumental, de la base a la

punta, expresa el complejo movimiento del cuerpo humano, como la vuelta que da la columna vertebral. Pero, desde otra perspectiva, no falta quien lo ha comparado con una toalla torcida por un gigante: "Como si le hubiera dado un giro lento de 90°".

La construcción se alza sobre nueve bloques, o cubos, cada uno de los cuales une a cinco pisos. Cada planta cuenta con un área de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>, en forma más o menos cuadrada y una sección triangular, reforzada por un apoyo de acero en el exterior. Los nueve cubos completan una rotación de 90° grados, desde abajo hacia arriba, y todos se sujetan alrededor de una inmenso tallo central que funciona como esqueleto del torso. En todos los niveles, los baños y las cocinas están en la misma disposición, para facilitar las instalaciones.

En un equilibrio estricto de las cargas los pisos se van rotando y el edificio es ligeramente más angosto en la base que en el remate.

La estructura completa levanta 54 pisos y mide un total de 190 metros de altura. Conforme crece el edificio, las paredes que rodean al tallo disminuyen su anchura, de un máximo de dos metros en

# El *Turning Torso* dispondrá de una superficie útil de 179 metros de altura y rematará con dos niveles más para diversas instalaciones técnicas.



el nivel del suelo, a 40 centímetros en la parte más alta. Aunque ya se está levantando la torre más alta de Suecia “La Bota”, de 325 metros de altura, por el momento *Turning Torso* será clasificada como la mayor de ese país.

El *Turning Torso* dispondrá de una superficie útil de 179 metros de altura y rematará con dos niveles más para diversas instalaciones técnicas, completando de ese modo sus 190 metros de altura total.

## **SÓLO PARA ACAUDALADOS**

Los departamentos, por si le interesa, van

a costar 4,500 dólares por m<sup>2</sup>. Cada piso está dividido por cinco y cada uno de ellos tiene cuatro cuartos y un quinto espacio triangular, que ocupa el vértice de la planta. Todos tienen terrazas al aire libre, sauna, lavadero, aire acondicionado, calefacción individual y un gimnasio compartido con los vecinos. Además, hay dos salas, situadas en las plantas 43 y 49, con capacidad para acoger a 20 personas, y una sala multiusos.

Cuenta también con cinco ascensores de alta velocidad ubicados en el centro del edificio, junto a las escaleras; de éstos tres



Las obras comenzaron en 2001, y en general se ha cumplido con los plazos de ejecución previstos.

proporcionarán servicio a las viviendas y los dos restantes, a los usuarios del área comercial. En el mirador, ubicado en el piso 49, los visitantes podrán distinguir a lo lejos el perfil de la cercana Copenhague, en Dinamarca.

Por otro lado, la primera planta del edificio albergará ocho oficinas completamente equipadas que, si las quisieran, podrían ser alquiladas por los residentes (son alrededor de 4,199.9 m<sup>2</sup> para este propósito). Como ya se mencionó, estos espacios para oficinas han sido emplazados en los primeros dos cubos (por lo que del tercero hacia arriba, se agrupan los 150 departamentos residenciales, que comprenden un total de 14,599.5 m<sup>2</sup>).

Uno de los beneficios de la forma de la construcción, de acuerdo con la inmobiliaria, es que podrá dar gusto a los clientes potenciales más exigentes: tanto a quienes quieran una vista al mar desde la recámara, como a los que desean una panorámica de la tierra desde un apartamento similar, pero en un piso diferente. Los clientes pueden elegir la organización interior que quieran.

Para ello se ha reclutado a la firma Samark Arkitektur, un estudio sueco asociado con la oficina de Calatrava en Zurich. Pero hay ocho modelos estándares.

### **CÓMO SE LEVANTÓ EL INMUEBLE**

Las obras comenzaron en 2001, y en general ha cumplido con los plazos de ejecución previstos. Hasta ahora ha completado el 80% del recubrimiento de la fachada que consiste en un muro-cortina, pero el edificio está casi listo y se ha programado para entrar en operación a partir de este año.

Las compañías constructoras suecas NCC Construction y Samark Arkitektur & Design AB, de Malmö, ya mencionada, aparecen como las responsables de la realización de exteriores e interiores, respectivamente. Como propietaria figura la HSB Malmö Ek For.



Para no perder el ritmo en la danza de su construcción, se comisionó a la empresa PERI a que desarrollara una propuesta eficiente que permitiera trabajar cada cubo. Sus ingenieros idearon un novedoso método de crecimiento “autoescalable”, de 4

en 4 m., con el que podían apoyar las alturas de todos los pisos, que van de 3.18 m, a 3.89 m.

El concepto del andamio autoescalable permitió concretar los muros de cada anillo

a partir del piso principal y el reforzamiento del tallo, o núcleo interno. El bombeo del concreto se instaló en los andamios con cuatro conexiones en el núcleo.

Los andamios ascendieron enlazados, mientras una unidad especial de control monitoreaba este procedimiento para evitar que colisionaran. Los equipos de construcción ocuparon alrededor de nueve días para completar cada piso.

Con el fin de disfrutar las vistas de la costa, la fachada se proyectó con acero y vidrio templado, y en la parte superior, como si fuera la luz de un faro, además se destacó un remate de cristal, muy brillante. De noche, con todas las luces prendidas, el edificio será visible desde Dinamarca.

## “Influencia duradera en la teoría y la práctica de la arquitectura”



### LA AGENDA APRETADA DE LA FAMA

Pero además de los Torsos y sus torcidas complicaciones, a Santiago Calatrava lo reclaman mil proyectos en su agenda, aparte de los reconocimientos. La expansión del Museo de Arte de Milwaukee, que fue su primer edificio en Estados Unidos, el puente James Joyce, en Dublín, el aeropuerto de Sondica, en Bilbao, y el Auditorio de Santa Cruz de Tenerife..., fueron obras que lo acreditaron hace unas semanas para merecer la disputada Medalla de Oro 2005, que otorga el Instituto de Arquitectos Estadounidenses (AIA), uno de los galardones más importantes y reconocidos.

El galardón sitúa a Calatrava al lado de los grandes maestros como Frank Lloyd Wright, Louis Sullivan, Le Corbusier o Louis Kahn. El AIA reconoce la trayectoria del

“Las formas elementales y líricas que son conocidas y queridas en todo el territorio mundial”

valenciano, cuyo trabajo ha tenido una “influencia duradera en la teoría y la práctica de la arquitectura” y considera que en su obra destacan “las formas elementales y líricas que son conocidas y queridas en todo el territorio mundial”.

Su obra en Atenas, para las Olimpiadas del año pasado, su continua experimentación con nuevas formas y materiales, así como su visión poética y desafiante de la



“ Está pendiente el diseño de la futura terminal de transportes de la Zona Cero de Manhattan. ”

construcción de proyectos que van desde puentes y estaciones hasta edificios y estadios no le han dejado un minuto de respiro. Pero él no se queja.

**LO QUE SIGUE,  
¿LA ZONA CERO?**

En lo inmediato, está pendiente el diseño de la futura terminal de transportes de la Zona Cero de Manhattan, a la que tendrá que ocuparse de lleno en los años que siguen. Según dice; “se trata de unos de los trabajos ‘más intensos’ de mi carrera”.

Para este espacio, Calatrava diseñó una estructura con alas de cristal por donde vaciará una cascada de luz a raudales y que cada 11 de septiembre se abrirá en señal de homenaje a las víctimas. Su proyecto levantó elogios y un columnista del *The New York Times*, Herbert Muschamp, lo señaló como el

“poeta más grande de la arquitectura del transporte”.

En estos días, Calatrava promueve en Estados Unidos “una visión contemporánea” de su arquitectura, con un edificio de concreto blanco, con vidrio y acero. Se trata del Centro de la Orquesta Sinfónica, “el símbolo arquitectónico de Atlanta”, en Georgia. La estructura, diseñada con su característico estilo escultural, suma a los arcos, líneas curvas, partes móviles y planos que se asemejan a las alas de un pájaro en pleno vuelo.

La construcción alojará, en sus 26 mil m<sup>2</sup>, una sala de conciertos con capacidad para dos mil espectadores, ubicados al borde de la orquesta; además, una sala de ensayos, un salón de estudio y un centro de aprendizaje. Según trascendió de la presentación del proyecto, en el Centro de Arquitectura de Nueva York, Calatrava intenta ahora impulsar “una visión dinámica de la arquitectura”, con sus estructuras cinéticas, y los medios lo han señalado, sin titubeos, como el “Músico de la arquitectura”, por su diseño que toma en cuenta tanto la acústica como el espacio escénico: “Haber colaborado con personas involucradas con el teatro y la acústica me hicieron sentir parte de una orquesta”, confesó a los periodistas.



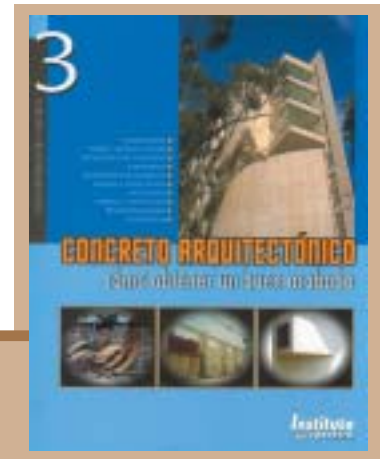
Dejó entrever que la construcción comenzará en 2008, y que estará lista para el año 2011 y que costará más o menos 300 millones de dólares. ☺

### ✓ Concreto arquitectónico

**DESDE COLOMBIA**, el Instituto del Concreto y ASOCRETO comparte con el IMCYC este libro, que fue publicado con el interés de fomentar el conocimiento del concreto que no sólo cuenta con las características de ser resistente y durable, sino que también permite generar diversas apariencias estéticas.

La estética que se da al concreto depende de factores tales como el color, la forma, la textura, la cimbra, el estilo, la innovación y sobre todo la creatividad con que se manejan dicho componentes.

El concreto siempre se ha considerado como uno de los principales materiales utilizados en el



Autor Varios  
Editado por  
ASOCRETO  
Edición 2003

ámbito de la construcción. Anteriormente, sólo se tenían en cuenta sus propiedades estructurales, dejando habitualmente de lado las características y ventajas de su apariencia y textura de acabado; sin embargo, hoy en día, a raíz de las nuevas tendencias mundiales de diseño, los profesionales de la construcción buscan cada vez con mayor insistencia experimentar nuevos materiales y acabados en sus creaciones, y de esta forma también disminuir tiempos y desperdicios que se generan con la implementación de materiales convencionales.

Buscando ser una herramienta útil para el diseñador, el constructor y todas aquellas personas inquietas e interesadas en el concreto como expresión no sólo estructural, sino arquitectónica se realizó este texto, como el resultado de una recopilación de información teórica- práctica, enmarcada dentro del objetivo de conocer más a fondo el manejo estético del concreto. 🌐



# PFT MÉXICO PISOS, FACHADAS Y TECHOS, S.A. DE C.V.

**S**omos los representantes en México y Centroamérica de PFT Alemania, fabricante de bombas transportadoras y proyectadoras de materiales utilizados para recubrimientos, tanto en pisos, muros y techos. Contamos igualmente con herramientas, accesorios y equipos suplementarios para la diversidad de aplicaciones.

Tenemos máquinas eléctricas, así como de diesel. Los modelos son:

- PFT G5, máquina eléctrica mezcladora y lanzadora de productos en seco, que únicamente necesitan agregárseles agua. Su capacidad de bombeo es de 30 hasta 80 litros por minuto a 45 m de distancia. Su diseño modular permite que sea fácilmente transportable. Dos personas pueden moverla de un nivel a otro sin necesidad de utilizar montacargas o grúa.



- PFT N2, bomba eléctrica transportadora y lanzadora de productos ya listos para aplicarse. Cuenta con la misma capacidad de bombeo que la G5. Es modular y

de un tamaño increíblemente cómodo. Una vez desarmada cabe sin problemas en el interior de un auto.

- SILOMAT. Sistema de transportación en seco para la alimentación de la máquina G5. Abate tiempos, así como costos de acarreo. Transporta el material premezclado en seco desde un silo hasta la tolva de la G5 a una distancia de 100 metros.

Nos dedicamos a la comercialización de estos equipos: venta, renta y aplicación. Los productos a aplicar son morteros, estucos, pastas acrílicas y vinílicas, protección pasiva contra incendios, pisos autonivelantes, *grouts*, impermeabilizantes vinílicos y acrílicos, concreto celular, aligerantes y ahora, después de





bién se obtiene un mejor control de calidad en las mezclas al tener mediciones precisas en los elementos a bombear. Como resultado se consiguen mezclas homogéneas, las cuales se comportarán de esa forma una vez colocadas en el sustrato.

Hemos aplicado en cualquier tipo de superficie todos los materiales mencionados, trabajando en conjunto con fabricantes de dichos productos para poder lograr un servicio de colocación garantizado. Por todo esto, estamos en condiciones de otorgarles no sólo un servicio de maquinaria, sino también de asesoría en logística y



un tiempo de desarrollo conjunto con Yesera Monterrey, estamos en condiciones de ofrecer el yeso proyectable YESOTEKNO, lo cual revolucionará esta etapa de la construcción que tantos dolores de cabeza provoca por el tiempo que toma.

Los rendimientos utilizando máquinas bombeadoras y lanzadoras van desde los 150 m<sup>2</sup> hasta los dos mil m<sup>2</sup> por jornal, dependiendo del tramo, del material utilizado y de los espesores requeridos.

Para la aplicación de pastas, donde se necesitan espesores menores que van de menos de uno hasta tres mm es posible bombear y colocar ocho lts/min, usando una pistola de aspersión fina.

Si se trata de un aplanado o zarpeo, de espesores que van

desde los cuatro mm hasta los seis cm se utilizan bombas que nos alimentan con un gasto que va de los 18 hasta los 30 lts/min empleando una pistola aplicadora de 25 o 35 mm. Pero, si se trata de un piso autonivelante se pueden verter hasta 88 lts/min. La inyección de grouts en muros o pisos requiere de volúmenes semejantes a 15 lts/min y una pistola inyectora.

Ahora, si requiere de volúmenes mucho más importantes contamos con equipos que pueden desempeñarse incluso en un rango desde uno hasta 15 m<sup>3</sup>/hr.

El uso de una tecnología adecuada para la industrialización de los procesos de recubrimientos nos ofrece no sólo abatir tiempos de aplicación, sino tam-

aplicación integral si su interés es dar el paso que se necesita para tener avances considerables, imposibles de alcanzar de la forma tradicional.

Estamos a sus órdenes para hacer que su obra avance. Es hora de modernizarse. ●

**Informes:**

PFT MÉXICO  
PISOS, FACHADAS Y TECHOS,  
S.A. DE C.V.  
Calzada San Mateo No. 25 bis.  
Col. San Juan Bosco,  
Atizapán de Zaragoza, Edo. de  
México, México, CP 52946.  
Tels. +52 (55) 5816 3831/27  
Fax: +52(55) 5822 1254



<http://www.nano.gov/>

<http://www.nano.org.uk/>

<http://www.nanoindustries.com/>

<http://unit.aist.go.jp/nanotech/index.html>

## ➤ NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE

**UNA FUSIÓN DE AGENCIAS ESTADOUNIDENSES**, como marco para garantizar la competitividad y el liderazgo de Estados Unidos en este campo, están en la base de la Iniciativa Nacional por la Nanotecnología, o National Nanotechnology Initiative, NNI, por sus siglas en inglés. Los estadounidenses están convencidos que la nanotecnología es el siguiente paso en la evolución de la ciencia y suponen que “tendrá enormes repercusiones en la salud humana, en la economía, en la industria y en la seguridad nacional”. Los desarrollos que tengan lugar en ese país serán mencionados en este espacio virtual que describe los centros de investigación, de educación y las agencias gubernamentales comprometidas con la Iniciativa. El espacio más llamativo es el que establece vínculos con los inversionistas, las oportunidades y los proyectos que ya están en marcha. 🌐

## ➤ THE INSTITUTE OF NANOTECHNOLOGY

**EL REINO UNIDO NO SE QUEDA ATRÁS** en materia de nanotecnología. Este Instituto tiene el atractivo de su diseño y alcance internacional de lo que se está haciendo en todos lados la nanotecnología. De hecho en su página inicial avisa de un Forum completísimo que se llevará a cabo en Escocia, en septiembre. También avisa de otro evento en Colonia, Alemania en noviembre, llamado Nanosoluciones. Ofrece un boletín con las últimas novedades en la materia y sus secciones nano-enlaces, nano-libros, nano-imágenes, nano-pioneros y nano-eventos son estupendos. El Instituto tiene un reporte muy completo de

los avances del Reino Unido en este tema y las tendencias que avizora. 🌐

## ➤ NANOTECHNOLOGIES INDUSTRIES

**ESTE PORTAL DE LA NANOTECHNOLOGY** Industries se estableció en 1998 con la finalidad de distribuir información y proveer recursos sobre las tecnologías emergentes, en particular la nanotecnología, que según sus organizadores transformará al mundo de una manera que todavía nadie sospecha. Los últimos avances para las distintas industrias desfilan por este espacio virtual que vale la pena visitar con frecuencia, ya que es un foro abierto a la comunicación y a la innovación. 🌐

## ➤ NANOTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

**UNO DE LOS PAÍSES MÁS AVANZADOS** en esta materia, inclusive por encima de los europeos y los estadounidenses, son los japoneses, y el Nanotechnology Research Institute, NRI por sus siglas en inglés, es el punto de confluencia de las diferentes actividades que se están siguiendo en la nanotecnología de ese país, tanto por las empresas como por el gobierno y sus centros de investigación.

“Estamos muy comprometidos con esta perspectiva de la ciencia, con el avance de las metodologías y los conceptos que están surgiendo, tanto con los nanomateriales, como con los fenómenos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en esa escala. Por otro lado, estamos desarrollando tecnologías para trasladar a las industrias”, según describen los organizadores.

No se pierdan estos espacios virtuales que son, en realidad, ventanas abiertas al futuro próximo. 🌐



### ✓ Concreto arquitectónico

**DESDE COLOMBIA**, el Instituto del Concreto y ASOCRETO comparte con el IMCYC este libro, que fue publicado con el interés de fomentar el conocimiento del concreto que no sólo cuenta con las características de ser resistente y durable, sino que también permite generar diversas apariencias estéticas.

La estética que se da al concreto depende de factores tales como el color, la forma, la textura, la cimbra, el estilo, la innovación y sobre todo la creatividad con que se manejan dicho componentes.

El concreto siempre se ha considerado como uno de los principales materiales utilizados en el



Autor Varios  
Editado por  
ASOCRETO  
Edición 2003

ámbito de la construcción. Anteriormente, sólo se tenían en cuenta sus propiedades estructurales, dejando habitualmente de lado las características y ventajas de su apariencia y textura de acabado; sin embargo, hoy en día, a raíz de las nuevas tendencias mundiales de diseño, los profesionales de la construcción buscan cada vez con mayor insistencia experimentar nuevos materiales y acabados en sus creaciones, y de esta forma también disminuir tiempos y desperdicios que se generan con la implementación de materiales convencionales.

Buscando ser una herramienta útil para el diseñador, el constructor y todas aquellas personas inquietas e interesadas en el concreto como expresión no sólo estructural, sino arquitectónica se realizó este texto, como el resultado de una recopilación de información teórica- práctica, enmarcada dentro del objetivo de conocer más a fondo el manejo estético del concreto. 🌐

## Los vientos de cambio y el concreto

Para dar fin a las notas que se publicaron en la sección de Punto de Fuga, en *CyT* en octubre y noviembre del 2004, así como en enero, marzo y abril del presente año, haremos una breve recopilación.

Con motivo de la inauguración de su fábrica de Mixcoac, en 1931, Tolteca realizó un concurso que tuvo una influencia determinante en la fotografía mexicana.

En esa ocasión se convocó “a los artistas residentes en el país” a resolver con sus obras el “problema de la publicidad” que la empresa cementera enfrentaba para dar a conocer al público en general las maravillas arquitectónicas e industriales de sus nuevas instalaciones. La visión de los artistas de la vanguardia estuvo presente y lejos de hacer una fotografía realista y de códigos pictóricos, como se acostumbraba en la época, los jóvenes valores representados por Manuel Álvarez Bravo, Agustín Jiménez, Dolores Martínez (más tarde conocida como Lola Álvarez Bravo) y Aurora Latapí realizaron innovadores trabajos que llevaban los sugerentes títulos de Hangar, El Alma de la Fábrica, Cemento Forma y Fantasía.

En la contienda salió triunfador Manuel Álvarez Bravo, con la obra Tríptico de Cemento 2, la que fue duramente atacada por las voces tradicionalistas desde la revista *Helios*, órgano oficial de la Asociación de Fotógrafos de México, quienes rechazando todas las propuestas y



Fuente: Alquimia, Sistema Nacional de Fototecas. Año 3, núm 7. Sep-dic/1999

catalogándolas de pseudo-imitaciones de la Modotti y faltas de originalidad, también le llamaron a los creadores pseudo-artistas, candidatos a ser asilados en cualquier departamento de la Castañeda, defraudadores y petulantés.

También, se atacó al jurado, acusándolo de parcialidad, que estuvo integrado entre otros por el publicista Federico Sánchez Fogarty, el ingeniero Mariano Moctezuma, el arquitecto Manuel Ortiz Monasterio y Diego Rivera.

Sin embargo, el diario *Excélsior*, que había sido también copatrocinador de este notable concurso en sus páginas daría cuenta de que con esas imágenes emergía una nueva generación de fotógrafos y en especial de cuatro artistas a quienes les había quedado como anillo al dedo la oportunidad que la cementera les había brindado y gracias al cual habían dejado ver, otra vez, sus capacidades hacia nuevas formas fotográficas, mismas que Jiménez y Latapí habían mostrado con anterioridad en la galería *Excélsior*, en noviembre del mismo 1931, en tanto que Manuel Álvarez Bravo ya había participado en el Primer Salón Mexicano de Fotografía, al lado de Tina Modotti.

Así, los resultados de la exposición de la Tolteca fueron la confirmación y el manifiesto de los tiempos modernos que ya estaban presentes en nuestro país, porque al final la fotografía cambiaría definitivamente, cambio al que el cemento y el concreto no permanecieron ajenos, sino que al contrario se insertaron en la vanguardia de la modernidad, no sólo en los procesos constructivos, sino también en la manera de observar y ver las edificaciones. ☉

### Índice de anunciantes

Fester	2º de forros	Expo AMIC	65	Pasa Impermeabilizantes	43
Cemento Moctezuma	3º de forros	Hercon	67	Fester	44
The Euclid Chemical Company	4º de forros	Expo Constructo	69	Controls, Equipos de Ensaye	44
Cemex Concretos	1	REPORTES TÉCNICOS PUBLICITARIOS		Euclid - Tremco	45
Siderúrgica Tultitlán	5	World of Concrete 2005	33	Siderúrgica Tultitlán	45
Controls, Equipos de Ensaye	7	CEMEX Concretos	34 y 39	Dificon	47
Sika	9	PFT	35 y 36	Sika	47
Imocom de México	11	Grace	37 y 38	Autodesk	47
W.R. Meadows	13	Cemex Concretos	40	Rotec, concreto estampado	6
Cemix	15	Oxicreto	40	Grace, Construction Products, Arktec	
Pasa Impermeabilizantes	27	Tecnología Habitacional		CONSTRUMERCADO 70Y 71	
Tecnología Habitacional		Programada. Outinord	41	<a href="http://www.concreto.com">www.concreto.com</a>	
Programada. Outinord	23	Concreto Lacosa	41	Piexco	
Conferencias IMCYC - WOCM 2005	48 y 49	Curacreto	42	Controls, Equipos de Ensaye	
Oxicreto	53	Imocom de México	42	Ram International	
Expo Construcción	55	PFT México	42	C. Andamaje	
Sika	57	W.R. Meadows	43	IMCYC	
Dificon	59				

En la revista **Construcción y Tecnología** toda correspondencia debe dirigirse al editor. Bajo la absoluta responsabilidad de los autores, se respetan escrupulosamente las ideas, los puntos de vista y las especificaciones que éstos expresan. Por lo tanto, el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C., no asume responsabilidad de naturaleza alguna (incluyendo, pero no limitando, la que se derive de riesgos, calidad de materiales, métodos constructivos, etcétera) por la aplicación de principios o procedimientos incluidos en esta publicación. Las colaboraciones se publicarán a juicio del editor. Se prohíbe la reproducción total o parcial del contenido de esta revista sin previa autorización por escrito del editor. **Construcción y Tecnología**, ISSN 0187-7895, publicación mensual editada por el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., con certificado de licitud de título núm.3383 y certificado de licitud de contenido núm. 2697 del 30 de septiembre de 1988. Publicación periódica. Registro núm. PP09-0249. Características 228351419. Insurgentes Sur 1846, colonia Florida, 01020, México D.F., teléfono 56 62 06 06, fax 56 61 32 82. Precio del ejemplar \$35.00 MN. Suscripción para el extranjero \$80.00 U.S.D. Números sueltos o atrasados \$45.00 MN. (\$4.50 U.S.D.). Tiraje: 10,000 ejemplares. Impresa en Litográfica I.M. de México S.A. de C.V. Teléfono: 5689 7699.